

Masterarbeit

Zwischen Pixel und Papier: Analyse des Wiedergabemediums in der digitalen Kunst

vorgelegt am 02. Oktober 2024
Fynn König

Erstprüfer: Prof. Dr. Marco Grimm
Zweitprüfer: Prof. Dr. Robert Mores

**HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE
WISSENSCHAFTEN HAMBURG**
Department Medientechnik
Finkenau 35
20081 Hamburg

Zusammenfassung

Während sich Displays und Digitaldruck im Zuge fortlaufender Entwicklung und Innovation zu etablierten Medien für digitale Kunst entwickelt haben, bleiben Mappingformate wie z. B. Printmapping weitgehend unerforscht. Dabei ist insbesondere für digitale Medien, welche häufig als körperlos fehlverstanden werden, ein Verständnis der technischen und ästhetischen Parameter des formgebenden Mediums von Bedeutung.

In dieser Arbeit wird daher der Begriff des *Wiedergabemediums* etabliert und eingeordnet, bevor durch einen groß angelegten Vergleich die wesentlichen Charakterzüge von Display, Digitaldruck und Printmapping herausgearbeitet werden. Während sich die Wiedergabequalität hauptsächlich technischen Parametern ergibt, was insbesondere beim Display zu beobachten ist, profitiert der Druck von einer haptischen Komponente, wohingegen das Printmapping sehr ambivalent ist. Dieser Eindruck ergibt sich ebenfalls bei der Betrachtung der Zeitachse sowie des Objektkörpers, wo Display und Druck eindeutiger sind. Schließlich wird auch das Licht der realen Welt betrachtet, welches das sonst so immersive und vielseitige Display abzustoßen scheint, während der Druck aufgenommen wird. Das Verblässen des Originals infolge seiner möglichen Massenreproduktion, welche digitalen Formaten inhärent ist, kann das Wiedergabemedium jedoch nicht verhindern.

Das Printmapping unterscheidet sich in vielen Punkten vom Display, welches eine digitale Welt hinter einer Glasscheibe zu verstecken scheint, und vom Druck, welcher die Zeit einfriert. Ein praktischer Versuch unterstreicht die Ergebnisse der theoretischen Betrachtung.

Abstract

While displays as well as digital print underwent a significant period of development and innovation and thus are very well established in digital art, mapping formats like printmapping were excluded from research and discussion. However, especially for digital media, which are often falsely understood as bodyless, it's important to understand the technical and aesthetic parameters of the formative medium.

Therefore, the expression of the *playback medium* is established and classified in this work, before in a large-scale comparison essential characteristic for display, digital print and printmapping are developed. While the quality of the presentation is mainly derived from the technical parameters, as is especially true for the display, the print profits from its haptic qualities and the printmapping appears ambivalent. This Impression repeats when comparing the time capabilities and the object body, where display and print less ambiguous. Finally, the light of the real world shows a difference between the media, as the immersive and versatile display gets repelled, while the print media are merging with the real world.

The printmapping differs from the display, holding a digital world behind a window, and the print, freezing time, in several points, as a practical test underlines.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	V
Abbildungsverzeichnis	VI
1 Einleitung.....	1
1.1 Zwischen Display und Druck: neue Formen erkunden.....	1
1.2 Das Wiedergabemedium: Die Anerkennung des digitalen Körpers.....	2
1.3 Aufbau.....	2
2 Ein Medium bewerten.....	4
2.1 Medienspezifik	4
2.2 Mediums-Transfer	6
2.3 Abgrenzung des Begriffs <i>Medium</i>	7
2.3.1 Schärfegrad Medium: Die Uneindeutigkeit des Medienbegriffs.....	7
2.3.2 Implikationen des Digitalen.....	8
2.3.3 Manifestierung des Digitalen in der realen Welt: Das Wiedergabemedium	10
2.4 Kunst als.....	10
2.4.1 ... ästhetisches Erlebnis.....	11
2.4.2 ... emotionales Erlebnis.....	12
3 Vorstellung der Medien	14
3.1 Digitaldruck.....	14
3.2 Display	16
3.3 Printmapping	18
3.4 Bisherige Forschung.....	20
3.4.1 Reproduktion von Kunst und realen Objekten auf dem Bildschirm.....	20
3.4.2 Druck vs. Digital: Leseverständnis und -geschwindigkeit.....	21
3.4.3 Standbild vs. Film.....	22
4 Auf den Spuren der Medien.....	24
4.1 Technische Parameter und Wiedergabequalität.....	24
4.1.1 Auflösung und Größe	24
4.1.2 Farbe, Helligkeit und Kontrast.....	27
4.1.3 Zeitauflösung.....	28
4.1.4 Das immersive Display, der realweltliche Druck und das ambivalente Printmapping.....	31
4.2 Zeit	32
4.2.1 Implikationen der Zeitachse.....	33
4.2.2 Printmapping	35
4.2.3 Lebendiges Display, monolithischer Druck und magisches Printmapping	36
4.3 Objektgestalt und Form	38
4.3.1 Form	39
4.3.2 Ein Objekt interpretieren: Sehen oder nicht sehen.....	40
4.3.3 Der Objektcharakter: transparent, haptisch und magisch.....	42
4.4 Verschmelzung mit der realen Welt: Licht.....	43
4.4.1 Störlicht	43

4.4.2	Wahrnehmung	45
4.4.3	Anziehung und Abstoßung: Die Lichtkräfte der realen Welt.....	48
4.5	<i>Echte Kunst: die Einzigartigkeit des Massenmediums</i>	49
4.5.1	Authentizität	50
4.5.2	Archivierung.....	54
5	Das Wiedergabemedium in der Praxis.....	56
5.1	Zwischen Pixel und Papier: ein Bild für drei Darstellungen.....	56
5.2	Versuchsaufbau	59
5.3	Messung des Spektrums	60
5.3.1	Druck	60
5.3.2	Printmapping	60
5.3.3	Display.....	62
5.4	(Subjektiver) Visueller Vergleich.....	62
5.5	Nutzerbefragung	63
5.5.1	Versuchsdesign.....	63
5.5.2	Auswertung.....	64
5.5.2.1	Betrachtungszeit	64
5.5.2.2	Flow-Zustand	65
5.5.2.3	Preisschätzung	67
5.5.2.4	Diversität und Repräsentation der Gesellschaft	69
5.5.3	Diskussion	69
6	Fazit	71
6.1	Display	71
6.2	Digitaldruck.....	72
6.3	Printmapping	73
7	Ausblick.....	75
	Literaturverzeichnis.....	76
	Dateiverzeichnis	82
	Anhang	83
	Versuchsbeschreibung: BITTE ZUERST LESEN: Über die Umfrage	83
	Versuchsbeschreibung: Zwischen Pixel und Papier	83
	Screenshots des Umfragetools	84
	ANOVA: Einfaktorielle Varianzanalyse der gemessenen Betrachtungszeit	87
	ANOVA: Einfaktorielle Varianzanalyse des Flow-Zustands nach FKS	87
	ANOVA: Einfaktorielle Varianzanalyse der Absorbiertheit nach FKS	87
	Abstimmungen nach Alter und Geschlecht.....	88
	Die Wiedergabemedien im Überblick.....	89
	Eigenständigkeitserklärung	92

Abkürzungsverzeichnis

ANOVA	Varianzanalyse
CMYK	Cyan, Magenta, Yellow, Black (Farbmischung beim Druck)
DIN	Deutsches Institut für Normierungen
DLP	Digital Light Processing (Projektionstechnologie)
dpi	Dots per Inch (Punkte pro Zoll)
EOTF	Elektro-Optische-Transfer-Funktion
ETC	Hersteller von Scheinwerfern
FKS	Flow Kurzsкала
fps	Frames per second (Bilder pro Sekunde)
H	Bildhöhe (1,5H sind dementsprechend die eineinhalbfache Bildhöhe)
HD	High Definition (Auflösung)
HDR	High Dynamic Range (Großer Dynamikumfang)
HFR	High Frame Rate (Hohe Bildrate)
IAPS	International Affective Picture System (Bilddatenbank)
ICC	Internationales Farbkonsortium
LCD	Flüssigkristalldisplay
LED	Leuchtdiode
lpc	Lines per centimeter (Zeilen pro Zentimeter)
OLED	Organische Leuchtdiode (Displaytechnologie)
PAD	Pleasure (Wohlgefallen), Arousal (Aufregung), Dominance (Handlungsfähigkeit) (psychologisches Modell zur Einordnung von Emotionen)
ppi	Pixel per Inch (Pixel pro Zoll)
RGB	Rot, Grün, Blau (Farbmischung bei Display und Projektion)
SAM	Self-Assessment Manikin
SD	Standard Definition (Auflösung)
SWIT	Hersteller von Videotechnik
UHD	Ultra HD (gemeinhin als 4K bezeichnete Auflösung)
VR	Virtuelle Realität
WCG	Wide Color Gamut (Großer Farbraum)

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Druckversion des digitalen Stilllebens (Auflösung reduziert)	56
Abbildung 2: Druckvorlage des Printmappings (Auflösung reduziert)	58
Abbildung 3: Aufbau der drei Wiedergabemedien nebeneinander	59
Abbildung 4: vom Druck reflektiertes Spektrum	61
Abbildung 5: vom Printmapping reflektiertes Spektrum	61
Abbildung 6: vom Display emittiertes Spektrum	61
Abbildung 7: Durchschnittliche Fehlschätzung der Betrachtungszeit der Wiedergabemedien	65
Abbildung 8: Durchschnittliche Betrachtungszeit der Wiedergabemedien	65
Abbildung 9: Flow-Bewertung der einzelnen Teilnehmenden an der Umfrage nach Uhrzeit	67
Abbildung 10: Akzeptabler Eintrittspreis für Ausstellung pro Medium	68
Abbildung 11: Stimmenverteilung der akzeptablen Eintrittspreise nach Medium	68
Abbildung 12: Startseite der Umfrage	84
Abbildung 13: erste Folgeseite der Umfrage	84
Abbildung 14: Schätzfrage der Betrachtungszeit im Umfragetool	85
Abbildung 15: FKS im Umfragetool	85
Abbildung 16: Preisschätzung im Umfragetool	86
Abbildung 17: Ende der Umfrage	86
Abbildung 18: In den Abstimmungen angegebenes Alter	88
Abbildung 19: In den Abstimmungen angegebenes Geschlecht	88

1 Einleitung

1.1 Zwischen Display und Druck: neue Formen erkunden

Das Medium bildet die Schnittstelle zwischen Mensch und Kunstwerk. Es formt den Inhalt, begrenzt diesen und gibt ihm einen Rahmen. Insbesondere die Körper digitaler Medien profitieren von ständigen Weiterentwicklungen und Innovationen. Auflösung, Helligkeit und Framerate von Displays steigen immer weiter, ganz zu schweigen von ihrer ständig wachsenden Größe. Drucke erzeugen durch verbesserte Farbmanagement-Algorithmen und Multi-Channel-Druckverfahren immer natürlicher wirkende Resultate. Doch neben (oder vielleicht eher zwischen?) diesen etablierten Beispielen verbergen sich weniger bekannte Formate wie das Printmapping¹, welches als Hybridmedium spannende Effekte erzielen kann und dennoch (möglicherweise) ganz anders funktioniert.

Obwohl die Debatte über das Medium in der Kunst seit Jahrhunderten geführt wird – im Bereich der „neuen Medien“, wie etwa Film, seit mehreren Jahrzehnten und in Bezug auf spezifische Beispiele der Digitalkunst wie Display und Digitaldruck zumindest seit vielen Jahren –, ist das Printmapping als Nischenprodukt weitgehend vom Diskurs und der künstlerischen Erkundung unberührt geblieben. Dabei erweist es sich als durchaus vielversprechend. Während bei einer Ausstellung einiger Werke im Rahmen des studentischen Projekts *Eudaimonia* explizit auch das Medium selbst bei einem Fachpublikum der Lichtkunst und des Lichtdesigns Anklang fand, weisen die ersten Experimente darauf hin, dass sich deren Wirkung durch die Reduktion auf die einzelnen Basismedien erklären lässt.

Da die kreativen Werkzeuge für die Erstellung eines Printmappings nicht gewechselt werden müssen, wäre dies eine interessante Möglichkeit für Kunstschaffende, neuartige und unverbrauchte *Looks* zu erschaffen, ohne viel Zeit in die Einarbeitung zu investieren. In dieser Arbeit soll untersucht werden, ob sich das Printmapping wie vermutet signifikant von Display und Digitaldruck unterscheidet und ob es das Interesse des Publikums wecken kann, um seine Relevanz als Kunstmedium zu untermauern.

Um das Potential voll ausnutzen und ausdrucksstarke Werke erzeugen zu können, bedarf es außerdem einer Abgrenzung von den beiden etablierten Medien. Da man für ein in seiner Wirkung kräftiges Printmapping nicht einfach irgendein Bild drucken und dieses projizieren kann, braucht es ein tieferes Verständnis, welches diese Arbeit schaffen soll.

¹ Beim Printmapping wird auf ein gedrucktes Bild projiziert, wobei die beiden Bilder nicht absolut identisch sind, aber ähnlich wie beim Projection Mapping gewisse Inhalte teilen oder referenzieren, um miteinander zu verschmelzen. Beim Projection Mapping wird dazu typischerweise das Bild eines Gebäudes auf das Gebäude selbst projiziert, wobei die Fassade dann digital einstürzen oder sich verändern kann, wodurch spannende Wahrnehmungseffekte entstehen.

1.2 Das Wiedergabemedium: Die Anerkennung des digitalen Körpers

Das Digitale zeichnet sich dadurch aus, dass seine Inhalte weitaus weniger an das formgebende Medium gebunden sind als seine analogen Gegenstücke. Ein digitales Bild auf einem anderen Display anzuzeigen, ist technisch gesehen trivial, während die Reproduktion eines Gemäldes auf eine zweite Leinwand ungleich aufwändiger ist. Jenseits der technischen Machbarkeit stellt sich jedoch in der digitalen Kunst die Frage nach den Auswirkungen eines solchen Vorgangs: Wie verändert sich die Wirkung, wenn man die Instanz eines Mediums austauscht (z. B. ein bestimmtes Display gegen ein anderes)? Welche Parameter müssen dabei berücksichtigt werden und wie wirken sich diese aus?

In einer Welt voller technischer Innovationen und immer kürzerer Produktzyklen braucht es ein holistisches Verständnis des Charakters eines Mediums bei all denjenigen, die Kunst erschaffen, kuratieren, kritisieren, ausstellen oder die technische Fachplanung durchführen, um die Wahl (und bei langlebigen oder wiederkehrenden Installationen Neuwahl) eines Geräts zur Abbildung der digitalen Inhalte in der analogen Welt treffen zu können. Dies gilt insbesondere für die Kunstschaffenden, welche im Digitalen oft einfacher als je zuvor das (Wiedergabe-)Medium wechseln können, ohne die angelernten Werkzeuge wechseln zu müssen.

Die Bedeutung des Wiedergabemediums wird in der digitalen Kunst allerdings häufig übersehen, digitale Medien als körperloser digitaler Code betrachtet und ihre komplexe Verbindung zur realen Welt unterschätzt (Guzman-Serrano, 2019). Dabei ist das Medium seit Jahrhunderten in der Kunst diskutiert und als Schnittstelle zum Publikum (im digitalen sogar noch mehr als im analogen) von höchster Relevanz.

Möchte man digitale Kunst erschaffen, kuratieren, kritisieren, ausstellen, verbreiten, sammeln, archivieren oder teilen, so muss man die Medien verstehen. Dazu bietet diese Arbeit einen Überblick, stellt verschiedene Formen gegenüber, vergleicht auf technischer und ästhetischer Ebene und beschreibt, jeweils in einem ganzheitlichen Ansatz, die verschiedenen Charaktere von Wiedergabemedien.

1.3 Aufbau

Zunächst soll der Begriff des *Mediums* diskutiert und eine Eingrenzung auf das *Wiedergabemedium* durchgeführt werden. Dabei sollen relevante Theorien wie die Medienspezifik behandelt werden, auf die nachfolgend Bezug genommen wird. Weiterhin soll das ästhetisch-emotionale Erlebnis des Betrachtens von Kunst reflektiert werden, um im weiteren Verlauf die Ergebnisse wissenschaftlicher Forschung und philosophischer Ansätze in den Wahrnehmungsprozess der Kunstwerke einordnen zu können. Nach einer kurzen Vorstellung der zu vergleichenden Wiedergabemedien, bei der technische Funktion und Eigenheiten wie technisch bedingte Artefakte in der Bildwiedergabe Erwähnung finden sollen, wird der Vergleich anhand der Parameter Wiedergabequalität (technische Aspekte), Zeit, Objektgestalt, Lichteinflüsse und Authentizität durchgeführt. In einem Zwischenfazit werden die Ergebnisse eingeordnet. Anschließend soll in einem praktischen Test die Relevanz des Printmapping verifiziert werden.

Nach einer Reflektion der Ergebnisse folgt das Fazit der Arbeit, in welchem die signifikanten Aspekte der Wiedergabemedien zusammengefasst werden. Ein Ausblick erweitert den Blick abschließend um in dieser Arbeit nicht behandelte Punkte.

2 Ein Medium bewerten

Um Medien miteinander vergleichen zu können, muss man sie verstehen. Eine Reduktion auf die reine Technologie wäre dabei ebenso unvollständig, wie die ausschließliche Konzentration auf die künstlerischen Aspekte, zumal es in dieser Arbeit um das Wiedergabemedium gehen soll, welches eher der technischen Seite zugeordnet werden kann (wenn es auch nicht frei von ästhetischen Aspekten und Einfluss auf das *künstlerische* Medium ist). Anstatt also lediglich technische Parameter, wie Auflösung, Helligkeit und Kontrast gegenüberzustellen, soll in diesem Kapitel zunächst reflektiert werden, was das (Wiedergabe-)Medium ausmacht, wie es als formgebender Rahmen wahrgenommen wird und wie Form und Inhalt im komplexen (und mehrdeutigen) Medienbegriff ihren Platz finden – wobei insbesondere auf die Eigenheiten der digitalen Bilder eingegangen werden soll, deren realweltliche Verkörperung das Wiedergabemedium ist.

2.1 Medienspezifik

Einer der wohl bekanntesten und bis heute regelmäßig diskutierten Ansätze zur Abgrenzung von Medien ist die *Media Specificity Thesis* (nachfolgend mit Medienspezifik übersetzt), welche Clement Greenberg, einem der wichtigsten Kunstkritiker des 20. Jahrhunderts zugeschrieben wird. Vereinfacht besagt die These, welche heute der Moderne zugeordnet wird, dass ein*e Künstler*in sich in ihrem Schaffen auf jene Aspekte konzentrieren sollte, welche das verwendete Medium gut transportieren können und von solchen abzusehen, welche sich in anderen besser abbilden lassen.

“It quickly emerged that the unique and proper area of competence of each art coincided with all that was unique in the nature of its medium. The task of self-criticism became to eliminate from the specific effects of each art any and every effect that might conceivably be borrowed from or by the medium of any other art. Thus would each art be rendered "pure," and in its "purity" find the guarantee of its standards of quality as well as of its independence. "Purity" meant self-definition, and the enterprise of self-criticism in the arts became one of self-definition with a vengeance.”

Aus *Modernist Painting*, erstmals veröffentlicht 1960 (Greenberg, 1982, S. 5-6)

Die nach Greenberg entstehende *Reinheit* eines Kunstwerks, wenn Effekte anderer Medien unberührt gelassen und der Kompetenzbereich des eigenen Mediums voll ausgeschöpft werde, sei als Garantie für Qualität und Unabhängigkeit von anderen Medien zu betrachten.

Die diesem Gedanken zugrundeliegende Idee beruht auf dem Werk *Laokoon* von Lessing. In dem 1766 erschienenen Text arbeitet er anhand diverser (oft antiker) Beispiele die Unterschiede

der Kunstformen Malerei und Poesie heraus und erkennt dabei insbesondere eine besondere Eigenschaft: Während Gemälde Körper in einem Raum darstellen können, lebt die Poesie ganz im Gegensatz dazu von Handlungen.

„Es bleibt dabei: die Zeitfolge ist das Gebiete des Dichters, so wie der Raum das Gebiete des Malers. Zwei notwendig entfernte Zeitpunkte in ein und eben dasselbe Gemälde bringen, [...] heißt ein Eingriff des Malers in das Gebiete des Dichters, den der gute Geschmack nie billigen wird. Mehrere Teile oder Dinge, die ich notwendig in der Natur auf einmal übersehen muß, wenn sie ein Ganzes hervorbringen sollen, dem Leser nach und nach zuzählen, um ihm dadurch ein Bild von dem Ganzen machen zu wollen: heißt ein Eingriff des Dichters in das Gebiete des Malers, wobei der Dichter viel Imagination ohne allen Nutzen verschwendet.“

Aus *Laokoon*, erstmals veröffentlicht 1766 (Lessing, 2004, Kapitel VXIII.)

Lessing etabliert hier mit *Gleichzeitigkeit* bzw. *Zeitfolge* bereits eine grundlegende Eigenschaft der genannten Medien. Weiterhin erscheint es logisch, die medienspezifischen Eigenschaften eines Mediums als dessen individuellen Charakter anzusehen. Warum sonst, sollte es verschiedene Kunstformen geben, wenn nicht, um auf unterschiedliche Art zu brillieren?

An diesem Punkt setzt jedoch Noel Carroll, vielleicht der wichtigste Kritiker der Medienspezifik, an und hinterfragt in seinem Journal Artikel *The Specificity of Media in the Arts* (Carroll, 1985) die Sinnhaftigkeit der Frage, *warum* es diverse Kunstmedien gibt (S. 16). Er fasst die Medienspezifik als Vorgabe für den künstlerischen Ausdruck und beschreibt sie wie folgt:

“The medium-specificity thesis holds that each art form has its own domain of expression and exploration. This domain is determined by the nature of the medium through which the objects of a given art form are composed. Often the idea of “the nature of the medium” is thought of in terms of the physical structure of the medium. The medium-specificity thesis can be construed as saying that each art form should pursue those effects that, in virtue of its medium it alone – i.e., of all the arts – can achieve. Or the thesis might be interpreted as claiming that each art form should pursue end that, in virtue of its medium, it achieves most effectively or best of all those effects at its disposal.”

Aus *The Specificity of Media in the Arts* (Carroll, 1985, S. 6-7)

Carroll widerspricht dieser Idee jedoch: Er merkt an, dass die meisten Medien nicht bewusst erfunden wurden und daher nicht existieren, um in ihrem Alleinstellungsmerkmal zu brillieren,

wozu er beispielhaft die Flachheit eines gemalten Bildes anführt. Selbst die bewusst erfundenen Medien, wie Film oder Fotografie seien häufig in Bereichen gut, für die sie nicht erfunden wurden (S. 15). Grundsätzlich stellt er die Frage, wie mit Medien umzugehen sei, welche neu erfunden werden und in einem Bereich glänzen, in welchem bereits andere Medien etabliert sind (S. 13)? Sein Schluss, dass beide Formen erlaubt seien und zur künstlerischen Erkundung freigegeben werden sollten, erscheint logisch, wenn man bedenkt, dass sich manche Stärken erst im Laufe der Zeit herauskristallisieren (man beachte nur, wie sich z. B. das Narrativ im Film mit technischen (Ton) und ästhetischen (Kamerabewegung, Schnitt) Innovationen entwickelt hat).

Während es in der bis heute geführten Debatte auch an Carolls Argumentation Kritik gibt (z. B. (Turvey, 2022)), wird aus dieser Argumentation klar, dass eine umfassende Reflexion des Wiedergabemediums sich nicht allein auf die Unterschiede und Alleinstellungsmerkmale zur Abgrenzung der Medien stützen darf, sondern ebenfalls gemeinsame Stärken betrachten muss.

2.2 Mediums-Transfer

Der Medienspezifik gegenüber steht die Mediums-Transfer-Theorie, welche auf Gregory Currie zurückgeht. In *The Authentic and the Aesthetic* stellt er dabei die Behauptung auf, so wie es Umstände gebe, in denen die Kopie einer literarischen Arbeit denselben ästhetischen Wert wie sein ursprüngliches Manuskript fasst, seien ebenso Umstände, unter denen die Kopie eines Bildes die Ästhetik seines Originals erreicht, möglich (Currie, 1985, S. 153). In dem Zuge setzt er sich mit Nelson Goodmans analytischen Untersuchung der Authentizität auseinander. Dieser argumentiert, dass trotz bildlicher Gleichheit das ästhetische Erlebnis nicht identisch sei (Goodman, 1968, Kapitel 3 (insbesondere S. 105)). Diese Feststellung ist in Einklang mit Walter Benjamins, welcher dem Kunstwerk „sein einmaliges Dasein“ im „Hier und Jetzt“ (Benjamin, 1963, S. 11-12) zuspricht, welches dessen Echtheit ausmacht. Er leitet daraus den Begriff der „Aura“ ab (Benjamin, 1963, S. 13).

Goodman argumentiert in *Languages of Art* außerdem, dass ein Bild nie die Realität in allen Details und physikalischer Korrektheit nachbilden könne. Vielmehr erkennt er es als Aufgabe der Kunstschaffenden an, eine Abstraktion zu wählen, welche in einem Galeriekontext das aufzeigt, was er/sie sieht.

“Pictures are normally viewed framed against a background by a person free to walk about and to move his eyes. To paint a picture that will under these conditions deliver the same light rays as the object, viewed under any conditions, would be pointless even if it were possible. Rather, the artist’s tasks in representing an object before him is to decide what light rays, under gallery conditions, will succeed in rendering what he sees.”

Aus *Languages of Art* (Goodman, 1968, S. 14)

Da die Abstraktion dabei abhängig von den Möglichkeiten des gewählten Mediums ist, stellt sich bei einem Transfer in ein anderes Medium (wie es im Digitalen üblich ist) die Frage, ob die Stilisierung noch passend ist. Insbesondere infolge des Einsatzes medienpezifischer Mittel sollte eine künstlerische Anpassung der Abstraktion erwogen werden. Bedenkt man, dass es mit modernen Technologien möglich ist, eine individuelle, bewegte Perspektive darzustellen, erscheint das Gedankenspiel Goodmans mit physikalisch korrekten Lichtstrahlen nicht undenkbar. Dementsprechend könnte auch eine hyperrealistische Abbildung als Abstraktionsmöglichkeit erwogen werden. In jedem Fall ist ein umfassendes Wissen über die Implikationen, Möglichkeiten und Schwächen der verschiedenen Medien notwendig, um eine Abstraktion wählen zu können.

2.3 Abgrenzung des Begriffs *Medium*

2.3.1 Schärfegrad *Medium*: Die Uneindeutigkeit des Medienbegriffs

Aber was genau ist eigentlich das *Medium*? Insbesondere abseits der Kunst beschreibt das *Medium* zumeist die Kommunikationstechnologie oder -methode, mit der ein Werk dargestellt wird. Der Duden z. B. definiert es als „vermittelndes Element“ (Dudenredaktion, o. J.) bzw. „Einrichtung, organisatorischer und technischer Apparat für die Vermittlung von Meinungen, Informationen, Kulturgütern; eines der Massenmedien Film, Funk, Fernsehen, Presse“ (Dudenredaktion, o. J.).

In der Kunst hingegen ist die Bedeutung nicht so eindeutig, wie im vorherigen Kapitel belegt wurde. Guzman-Serrano schreibt in seinem Paper über digitale (Im-)Materialität, dass das *Medium*

- die verwendete Materialbasis (z. B. Tinte, Holz, Papier)
- die Technik zur Erschaffung des Werks (z. B. Öl auf Leinwand, Radierung)
- einen bestimmten Stil (z. B. Pointillismus, Kalligrafie)
- oder gar immaterielle oder konzeptuelle Ideen in der Darstellung

beschreiben kann (Guzman-Serrano, 2019).

Verschiedene Theoretiker, wie z. B. Marshall McLuhan und Niklas Luhmann, kommen zu dem Schluss, dass es verschiedene Schichten von Medien gibt, auf dessen grundlegender Ebene das Licht verortet ist (Luhmann & Roberts, 1987, S. 104-106) (McLuhan, 1964, S. 1). Beide betrachten dabei das Kunstwerk bzw. den Bildinhalt als ein weiteres Medium bzw. eine weitere Schicht. Ein gedrucktes Foto würde demnach folgende Schichten zusammenfassen:

0. Das Licht, welches auf die Netzhaut trifft
1. Der Fotodruck auf Papier
2. Das Foto als Bild selbst (bzw. als Inhalt)

Nach McLuhan ist jeder Inhalt eines Mediums ein neues Medium, wobei das Interessante gar nicht die Inhalte selbst seien, sondern der Einfluss des Mediums auf die Menschen und wie es das Leben verändert.

Dieser Ansatz erscheint logisch, ermöglicht er doch eine sinnvolle Einordnung der digitalen Medien, insbesondere des digitalen Bilds, welches sich dementsprechend in eine darstellende und eine inhaltliche Schicht unterteilen lässt. Betrachtet man das Bild als körperlosen digitalen Code oder zumindest als reine Bildinformation (also als Inhalt losgelöst von der Technik), entspricht es der Ebene 2 des vorangegangenen Beispiels, wohingegen das Display (oder der Drucker) als Ebene 1 für die Technik steht, welche den Kommunikationskanal öffnet. Während das Bild das Schaffen der Künstler*innen festhält, ist es das Medium, welches dieses in der realen Welt manifestiert.

Diese Idee basiert auf dem Ansatz von Hans Belting, der in seinem renommierten Werk *An Anthropology of Images: Picture, Medium, Body* auf die Uneindeutigkeit des Wortes *Bild* aufmerksam macht: Im Englischen gäbe es die nichtidentischen Wörter *Image* und *Picture* (Belting et al., 2011, S. 9). Dessen Bedeutung stellt er klar:

“The picture is the image with a medium.”

Aus *An Anthropology of Images: Picture, Medium, Body* (Belting et al., 2011, S.10)

Belting widerspricht der Auffassung, Bilder hätten eine körperlose Form (S. 9) und beschreibt das Medium als Technologie oder Handwerkskunst, wobei er die Rolle des Publikums bzw. den Körper der Rezipienten als Ort der Manifestierung von Bildern in der realen Welt mit einbezieht. So erhalten selbst fantasierte oder erinnerte Bilder einen Körper.

“Within the triad image-medium-body, medium refers to the technology or artisanship that transmits the image and to whatever it is that gives visibility to the image; “body” refers to the living body, the spectator. Images should neither be separated from nor confounded with their medial technologies. In the former case they are reduced to mere phantoms, in the latter to mere technique.”

Aus *An Anthropology of Images: Picture, Medium, Body* (Belting et al., 2011, S. 15)

Während diese Beschreibung bereits nach einer sehr passenden Definition des Medienbegriffs als Rahmen für diese Arbeit klingt, gilt es im Bereich der digitalen Werke einige Implikationen zu beachten, welche sich aus ihrer digitalen Natur ergeben.

2.3.2 Implikationen des Digitalen

Digitale Bilder und Medien werden häufig als Code verstanden, wobei teilweise die zur Wiedergabe benötigte Software in den Begriff eingeschlossen wird (Guzman-Serrano, 2019, S. 1).

Digitale Bilder (und digitale Kunst generell) unterscheiden sich von ihren analogen und realweltlichen Gegenständen aber in einem signifikanten Punkt: Sie haben keine feste Form.

Marijke Goeting belegt dies in *Digital Fluidity: The Performative and Reconfigurable Nature of the Digital Image in Contemporary Art and Design* anhand verschiedener Thesen:

1. Das digitale Bild ist von seinem materialistischen Medium gelöst. (Goeting, 2016, S. 44)
2. Das digitale Bild (insbesondere das digital erzeugte) ist wandelbar in dem Sinne, als dass Parameter wie Größe, Farbe und teilweise ganze Bildinhalte sich je nach Betrachtung ändern können (Goeting, 2016, S. 27) und sowohl durch die Software, als auch bei der Darstellung auf einem Display interpretiert wird (Goeting, 2016, S. 34)
3. Selbst wenn das digitale Bild statisch ist, erzeugt ein Display, das sich 60 mal pro Sekunde aktualisiert, einen kontinuierlichen Strom von Informationen (Goeting, 2016, S. 33)

Hier zeigt sich die enge Verknüpfung von digitalem Bild (oder Kunstwerk im Allgemeinen) und darstellendem Medium. Dass digitale Inhalte, wie in Punkt 1 beschrieben, grundsätzlich vom materialistischen Medium losgelöst sind, bringt nämlich weitere Implikationen mit sich:

Zum einen erhöht sich die Spannweite an Qualität, die bei der Wiedergabe erreicht werden kann. Zweifelsohne unterscheiden sich z. B. auch verschiedene Leinwände und die Bilder, welche sie transportieren, altern über Jahrzehnte und Jahrhunderte, was sich in der Abbildungsqualität bemerkbar macht. Schaut man sich jedoch beispielsweise Displays an, potenziert sich die Geschwindigkeit dieser Entwicklung. Selbst wenn man den Blick auf aktuell erhältliche Technologien und Produkte beschränkt, ergeben sich hier große Unterschiede in der Qualität.

Zum anderen verändert sich durch die Einfachheit, mit der ein digitaler Inhalt auf einem anderen Gerät angezeigt werden kann, auch der Schaffensprozess, in welchem Künstler*innen das Werk inzwischen teilweise unter ganz anderen Bedingungen betrachten, als es in der Ausstellung der Fall ist.

Außerdem ermöglicht die große Spannweite an Produkten eine gezielte Auswahl der benötigten Qualitäten, wobei durch Kompromisse eine individuell passende Lösung gefunden werden kann (z. B. profitiert ein dynamisches interaktives Werk vielleicht von einer höheren zeitlichen Auflösung, während eine detaillierte Visualisierung besser eine feine Ortsauflösung nutzt).

Aussage 3 zeigt eine besonders interessante Verknüpfung von Kunstwerk und Wiedergabemedium, indem sie die Frage aufwirft, inwiefern die Tatsache, dass ein Display wieder und wieder dasselbe Bild zeigt, einen Einfluss auf dessen Identität haben sollte – zumindest bei einer angenommenen Trennung von inhaltsbezogenem (digitaler Code) und darstellendem (Display) Medium. Doch ist es nicht die unverkennbare innere Eigenschaft des Displays eben nicht aufhören zu können, Bilder an die Welt zu kommunizieren? Jeder Monitor, welcher jetzt noch ein statisches Bild zeigt, zeigt im nächsten Augenblick, in 30 Sekunden, 5 Minuten, morgen oder nächste Woche vielleicht eine Änderung? Jedes Bild, welches über ein solches Gerät gezeigt wird, reagiert zwangsläufig auf diese Eigenschaft. Im künstlerischen Ermessen liegt es, ein Standbild zu zeigen, welches dem Publikum klarzumachen versucht: Hier gibt es nur ein Bild zu sehen. Ebenso kann ein sich wiederholender Loop präsentiert werden, dem man nach einiger Zeit seine Wiederholung ansieht. Schließlich kann auch ein interaktiver Inhalt durch eine Begrenzung der Interaktionsparameter die Ausschöpfung des erlebbaren Inhalts kommunizieren.

Dennoch stellt das Publikum dem Display implizit die Frage: Habe ich schon alles (für mich wichtige) gesehen?

2.3.3 Manifestierung des Digitalen in der realen Welt: Das Wiedergabemedium

Bevor dieses Beispiel direkt in die Diskussion der Implikationen der Medien führt,² kann nun der Begriff des Mediums klar umrissen werden. In dieser Arbeit soll von dem *Wiedergabemedium* gesprochen werden.

Dem Schichtprinzipien McLuhans und Luhmanns sowie dem Ansatz Beltings folgend, findet sich dieses zwischen dem digitalen Inhalt und der realen Welt wieder und manifestiert Erstgenannte in Letzterem. Bei der Transformation in Licht (Display) oder Materialität (Druck) findet dabei eine Interpretation statt, welche als Teil des Wiedergabemediums gesehen werden soll. Dies geschieht durch Mikrochips, welche meist in den Endgeräten selbst verbaut sind, aber teilweise auch durch Software (z. B. Treiber), die nicht zwingend auf dem Gerät selbst läuft.

Durch die Abgrenzung vom analogen Medium und dargestelltem Inhalt entsteht mit dem Wiedergabemedium ein Medienbegriff, der zwar primär vom künstlerischen Schaffen getrennt erscheinen mag, allerdings keinesfalls frei vom Einfluss auf die Ästhetik eines Werks ist. Nicht nur die äußeren (z. B. Rahmen, Materialität), sondern gerade auch die inneren Faktoren (z. B. Farbwiedergabe, Helligkeit, Kontrast) haben einen direkten Einfluss auf unsere Wahrnehmung. Darüber hinaus sind es nicht zuletzt Faktoren wie die Objektgestalt oder die Darstellung von Zeit, welche die Erwartungshaltung und das Erlebnis des Publikums prägen. Doch welche Rolle spielen die genannten Faktoren auf die Ästhetik beim Betrachten von Kunst?

2.4 Kunst als...

Kunst bzw. der Vorgang des Betrachtens von Kunst wird häufig als ästhetisches Erlebnis angesehen. Oftmals wird außerdem eine emotionale Komponente erwähnt (entweder in direktem Bezug zur Ästhetik oder auch unabhängig davon). Mastandrea, Fagioli und Biasi beispielsweise untersuchen, nachdem in mehreren empirischen Studien eine mögliche Verbindung zwischen Kunst und verbesserter Gesundheit und gesteigertem Wohlbefinden gefunden wurde, den Einfluss der ästhetischen Erfahrung auf den menschlichen psychophysiologischen Zustand (Mastandrea et al., 2019). Die Sekundärquelle stellt dabei unter Berufung auf diverse Primärquellen Kunst in den Mittelpunkt des ästhetischen Erlebnisses und schließt sich damit Leder an, der Kunst zweifelsohne als prototypische Domäne der Untersuchungen von Ästhetik sieht (Leder et al., 2004). Auch in der Philosophie findet sich diese vorherrschende Meinung, z. B. bei Noel Carroll (dem Kritiker der Medienspezifik), der die ästhetische Erfahrung als Verkörperung der Kunst sieht (Carroll, 2012).

² Wobei angemerkt sei, dass Goeting verpasst, den Digitaldruck ebenfalls zu betrachten und sich lediglich aufs Display konzentriert – dabei erhält das Argument der Interpretation durch dessen Farbmischsysteme und Farbmanagementalgorithmen dort eine fast noch größere Bedeutung.

Tinio und Gartus hingegen versuchen die emotionale Reaktion auf Kunst (jenseits des Vergnügens) zu erfassen und stellen den Aspekt der Emotion als einen der meistdiskutierten dar (Tinio & Gartus, 2018). Bhandari, Chang und Neben verknüpfen dabei abseits des Bereichs der Kunst das ästhetische Erlebnis und die emotionale Reaktion und stellen Weiteres als mögliche Reaktion auf Ersteres dar (Bhandari et al., 2019). Die Verknüpfung der beiden Aspekte (wenn auch nicht immer zwingend als Folge) ist in der Theorie gängig (z. B. (Goodman, 1968), (Leder et al., 2004)). Es ist also festzustellen, dass sowohl Ästhetik als auch Emotion für viele Menschen integraler Bestandteil des Kunsterlebens sind. Dementsprechend sollten sich vergleichbare Eigenschaften von Medien zumindest auf eins der beiden Themenfelder auswirken, um das Erlebnis des Kunstbetrachtens relevant zu beeinflussen.

2.4.1 ... ästhetisches Erlebnis

Für die Beschreibung der ästhetischen Erfahrung sticht das Model von Leder als einer der vollständigsten und strukturiertesten heraus (Leder et al., 2004). Dabei wird der Vorgang des Betrachtens von Kunst in fünf Abschnitte unterteilt, wobei das Kunstwerk selbst (welches als solches klassifiziert werden muss) sowie die Umgebung (z. B. ein Museumskontext³) und der emotionale affektive Zustand der betrachtenden Person als Eingangsparameter einfließen.

Der erste Schritt nach Leder ist die Wahrnehmungsanalyse. Hier werden grundlegende Variablen verarbeitet. Neben Symmetrie und visueller Komplexität, die einen klaren Bezug zum Kunstwerk selbst haben, werden weitere Parameter genannt, welche im digitalen Umfeld ebenso durch das Wiedergabemedium beeinflusst werden (obwohl der Bezug zum eigentlichen Bildinhalt erhalten bleibt):

- Kontrast: beeinflusst u.a. die wahrgenommene Klarheit. Klarere Bilder werden häufig bevorzugt.⁴
- Farben: Während Leder hier auf den Zusammenhang von Farben und Formen eingeht, welcher eher für die inhaltliche Gestaltungsebene von Interesse ist und in Bezug auf die Medienanalyse weniger relevant ist, fassen Palmer et al. einige wichtige Erkenntnisse zusammen (Palmer et al., 2013): So werden höhere Sättigungen in einfachen, kontextfreien Darstellungen bevorzugt, wobei eine übertriebene Sättigung zu lebendig wirken kann und bei dieser Variable eine Abhängigkeit von Geschlecht, Kultur und Objektkontext besteht (Männer bevorzugen z. B. sattere Farben). Außerdem wird bis zu einem gewissen Punkt eine höhere Helligkeit präferiert. Der Parameter der Helligkeit ist außerdem mit der Farbe verknüpft (dunklere Farben scheinen einen anderen Farbton anzunehmen).

Anschließend folgt der Abschnitt der impliziten Feature-Integration, bei der die visuellen Reize gegen die eigenen Erinnerungen und Erfahrungen abgeglichen werden. Als signifikante Effekte mit Einfluss auf die ästhetische Präferenz werden hier die Vertrautheit (z. B. mit einem Malstil),

³ Einige Studien nutzen zur Untersuchung von Kunst einen Laborkontext, der das ästhetische Erlebnis jedoch verfälschen kann.

⁴ Eine umfassende Beschreibung der spatiotemporalen Kontrastwahrnehmung würde hier den Rahmen sprengen, findet sich jedoch in den ersten Kapiteln von *Contrast Sensitivity of the Human Eye and its Effects on Image Quality* (Barten, 1999, Kapitel 3-5).

Prototypizität (Wahrnehmung eines Objektes als Repräsentant für eine Objektklasse, z. B. ein spezielles Gesicht als spezielles Objekt für Gesichter im Allgemeinen als Objektklasse) und überspitzte Darstellungen (z. B. Karikaturen). Dieser Vorgang ist (logischerweise) abhängig von der Vorerfahrung und dem Vorwissen der betrachtenden Person.

In einer dritten Stufe wird die Klassifizierung vorgenommen, was (wieder in Abhängigkeit vom Vorwissen) hauptsächlich anhand von Bildinhalt und Stil erfolgt und somit für diese Arbeit von geringerer Relevanz ist. Einzig die Bedeutung von Metainformationen sei hier hervorgehoben. Während nach Leder et al. bereits für klassisch analoge Kunst Wissen über das Kunstwerk, seine historische Bedeutung oder dessen Erschaffer*in mit zunehmender Expertise Teil des ästhetischen Objekts wird, ist dieser Prozess bei digitaler Kunst umso relevanter, da sich Zusammenhänge in der Programmierung oder Darstellungsweise gerade aus diesem Zusatzwissen ergeben. An dieser Stelle findet außerdem ein Übergang von automatischen in absichtliche Handlungsmuster statt.

Die beiden abschließenden Schritte befassen sich mit der bewussten Verarbeitung der visuellen Eindrücke und stellen die (sowohl kunstspezifische als auch selbstbezogene) Interpretation sowie das Verständnis und der damit einhergehende affektive Zustand (z. B. Zufriedenstellung) dar. Als Ergebnis des Modells ergibt sich so einerseits die emotionale Reaktion, die Leder als *ästhetische Emotion* bezeichnet sowie eine ästhetische Bewertung.

2.4.2 ... emotionales Erlebnis

Die emotionale Reaktion wird häufig mit den Bildinhalten in Verbindung gebracht, wobei sich statische Bilder wie auch Filme als sehr effektives Mittel zur Auslösung von Emotionen herausgestellt haben (Fernández-Aguilar et al., 2019). Zum Teil könnte dieser Effekt darauf basieren, dass Menschen die Emotionen anderer Menschen spiegeln, was insbesondere anhand von Gesichtsausdrücken, Stimmlage und anderen Verhaltensweisen sowie physiologischen und neurologischen Reaktionen geschieht (Herrando & Constantinides, 2021). Beim Betrachten von Kunst wird die ästhetische Emotion außerdem von einigen Forschern mit einer Art Belohnungswert der ästhetisch beurteilten Reize in Verbindung gebracht (Cheung et al., 2019).

Für die Bewertung von Emotionen wird häufig das PAD-Modell (Mehrabian & Russell, 1974) verwendet, welches anhand von drei Achsen eine systematische Einordnung ermöglicht:

- Wohlbefinden – Unbehagen (Pleasure – Displeasure) bewertet wie positiv oder negativ eine Emotion empfunden wird.
- Erregung – Entspannung (Arousal – Nonarousal) bewertet die gefühlte Erregung/Aufregung bzw. die Ruhe/Entspannung.
- Macht – Ohnmacht (Dominance – Submissiveness) bewertet wie handlungsfähig oder ohnmächtig man sich fühlt.

Wenngleich das Modell nicht frei von Kritik ist, findet es in der Forschung häufig Anwendung, oftmals kombiniert mit dem Self-Assessment Manikin (SAM) als non-verbales Werkzeug zur

Erfassung von Emotionen. Hier werden die drei Achsen des PAD-Modells als Skalen mit kleinen Bildern an den Enden abgebildet, welche den jeweiligen Zustand visualisieren sollen, wobei *Valence* anstatt *Pleasure* als Achse genutzt wird (Bradley & Lang, 1994).

Entgegen einer vielleicht aufkommenden Vermutung, negative Emotionen (als Teil der Gesamtmenge möglicher Emotionen) seien etwas schlechtes, ist diese sonst logische Verknüpfung beim Betrachten von Kunst aufgehoben. Der amerikanische Philosoph Goodman stellt dabei (in ästhetischen Erlebnissen) positive und negative Emotionen als Sensibilität gegenüber dem Kunstwerk heraus, wobei negative Emotionen ebenso gut wie positive funktionieren würden (Goodman, 1968, S. 250). Negative Emotionen wie Angst, Hass und Ekel würden, wenn diese durch ein Gemälde oder Theaterstück ausgelöst werden, gar ins positive umschwenken (Goodman, 1968, S. 246). Eine starke Emotion könnte also ein Faktor für das Kunsterlebnis sein.

3 Vorstellung der Medien

Für einen Vergleich sollen die Wiedergabemedien zunächst im Detail betrachtet werden. Um diesen in einem angemessenem Umfang durchführen zu können, wird die Auswahl möglicher Wiedergabemedien zum Zeigen digitaler Kunst auf die verbreitetsten Medien *Display* und *Digitaldruck* sowie das *Printmapping* als vielversprechende neue Form eingegrenzt. Alle drei stehen dabei prototypisch für weitere Kategorien, auf welche sich (teilweise) Rückschlüsse ziehen lassen.

3.1 Digitaldruck

Unter den verschiedenen (2D-)Druckformaten ist der Digitaldruck als Unterkategorie des Rasterdrucks für die Darstellung digitaler Kunst am relevantesten, da er eine qualitativ hochwertige Abbildung bereits ab einer geringen Stückzahl zu einem geringen Preis ermöglicht. Dabei werden in der Regel vier Primärfarben (Cyan, Magenta, Gelb und Schwarz) nacheinander auf ein Papier gedruckt. Da ein Drucker lediglich binär keine oder volle Farbe drucken kann, wird das Bild von der Druckersoftware zunächst so verarbeitet, dass ein Raster an binären Punkten entsteht. Je mehr Punkte (oder je größere) auf einer Fläche gedruckt werden, umso stärker erscheint dort der Farbanteil, wobei insgesamt der Eindruck einer kontinuierlichen Färbung entsteht (bzw. entstehen soll). Dieser Vorgang wird als *half-toning* bezeichnet (weitere Informationen in (Andreasen et al., 2008)) und für die vier Grundfarben nacheinander durchgeführt. Um dabei sichtbare Artefakte zu vermeiden, werden die Punkte meist zufällig verteilt und die Raster der Grundfarben gegeneinander verschoben und/oder gedreht. Eine Erhöhung der Farbtiefe führt dementsprechend zwangsläufig zu einer Auflösungsreduktion. Welsch und Liebmann beschreiben das Verfahren des Rasterdrucks in ihrem Standardwerk *Farben* ab Seite 324 im Detail und nennen dabei eine Rasterfeldgröße von 16x16 Punkten (resultierend in 256 möglichen Graustufen) als gängig (Welsch & Liebmann, 2012). Als typische Auflösung werden 120 Zeilen pro Zentimeter (lines per centimeter, lpc) genannt, was ungefähr 300 Punkten pro Zoll (dots per inch, dpi) entspricht. Dieser Wert gilt als typisch für hochauflösenden Druck. Gibt man ein Bild mit 300 dpi in den Druck, kann aufgrund des Rasterprinzips nicht jedes Pixel mit dem exakten Farbwert gedruckt werden. Die Informationen werden allerdings dennoch bei der Rastererstellung mit einbezogen.

Grundsätzlich ergibt sich durch die Verwendung der vier Primärfarben eine Begrenzung des Farbraums (Gamut), was zu Einschränkungen bei den Sekundärfarben führt. Dies ist insbesondere deshalb relevant, weil hier die Primär- und Sekundärfarben im Vergleich zu (den meisten) digitalen Medien vertauscht sind. Der in CMYK-Druckverfahren erreichbare Farbraum ist merkbar kleiner als der von RGB-Monitorarstellungen, wobei es z. B. mit 100% Cyan in der Regel auch Farben gibt, die sich drucken, aber nicht auf einem Display anzeigen lassen (Welsch & Liebmann, 2012, S. 349).

Um trotz der ungleichen Möglichkeiten der Farbwiedergabe möglichst unverfälschte und konsistente Darstellungen zu ermöglichen, wird ein Mapping des originalen in den Gerätefarbraum

durchgeführt. Dazu wurden ICC-Profile⁵ eingeführt, welche beim Druck unter anderem die Eigenschaften von Papier, Tinte und Drucker als maßgebliche Einflussfaktoren zusammenfassen.

Die Relevanz des Papiers ergibt sich unter anderem daraus, dass aufgrund der subtraktiven Farbmischung keine weiße Farbe erzeugt werden kann. So entsteht die Helligkeit im Druck durch die geringere Verteilung von Rasterpunkten auf einer Fläche, wodurch mehr Papier sichtbar wird. An 100% weißen Stellen wird demnach gar keine Tinte aufgetragen⁶, weshalb der maximale Reflexionsgrad des Drucks dem des Papiers entspricht. Spezielles Fotopapier ist außerdem optimiert, um die Druckertinte besser aufzunehmen. Ungleichmäßigkeiten zwischen Papier und Tinte können gerade bei flächigen Bildern zu einem „wolkigen“ Druck führen (*Mottling*) (Sadovnikov et al., 2005). Für Fotodrucke gibt es außerdem neben mattem auch glänzendes Papier, welches anfällig für Reflexionen ist, dafür aber oft mehr Druckertinte aufnehmen kann und so sattere Farben und einen höheren Kontrast erzeugt. Zur Beschreibung, wie viel Tinte ein Papier aufnehmen kann, wird der maximale Flächendeckungsgrad angegeben. Dieser kann bei CMYK maximal 400% erreichen, was der Überlagerung der maximalen Rasterpunktdichte in allen Farben entspricht. Einen derart hohen Flächendeckungsgrad erreichen in der Praxis aber nur wenige Papiere (UPM, o. J.). Je nach Produkt kann außerdem dessen Textur der Druckgrundlage sichtbar bleiben. Der Einfluss des Papiers, insbesondere die Parameter Weisheit („Whiteness“), Rauheit („Roughness“) und Glanz („gloss“), wird von Ataefard & Tilebon hinsichtlich der Farbproduktion und Gesamtqualität des gedruckten Bilds als signifikanter Faktor erachtet (Ataefard & Tilebon, 2022).

Da Druckerzeugnisse nicht selbstleuchtend sind, spielt außerdem die Beleuchtung eine entscheidende Rolle bei der Betrachtung von Printinhalten. Diese sollte dabei ein möglichst großes Spektrum des sichtbaren Lichts möglichst kontinuierlich abdecken.⁷ Als Maß für die Qualität des Lichts existieren verschiedene Farbwiedergabeindices, welche bewerten, wie viele Farben originalgetreu wiedergegeben werden können⁸. In heutigen Druckverfahren wird die Farbwiedergabe jedoch häufig für eine spezielle Lichtsituation optimiert⁹, was bei Abweichungen von selbiger (z. B. durch die Verwendung eines anderen Weißtons oder die Mischung von Kunstlicht und Tageslicht) zu Inkonsistenzen führen kann. Ansätze einer spektral korrekten Reproduktion („Spectral Reproduction“ (Samadzadegan & Urban, 2015)) werden daher erforscht. Insbesondere Philipp Urban beschäftigt sich dazu mit Multichannel-Druckern, welche durch die Verwendung von 7 Farben die spektrale Varianz erhöhen, da ähnliche Farbeindrücke durch unterschiedlich zusammengesetzte Lichtspektren erzeugt werden können (Le Moan & Urban, 2014).

⁵ Farbprofile, benannt nach dem International Color Consortium. Spezifikation: (*ICC Specifications*, o. J.)

⁶ was zu Banding-Artefakten führen kann, weshalb reines weiß im Druck mit Vorsicht verwendet werden sollte!

⁷ Weitere Informationen Lichtspektren von verschiedenen Leuchtmitteln finden sich in Roland Greules *Licht und Beleuchtung im Medienbereich* in den Kapiteln 2 *Licht und Strahlung* (insbesondere 2.2 *Strahlung und Spektrum* bis 2.5 *Weißes und farbiges Licht*) und 8 *Lichtquellen* (Greule, 2021).

⁸ Einen guten Überblick bietet Roland Greule in Kapitel 6.5 *Farbwiedergabefaktoren und Farbwiedergabeindex* (Greule, 2021).

⁹ Oftmals wird dafür von einem sogenannten Normlicht ausgegangen. Insbesondere D65 mit einer Farbtemperatur von 6500K ist verbreitet. Eine ausführliche Beschreibung findet sich in *Besonderheiten der Farbempfindung* (Lübbe, 2013, S. 9).

Der Digitaldruck begegnet einem im Alltag in vielen Formen, sodass dieser im Vergleich mit Display und Printmapping in Bezug auf viele Aspekte als Prototyp für den Druck gesehen werden kann. Verbreitete Formen sind z. B. Magazine (insbesondere im Mode-, Design- und Architekturbereich) und Werbeposter.

3.2 Display

Wie auch beim Druck gibt es unter den Displays verschiedene grundlegende Techniken. Am weitesten verbreitet sind derzeit Monitore mit OLED- oder LCD-Panels. Bei erstgenannten besteht jedes Pixel aus drei¹⁰ LEDs (Rot, Grün, Blau), die Subpixel genannt werden. Der darstellbare Farbraum ergibt sich dabei aus den Spektren der verbauten LEDs. Während OLEDs jedes Pixel einzeln ausschalten können, sodass es kein Licht mehr emittiert, und dadurch sehr gute Kontrastwerte erreichen können, sind sie häufig in ihrer Helligkeit beschränkt. LCDs hingegen bestehen aus einer hellen Lichtquelle, vor welcher zwei Polarisationsfolien mit einer Flüssigkristallschicht in der Mitte angebracht sind. Die einzelnen Flüssigkristalle können als (Sub-) Pixel angesteuert werden, wobei die elektrische Spannung die Drehung des Flüssigkristalls steuert, welche wiederum dafür sorgt, dass mehr oder weniger Licht durch die Polfilter austreten kann. Farbfilter sorgen für die entsprechende Färbung der Subpixel. Im Detail werden OLEDs, LCDs und weitere Displaytypen in *Professionelle Videotechnik* in Kapitel 7 beschrieben (Schmidt, 2021).

Heutige LCDs können zwar (günstiger) eine höhere Helligkeit erreichen, haben aber funktionsbedingt gegenüber OLEDs einige Nachteile: Einerseits entsteht durch die Polfilter eine hohe Blickwinkelabhängigkeit, was bei seitlicher Betrachtung zu kontrastarmen und farblich verfälschten Bildern führt, wenn man LCDs seitlich betrachtet (Schmidt, 2021). Außerdem wird nie das gesamte Licht der Hintergrundbeleuchtung absorbiert. Das abgestrahlte Restlicht (*Backlight Bleeding*) führt zu einem schlechteren Schwarzwert, was den schlechteren Kontrast von LCDs bedingt. Um diesen zu verbessern, wird die Helligkeit der Lichtquelle oft dynamisch reduziert, was inzwischen nicht nur pro Bild, sondern häufig auch innerhalb eines Bildes funktioniert. Dazu wird eine Hintergrundbeleuchtung benötigt, welche in verschiedenen Zonen unabhängig gesteuert werden kann (*Local Dimming*) (Schmidt, 2021). Müssen sehr kleine, sehr helle Objekte vor einem flächigen dunklen Hintergrund dargestellt werden, können diese Zonen jedoch zu sichtbaren Artefakten führen. Schließlich können die LEDs in OLED-Panels wesentlich schneller zwischen einem hellen und einem dunklen Zustand wechseln, als dies mit Flüssigkristallen möglich ist. Die Ansprechzeit (*Pixel Response Time*) von LCDs ist also geringer (Matsumoto et al., 2014). Dies führt insbesondere bei schnellen Bewegungen von sehr hellen Elementen vor dunklem Hintergrund zu sichtbaren Schlieren-Artefakten der hellen Bildanteile (*Ghosting*). Pan, Feng und Daly beschreiben das Problem ausführlich und untersuchen die Wirksamkeit verschiedener Möglichkeiten zur Reduktion der Bildfehler (Pan et al., 2005). Dieses Problem ist insbesondere dann störend, wenn natürliche Bilder dargestellt werden sollen.

¹⁰ Auch wenn es Hersteller gibt, die ein viertes (weißes) Subpixel einbauen, um die Helligkeit eines Displays zu erhöhen, soll in dieser Arbeit von einem Normalfall von 3 Subpixeln ausgegangen werden.

Da reale Objekte meistens mehr oder weniger einheitliche Formen und Reflexionswerte aufweisen, weisen benachbarte Pixel dementsprechend häufig ähnliche Luminanzwerte auf. Bewegungen werden anhand des spatiotemporalen Kontrasts erkannt, wobei geringe Kontrastwerte zu einer langsamer wahrgenommenen Bewegung führen (Rideaux & Welchman, 2020). OLED-Panels, welche keine Ghosting-Artefakte aufweisen, eignen sich für eine scharfe und realistisch anmutende Bewegungsdarstellung also eher. Außerdem weisen Ghodrati et al. auf die Ungleichmäßigkeit der Luminanzwerte der getesteten LCDs hin (Ghodrati et al., 2015). Da aufgrund des Alters der Studie die verwendeten Displays inzwischen überholt sind (keines unterstützt Local Dimming, was eine Kalibrierung einzelner Zonen für eine gleichmäßigere Luminanz ermöglicht), muss die Aussagekraft für aktuelle Produkte in Frage gestellt werden. Zu den Nachteilen von OLEDs gehört die insbesondere für den Dauerbetrieb in Ausstellungen schnell eintretende Alterung der LEDs, was in der Praxis nicht nur zu einer geringeren Lebensdauer, sondern auch zu einer Begrenzung der maximalen Helligkeit zur Erhaltung der Leuchtkraft führt.

Beide Displaytypen weisen baulich bedingt eine Gitterstruktur zwischen den Pixeln auf, welche bei hoher Helligkeit und geringem Betrachtungsabstand sichtbar wird. Mit steigendem Entfernung oder höherer Auflösung des Displays wird diese aber immer mehr durch die hellen Pixel überstrahlt. Einen visuellen Unterschied zwischen verschiedenen Displays kann man außerdem häufig an den Spektren bzw. der Wellenlänge des roten, grünen und blauen Lichts (auch Primärvalenzen genannt) ausmachen. Diese bestimmen die Eckpunkte des Farbraums und können bei Abweichungen dazu führen, dass zwei benachbarte (unterschiedliche) Displays z. B. ein etwas anderes Grün als *Vollgrün* anzeigen.

Displays haben im Laufe der Jahre eine sehr starke Entwicklung durchlaufen, wodurch diverse Ansätze entstanden sind, um ihre Qualität noch weiter zu steigern (oder den Preis bei gleichbleibender Qualität zu senken). Diese sollen im Rahmen dieser Arbeit nicht umfassend diskutiert werden. Mit Double-Layer-OLED- und -LCD-, Mini- und Micro-LED-Panels, Quantum Dots und diversen Weiterentwicklungen bestehender und neuer Technologien sind in den kommenden Jahren weitere Entwicklungen zu helleren, kontraststärkeren und höher aufgelösten Displays mit immer höherer Bewegungsauflösung und geringeren (technologisch bedingten) Artefakten zu erwarten.

Die Kategorie *Display* soll in dieser Arbeit für gängige Displays (z. B. Fernseher und Signage-Displays, aber auch Bildschirme von Laptops, Computern und Mobilgeräten) stehen. E-Ink-Displays sind aufgrund ihrer ganz eigenen Funktion, welche zu einem stark andersartigem Bildeindruck führt und sich in diversen Parametern von sonstigen Bildschirmen abhebt, nicht berücksichtigt und stellen eher eine eigene Kategorie dar. LED-Wände funktionieren zwar technisch sehr ähnlich, weshalb viele technische Aussagen zu Displays auf sie übertragen werden können, weisen aber insbesondere in Form, Preis und Ästhetik Differenzen auf.

3.3 Printmapping

Beim Printmapping wird eine Projektion auf eine bedruckte Fläche so eingerichtet, dass das digitale projizierte und das analoge gedruckte Bild deckungsgleich übereinanderliegen. Die beiden Bilder müssen dabei nicht identisch sein, sollten jedoch aufeinander Bezug nehmen. Dies lässt sich sehr gut anhand des artverwandten Projection Mappings veranschaulichen: Hier wird ein Bild bzw. ein Video von einem Gebäude (oder anderen Gegenstand) auf das Gebäude (oder den Gegenstand) projiziert. So verschmelzen reales Objekt und digitales Bild und es werden Wahrnehmungstäuschungen, wie z. B. das Vorgaukeln virtuell wandernder Lichtquellen oder das Einstürzen des Gebäudes möglich. Das Objekt bzw. Gebäude wird dabei Teil des Wiedergabemediums, da insbesondere Bauwerke eine monumentale Ausstrahlung der Unveränderbarkeit haben, welche durch die digitale Augmentierung scheinbar aufgehoben wird. Einer der Schöpfer und ganz frühen Erkunder des Projection Mappings, Thorsten Bauer, erklärt das Medium in seinem TEDx Talk *Lumentektur* (Bauer, 2018) und spricht von einer „Vermischung von Echt und Behauptung, von analog und digital“ (Bauer, 2018, 06:20) und einem „Wesensunterschied“ (Bauer, 2018, 10:27) zwischen Architektur und Film, „der sich durch ihre unterschiedlichen und konkurrierenden Realitätsbehauptungen ergibt“ (Bauer, 2018). Dabei hebt er insbesondere die feine Anpassung des digitalen Inhalts auf das Gebäude als essentiellen Punkt hervor ((Bauer, 2018, 01:17).

Das Printmapping, so wie es in dieser Arbeit genutzt werden soll, bedient sich dieses Ansatzes und geht auf die Idee des Autoren und dessen experimenteller Bearbeitung im Rahmen des Studiums zurück. Bereits 2015 veröffentlichte jedoch der türkische Künstler Can Buyukberber ein Werk, das eine Projektion auf eine bedruckte Fläche nutzt (Buyukberber, 2015). Dabei nutzt er allerdings einen Druck auf Alu-Dibond (Buyukberber, 2015), während in dieser Arbeit eine Leinwand als Basismaterial verwendet werden soll. Diese nähert sich sowohl aufgrund der Textur als auch der Ästhetik des analogen Objektes deutlich mehr gemalten Kunstwerken an. Buyukberber ließ schnell wieder von dem Thema ab. Als Inspiration für die Versuche des Autors galt neben der ursprünglich unabhängigen Idee ein Video aus der *light book* Reihe, in dem ein Buch zu sehen ist, auf dessen nur mit Umrissen bedruckte Seiten ein Minispiel projiziert wird (@wallmasterr, 2023). Das dahinter stehende Indistudio Lowtek Games nutzt dieses Medium, um Spiele zu entwickeln (*Lowtek Games*, o. J.). Die Idee erlangt in den sozialen Medien Aufmerksamkeit, obwohl die Verknüpfung von digitalem und analogen Inhalt hier nur schwach ausgeprägt ist.

Die zahlreichen existierenden Videomappings ohne gedruckte Vorlage funktionieren zwar ähnlich wie Printmappings, allerdings ist man hier auf die rein externe Form beschränkt, während ein*e Künstler*In ein Druckerzeugnis selbst gestalten kann.¹¹ Diese werden im Rahmen dieser Arbeit nicht betrachtet. Auch Videomappings, die zwar auf einen bedruckten Untergrund ein

¹¹ Es gibt sicherlich auch Künstler, die sowohl die Werkzeuge der digitalen Projektion als auch einer analogen, formgebenden Kunst beherrschen. Das Printmapping zeichnet jedoch aus, dass man eben kein zweites Handwerk erlernen muss, um Inhalte und Kunstwerke zu erstellen.

gänzlich neues Bild projizieren, werden nicht explizit diskutiert. Da sie auf die inhaltliche Verknüpfung von analoger Grundfläche und digitaler Bespielung verzichten übergehen sie einen essenziellen Teil des hier diskutierten Printmappings.

Technisch bedingt wird das Printmapping durch die Eigenschaften der Basismedien, also des Drucks und der Projektion. Weisen die überlagerten Bilder eine hohe Ähnlichkeit auf (um eine Kopplung, wie Thorsten Bauer sie beschreibt, zu erreichen), ist vor allem die Auflösung des Drucks entscheidend, da dieser den starken Kontrast erzeugt und unabhängig vom wahrscheinlich vorhandenen Streulicht ist. Eine hochwertige Projektion ist zwar wünschenswert, solange aber keine scharfen, neuen Objekte eingebaut werden sollen, nicht essenziell. In den Test des Autors konnten erstaunliche Effekte erzeugt werden, selbst wenn ein DIN A4 großer Druck lediglich mit ca. 300x400 Pixels von der Projektion getroffen wurde. Dabei konnte diese sogar leicht defokussiert werden, um das in der Projektion typische Pixelgitter zu reduzieren. Da in diesen Versuchen ein schwarz-weiß-Druck mit farbigem Video verbunden wurde, ist diese Eigenheit möglicherweise in der geringeren Ortsauflösung des menschlichen Auges bei Farbe gegenüber Helligkeit begründet. Laut Ulrich Schmidt unterscheiden sich die beiden um einen Faktor von vier (Schmidt, 2021, S. 38). Gemeinhin basiert die visuelle Wahrnehmung auf Helligkeitskontrasten (Hagendorf et al., 2011, S. 68).

Da in der digitalen Projektion ähnlich wie beim Display eine Gitterstruktur zwischen den Pixeln sichtbar wird, der relative Betrachtungsabstand hier aber oft deutlich geringer ist, leidet die Projektion oft unter dem Eindruck, einzelne Pixel zu sehen, was als technischer Fehler vom gezeigten Bildinhalt ablenken kann. Je nach Projektor kann diese Struktur allerdings unterschiedlich aussehen und unter Umständen sogar als stilisierender Effekt (wie z. B. Filmrauschen) wahrgenommen werden.

Die maximale Helligkeit wird durch die Projektion vorgegeben. Diese sollte sich dabei am Kontext orientieren: In einem dunklen Raum kann eine zu helle Projektion schnell kontraproduktiv wirken, weil mit dieser in der Regel ein deutlich sichtbarer Schwarzwert einhergeht, was zu sichtbaren Kanten am Rande des projizierten Bildes an der Wand führen kann. Ein kontraststarker Projektor ist hier empfehlenswert, um derartige Störeinflüsse zu vermeiden. In einer hell beleuchteten Galerie hingegen ist vor allem eine ausreichende Leuchtstärke erforderlich, während die Projektionskonturen eine geringere Rolle spielen. Auf dem Canvas des Kunstwerks selbst ist der Schwarzwert der Projektion zu vernachlässigen, da dunkle Stellen durch den Druck viel Licht absorbieren und selbst bei gleichmäßiger Ausleuchtung einen guten Kontrast zu helleren Flächen haben. In der Praxis bestimmt ohnehin meist nicht der Schwarzwert des Projektors, sondern das vorhandene Umgebungslicht, wie viel Licht auf die dunklen Stellen fällt. Die Kombination aus Druck und Projektion erhöht dabei den Kontrast.

Der Farbraum wird von der Projektion als Lichtquelle vorgegeben, kann aber durch den Druck weiter eingeschränkt werden. Dabei trifft die additive Farbmischung des Projektors (RGB) auf die subtraktive des Drucks (CMYK). Da, wie in Kapitel 3.1 beschrieben, an weißen Stellen keine Tinte aufgetragen wird, wird die (technische) Qualität des projizierten Bildes dort lediglich durch den im selben Kapitel diskutierten Auswirkungen des Papiers beeinflusst, welche im Regelfall weder den Farbraum noch das Spektrum signifikant reduziert.

3.4 Bisherige Forschung

In einem letzten Schritt vor dem Vergleich soll nun der bisherige Forschungsstand hinsichtlich des Vergleichs von Display und Digitaldruck reflektiert werden. Während es viele philosophische Diskussionen zu inhaltlichen Medien gibt¹² und sich die Forschung meist auf die Auswirkungen einzelner technischer Parameter konzentriert, mangelt es an ganzheitlichen Gegenüberstellungen von Druck und Display, insbesondere, wenn man den Blick nicht *nur* auf technische oder *nur* auf ästhetische Parameter wenden will. Einige Untersuchungen, welche dem ganzheitlichen Anspruch zwar nicht gerecht werden, aber dennoch möglicherweise eine Relevanz für einen entsprechenden Vergleich haben, sollen in diesem Kapitel diskutiert werden. Diese lassen sich grob in drei Themenfelder einordnen: Reproduktion auf Bildschirmen, Digitales vs. Analoges Lesen sowie Standbild vs. Bewegtbild.

3.4.1 Reproduktion von Kunst und realen Objekten auf dem Bildschirm

Einer der Schwerpunkte von Arbeiten, die digitale Medien vergleichen, ist die Reproduktion analoger Kunst. Locher, Smith & Smith untersuchten beispielsweise ausgehend von der Mediums-Transfer-Theorie (vgl. Kapitel 2.2) die Wirkung von hochwertigen Reproduktionen neun realer Gemälde via Dia und Computerbildschirmen. 140 freiwillig teilnehmende Personen bewerteten auf 16 linearen Skalen mit Adjektivpaaren entweder die Originale in der Museumsumgebung (freiwillige Museumsbesucher) oder die Replikationen auf Dia oder Computerdisplays (freiwillige Besucher eines Workshops des Museums). Wenngleich viele der abgefragten Attribute hohe Ähnlichkeiten für die Reproduktionen und die Originale boten, bezogen sich diejenigen, die Differenzen aufwiesen, wie vermutet auf den Umstand der Reproduktion. Aufgrund der Interaktion mit den Teilnehmenden kommen die Autoren jedoch noch zu einem anderen Schluss: Die Versuchspersonen schienen sich an die Tatsache, dass sie eine Reproduktion anschauen, zu adaptieren und über die Unzulänglichkeiten des Mediums hinwegzusehen. So betrafen fast alle Kommentare die Kunst, während die Eigenschaften des Mediums ignoriert, also quasi durch das Medium hindurch gesehen wurde (Locher et al., 1999). Basierend auf dieser Erkenntnis erweitern die Autoren die Mediums-Transfer-Theorie von Currie um die Faksimile-Akkommodationshypothese.

Das Ergebnis überrascht insofern, als dass sowohl Dias als auch die Displays der 90er Jahre gemessen an heutigen Standards überholt scheinen und dennoch über die technischen Unzulänglichkeiten hinweggesehen werden konnte. Ein wichtiger Aspekt ist dabei mit Sicherheit, dass es sich bei den Bildern um berühmte Kunstwerke handelte und insbesondere die Teilnehmenden der Display- und Dia-Gruppen einen sehr hohen Bildungsgrad und ein hohes Interesse an der Kunst hatten, weshalb ihnen der Umstand, dass sie eine Reproduktion anschauen, wahrscheinlich bewusst war. Eine für die Allgemeinbevölkerung repräsentative Gruppe mit mehr Personen ohne Kunstbezug wären möglicherweise stärker auf das Medium eingegangen. Auch aufgrund der Tatsache, dass die Originale in einer Museumssituation, die Replikationen aber in

¹² Z. B. werden diverse Aspekte des Films häufig diskutiert, wobei der Fokus jedoch meist auf der Erzählweise liegt. Außerdem wird die Fotografie untersucht, wobei sich jedoch hauptsächlich auf die Besonderheiten der Darstellung (realistische Abbildung) oder den Prozess des Fotografierens konzentriert wird.

einem Versuchsaufbau betrachtet wurden, stellt die Vergleichbarkeit in Frage, um Leders Hinweis aus Kapitel 2.4.1 aufzugreifen.

Auch wenn es weitere Replikationsstudien (z. B. (Bertamini & Blakemore, 2019)) gibt, sind diese im Rahmen dieser Arbeit von geringerer Relevanz. Die Tatsache, dass die Versuchspersonen wissentlich Reproduktionen der Werke betrachten, welche noch dazu auf eine vom originalen Medium stark unterschiedlichen Wiedergabeform übertragen wurden, sowie der Fokus auf das ästhetische Erlebnis und die Authentizität reduzieren die Aussagekraft dieser Studien über die unterschiedlichen Eigenschaften der untersuchten Medien leider signifikant. In Kapitel 4.5 soll dieses Thema jedoch erneut aufgegriffen werden.

In einer ähnlichen Studie abseits der Kunstreproduktion untersuchten Miura et al., welche unterschiedlichen Eindrücke Abbildungen realer Objekte auf Röhrenbildschirmen und Beamern hinterließen und nutzten dazu verschiedene Wandmaterialien als Bildmaterial (Miura et al., 2002). Während sie unterschiedliche Stärken herausarbeiten konnten (Projektion kann Farbe und Muster, aber keine Textur wiedergeben, der Röhrenmonitor kann Farbe, Muster und Textur präsentieren, erzeugte aber ein übertriebenen Eindruck hinsichtlich der Rauheit von Materialien, das reale Objekt wurde bevorzugt), können die Ergebnisse nicht auf moderne Displays (und Projektoren) mit ganz anderen Eigenschaften übertragen werden. Die fehlende Textur in der Projektion kann eine Folge der niedrigen Auflösung von 1024 x 768 Pixel sein, der unrealistische Bildeindruck des Röhrenmonitors technisch bedingt. Der übertriebene Eindruck des Röhrenbildschirms könnte jedoch auf eine Möglichkeit von Displays¹³ hindeuten: Die hyperrealistische Darstellung.

3.4.2 Druck vs. Digital: Leseverständnis und -geschwindigkeit

Ein weiterer Forschungsschwerpunkt liegt auf der Wahrnehmung und Verarbeitung von analogen und digitalen Textinhalten. Mit der steigenden Verbreitung von Bildschirmen in unserem Alltag, die sich über die letzten Jahrzehnte vollzogen hat, ist der Konsum digitaler Texte immer weiter gestiegen. In vielen Studien wurden die Leseperformance und das Leseverständnis sowie diverse psychologische Parameter untersucht, wobei die Ergebnisse sehr unterschiedlich sind. Einerseits konnten z. B. Jeong & Gweon keinen Unterschied in der Leseperformance feststellen, wohl aber ein *gefühl* höheres Textverständnis und niedrigere Erschöpfung unter ihren Testpersonen (Jeong & Gweon, 2021). Andere Studien sprechen sich für die Vorteile von Printmedien aus (z. B. (Kilag et al., 2024) hinsichtlich eines besseren Verständnisses und Behalten des Gelesenen und (Zivan et al., 2023) bzgl. einer höheren kognitiven Belastung und schlechter fokussierter Aufmerksamkeit beim Lesen digitaler Inhalt). In einer groß angelegten Metastudie bestätigen Delgado et al. die Vorteile des Drucks gegenüber digitalen Medien (insbesondere

¹³ Ohne den Hyperrealismus an dieser Stelle zu diskutieren, sei darauf hingewiesen, dass dies grundsätzlich kein Problem des Wiedergabemediums ist. Dieses ermöglicht lediglich eine realitätsnahe Darstellung. Viel mehr sind es künstlich erzeugte Inhalte, die den Realitätsgrad der Darstellung nicht ausreichend bedienen können und auf eine Abstraktion verzichten. Da dieses Problem jedoch (auch) eines der künstlerischen Erkundung des Wiedergabemediums ist, sei es hier genannt. Im Kapitel 4.1.3 wird das Thema erneut aufgegriffen.

Computern), weisen dabei allerdings auf die diversen Ergebnisse hin, welche es schwer machen, eindeutige Schlüsse zu ziehen (Delgado et al., 2018).

Die Implikationen dieser Studien für die digitale Kunst sind leider ungewiss, da sich keine Untersuchung mit den Ursachen für die unterschiedliche Wahrnehmung von gedruckten und digitalen Texten auseinandergesetzt hat. Interessant ist jedoch eine Reihe von Studien, die gedruckte Fotos mit ihren digitalen Darstellungen vergleichen. Analoge Fotobücher werden dabei gegenüber einer PDF-Version bevorzugt (Frey et al., 2010, S. 48-49), wobei als Gründe die Zugänglichkeit (es sei einfacher, gedruckte Bilder Freunden und Familie zu zeigen) und Greifbarkeit (etwas haptisches in der Hand zu haben) genannt werden. Die Autoren legen in Einklang mit einer weiteren Studie nahe, dass das verwendete Medium keinen Einfluss auf die Betrachtungszeit oder das Erinnerungsvermögen hat. Aufgrund der geringen Anzahl an Testpersonen (14) sowie der inzwischen veralteten Technologie (12 Zoll LCD) sind diese Aussagen mit Vorsicht zu betrachten. Zumindest die genannten Vorteile der Zugänglichkeit und Haptik scheinen allerdings grundlegende Probleme digitaler Inhalte zu sein, die sich nicht durch technologische Entwicklungen des letzten Jahrzehnts lösen ließen und für digitale Kunst ebenso relevant sind. Betroffen sind davon nicht nur die Werke selbst, sondern auch Träger von Metainformationen, wie z. B. Beschreibungstexte.

3.4.3 Standbild vs. Film

In einigen weiteren Studien wurden zwar keine Vergleiche zwischen Druck und Display angestellt, aber die Bewegungsdarstellung (ein relevanter Parameter) erforscht. Uhrig et al. untersuchte die unterschiedliche Wirkung von Film und Bildern hinsichtlich der Auslösung von Emotionen (Uhrig et al., 2016). In einer Versuchsreihe mit 144 Teilnehmenden wurden Einzelbilder mit einer Dauer von sechs Sekunden, Sets von drei emotional kongruenten Bildern (Bildfolge mit zwei Sekunden Dauer je Einzelbild) und kurze Filmausschnitte (6 Sekunden) verglichen. Die Bewertungen anhand des Self-Assessment-Manekins (vgl. Kapitel 2.4.2) überraschen dabei: Während bei positiven Stimuli keine signifikante Abweichung vom Grundzustand festgestellt werden konnte, werden die Emotionen in Folge negativer Stimuli insbesondere bei der Bildfolge, aber auch bei Einzelbildern als negativer (geringere Valenz) als bei der Filmsequenz eingeordnet. Aufgrund der nicht eindeutigen Ergebnisse kann bezüglich der Erregung (Arousal) keine absolute Aussage getroffen werden. Die Studie legt jedoch nahe, dass Filme bei positiv konnotierten Bildern einen minimal höheren Erregungsgrad hervorrufen, während dieser bei negativem Material deutlich geringer ist als bei der Bildfolge (das Einzelbild erzeugte nur bei einem Teil der Untersuchung ein statistisch relevantes Ergebnis).

Die Autoren diskutieren als mögliche Gründe, warum der Film in der Untersuchung entgegen der allgemeinen Erwartung weniger starke Emotionen hervorrufen konnte als die Bilder, unter anderem die Länge der Sequenzen. Diese sei deutlich kürzer als in anderen Filmstudien. Auch die dramaturgische Struktur, die das Narrativ abseits der im Bild wahrnehmbaren Elemente

unterstützt, wäre nicht ausreichend beachtet. Außerdem werde mit dem in der Studie verwendeten Fotografien¹⁴ möglicherweise direkter ein menschliches Schicksal verbunden als mit den Ausschnitten aus Hollywood-Filmen, welche eindeutig fiktionale Geschichten erzählen.

Im Widerspruch zu dieser Studie betonen Courtney et al. die Bedeutung von Bewegung und zitieren mehrere Arbeiten, die diese in Bezug auf die visuelle Wahrnehmung mit einem höheren Puls, Hautleitfähigkeit und selbstbewerteter Erregung in Verbindung bringen (Courtney et al., 2010). In ihrem Versuch, der computergenerierte Bilder (bewegt und statisch) sowie Bilder der IAPS-Datenbank gegenüberstellt, zeigen sich deutliche Unterschiede in körperlichen Reaktionen (z. B. Hautleitfähigkeit), welche bei den Videos deutlich stärker sind. In der Selbsteinschätzung wurden die computergenerierten Videos als erregender als die IAPS-Bilder bewertet, jedoch nur geringfügig (nicht signifikant) erregender als die computergenerierten Bilder, weshalb der Effekt nicht eindeutig dem Medium zuzuschreiben ist. Die von Courtney et al. durchgeführte Studie konzentrierte sich auf negativ konnotiertes Bildmaterial (Spinnen und Schlangen) und untersuchte den Aspekt der bewegten gegenüber unbewegten Stimuli mit zwei Gruppen: Testpersonen ohne und mit hoher Angst vor Spinnen und Schlangen.

Auch wenn keine der beiden Untersuchungen mit einem Augenmerk auf digitale Kunst durchgeführt wurde, lassen sich mögliche Rückschlüsse ziehen. Bewegte Inhalte können starke physiologische Reaktionen hervorrufen, führen in der Selbstwahrnehmung jedoch nicht zwingend zu stärkeren Emotionen. Dies funktioniert mit digitalen Inhalten ebenso gut wie mit Realbildern und ist dementsprechend für digitale Kunst relevant. Dabei spielt die Bewertung der Bilder (menschliches Schicksal oder Hollywoodfilm) möglicherweise eine übergeordnete Rolle – diese Behauptung ist im Einklang mit Leders Modell des ästhetischen Erlebnisses. Der dramaturgische Verlauf als Marko-Bestandteil des Narrativs vom Film spielt in der digitalen Kunst keine große Rolle, weshalb die Untersuchung von Uhrig et al. nicht trotz, sondern gerade wegen der kurzen Videosequenzen relevant wird. Anstatt den Film als Medium zu untersuchen, findet so eine Konzentration auf indirekt-narrative Parameter, wie Kamerabewegung und Beleuchtung statt. In Verbindung mit den besonders gut funktionierenden negativ konnotierten Inhalten und der (zuschauerseitigen) Unterscheidung zwischen der Darstellung von Fiktion und Realität können statische Bilder oder Bildsequenzen¹⁵ ebenso starke, wenn nicht gar stärkere Emotionen hervorrufen. Display und Digitaldruck unterscheiden sich als Wiedergabemedien für digitale Kunst damit eher dadurch, *wie* die stärkere Emotion hervorgerufen wird (höhere Erregung beim Video vs. stärkere Valenz beim Standbild), wieweil diese Vermutung anhand der beiden Studien nicht eindeutig zu belegen ist.

¹⁴ Unter anderem aus der IAPS-Datenbank, einer Sammlung von standardisierten (statischen) Bildern, die zur Untersuchung von Emotionen zusammengestellt wurde.

¹⁵ Welche sich in einem Ausstellungskontext gut als Aneinanderreihung von Bildern realisieren ließe.

4 Auf den Spuren der Medien

Zwischen Tradition und Innovation formen die Wiedergabemedien in der digitalen Kunst nicht nur den visuellen Ausdruck, sondern auch die Rezeption eines Kunstwerks. An der Schwelle zwischen digitaler Virtualität und analoger Realität obliegt die Darstellung in technischer und ästhetischer Form den Eigenschaften des Wiedergabemediums, die nun ausgiebig untersucht und reflektiert werden sollen. Dabei soll analysiert werden, welche Qualitätsparameter für eine hochwertige Wiedergabe sorgen, welchen Einfluss Zeitachse, Objektgestalt und Licht haben und inwiefern sich Display, Digitaldruck und Printmapping als authentische Medien auszeichnen. Analyse und Diskussion sollen dabei möglichst unabhängig von der inhaltlichen Ebene durchgeführt werden, wobei insbesondere dort, wo das Wiedergabemedium Einfluss auf den Inhalt bzw. dessen Ausdruck und Form nimmt, ein entsprechender Bezug vonnöten ist.

Indeed, it is only too typical that the “content” of any medium blinds us to the character of the medium.

Aus dem Kapitel *The Medium is the Message*
aus *Understanding Media: The Extensions of Man* (McLuhan, 1964, S. 2)

4.1 Technische Parameter und Wiedergabequalität

Die Grundlage für die Präsentation digitaler Kunstwerke bildet die Wiedergabequalität des eingesetzten Wiedergabemediums. Diese wird im Wesentlichen durch verschiedene technische Parameter beschrieben. Da Veränderungen der jeweiligen Parameter meist einen offensichtlichen Effekt haben, lässt sich deren Bedeutung leicht verargumentieren. Wo dies anhand wissenschaftlicher Erkenntnisse möglich ist, soll jedoch einen Schritt weiter gegangen werden und ein Bezug zur Emotion des Publikums oder zum ästhetischen Erlebnis hergestellt werden. Außerdem soll analysiert werden, welche Parameter welche Wiedergabemedien wie stark beeinflussen. Wenngleich eine absolute Gewichtung der Wichtigkeit einzelner Eigenschaften nur in Abhängigkeit eines speziellen Inhalts geschehen kann und grundsätzlich alle in diesem Kapitel genannten Faktoren abhängig vom zu zeigenden Inhalt sind, sollen sich so erste Unterschiede und Gemeinsamkeiten abzeichnen.

4.1.1 Auflösung und Größe

Einer der offensichtlichsten Parameter ist die (örtliche) Auflösung. Während im Druck 300 dpi gängig sind, liegen die Werte von Displays meist darunter. Zwar ist es möglich und für z. B. Smartphones durchaus gängig, höhere Pixeldichten zu verwenden, wie am Beispiel des iPhone 15 mit 460 ppi (Apple, o. J.) sichtbar wird. Es ist jedoch sehr aufwändig und teuer, Videosignale in hoher Auflösung zu verarbeiten, weshalb viele Displays aktuell eine maximale Auflösung

von 3840 x 2160¹⁶ Pixel unterstützen (wobei Geräte mit 7680 x 4320¹⁷ Bildpunkten gängiger werden). Selbst der aktuelle HDMI-Standard 2.1 sieht eine maximale Auflösung von 10240 x 7760 Pixel vor (*HDMI Specification 2.1*, 2019). Für ein Display mit UHD-1-Auflösung und 65 Zoll ergibt sich somit eine Pixeldichte von ca. 68 ppi (bei UHD-2 entsprechend verdoppelt) bei einer Panelgröße von ca. 144 x 81 cm.

Posterdrucke können bei hoher Ortsauflösung deutlich größere Dimensionen annehmen und Seitenlängen von mehreren Metern erreichen. Letztendlich ist die tatsächlich gedruckte Auflösung jedoch ein Kompromiss hinsichtlich der Farbtiefe (vgl. Kapitel 3.1).

Das Printmapping profitiert zwar maßgeblich von der hohen Auflösung des Drucks, allerdings sollte die projizierte Auflösung nicht zu niedrig sein. Aktuell verbreitete Projektoren können bis zu 5120 x 2880 Pixel ausgeben, womit sich selbst großflächige Printmappings bespielen ließen. Die praktischen Tests lieferten mit Pixeldichten zwischen ca. 3 und 42 ppi ordentliche Ergebnisse, wobei die Qualität des Drucks die erforderliche Auflösung in der Projektion beeinflusste.¹⁸ Selbst bei einer geforderten Pixeldichte von 42 ppi ließe sich mit aktuellen Projektoren eine Fläche von bis zu 310 x 174 cm bespielen. In der Praxis kann allerdings aufgrund von perspektivischen Verzerrungen¹⁹ etc. nicht die gesamte Projektionsfläche genutzt werden. Vielmehr wird sich die tatsächlich erreichbare Größe in der Praxis aus den Projektionseigenschaften des Objektivs am Beamer sowie den Möglichkeiten zur Anbringung dessen ergeben.

Doch (warum?) spielen Größe und Auflösung so eine große Rolle? Für Displays wurde diese Frage vielfach untersucht. Große Wiedergabeflächen werden häufig mit einer stärker wahrgenommenen Präsenz bei einem digitalen Erlebnis in Verbindung gebracht, welche dafür verantwortlich sein könnte, stärkere Emotionen hervorzurufen. Hou et al. untersuchten den Einfluss der Bildschirmgröße bei Videospiele anhand einer 12,7 Zoll und einer 81 Zoll großen Projektion (17° vs. 76° Blickwinkel aufgrund unterschiedlicher Betrachtungsabstände) und stellten dabei einen positiven Einfluss auf den Präsenzeindruck (inkl. Identifikation mit den Charakteren), die Stimmung der Spieler*innen, die Bewertung des Spiels und dem Grad der Erregung während des Spielens fest (Hou et al., 2012). Diese Erkenntnisse sind im Einklang mit anderen Forschungen, z. B. Reeves et al., die bei der Untersuchung von drei Displaygrößen (56, 13 und 2 Zoll Höhe) mit Fernseh- und Filminhalten die Herzfrequenz und Hautleitfähigkeit analysiert haben und für die größte Videofläche bei entsprechend emotional anregenden Inhalten eine höhere Aufmerksamkeit und stärkere emotionale Erregung ableiten (Reeves et al., 1999). Barten geht auf Studien ein, die eine höhere wahrgenommene Qualität mit der Auflösung und der Bildgröße für Projektion in Zusammenhang bringt (Barten, 1999, S. 173). Werden Realbilder gezeigt, steht die bevorzugte Größe außerdem im Zusammenhang mit den Bildinhalten: weitläufige Szenerien dürfen mehr Platz im Sichtfeld einnehmen als Darstellungen von Personen,

¹⁶ Gemeinhin als 4K bekannt, in dieser Arbeit aber nach Ulrich Schmidt mit UHD-1 bezeichnet (Schmidt, 2021, S. 169).

¹⁷ „8K“, wird hier entsprechend als UHD-2 bezeichnet.

¹⁸ auf einem hochwertigen Druck werden niedrige Projektionsauflösungen schneller sichtbar.

¹⁹ Um Schattenwürfe zu vermeiden bzw. zu reduzieren wird steil von oben oder von der Seite (oder beides) projiziert werden müssen. Durch die daraus resultierenden unterschiedlichen Abstände zum Projektor wird das Bild perspektivisch verzerrt, was über eine Keystone- oder besser Ecken- oder Grid-Korrektur ausgeglichen werden kann.

was möglicherweise mit der mit dem Objekt verbundenen Echtweltgröße zusammenhängt (Harasawa et al., 2020).

Der Zusammenhang von Display-Größe und absoluter Auflösung wird normalerweise anhand der Höhe eines Displays im 16:9-Format angegeben und leitet sich von der Auflösung des menschlichen Auges (1 Winkelminute) ab, wodurch sich für UHD ein Betrachtungsabstand von $1,5H^{20}$ ergibt (Schmidt, 2021, S. 26 + 169). Während verschiedene Studien nachgewiesen haben, dass dies tatsächlich die Grenze darstellt, bei der inhaltliche Bilddetails unterschieden werden können, weist Reuss auf eine Relevanz höherer Auflösungen, insbesondere zur Reduktion von Bildartefakten (z. B. Green Screen und Compositing, Kompressionsartefakte, räumliches Aliasing und Moiré-Effekte, Demosaic-Artefakte, etc.) hin (Reuss, 2018). In seinem Journal Artikel geht er lediglich auf Aliasing ein, dessen Bedeutung er im Hinblick auf steigende Kontraste und größere Farbräume betont und argumentiert, dass in einem typischen Wohnzimmerzenario der Betrachtungsabstand über $1,5H$ läge. Um Aliasing-Artefakte zu vermeiden, brauche es jedoch Filter, die das Bild weichzeichnen und bei UHD-Auflösungen sehr gut designed sein müssten, damit die differenzierbare Auflösung nicht unterschritten werden. Höhere Auflösungen (z. B. UHD-2) würden eine höhere Ortsauflösung bieten, um Aliasing-Artefakte effektiv zu vermeiden, ohne das Bild sichtbar weichzeichnen. Möglicherweise sind Effekte wie diese der Grund, weshalb Shishikui und Sawahata bei einer Spannweite von Betrachtungsabständen von $0,75H$ bis $3H$ signifikante Verbesserungen in der Bildqualität mit steigender Auflösung (bis UHD-2) feststellen konnten (Shishikui & Sawahata, 2022). Insbesondere die Bewertungen höherer Ordnung sind interessant: Selbst bei einem Betrachtungsabstand von $3H$ wurden die in UHD-2 gezeigten Bilder unter anderem als schöner und realer eingestuft und vermittelten einen stärkeren Präsenzeindruck gegenüber Full HD- und in vielen Fällen auch UHD-1-Bildmaterial. Insbesondere den Präsenzeindruck bringen die Autoren allerdings auch stark mit dem Bildinhalt in Verbindung. Die (örtliche) Auflösung hat dabei einen großen Einfluss auf die Stärke der Betrachteremotion, wie Wallbott in seinem Versuch zur Emotionswahrnehmung in Videos mit menschlichen Gesichtern (Wallbott, 1992) nachwies. Zwar testete er gemessen an heutigen Standards sehr niedrige Auflösungen, konnte jedoch trotzdem (oder gerade deshalb) eine eindeutige Abnahme der Erkennungsrate von Emotionen mit geringerer Auflösung feststellen.

Auch wenn wissenschaftliche Untersuchungen bzgl. des Zusammenhangs von Auflösung und Betrachteremotion für den Digitaldruck rar sind, lässt sich ein ähnlicher Effekt vermuten. Gemeinhin wird eine hohe Auflösung des Quellmaterials empfohlen (vgl. Kapitel 3.1). Pedersen et al. stellen in ihrer Metaanalyse qualitätsbeeinflussender Druckparameter außerdem die Schärfe, welche direkt durch die Auflösung beeinflusst wird, als eine von sechs wichtigen Eigenschaften heraus (Pedersen et al., 2010). Wenngleich der Druck ermöglicht, größere Flächen bei höherer Auflösung mit digitalen Inhalten zu füllen, wird er in der Literatur nicht mit einem Präsenzeindruck in Verbindung gebracht und in Quellen über immersive Medien in der Regel ausgespart. Möglicherweise liegt dies an der fehlenden Möglichkeit, den Verlauf von Zeit in

²⁰ Also die 1,5-fache Höhe des Displays. Für Full HD, welches auf beiden Achsen die Auflösung halbiert, dementsprechend $3H$.

einer einzelnen Instanz des Mediums darzustellen. Diesem Aspekt wird in Kapitel 4.2 nachgegangen.

Mangels wissenschaftlicher Untersuchungen lassen sich zum Printmapping keine absoluten Aussagen treffen. Die (wahrgenommene) Auflösung ergibt sich hier jedoch nicht durch die Reduktion auf den kleinsten gemeinsamen Nenner (die geringere Auflösung der Projektion), sondern geht signifikant aus der Auflösung des Drucks hervor, was für eine enge Verschmelzung der beiden Basismedien und für die Eigenständigkeit des resultierenden Hybridmediums spricht.

4.1.2 Farbe, Helligkeit und Kontrast

Da die Bedeutung von Farben für das ästhetische Erlebnis in Kapitel 2.4.1 bereits erörtert wurde, erstaunt es nicht, dass bei den Untersuchungen von Displays Darstellungen mit satten Farben und hohem Kontrast einen positiven Eindruck erwecken konnten. Wilms & Oberfeld konnten beispielsweise bei Tests mit einem LED-Display sowohl für den Farbton, als auch für die Sättigung und die Helligkeit einen Einfluss auf die Betrachteremotion beobachten, wobei hellere und sattere Farben bevorzugt wurden (Wilms & Oberfeld, 2018). Auch hohe Kontraste werden (zumindest bei Displays) im Einklang mit Leders ästhetischen Modell als wichtig bewertet. Diese erhöhen die optische Bildtiefe, steigern die dreidimensionale Wirkung von Motiven (Moritz, 2023, S.79), verbessern die Wahrnehmung von Bewegungen (Rideaux & Welchman, 2020) und helfen bei kurzen Betrachtungszeiten, die Emotionen aus Gesichtern korrekt einzuordnen (Kendall et al., 2016). So ist es wenig verwunderlich, dass Inhalte mit hohem Dynamikumfang (HDR) stärkere Emotionen beim Publikum auslösen (Riaz et al., 2021). Diese können außerdem höhere Helligkeiten abbilden, welche einen direkten Einfluss auf die Qualitätswahrnehmung hat (Barten, 1999, S. 175).²¹ Neben dem technischen Kontrast, der sich nach Definition aus den minimalen und maximalen Helligkeiten ergibt, ist auch das Gamma als Qualitätsparameter zu verstehen, welches den wahrgenommenen Kontrast beeinflusst. Für Extremwerte zeigt sich hier eine Abnahme der Qualitätsempfindung (Barten, 1999, S. 184). Für Displays sind die Entwicklungen in Richtung HDR und größeren Farbräumen (Wide Color Gamuts, WCG) von großer Bedeutung, wengleich sie schon in SDR mehr Farben bzw. einen größeren Farbraum darstellen konnten als es im Print möglich ist (Welsch & Liebmann, 2012, S. 349). Sowohl HDR als auch WCG führen dabei jedoch zu einem Bedarf an höherer Auflösung (Reuss, 2018), z. B. um Verläufe zwischen „satteren“ Farben ohne Kantenbildung („Banding“) darstellen zu können. Auch die Anzahl der Quantisierungslevel ist als Faktor zu berücksichtigen, wobei sich Auflösung und Quantisierungslevel gegenseitig bedingen (Barten, 1999, S. 191-192). Für HDR-Inhalte werden aufgrund der großen Helligkeitsdifferenzen mindestens 10-Bit pro Kanal verwendet.

²¹ Barten verweist auf eine Studie, die mit Projektoren durchgeführt wurde. Da Wilms & Oberfeld aber die Helligkeit ebenfalls mit dem Display in Verbindung bringen, scheinen die Erkenntnisse im Einklang zu sein. Lediglich der Sättigungseffekt von Barten bei einer absoluten Helligkeit von ca. 100 cd/m² erscheint heute überholt, da Helligkeiten bei vielen Displays (insbesondere Smartphones und Tablets) sowie in einigen Standards (z. B. Dolby Vision IQ und HDR10+ Adaptive) in Abhängigkeit der Umgebungshelligkeit angepasst wird.

Im Druck spielen Farben und Kontraste eine noch zentralere Rolle: Pedersen et al. stellen die Farbigkeit (Farbton, Sättigung, Farbwiedergabe/Farbverfälschungen, Wiedergabe von Hautfarben, etc.), Helligkeit und Kontrast als drei der 6 signifikanten Parameter dar, die einen Farbdruck hochwertig erscheinen lassen (Pedersen et al., 2010). Hinzu kommen Artefakte (Rauschen, Konturen, Banding, usw.), welche häufig ebenfalls in Zusammenhang mit diesen Eigenschaften stehen. Eine sehr hohe Auflösung bei zu geringer Farbtiefe kann z. B. Banding-Artefakte erzeugen, bei denen die Kanten einheitlich eingefärbter Farbflächen sichtbar werden.

Das Printmapping gewinnt durch die hellere Beleuchtung der hellen Stellen im Druck bei gleichzeitig dunkler Projektion auf die dunklen Bereiche an Kontrast gegenüber dem gleichmäßig ausgeleuchteten Druck. Die Dualität der Basismedien ermöglicht außerdem gezielte Eingriffe auf eine der beiden Seiten. So kann z. B. die Helligkeit des Hintergrunds nur im Print reduziert werden, um einzelne Objekte gezielt hervorzuheben. Unverfälschte Farb- und Helligkeitsdarstellungen zu erzeugen ist dafür jedoch umso schwieriger, da Projektion und Druck präzise aufeinander angepasst werden müssen. Wenngleich theoretisch möglich, ist dieser Vorgang sehr aufwändig, da in der Regel keine für die Bespielung mit einem spezifischen Projektor spektral korrekte Reproduktion im Druck erzeugt wird (vgl. Kapitel 3.1). Probleme mit visuell verfälschten Darstellungen existieren jedoch auch bei anderen Wiedergabemedien, z. B. beim Mapping von HDR-Farbräumen, wobei in der Nachbearbeitung eher ein gutes Aussehen, als ein wahrnehmungstechnisch absolut korrekter Übertrag angestrebt wird (Preiss et al., 2014). Entsprechend lassen sich die Farben, Helligkeiten und Kontraste auch beim Printmapping nachträglich am fertigen Produkt (und in der realen Umgebung) finalisieren, wobei hier eine Anforderung an den Inhalt entsteht: Dieser sollte so angelegt sein, dass sich Korrekturen von einzelnen Elementen unabhängig durchführen lassen (z. B. den Hintergrund unabhängig vom Rest verdunkeln).

Für das Printmapping spielen Kontraste eine besonders wichtige Rolle, damit im Druck deutlich unterschiedlich helle Flächen entstehen. Nur bei einer deutlichen und scharfen Abgrenzung der einzelnen Bildelemente in der gedruckten Grundlage kann die Auflösung der Projektion in den Hintergrund treten. Da der Schärfeeindruck des Hybridmediums zu großen Teilen von dieser Trennung abhängt und sich beim Display schon gezeigt hat, dass hohe Kontraste die optische Bildtiefe und dreidimensionale Wirkung erhöhen, wird die zentrale Bedeutung unterstrichen. Die Farben sind im schwarz-weißen Druck jedoch zu vernachlässigen, was gerade in Anbetracht dessen kleineren Farbraums vorteilhaft erscheint. Für die Projektion ergibt sich gegensätzliches: Die Farben spielen eine zentrale Rolle, die Helligkeit sollte für den Raum angemessen gewählt werden und der meist ohnehin nicht hervorragende Kontrast wird weniger relevant.

4.1.3 Zeitauflösung

Display und Printmapping ist gemein, dass sie durch das Anzeigen und schnelle Wechseln von Standbildern Bewegungen über eine Zeitachse darstellen können. Während *Film*inhalte klassischerweise bereits bei 24 Bildern pro Sekunde den Eindruck einer Bewegung erzeugen, erfordern die Wiedergabemedien eine höhere Frequenz. Bedingt durch die Notwendigkeit von Dunkelpausen entsteht bei niedrigen Bildwiederholraten ein Flackern, das als Großflächenflimmern

bezeichnet wird. Zwischen 50 Hz und 100 Hz verschwindet dies, wobei der Grenzwert abhängig von der Helligkeit und relativen Größe der Videofläche ist (Schmidt, 2021, S. 28-30). Zur Anpassung der inhaltlichen Bildrate an die des Wiedergabemediums werden verschiedene Verfahren eingesetzt, z. B. das mehrfache Zeigen der Einzelbilder mit entsprechend höherer Frequenz oder die Errechnung von Zwischenbildern, die jedoch je nach gezeigtem Inhalt eigene Nachteile mit sich bringen (z. B. abgehackt wirkende Bewegungen²² oder den sogenannten Soap-Opera-Effekt²³). Der einfachste Lösungsansatz wäre die Produktion der Inhalte mit einer hohen Bildrate, wodurch nicht nur Kompensationsmechanismen zur Flimmervermeidung unterbleiben können, sondern der visuelle Eindruck deutlich verbessert werden kann.

So konnten Wilcox et al. zeigen, dass Inhalte mit hohen Framerates hinsichtlich aller in ihrer Untersuchung abgefragten Parameter (Realismus, flüssige Bewegung, Klarheit, Qualität der Tiefenwahrnehmung und gesamtheitliche Präferenz) bevorzugt werden. In ihrem Versuch mit eigens produziertem Content (24, 48 und 60 Bilder pro Sekunde), welcher mit einem Projektor und angepasster Bildfrequenz²⁴ durchgeführt wurde, ergab sich eine klare Tendenz zur höchsten Framerate. Diese war je nach Inhalt unterschiedlich stark ausgeprägt (Wilcox et al., 2015). Salmon et al. bringen ein, dass durch die Bewegungsunschärfe in Bildern (ein wichtiger Bestandteil, damit diese nicht *abgehackt* aussehen) der sichtbare Detailgrad reduziert würde (Salmon et al., 2011). Frameraten von 100 fps und 300 fps bildeten demnach insbesondere bei Kamerabewegungen deutlich mehr Details ab, da kürzere Belichtungszeiten verwendet werden konnten, wobei dieser Effekt auflösungsunabhängig sei. Die Autoren verweisen dabei auf eine Studie von Kuroki et al., nach der 250 fps nah am Wahrnehmungslimit liegen würde, weshalb 240fps als gemeinsames Vielfaches von 24 fps und 60 fps als Standard für Wiedergabemedien geeignet sei (Kuroki et al., 2006). Im Zuge der steigenden Verfügbarkeit von Displays mit hohen Bildwiederholraten wird das Thema insbesondere im Bereich des PC-Gamings diskutiert. Generell gelten die Gewinne von Frameraten über 240fps zwar als gering, mit der Verfügbarkeit von 480fps oder sogar 540fps Displays werden aber immer mehr euphorische Stimmen laut, die nochmals einen deutlichen Qualitätsunterschied beschreiben und Eindrücke, als würde man aus dem Fenster (ZachsTechTurf, 2023) oder auf ein bewegtes Blatt Papier schauen (Short-Circuit, 2024, 02:49), schildern. Zumindest für stark bewegte Inhalte könnte die Obergrenze der visuellen Gewinne also höher liegen.

Salmon et al. zitieren außerdem Peter Jackson, welcher 48 fps anstelle der üblichen 24 fps als lebendiger erachtete. Da das Thema High Frame Rates (HFR) insbesondere im Zusammenhang mit seinen *Hobbit*-Filmen für viel Kritik sorgte, sei an dieser Stelle eingeworfen, dass zum einen von vielen Filmliebhaber*innen 24 fps als *Look* akzeptiert und teilweise sogar gewünscht

²² Das als „Judder“ bezeichnete Phänomen tritt auf, weil das menschliche Auge Objekte kontinuierlich verfolgen möchte, diese aber durch die Bewegungsphasen des Wiedergabemediums immer wieder stehen bleiben, sodass das Auge zurück springt (Schmidt, 2021, S. 30). Zur Kompensation werden verschiedene Verfahren eingesetzt.

²³ Beim Soap-Opera-Effekt heben sich bei Kamerabewegungen die vordergründigen Objekte vom Hintergrund ab. Der Effekt entsteht häufig als Artefakt einer künstlichen Zwischenbildberechnung, wie sie in vielen Fernsehern vorkommt, um zur Vermeidung von Großflächenflimmern eine ausreichend hohe Wiederholrate ohne sichtbares Ruckeln zu gewährleisten. Die (relativ) weniger bewegten Objekte im Hintergrund verlieren dabei ihre natürliche Tiefe und wirken flach – ebenso wie die Kulissen vieler Soap-Operas.

²⁴ Bilder wurden dreifach (24 fps -> 72 fps), zweifach (48 fps -> 96fps) bzw. einfach (60fps) gezeigt.

sei und zum anderen die Hobbit-Filme mit Kostümen, Requisiten und einer Menge computer-generiertem Bildmaterial versuchen, eine nicht-reale Welt glaubhaft darzustellen. Dabei bringt ein Format, das (insbesondere bei Bewegungen) viel mehr Details zeigen kann, große und teilweise unvorhergesehene Herausforderungen, weil beispielsweise die Schwächen unpräziser Physik (eines der großen Probleme von computergenerierten Inhalten) schnell offensichtlich werden. Michelle et al. beleuchten das Thema ausgiebig (Michelle et al., 2015). Unabhängig von der speziellen Debatte um das Thema HFR und *Hobbit*-Filme erkennt Hans Belting allerdings ein grundsätzliches Problem in der Darstellung unrealistischer Bilder, da diese dem Verlangen nach Echtheit widersprechen würden:

But film and video are in the end only another chapter in the old story of competition between art and real life. To be sure, a definitive break came when virtual technology gave us pictures of virtual worlds, for these pictures do indeed seem to sever all dependence on real life by creating life on their own. The problem here is that pictures lose their authority the more they operate on a level of unreality that ignores our basic need for the real.

Aus *An Anthropology of Images: Picture, Medium, Body* (Belting et al., 2011, S. 14)

Die positiven Effekte von hohen Frameraten sind dabei unabhängig vom Betrachtungsabstand zu sein (Emoto et al., 2014). Nach Salmon et al. profitieren selbst SD-Auflösungen bereits von höheren Bildraten, während höhere örtliche Auflösungen sogar die Notwendigkeit einer höheren zeitlichen Auflösung mit sich brächten (Salmon et al., 2011).

Während man alle vorherigen Erkenntnisse ohne Probleme auf das Display beziehen kann und sich viele grundsätzlich auf die Projektion übertragen lassen, erscheint der Aspekt der Bildwiederholrate beim Printmapping nur von geringer Bedeutung zu sein. Einerseits wird in der Projektion prinzipbedingt *immer* ein Bild geschaffen, das mit dem Medium, auf welches projiziert wird, verschmilzt. Dadurch verliert das Wiedergabemedium an Klarheit und verzeiht eher niedrige Bildraten. Während dieser Einfluss in der Regel durch die Auswahl unauffälliger und uniformer Materialien reduziert werden soll, wird er gerade in der hier vorgestellten Form des Printmappings eingesetzt, um den visuellen Eindruck zu charakterisieren. Ähnliches ist beim Projection Mapping zu beobachten, wo z. B. die Häuserfassade nicht überdeckt, sondern durch die Projektion aufgenommen werden soll. Da charaktervolle Basismedien wie Fotoleinwand eine Projektion häufig etwas weichzeichnen, verliert das Bild im technischen Sinne an Klarheit, was dazu führt, dass hohe Bildraten an Bedeutung verlieren.

Andererseits sind durch den Druck große Bestandteile des Bildes vorgegeben, während digital projizierte Inhalte meist etwas unscharf gehalten sind.²⁵ So sind Bewegungen durch große statische Bildanteile eingeschränkt und die beweglichen Objekte schon technisch bedingt etwas

²⁵ entweder durch eine geringe Auflösung oder eine leichte De-Fokussierung der Projektion zur Minimierung von Pixelstrukturen

unscharf. Die zeitliche Auflösung der Bewegung wird so weniger wichtig. Bei Inhalten mit langsamen Bewegungen, welche besonders gut zu funktionieren scheinen, konnten in der Praxis sogar weniger als 25 fps gezeigt werden, ohne dass ein störendes Ruckeln auftrat.

Abseits der Frameraten sei an dieser Stelle die Bedeutung der Frame-Times hervorgehoben. Gerade bei Echtzeitrenderings kann ein Computer zwar 60 Bilder in einer Sekunde ausspielen, bei ungleicher Rechendauer pro Einzelbild aber dennoch ein sichtbares Ruckeln erzeugen, z. B. wenn ein einzelnes Frame deutlich länger in der Berechnung braucht, als die anderen und das vorherige Bild deshalb mehrfach gezeigt werden muss. Während dieser Effekt lediglich mit ausreichend performanter Ausspielhardware und Optimierung der Programmierung vermieden werden kann, können Displays mit G-Sync oder FreeSync ihre Bildfrequenz an das ausspielende Gerät anpassen. Diese Technologie ermöglicht es, neue Bilder zu zeigen, sobald sie gerendert sind (bis zur Obergrenze des Displays) und es muss nicht abgewartet werden, bis ein neues Bild in den festen Takt des Monitors eingegeben werden kann. Für Bewegtbilddarstellungen (insbesondere interaktive) von Geräten mit kompatiblen Grafikkarten ist dieses Feature sehr sinnvoll.

4.1.4 Das immersive Display, der realweltliche Druck und das ambivalente Printmapping

Wer auf einem Display etwas zeigen möchte und dabei die größtmögliche Wirkung beim Publikum erzielen möchte, für den gilt im Hinblick auf die technischen Parameter: Mehr ist besser. Das Display kann, anders als der Druck und das Printmapping, relativ frei eine bewegte Welt „erzählen“, während alle technischen Variablen auf die Qualität bzw. Überzeugungskraft dieser Behauptung Einfluss nehmen. So ist es nicht verwunderlich, dass das Display häufig als immersiv beschrieben wird und in vielen Abhandlungen über immersive Medien entweder über Displays selbst oder über prototypisch ähnliche Wiedergabemedien (z. B. VR-Brillen) gesprochen wird. Ein Display mit unendlich hoher Auflösung, Helligkeit, hohem Kontrast und hoher Framerate kann täuschend echt eine (andere) Welt vorgaukeln und – bei ausreichender Größe im Blickfeld – einen starken Präsenzeindruck erzeugen. Kunstschaffende haben dementsprechend die maximale Gestaltungsfreiheit und können einen inhaltlichen Abstraktionsgrad scheinbar frei wählen. Das Streben, eine (nicht zwingend reale) Welt möglichst realistisch darzustellen, kann als Stilrichtung des Hyperrealismus insbesondere mit dem Display verbunden werden. Seine technischen Eigenschaften zielen darauf ab, dass das Medium selbst mit allen Qualitäten und Darstellungsfehlern hinter den Inhalt zurücktritt und scheinbar transparent wird. Dies würde die in Kapitel 3.4.1 erwähnte Faksimile-Akkommodationshypothese insofern erweitern, als dass es das *durch das Medium hindurchsehen können* direkt mit dem Charakter des *Displays* in Verbindung bringt, unabhängig von der Tatsache, dass offensichtlich lediglich eine Reproduktion von Kunst gezeigt wird – wenngleich sich beide Faktoren mit Sicherheit ergänzen und verstärken. Während die Diskussion des Original-Begriffs für digitale Kunst noch aussteht (vgl. Kapitel 4.5.1), liegt die Vermutung nahe, dass ein Display das *Hindurchsehen* auch für digitale Kunst ermöglicht, wenn diese kein real bestehendes Werk repliziert.

Während dem Druck aufgrund der fehlenden Zeitachse ein offensichtliches Element fehlt, welches für den starken Präsenzeindruck und die Wirkung von Displays verantwortlich ist (mehr

dazu in Kapitel 4.2), zielen auch hier viele Qualitätsparameter darauf ab, eine möglichst unverfälschte Darstellung des Bildinhalts zu erzielen. Durch das reflektive Funktionsprinzip ergibt sich jedoch eine besondere Betonung des Basismaterials (meist Papier), das die Abbildung maßgeblich verändern kann und dementsprechend zu den wichtigsten Qualitätsparametern gezählt wird. Auch die Beleuchtung wird entsprechend relevant, wobei diese von Pedersen et al. nicht explizit genannt wird. Im Gegensatz zum Display tritt das Wiedergabemedium also vor allem durch seine charaktervollen realweltlichen Bezüge hervor, welche in Kapitel 4.3 weiter untersucht werden sollen.

Das Printmapping ist hinsichtlich seiner technischen Parameter ambivalent: Eine hohe Auflösung im Druck ist wichtig, in der digitalen Bespielung verliert diese allerdings an Bedeutung. Dazu ist allerdings eine ausreichend starke Differenzierung der Bildelemente anhand ihrer Helligkeit im Druck erforderlich. Während dieser dementsprechend kontraststark sein muss, sind Schwächen im Kontrast der Projektion eher zu verzeihen. Die Möglichkeit, im Digitalen (leichte) Bewegungen darzustellen, bleibt erhalten, wird aber durch den Druck beschränkt, wobei aufgrund der oft langsamen oder schlagartigen Bewegungen sowie der zwangsläufig großen, unbewegten Bildanteile die erforderliche Framerate gering ist. Insgesamt verzeiht das Printmapping – ist einmal ein hochwertiger und ansprechender Druck erzeugt – sehr bereitwillig technische Schwächen in der Projektion und steht damit ganz im Gegensatz zum Display, das als gegenteiliges Extrem von technischer Brillanz lebt. Es ähnelt daher eher dem Druck, von welchem es sich aber vor allem durch die narrativen und ästhetischen Möglichkeiten der Zeitachse abhebt.

4.2 Zeit

Wenden wir den Blick also auf die Möglichkeiten einer Zeitachse – den wohl offensichtlichsten Unterschied zwischen den Wiedergabemedien, dessen Auswirkungen jedoch so vielfältig und tiefgreifend in Erscheinung treten, dass sie gesondert betrachtet werden sollen. An dieser Stelle wird die Verbindung von Wiedergabemedium und Bildinhalt zum Kunstwerk und die starke Beeinflussung der Darstellung durch die Möglichkeiten des Mediums deutlich. Die Zeit wird dabei keinesfalls erst seit dem Aufkommen visueller digitaler Kunst diskutiert: Schon Friedrich Kittler stellte die Bedeutung der Zeit in der Kunst im Allgemeinen heraus und beschreibt die (früher noch mehr als heute) notwendige Abstraktion derselben in einem Kunstwerk als Stil.

“Time, however, is what determines the limits of all art. The quotidian data flow must be arrested before it can become image or sign. What is called style in art is only the switchboard of these scannings and selections.”

Aus *Gramophone, Film, Typewriter* (Kittler, 1987, S. 104)

4.2.1 Implikationen der Zeitachse

Zunächst einmal bietet das Display die Möglichkeit, eine Zeitachse frei und bewegt darzustellen, was den Kunstschaffenden in der inhaltlichen Darstellung diverse Möglichkeiten eröffnet. So können Vorgänge, Handlungen und Handlungsfolgen (nach Lessing eigentlich eine Schwäche visueller Medien) fließend dargestellt werden, während im Druck gezielt ein einzelner (möglichst ausdrucksstarker) Moment ausgesucht werden muss, der die Zeit einfriert. Das Fortschreiten der Zeit kann dieses Wiedergabemedium lediglich über eine Bildfolge mit mehreren Bildern zeigen. Dies trifft Lessings Auffassung der Malerei, die „in ihren koexistierenden Kompositionen nur einen einzigen Augenblick der Handlung nutzen“ könne und daher „den prägnantesten wählen“ müsse (Lessing, 2004, Kapitel XVI). Einige Kunstrichtungen versuchen zwar, sich mittels gestalterischer Abstraktionen über diese Beschränkungen hinwegzusetzen²⁶, jedoch kann in keinem Fall erreicht werden, dass ein gedrucktes oder gemaltes Bild sich bewegt und eine fortlaufende Zeit erzählt. Die Fokussierung auf einen einzelnen festgehaltenen Augenblick führt zu einer Betonung desselben in einem stärkeren Maß, als es natürlich vorkommt, wobei sonst verborgene Details (z. B. durch eine schnelle Bewegung) sichtbar werden können. Lessings Gegenüberstellung von Medien, die entweder eine Räumlichkeit oder eine Handlung beschreiben können, mag zwar auf den Digitaldruck übertragbar sein, verliert sich jedoch bei den bewegten Bildern.

Im Video, insbesondere im Film, ergibt sich neben der Möglichkeit der exakten Zeitdarstellung das Stilmittel der Montage sowie der Manipulation der Zeit. Zeitraffer und Slow Motion können genutzt werden, um Vorgänge zu zeigen, die dem bloßen Auge sonst verborgen blieben, während die Montage durch Zeitsprünge narrative Möglichkeiten eröffnet. Zhong unterscheidet dementsprechend zwischen statischen Medien, welche durch mehrere Instanzen verschiedene Szenen zeitgleich zeigen können, während die neuen, zeitabhängigen Medien Zeitverläufe zeigen und manipulieren können. In diesem Sinne spricht sie von einer von dem Künstler frei gewählten *inhaltlichen* Zeit (Zhong, 2020). Es erscheint logisch, dieser eine externe Zeit, nämlich die des Wiedergabemediums gegenüberzustellen, wie es z. B. die Filmtheoretikerin Laura Mulvey tut, die in *Death 24x a Second: Stillness and the moving image* zwischen *film time* und *cinema time* unterscheidet (Mulvey, 2006, S. 30).

Diese Unterscheidung ermöglicht die Beobachtung eines weiteren, viel direkteren Unterschieds zwischen Display und Druck: Während sich der Druck als statisches Wiedergabemedium präsentiert²⁷, ist das Display zeitabhängig. Das beweist z. B. die bereits in Kapitel 2.3.2 angedeutete Eigenschaft, dass ein Monitor, selbst wenn er ein statisches Bild anzeigt, dieses vielfach

²⁶ McClain behandelt den Umgang mit Zeit in verschiedenen Kunstrichtungen der Malerei sehr ausführlich und geht dabei unter anderem auf den Kubismus ein, in welchem durch die Verwendung mehrerer Perspektiven in einem Bild der bestimmte Zeitpunkt an einem bestimmten Ort verloren geht (McClain, 1985, insbesondere S. 8). Auch das bewusste Verzicht auf eine perspektivische Darstellung wird als Stilmittel zum Herauslösen der zeitlichen Komponente diskutiert.

²⁷ Nimmt man die Beleuchtung als Teil des Wiedergabemediums an und geht von der Möglichkeit einer dynamischen Beleuchtung aus, ist selbst der Druck nicht als absolut statisch zu betrachten. Da Druckerzeugnisse jedoch in den seltensten Fällen dynamisch ausgeleuchtet werden, wird in dieser Arbeit die Annahme von einer statischen Beleuchtung und einem dementsprechend statischen Medium ausgegangen. Weiterhin gibt die zwingend statische inhaltliche Zeitebene den Stillstand des Drucks vor: Ein gedrucktes Bild wird sich nie bewegen können, während ein Standbild auf einem Display im nächsten Augenblick verschwinden kann.

pro Sekunde aktualisiert. Diese Aussage wird von verschiedenen Theoretiker*innen in leicht veränderten Formen unterstützt. Goeting spricht z. B. von einem kontinuierlichem Bildfluss, selbst wenn wieder und wieder dasselbe Bild gezeigt wird (Goeting, 2016, S. 33), was der Aussage Spielmanns ähnelt, die beschreibt, dass sich das Video von Film und Fotografie abhebt, weil es ein ständig fließender Signalfluss sei (Spielmann, 2006). Das Wissen um diese Eigenschaft ist durch Erfahrungswerte aus dutzenden Begegnungen mit dem Medium angelehrt, weshalb diese untrennbar mit dem prototypischen Display verbunden sind. Wir wissen um die Unstetigkeit des Displays, weshalb jedes dort gezeigte Standbild mit der Unsicherheit eines wechselnden Bildes verbunden ist. Der Bildinhalt bleibt digital, wandelbar und in der realen Welt lediglich durch flüchtiges Licht präsent, welches im nächsten Augenblick schon erloschen sein kann.

Beim Bedrucken eines Papiers hingegen findet eine irreversible Festlegung des Bildes in eine materialistische Form statt. Wer einen Druck anschaut, ist sich sofort seiner Stetigkeit bewusst. Weder wird das Bild im nächsten Augenblick ein anderes werden noch augenblicklich verschwinden. Seine Zeitachse bildet sich allerhöchstens in der realen Welt und ihren Einflüssen auf das Werk ab. Die Sonne, die das Bild vergilbt oder abends in ein anderes Licht taucht, mag als Einflussfaktor gesehen werden können und von einem Wandel der Zeit zeugen – jedoch ist dies eine dritte Zeit, nämlich die realweltliche. Während man beim Druck im besseren Fall von einer Interaktion des Wiedergabemediums mit der Welt sprechen kann, bilden sich die Effekte beim Display (z. B. altersbedingte Verdunklung von LEDs bis hin zum Defekt oder Lichteinstrahlungen auf das Panel) zwangsläufig als Störfaktoren ab. Die Zeitachse des Wiedergabemediums *Digitaldruck* erscheint somit jedoch statisch.

Die Zeitachse des Wiedergabemediums hat aber noch einen weiteren Einfluss auf die Betrachtung. Während das Display die Zeit vorgeben und den Blick leiten kann (was insbesondere im Bereich der sozialen Medien für ein sehr einfach zu konsumierendes Erlebnis sorgt), emanzipiert der Druck das Publikum, indem er ihm die Möglichkeit gibt, selbst zu entscheiden, was in welcher Geschwindigkeit und Genauigkeit betrachtet wird. Das Display schreibt so die Rezeptionsgeschwindigkeit vor, wohingegen der Druck dem Publikum die Freiheit lässt, diese selbst zu wählen.

Hinter der Darstellung von Bewegtbild (insbesondere in Zusammenhang mit der Unstetigkeit des Displays) verbirgt sich allerdings ein Problem. Besucher*innen wissen (zumindest zeitweise) nicht, wann sie sich in einer Videoinstallation vom Bildschirm lösen können. Dies geht nach Boris Groys aus den konkurrierenden Modellen der Zeitkontrolle hervor:

“In our culture, we have two different models that allow us to gain control over time: The immobilization of the image in the museum, and the immobilization of the audience in the movie theater. Both models, however, fail when moving images are transferred into the space of a museum. In this case, the images go on moving—but the audience also continues to move.”

Aus *Art Power* (Groys, 2008, S. 88)

Auch in die Wahrnehmung der Gesamtszene kann das Display eingreifen, (z. B. durch die Reihenfolge der Präsentation der einzelnen Bestandteile), was insbesondere im Film zur Gestaltung der Narration genutzt wird und dessen Sprache ausmacht. Durch die Möglichkeit, Bewegung und bewegte Inhalte darzustellen, lassen sich gezielt Details im Großformat zeigen, Räume über Kamerafahrten eindrucksvoll in Szene setzen und Objekte durch die Montage miteinander in Kontext setzen. Insbesondere dreidimensionale Inhalte gewinnen über die freie inhaltliche Zeitachse eine Vermittlungs- bzw. Wahrnehmungsebene, die Druck und Printmapping verwehrt bleibt. Beide sind in ihrer Darstellung flacher und zweidimensionaler, während einzig das Display in einer Instanz einen Raum oder die Mehrdimensionalität eines Objektes erzählen kann.²⁸

Außerdem kann Bewegung genutzt werden, um Aufmerksamkeit zu erzeugen. Zwar erregt Bewegung diese nicht per se (Abrams & Christ, 2003), allerdings scheint es verschiedene Bewegungstypen zu geben, die dies tun. In verschiedenen Studien bestätigten Forschende um Abrams auf der einen sowie Sunny und von Mühlänen auf der anderen Seite beginnende Bewegung (Abrams & Christ, 2003), ruckartige Bewegungen (Sunny & von Mühlänen, 2011) sowie erscheinende Objekte (Sunny & von Mühlänen, 2011) (Smith & Abrams, 2018) als aufmerksamkeitserregende Merkmale. Wenngleich dieser Punkt nicht in Leders Modell vertreten ist, dürfte er (zumindest für einige Künstler*innen) als relevanter Gestaltungsaspekt eingeordnet werden. Sunny und von Mühlänen gehen außerdem auf die Natürlichkeit von Bewegung ein und kommen zu dem Schluss, dass diese gerade aufgrund der Artefakte der standbildbasierten Darstellung heutiger Displays nicht optimal sei (vgl. Kapitel 4.1.3).

Schließlich sei das Themenfeld 3.4.3 *Standbild vs. Film* an dieser Stelle in Kontext gesetzt. Während bereits von den Autoren der Studie diskutiert wurde, dass die geringe Dauer der Filmsequenzen die Ergebnisse verfälscht haben könnte (Uhrig et al., 2016), wird den Bildern, die ebenfalls nur sechs Sekunden lang gezeigt wurden, eine für den Vergleich der Wiedergabemedien essentielle Eigenschaft genommen: die Statik und Konstanz ihrer Zeitachse. Wenngleich für die erste Wahrnehmung eines Bildes bereits einige hundert Millisekunden ausreichen (Amano et al., 2006), ermöglicht das gedruckte Standbild den Betrachtenden, sich in eigener Geschwindigkeit auf das Gezeigte einzulassen und sich wahlweise tief in der Betrachtung von Details zu verlieren, bis das Interesse gestillt ist. Somit lässt der Vergleich von stehendem und bewegtem Bild leider keine Schlüsse hinsichtlich der Wirkung der Zeitachse für diesen Vergleich von Display und Digitaldruck zu.

4.2.2 Printmapping

Bisher wurde während des gesamten Vergleichs der Möglichkeiten zur Zeitdarstellung das Printmapping vernachlässigt und lediglich Display und Druck behandelt. Das Hybridmedium nimmt auch hier eine gewisse Sonderrolle ein. Zunächst wurde bereits in der Vorstellung des

²⁸ Durch die Möglichkeit des Printmappings, bewegte Lichtquellen darzustellen, lässt sich ein dreidimensionales Objekt anhand seiner Schattenwürfe ausmachen. So kann hier ebenfalls eine gewisse Dreidimensionalität erzählt werden, wenngleich der Effekt weitaus geringer ist, als es beim Display der Fall ist.

Mediums darauf eingegangen, dass eine starke Verknüpfung von Druck und Projektion elementar ist. Dies ist nur möglich, wenn sich große Teile des Bildes im Druck wiederfinden. So wird ein enger Rahmen vorgegeben, in welchem Änderungen stattfinden können. Handlungen oder bewegte (Haut-)Objekte können grundsätzlich nicht dargestellt werden, wobei je nach Inhalt kleinere Bewegungen (z. B. sanfte Bewegungen von Gras im Wind) möglich sind. Gleichzeitig ist das Printmapping signifikant wandelbar, da nicht nur Farben und Helligkeiten manipulierbar sind, sondern auch in der Projektion Hintergrundobjekte, wie z. B. Wolken, Regen oder Hintergründe hinzugefügt und verändert werden können. Durch die fehlende Kontrastverstärkung im Druck sowie die Unschärfe der Projektion rücken diese Elemente prinzipbedingt leicht in den Hintergrund, was zu einer Betonung der im Druck vorhandenen Objekte führt und die Komposition des real sichtbaren Bildes vereinfacht. Die Möglichkeiten des Digitalen werden insgesamt also drastisch reduziert, während sich die Realitätsbehauptung des Werks jedoch verstärkt. Anders als das Display ist das Printmapping kein ambivalenter Canvas, der jedes erdenkliche Bild zeigen kann, sondern manifestiert sich durch den Druck als eindeutiges Objekt, das die Erwartungen an seine Eindeutigkeit in der Projektion bricht (doch dazu mehr in Kapitel 4.3). Zeitbasierte Ausdrucksmittel, wie die Montage, Kamerafahrten etc. bleiben Nutzer*innen des Printmappings verwehrt und es obliegt der künstlerischen Abstraktion, den darzustellenden Zeitpunkt auszuwählen. Gleichzeitig stehen diverse Effekte zur Verfügung, die das Bild stark verändern und ihm eine (ggf. dynamisch wechselnde) Zwei- oder Dreidimensionalität verleihen können.

Auch die inhaltliche Zeitachse unterscheidet sich gegenüber den beiden Basismedien. Während verschiedene Szenen wie beim Druck (oder der Malerei) über mehrere Instanzen bzw. Kunstwerke erzählt werden müssen, kann im Gegensatz zu beiden eine gewisse Veränderung im Bild stattfinden (z. B. eine aufgehende Sonne, wanderndes Licht mit wandernden Schatten, etc.), welche in begrenztem Rahmen Zeit erzählen kann. Hinsichtlich der inhaltlichen Zeit ist das Printmapping also zwischen Display und Druck zu verorten, wenngleich offenbar wird, dass es sich von beiden abhebt.

Ähnliches fällt bei der Betrachtung der Zeitachse des Wiedergabemediums auf. Durch die Verbindung von beständigem Druck und ständig aktualisierter Digitalprojektion entsteht ein Hybrid, der sich von beiden Bestandteilen unterscheidet. Die Zeit ist weder völlig starr noch gänzlich frei und ähnelt damit weder dem Druck noch der jederzeit möglichen Wandelbarkeit des Displays.

4.2.3 Lebendiges Display, monolithischer Druck und magisches Printmapping

Display, Digitaldruck und Printmapping lassen sich also anhand ihres Umgangs mit den verschiedenen Zeitachsen eindeutig identifizieren, da sie sich sowohl hinsichtlich der inhaltlichen Zeit als auch der des Wiedergabemediums unterscheiden.

Das Display zeichnet sich dabei durch die Möglichkeit der realistischen Wiedergabe aus sowie der vollständigen Wandelbarkeit. Kamerafahrten können Räume in starker Dreidimensionalität darstellen, Szenen aufeinanderfolgen, Handlungen und Wandlungen stattfinden. Bewegte In-

halte zeugen dabei von der Lebendigkeit, die das Display erzählen kann. Aus der Veränderlichkeit ergeben sich vielfältige Möglichkeiten der Interaktion der Betrachtenden mit dem Inhalt, unter anderem die Anpassung der Perspektive in Echtzeit – ein beeindruckender Effekt, der häufig in VR oder virtuellen Produktionen genutzt wird. Koenitz et al. beschreiben gerade diese Eigenschaft als große Innovation der digitalen Medien.

Before the advent of digital media, we had art forms such as painting, theatre and film that presented space to our senses in its visual aspect, but with the exception of architecture, these art forms addressed an immobile body, even when the camera was mounted on a moving support. The great innovation of digital media with respect to our experience of space lies in their ability, due to their interactive nature, to display space from the point of view of a moving body and a moving eye.

Aus *Interactive digital narrative: history, theory and practice* (Koenitz et al., 2015, S. 119)

Mit den Möglichkeiten des Displays kann die Aufmerksamkeit gezielt gelenkt werden, durch die Montage kleine Details großformatig gezeigt werden, ohne den Überblick über das große Ganze zu verlieren. Die inhaltliche Zeit wird zum gestalterischen und narrativen Element, wobei die Erzählweise des Mediums im Sinne Lessings sequenziell wird. Das auf dem Display gezeigte Bild lebt davon, mit dem vorherigen und dem nachfolgenden in Kontext gesetzt zu werden und – sofern es nicht durch technische Mittel (Foto) eingefangen wird – entzieht es sich als Einzelbild unserer Wahrnehmung. Doch wo wir ein bewegtes Bild sehen, fällt es schwer, den Blick schweifen zu lassen. So erfolgt die Wahrnehmung eines bewegten Videos im temporalen Kontext seiner Erzählung, die Wahrnehmung einzelner Elemente also zeitlich aufeinanderfolgend, während diese „in der Natur nebeneinander befindlich sind“ (Lessing, 2004, Kapitel XVII). Man könnte zwar einwerfen, dass dieser Effekt nur für bewegte Bildinhalte gelte. Das Zeigen eines Standbilds erscheint jedoch als Versuch, in der inhaltlichen Arbeit auf eine Zeitdarstellung zu verzichten, ohne dabei eine der wichtigsten medienspezifischen Eigenschaften des Wiedergabemediums auszunutzen. So ist diese Möglichkeit nicht nur untypisch, sondern ändert als inhaltlicher Ansatz an der grundsätzlichen Eigenschaft des Wiedergabemediums nichts. Die Zeitachse des Displays kann nicht stillstehen und es wird unentwegt aktualisierte Bilder zeigen, welche mit den vorherigen identisch sein können, aber nicht müssen. Als betrachtende Personen wissen wir um diese Unstetigkeit. Da sich diese (inhaltlich bedingt) aber nicht sofort offenbaren muss, bedarf es daher erst der Wahrnehmung des betrachteten Objekts als Display.

Der Druck hingegen erzählt Zeit über verschiedene Instanzen, die gleichzeitig im realen Raum existieren. In Ermangelung der Möglichkeit der Bewegungsdarstellung friert er die Zeit dabei ein. Die zeitliche Konstanz des Wiedergabemediums zwingt dem Inhalt seine Statik auf. Die starre und somit weniger lebendige Abbildung, die mit der Zeit nur noch minimale Änderungen durchlaufen wird, manifestiert ein Bild jedoch viel stärker in der realen Welt als es das Display

oder das Printmapping könnte. Echte Farbstoffe filtern die Reflexionen real vorhandenen Lichts und verankern das Bild im Hier und Jetzt, wo es für immer anzudauern scheint und dem Publikum alle Zeit lässt, den Blick verweilen und das Auge wandern zu lassen. Der Digitaldruck ergibt sich vollständig der Zeit der realen Welt. Das gedruckte Bild ist weniger eindeutig und dafür komplexer in der Aufnahme von Informationen, da ein*e Betrachter*in aktiv schauen muss, während das Display (durch das Schaffen des*der Künstler*in) Details durch Bewegung leichter hervorheben kann. Wer es jedoch schafft, sich auf die Betrachtung des Drucks einzulassen, kann dafür in eigener Geschwindigkeit erkunden, anstatt eine Erzählung auf den Sekundenbruchteil genau vorgeschrieben zu bekommen.

In diesem Spannungsfeld bewegt sich das Printmapping, das weder wirklich frei und wandelbar noch absolut in der Zeit der realen Welt verankert ist. Es scheint eine Brücke zu bilden, den Übergang vom Digitalen ins Analoge auf beinahe magische Weise zu inszenieren. Die Wandelbarkeit auf der einen Seite trifft auf die monolithische Präsenz auf der anderen, während sich die Grenze nicht sofort offenbart. Sowohl die inhaltliche Zeitachse als auch die des Wiedergabemediums heben sich dabei von den anderen beiden Formen ab und es entsteht ein Medium, welches einige Möglichkeiten des Display gewinnt, hinsichtlich seines Objekteindrucks aber viel mehr in der realen Welt verankert zu sein scheint. Im direkten Vergleich hebt es sich sowohl vom Display als auch vom Druck ab, wobei es hinsichtlich der Zeitachse den Weg zum jeweils anderen Medium andeutet. Die Erwartungshaltung des ersten Eindrucks, eine einfache Leinwand zu sehen, mag für manche überraschend getäuscht werden, wenn der scheinbare Druck zum Leben erwacht und sich bewegt.

4.3 Objektgestalt und Form

Eine signifikante Bedeutung in der Betrachtung der Wiedergabemedien scheinen also die Objekteigenschaften zu haben, welche den Wiedergabemedien implizit zugeschrieben werden. Dies überrascht kaum, da diese (gewissermaßen) bereits in Leders Theorie der ästhetischen Wahrnehmung verankert sind. In der Feature-Integrationsphase werden Objekte erkannt und einem Prototypen zugeordnet, dessen Eigenschaften angenommen werden (vgl. Kapitel 2.4.1). Während Leder sich jedoch primär auf den Bildinhalt bezieht, soll hier der Blick geweitet und das Wiedergabemedium betrachtet werden. Wie aber wird dieses wahrgenommen? Welche Parameter formen unseren Blick und welche Eigenschaften verbinden wir implizit mit dem Display, dem Druck oder dem Printmapping?

Nach Rosch und Mervis gibt es eine grundlegende Abstraktionsebene, auf der konkrete Objekte der realen Welt unterschieden werden können (z. B. in *Einrichtung* und *Fahrzeug*) (Rosch & Mervis, 1975, S. 586). Die Einordnung findet dabei anhand diskreter Merkmale statt. So lassen sich beispielsweise ein Stuhl und ein Auto anhand der Merkmale *hat Beine* oder *kann fahren* (Rosch & Mervis, 1975, S. 575) ihren jeweiligen Kategorien zuordnen. Die Prototypen natürlicher Kategorien (also die repräsentativen Objekte) bilden sich anhand der größten Übereinstimmung mit den meisten Eigenschaften, die der Objektklasse zugeschrieben werden (Rosch & Mervis, 1975, S. 601). Anhand der Einordnung in eine Kategorie können wir auf weitere

Eigenschaften schließen. So wird für ein Objekt, das als Fahrzeug eingestuft wurde, angenommen, dass dieses fahren kann. Diese Annahme ist implizit, denn sie wird selbst dann getroffen, wenn dieses spezielle Objekt noch nicht fahrend gesehen wurde. Waldmann beschreibt in einem anderen Beispiel, dass einem Tier im Wald anhand seiner Einstufung als Hund oder Wolf ein jeweils anderes Verhalten zugeschrieben wird (Waldmann, 2008). Ebenso verstehen wir z. B. die Funktion eines USB-Sticks, auch wenn sich diese nicht aus dem visuell wahrnehmbaren Objekt ergibt. Die Einstufung in Kategorien bildet dementsprechend eine wichtige Grundlage für die Wahrnehmung von sowie der Erwartungshaltung an Objekte(n).

4.3.1 Form

Spezielle Eigenschaften allgemeingültig und umfassend für die Kategorien *Display*, *Druck* und *Printmapping* zu erfassen ist ohne eine groß angelegte Studie kaum möglich. Insbesondere das Display weist jedoch einige prägnante Erkennungsmerkmale in seiner Form auf. Neben den bauartbedingten Rändern, welche die verbaute Technik schützen, das Panel begrenzen und dem gezeigten Bild somit einen *Rahmen* geben, sind sowohl Farbe als auch Form oft identisch oder nur in wenigen Ausprägungen vorhanden. Während Displays mit weißem oder grauem Gehäuse gelegentlich vorkommen, dominiert die Farbe schwarz. Auch wenn es verschiedene Formate für Displays gibt, ist in der Praxis 16/9 am verbreitetsten. Insbesondere in Laptops finden sich teilweise und in begrenzter Größe Seitenverhältnisse von 16/10 oder 3/2. Gerade letztere kommen aber kaum eigenständig vor. In den letzten Jahren sind außerdem Widescreens mit 21/9 oder 32/9 aufgekommen, die allerdings ebenfalls in der Größe auf schreibtischkompatible Dimensionen begrenzt sind. Diese weisen häufig eine Rundung auf, um bei geringen Betrachtungsabständen blickwinkelabhängige Effekte zu minimieren. Früher verbreitete 4/3 Seitenverhältnisse sind heute selten geworden. Neben diversen Displaygrößen bis ca. 40 Zoll (bei denen das Seitenverhältnis variieren kann) für Schreibtische, finden sich heute vor allem Exemplare mit 55 oder 65 Zoll Bilddiagonale (quasi ausschließlich mit 16/9), wengleich auch größere Formate immer erschwinglicher und damit verbreiteter werden. Die Fokussierung auf etablierte Größen ist vor allem baulich bedingt, da es nur weniger Hersteller von Panels gibt, welche Displayhersteller einkaufen können und diese ihre Herstellungsprozesse meist auf die entsprechenden Größen optimieren. Ein Display könnte also anhand der Form (Seitenverhältnis und Größe sowie Rand) sowie der Farbe (meist schwarz) erkannt werden. Auch die selbstleuchtende Eigenschaft kann hier eine Rolle spielen und soll in Kapitel 4.4 näher betrachtet werden. Die wenigen verfügbaren Formen stellen außerdem eine relevante Einschränkung der Darstellungsmöglichkeiten dar und beeinflussen somit den kreativen Schaffensprozess sowie die Transfermöglichkeiten der auf Seitenverhältnis und Größe angepassten Inhalte.

Der Druck ist freier in der Formgebung und kann verschiedene standardisierte Seitenverhältnisse nicht nur unabhängig von der Größe abbilden, sondern darüber hinaus um quasi beliebige Formate ergänzen. Neben der großen Flexibilität, die viele Drucker bieten, kann ein bedrucktes

Blatt Papier nämlich einfach zugeschnitten werden.²⁹ Der Rahmen kann hier außerdem als optionales Gestaltungselement eingesetzt werden, wobei diverse Materialien, Farben und Formen zur Verfügung stehen. Auch ein gänzlicher Verzicht ist möglich, während der Rahmen bei einem Display in der Regel zwischen wenige Millimetern und Zentimetern groß und aus Plastik oder Metall gefertigt ist. Wo der Druck mattes oder glänzendes Papier verarbeitet sowie ggf. eine Schutzschicht (Coating) auf der Oberfläche aufgetragen wurde, kann auch das Panel eines Displays glänzend oder matt sein, wobei die Auswirkungen jeweils ähnlich sind und mit der glänzenden Oberfläche sattere Farben und stärkere Kontraste einhergehen (vgl. Kapitel 3.1). Der Druck ist aufgrund der großen Variabilität in Form und Farbe nicht so leicht auszumachen wie das Display. Oft ist es eher der Kontext (z. B. große Werbeflächen für Plakate, eingerahmte Bilder an der Wand oder Zeitschriften), der ihn als solchen erkennbar macht. Insbesondere die Starrheit in der Darstellung wird außerdem ein häufiges, wenn auch nicht zwingendes Unterscheidungsmerkmal sein (wenn sich ein Bild bewegt, kann es kein Druck mehr sein, tut es das nicht, müssen in der Wahrnehmung weitere Indikatoren gefunden werden). Auch die Sichtbarkeit des bedruckten Materials (z. B. die Struktur des Papiers) kann einen Druck identifizieren, erfordert aufgrund der feinen Strukturen jedoch meist eine genaue Betrachtung aus der Nähe.

Für das Printmapping (bzw. zumindest für die gedruckte Basis) gilt hinsichtlich der Farben, Formen und Größen Ähnliches wie für den Druck, wobei ein Verzicht auf glänzendes Papier zur Vermeidung störender Reflexionen der Projektion sinnvoll ist. Hier kommt außerdem die Ebene der Projektion hinzu, die in der Praxis immer eine größere Fläche als den Druck treffen wird bzw. muss. Was auf der einen Seite unter Umständen zu einem Störeindruck durch sichtbare Projektionskanten an der Wand führen kann, ermöglicht dem Wiedergabemedium auf der anderen Seite etwas, das vielen anderen digitalen Medien verwehrt bleibt: die Freiheit, in der inhaltlichen Gestaltung über die (scheinbaren) Ränder hinauszutreten. Als Gestaltungsmittel ist dies jedoch nicht die einzige Eigenschaft, welche die Erwartungen bricht und somit potenziell Interesse beim Publikum wecken kann. Die deutlich sichtbare Materialität des Drucks verbindet sich mit dem leuchtenden Eindruck des Displays und erzeugt eine Darstellung, die uneindeutig wirkt und nicht leicht einzuordnen ist. Auch wenn man das Medium grundsätzlich verstanden hat, ist selten sofort ersichtlich, welche Teile gedruckt und welche projiziert sind. Dies muss erst durch die physikalische Erkundung des Werks (z. B. mittels Schattenwurf) herausgefunden werden.

4.3.2 Ein Objekt interpretieren: Sehen oder nicht sehen

Um ein Objekt interpretieren, ihm also anhand seiner Erscheinung prototypische Eigenschaften zuschreiben zu können, muss man dieses zunächst erkennen bzw. als Instanz des jeweiligen Wiedergabemediums klassifizieren. Während ein Display häufig direkt als solches erkennbar ist, da es kaum ein ähnliches Objekt in der analogen Kunst gibt, welches über ein ähnliches Aussehen und selbstleuchtende Eigenschaften verfügt, gibt sich ein Digitaldruck nicht zwin-

²⁹ Displaypanels werden zwar auch zugeschnitten, dies ist aber nur herstellerseitig möglich und bedarf der Entwicklung passender Controller zur Signalverarbeitung und Ansteuerung des Panels mit Sonderformat.

gend sofort als digitales Medium zu erkennen. Vielmehr ist eine Ähnlichkeit zur Malerei vorhanden. Diese kann in der inhaltlichen Gestaltung sogar nachgeahmt werden, wenngleich die Dreidimensionalität und die Tiefe der Pinselstriche von Ölgemälden unerreichbar bleiben. Dennoch erscheint der Druck viel weniger als inhärent digitales Medium, als es das Display tut. Die starke Verbindung zum haptischen Material spielt dabei eine wichtige Rolle. So stellen z. B. Bertamini & Blakemore fest, dass Menschen dem materiellen Canvas eine große Bedeutung zuschreiben (Bertamini & Blakemore, 2019). Dies schließen sie aus ihrem Vergleich zwischen

- a) dem Original eines Kunstwerks, das nur über einen Spiegel betrachtet werden konnte,
- b) der Abbildung desselben auf einem Bildschirm mithilfe einer angeschlossenen Kamera und
- c) einer Nachbildung auf Leinwand,

bei der letztere das von den Betrachtenden bevorzugte Objekt war. Die Bedeutung der haptischen Erfahrung wurde außerdem bereits für analoge Medien in Kapitel 3.4 diskutiert. Dabei konnte die Vorerfahrung mit einem Medium als möglicher Einflussfaktor für die Wertschätzung der haptischen Qualitäten des Drucks nicht abschließend eingeordnet werden. Insbesondere jene Menschen, die mit einem engen Bezug zu Displays und digitalen Medien aufgewachsen sind, könnten aber auch zu Displays eine dementsprechende Verbindung aufgebaut haben.³⁰ Diese dürfte jedoch weniger in der Materialität und eher in der Funktion des Bildschirms begründet sein.

Auch die Klassifizierung des Printmappings basiert auf der Erkennung der haptischen Eigenschaften der bedruckten Grundlage. Ohne Vorwissen bzw. Vorerfahrung kann es hier schnell zu Fehlinterpretationen kommen, sodass von einem statischen Druck ausgegangen wird. Dieser Effekt kann allerdings bewusst genutzt werden, um die wahre Natur des Wiedergabemediums mit einer Überraschung zu offenbaren. Dazu ist eine versteckte Anbringung des Projektors von Vorteil, um eine frühzeitige Erkennung zu vermeiden. Da sich eine betrachtende Person nur selten in erster Linie für die Beleuchtung eines Drucks interessieren wird, sondern vielmehr davon auszugehen ist, dass das primäre Interesse dem an der Wand hängenden Objekt gilt, kann dies mit einfachen Mitteln geschehen. Wenngleich sich der Überraschungseffekt verliert, sobald man das Printmapping anhand seines visuellen Eindrucks einer selbstleuchtenden Leinwand (wieder-)erkennt, bleibt die Vermischung von analog und digital sowie der leuchtende Bildeindruck der analogen Leinwand interessant.

Etablierte Wiedergabemedien (hier das Display und der Druck) können hingegen aufgrund ihrer massenhaften Präsenz in unserer Umgebung (insbesondere in Städten) vorbelastet sein. Gerade in öffentlichen Flächen werden Displays häufig missachtet, wie Huang et al. feststellten (Huang et al., 2008). Müller et al. nennen diesen Effekt *Display Blindness* und bringen ihn in Zusammenhang mit der Filterung der Wahrnehmung infolge eines Informationsüberflusses (Müller et al., 2009). In ihrer Untersuchung stellten sie fest, dass der Inhalt teilweise überhaupt nicht wahrgenommen wurde, was von den Befragten hauptsächlich mit der allgegenwärtigen Werbung

³⁰ Im Alltag existieren viele Beispiele dafür, dass eine breite Masse junger Menschen schon früh mit Displays in Kontakt kommt und dabei eine positive Verknüpfung aufbaut. So ist gemeinhin etwa das Spielen von Videospielen, Fernsehen bzw. Filme schauen oder die Nutzung sozialer Netzwerke als beliebte Freizeitaktivitäten anzunehmen.

begründet wurde. So wurde oftmals davon ausgegangen, dass lediglich uninteressante oder irrelevante Werbeinhalte zu sehen sein würden, selbst wenn auf den Bildschirmen informative oder künstlerische Inhalte gezeigt wurden. Dies mag eng mit dem Umfeld verknüpft sein, in dem ein Display zu sehen ist und der solche automatischen Schlüsse fördert. Ein ähnlicher Effekt kann für Plakatwerbung im öffentlichen Raum festgestellt werden (Madlenak et al., 2023). Beim Ausstellen von Digitalkunst ist eine entsprechende Hervorhebung des Werks sowie die Schaffung eines Kontextes, in dem das Wiedergabemedium eindeutig als relevant erscheint, also wichtig, um derartige Fehlschlüsse zu vermeiden. So schließen auch Müller et al., dass die Erwartung, interessante Inhalte zu sehen, viel wichtiger ist als sonstige Faktoren, wie z. B. die Größe von Displays. Diese Erwartung geht offensichtlich nicht inhärent mit dem Display oder dem Druck einher.

4.3.3 Der Objektcharakter: transparent, haptisch und magisch

Wie aber zeichnet sich nun der Objektcharakter der unterschiedlichen Wiedergabemedien aus? Das Display erscheint im Alltag in ähnlichen Farben und Formen und ist anhand seiner Eigenschaften leicht als solches zu erkennen. Es präsentiert sich in der Betrachtung transparent, tritt hinter seinen Inhalt zurück, wie unter anderem die Studie zur Faksimile-Akkommodationshypothese bestätigt. Doch mit seiner leichten Erkennbarkeit geht der inhärent digitaler und wandelbarer Charakter des Wiedergabemediums einher. Einmal als Display erkannt, kann es, so sehr es sich auch bemüht und so realistisch es in der Abbildung erscheinen mag, nur schwer seine inhaltliche Behauptung mit der realen Gegenwart verbinden. Das Display zeigt zwangsläufig ein digitales Bild, das von der realen Welt losgelöst ist. Weder die realste noch die fantastischste Welt kann das Publikum überraschen, denn sie wird schnell als Fiktion des Displays entlarvt. Das „Fenster“, als welches beispielsweise die Leinwand im Kino teilweise metaphorisch bezeichnet wird, wird geschlossen und die dahinter präsentierte Welt bleibt hart von der Realität getrennt, erzeugt gar eine Konkurrenz. Das Display zieht eine harte Grenze zwischen digitalem Inhalt und realer Welt. Stanley Cavell spricht von der Leinwand (die in vielerlei Hinsicht mit dem Display vergleichbar ist und in der Wahrnehmung enorme Ähnlichkeiten aufweist) als Barriere, welche ihn von der präsentierten Welt und die präsentierte Welt von ihm trennt – eine Aussage, die sich wunderbar auf das Display übertragen lässt:

A screen is a barrier. What does the silver screen screen? It screens me from the world it holds-that is, makes me invisible. And it screens that world from me-that is, screens its existence from me. That the projected world does not exist (now) is its only difference from reality.

Aus *The World Viewed: Reflections on the Ontology of Film* (Cavell, 1979, S. 24)

Da wo das Display eine harte Grenze zieht, verbindet der Druck Inhalt und Medium viel stärker und verschleiert dabei seine digitale Herkunft etwas besser. Variable Farben und Formen sowie

die hohe Abbildungsqualität erfordern ein genaues Hinsehen oder die künstlerische Intention, den digitalen Charakter in der Darstellung sichtbar zu machen und das Objekt als digitales Wiedergabemedium zu erkennen. Im Gegensatz zum Display erzeugt der Druck außerdem ein haptisches Produkt, dessen Materialität sichtbar und spürbar wird. Wo die Digitalität aufhört und das Analoge anfängt, präsentiert er das Kunstwerk in seiner realweltlichen Form und bindet das Bild an die konkrete Instanz: Das Papier wird bis zum Ende seiner Existenz den Bildinhalt tragen. Ist der Digitaldruck also zum analogen Medium geworden? Wohl kaum, wenngleich man dem Papier als Endprodukt sehr wohl analoge Qualitäten zusprechen muss. Das bedruckte Papier steht jedoch erst am Ende einer Kette und ist lediglich ein Teil des Wiedergabemediums. Der Digitaldruck ist aufgrund seiner präzisen Reproduzierbarkeit, der notwendigen Interpretation der digitalen Bilddaten zur analogen Darstellung, seines digitalen Eingabeformats, usw. als digitales Medium zu betrachten. So definiert er „nur“, welche Haptik ein digitales Produkt in der realen Welt annehmen kann, wenn es materialisiert wird.

Das Printmapping lässt die Grenze zwischen digitalem Inhalt und analoger Manifestation in der realen Welt schließlich gänzlich verschwimmen und sorgt mit seiner Uneindeutigkeit und seinem Potential für Fehlschlüsse schnell für Überraschungen. Wo im Unklaren bleibt, was im Druck manifestiert und was in der Projektion leichtgewichtig (*lightweight*) ergänzt ist, obliegt es dem Publikum, nach eigenem Ermessen dem Erkundungsdrang nachzugehen und die Verbindung zu untersuchen. Der Objektcharakter der bedruckten Leinwand erfährt dabei die Magie der wandelbaren Projektion und erwacht mit der Darstellbarkeit einer inhaltlichen Zeitachse zum Leben, ohne die Gestalt eines inhärent digitalen Mediums wie dem Display anzunehmen. Der Druck bleibt sichtbar, die Anlehnung an die Ästhetik auf Leinwand gemalter Bilder wird deutlich und während die Grenzen zwischen analog und digital verschwimmen, erschafft das Printmapping neue Möglichkeiten, die visuelle Wahrnehmung immer wieder zu täuschen.

4.4 Verschmelzung mit der realen Welt: Licht

Im praktischen Einsatz werden Wiedergabemedien nicht nur durch Effekte wie die Display-Blindheit beeinflusst. Viel offensichtlicher sind es Einflüsse der realen Welt, insbesondere einfallendes Licht, die auf diese einwirken. So allgegenwärtig und prägend für unsere Wahrnehmung das Licht ist, so unterschiedlich begegnen ihm die drei Wiedergabemedien. Daher sollen in diesem Kapitel, neben dem von außen einfallenden Störlicht auch Wahrnehmungseffekte diskutiert werden, die die Wahrnehmung der Medien im Alltag verändern können. Sind Display, Druck und Printmapping wirklich so unterschiedlich?

4.4.1 Störlicht

Dass Licht auf die Oberfläche eines Wiedergabemediums trifft, ist praktisch unvermeidbar und teilweise sogar notwendig. Ein Wesensunterschied von Display und Druck besteht aber darin, wie sie die Einflüsse externer Lichtquellen aufnehmen und darauf reagieren. Das reflektive Funktionsprinzip des Drucks erlaubt diesem, mit seiner Umgebung zu verschmelzen und jegli-

ches Licht aufzunehmen. Eine größere Gesamthelligkeit kann dabei sogar den absoluten Kontrast erhöhen, wobei die relativen Kontraste erhalten bleiben. Auch eine Abweichung des Weißtons der Störbeleuchtung kann so hinsichtlich ihres störenden Einflusses abgemildert werden, wie im folgenden Kapitel erläutert werden soll. Das einfallende Licht ist somit nur ein geringer Störfaktor, insbesondere wenn es eine hohe spektrale Qualität und/oder eine geringe Helligkeit aufweist.

Auf einem Display, egal ob mit glänzendem oder mattem Panel, wirken sich jegliche Lichteinflüsse hingegen als störend aus, da sie den Kontrast deutlich sichtbar reduzieren. Dieser Effekt ist auf die selbstleuchtende Eigenschaft zurückzuführen. Das von außen einfallende Licht macht das Display nicht wie den Druck heller, sondern wird vom Panel reflektiert und sorgt so für eine Verschlechterung des Schwarzwerts. Dunkle Inhalte können von diesen Reflexionen überdeckt werden. Da die Helligkeit des Displays aber nicht zunimmt, bleibt weder der relative noch der absolute Kontrast erhalten und Teile des Bildes verschwinden – ein in der Regel unerwünschter Eindruck. Für das Display ist einfallendes Licht dementsprechend unbedingt zu vermeiden bzw. wo dies nicht möglich ist, auf eine entsprechend hohe Grundhelligkeit zu achten. Selbst dann muss allerdings ggf. die Gamma-Kurve bzw. die Elektro-Optische Transfer-Funktion (EOTF) angepasst werden, um dunkle Inhalte so hell darstellen zu können, dass diese sichtbar bleiben und die relativen Helligkeitsabstände der Objekte im Bild zu bewahren. Der Kontrast wird so zwangsläufig reduziert. Ware diskutiert die Implikationen eines Displays unter Einwirkung des Raumlichts ausführlich und beschreibt die Auswirkungen auf Kontraste, geht dabei allerdings leider nur von Röhrenmonitoren aus, die im Vergleich zu heutiger Technik signifikante Schwächen hinsichtlich verschiedener Faktoren, wie Helligkeit, Kontrast, Größe des Farbraums etc. haben (Ware, 2013, S. 90 ff.).

Das Printmapping nimmt hinsichtlich des Umgangs mit Störlicht eine Position in der Mitte ein. Auf der einen Seite sollte der Lichteinfall die Projektion logischerweise nicht überdecken, da diese für sich genommen noch anfälliger für das „Absaufen“ dunkler Bildinhalte als das Display ist. Andererseits sorgt gerade der kontraststarke Druck im Printmapping dafür, dass trotz Lichteinfalls ein guter Helligkeitskontrast erhalten bleibt. Somit sollte die Projektion zwar hell genug sein, um in der gegebenen Lichtsituation helle und satte Farben zeigen zu können, störende Lichteinflüsse wirken sich jedoch nicht so stark störend aus, wie beim Display. Tatsächlich kann eine gewisse Umgebungshelligkeit sogar dabei helfen, störende Projektionskanten zu überdecken und dem Publikum erlauben das Bild zu untersuchen. Wer zur Erkundung des Werks einen Schatten werfen möchte, ist auf eine sekundäre Lichtquelle angewiesen, um Details im Druck zu erkennen und die Unterschiede zwischen gedrucktem und projiziertem Bild auszumachen.

Ein weiterer signifikanter Unterschied lässt sich ausmachen. Grundsätzlich bringt das Display Licht in den Raum anstatt es wie der Druck aufzunehmen. Zwar dient es anders als eine klassische Lampe nicht primär der Beleuchtung von Objekten oder Räumen, muss aber als Lichtquelle angesehen werden und stellt somit einen künstlichen Einfluss auf den Raum dar. Diese Tatsache beeinflusst unsere Wahrnehmung, wie nachfolgend erörtert werden soll.

4.4.2 Wahrnehmung

Der offensichtlichste Unterschied hinsichtlich des Themas *Licht* ist nicht die Verarbeitung des Störlichts, sondern das Leuchtprinzip der Wiedergabemedien selbst. Während sowohl die selbstleuchtende Eigenschaft des Displays als auch das reflektive Funktionsprinzip des Drucks sowie das hybride Printmapping erwähnt wurden, erscheint es keineswegs intuitiv, aus diesem Unterschied Schlüsse zu ziehen. Es existieren allerdings einige Wahrnehmungsphänomene, anhand derer sich theoretische Schlüsse ziehen lassen, inwiefern sich die unterschiedlichen Wiedergabemedien in ihrer Wahrnehmung unterscheiden. Allen zugrunde liegt die Tatsache, dass Objekte im Kontext ihrer Umgebung und ihres Hintergrundes wahrgenommen werden – was sich nicht nur auf die mit dem Ort verbundene Bedeutung bezieht (z. B. Kunstaussstellung, Labor oder Abstellkammer, vgl. Kapitel 2.4.1), sondern eben auch auf dessen physikalische Eigenschaften.

Scientific interest in color appearance modeling began with the observation that colors could change their appearance depending on the background they were seen against, the intensity and spectral properties of the illumination and many other factors. [...] Changes in the color of a surround or background profoundly influence the appearance of stimuli. This can be particularly striking for photographs and other artwork.

Aus *Color Appearance Models (3rd Edition)* (Fairchild, 2013, S. xiii & xxi)

Zunächst sei der relativ bekannte Simultankontrast genannt, der grundsätzlich bei der Betrachtung benachbarter (Farb-)Flächen relevant wird (Lübbe, 2013, S. 49 ff.). Dabei wird der Kontrast in der Wahrnehmung verstärkt, sodass helle Flächen vor einen dunklen Hintergrund heller wirken, während dementsprechend dunkle Flächen vor einem hellen Hintergrund dunkler erscheinen. Gleichmaßen werden Farbton und Sättigung beeinflusst. Selbst eine entsättigte Farbe kann vor dem Hintergrund der Komplementärfarbe kraftvoll wirken und scheint vor einem neutralen grauen Hintergrund zumindest noch satter als vor einem satt gefärbtem Hintergrund derselben Farbe. Nach Bartleson und Breneman kann in Abwesenheit von Umgebungseinflüssen dabei sogar der Bildinhalt selbst (in ihrem Beispiel ein Foto) die Helligkeitseffekte des Simultankontrasts erzeugen (Bartleson & Breneman, 1967), was z. B. für Anwendungsfälle mit sehr großen Medienflächen (z. B. Displaywände oder sehr große Drucke oder Printmappings) relevant wird. Um den Einfluss des Hintergrundes zu minimieren, kann ein farbneutrales Mittelgrau verwendet werden. Ggf. kann es aber auch beabsichtigt sein, z. B. durch die Einfärbung in die Komplementärfarbe, die Primärfarbe eines Werks besonders satt wirken zu lassen. Entsprechendes gilt für die Helligkeit, wobei die hellste Stelle in einer Szene als *Referenzweiß* zum Orientierungspunkt gemacht wird (Ware, 2013, S. 87).

Durch die kontraststeigernde Wirkung des Simultankontrastes können unter anderem Abweichungen des Weißtons schnell offensichtlich werden. Davon betroffen sind vor allem selbstleuchtende Medien, also das Display und die Projektion des Printmappings. Während das Weiß

des Papiers Licht jedweden Farbtons reflektieren kann und sich somit auf natürliche Weise quasi automatisch an seine Umgebung anpasst, erzeugen Display und Projektion schnell einen offensichtlichen Kontrast zur realen Welt, etwa wenn sich ein grauer Inhalt vor einer grauen Wand durch einen Farbstich abhebt. Während ein Druck an einer weißen Wand, beleuchtet vom Sonnenuntergang hängen kann, bedarf es beim Display (und in etwas abgeschwächter Form auch beim Printmapping) komplexer Lösungen, um den wechselnden Farbeindruck des Raumlichts zu kompensieren. Anders als beim Druck, bei dem das Raumlicht lediglich mit dem Wiedergabemedium interagiert, ist mit entsprechend komplexer Technik jedoch eine *inhaltliche* Einbindung der Lichtsituation möglich. So kann z. B. Position, Farbe und Helligkeit von virtuellen Lichtquellen dynamisch angepasst werden. Lichteinfälle auf das Display selbst werden allerdings immer einen störenden Einfluss zur Folge haben. In Szenarien, in denen eine akkurate Farb- & Kontrastwiedergabe über ein Display relevant sind, wird daher meist eine vollständig kontrollierte Lichtsituation geschaffen. In den Grautönen des Drucks muss jedoch ebenfalls darauf geachtet werden, einen Farbstich (relativ zum Hintergrund) zu vermeiden. Für das Printmapping gilt hinsichtlich der Projektion und des Drucks selbiges wie für Display und (farbigem) Druck.

Die Wahrnehmung setzt jedoch nicht nur Objekte miteinander, sondern auch mit dem vorhandenen Licht in Kontext. Als Beispiel wird in der Literatur häufig ein Blatt Papier angebracht, welches wir sowohl im hellen Tageslicht als auch im dunklen Raum als weiß wahrnehmen, obwohl sich ihre Leuchtdichten radikal unterscheiden. Dieser Effekt wird gemeinhin als Helligkeitskonstanz beschrieben. Eine ähnliche Konstanz existiert für die Farbigkeit. Hagendorf et al. geben einen guten Einblick in Details der visuellen Wahrnehmung und definieren die Helligkeitskonstanz wie folgt:

Die Lösung bei der Helligkeitskonstanz liegt darin, dass das visuelle System nicht einfach die Intensität des reflektierten Lichts auswertet. Es wertet auch die Intensität des reflektierten Lichtes der Umgebung mit aus oder anders ausgedrückt: Der Kontext der zu beurteilenden Fläche wird mit ausgewertet.

Aus Wahrnehmung und Aufmerksamkeit: Allgemeine Psychologie für Bachelor, Kapitel 6.1 Helligkeits- und Farbwahrnehmung (Hagendorf et al., 2011, S. 68-69)

Dabei können insbesondere bei stark unterschiedlichen Luminanzen Wahrnehmungsfehler auftreten, wie Soranzo et al. bewiesen (Soranzo et al., 2009). Der Druck hebt sich hier insofern vom Display und Printmapping ab, als dass dieser kein eigenes Licht in die Umgebung bringt und sich so auf natürliche Art und Weise in seine Umgebung einpasst.³¹ Natürliche Einflüsse

³¹ Wenngleich wissenschaftliche Literatur zu dem Thema spärlich ist, lässt der in Kapitel 5 beschriebene Versuch bereits erahnen, dass der Druck bei gezielter, vom Hintergrund unabhängiger Beleuchtung, also einem lichttechnischen Absetzen von der Raumlichtsituation, bei distanzierter Betrachtung ebenso selbstleuchtend wirkte, wie das Display.

wie z. B. die Lichtrichtung (Ware, 2013, S. 87) werden von der Wahrnehmung automatisch kompensiert. Mit Hilfe unserer Wahrnehmung lässt sich ein Druck somit als realer Gegenstand ausmachen, welcher ein flaches Bild zeigt. Seine echte Farbe interagiert auf natürliche Weise entsprechend unseren angelernten Erfahrungen mit dem vorhandenen Licht. Auch wenn dabei der beabsichtigte Farbeindruck möglicherweise verfälscht wird, bleibt das Bild mit der realen Welt eng verknüpft.

Das Licht des Displays hingegen hat keinen natürlichen Ursprung im realen Raum und interagiert meist nur wenig sichtbar mit Objekten oder dem Raum selbst. Dadurch fehlen für die Einordnung des Lichts bzw. der Luminanz wichtige Kontextinformationen. Nach Corney et al. versucht die visuelle Wahrnehmung bei uneindeutigen Bilddaten die wahrscheinlichste Quelle auszumachen und nutzt dafür die erlernte Beziehung zwischen Wahrnehmung und Szenen (bzw. realen Erfahrungen) (Corney et al., 2009). Weil das Display aber (in Normalfall) nicht auf das reale Licht reagiert, sondern vielmehr eine unabhängige, neue Lichtquelle darstellt, kann keine natürliche Ursache ausgemacht werden, was den gezeigten Inhalt insbesondere bei Änderungen der Lichtsituation von der echten Welt distanziert. Das Display erschafft so eine von der realen Welt unabhängige Konkurrenz, die wir losgelöst wahrnehmen. Insbesondere in dunklen Räumen wird die mangelnde Verschmelzung deutlich, auch wenn hier teilweise durch dynamische Beleuchtung (Ambilight) versucht wird, die Unterschiede zu verringern. Durch die selbstleuchtende Eigenschaft steht das Display im Widerspruch zu seiner Umgebung, in deren Kontext es wahrgenommen wird.

An dieser Stelle sei angemerkt, dass das Licht der inhaltlichen Gestaltungsebene auch bei anderen Wiedergabemedien praktisch nie mit den realen Lichtbedingungen einhergeht, da Lichtquellen und -Richtungen abweichen und teilweise gar kein Licht/Shading gezeigt wird. Dennoch reagiert ein gedrucktes Bild durch die Filterung der Reflexion des real vorhandenen Lichtes auf den realen Raum, während das vom Display erzeugte Licht in keinem Kontext zur realen Welt steht.

Eine Sonderrolle nimmt das Printmapping ein, welches den in seiner Umwelt verwurzelten Druck mit dem synthetischen Licht der Projektion verbindet. Das vom Druck vorgegebene Bild sowie die seiner Materialität entstammende Haptik machen das Werk im Realraum fest. Im Gegensatz zum Display ist die digitale, bewegte Erzählung nicht völlig frei und der wahrgenommene Gegenstand ist kein transparentes Medium, sondern aufgrund seiner haptischen Werte präsent. Auch die vom Druck vorgegebene Reflektivität sorgt für eine Verschmelzung des Werks mit der realen Welt. Aufgrund der hohen Ähnlichkeit und der feinen Anpassung der gedruckten und der projizierten Inhalte aufeinander erweitert das Licht der Projektion das Werk eher, als dass es eine neue, künstliche Welt erschafft, in welcher der digitale Bildinhalt getrennt vom Realraum existiert. Anders als beim Display findet hier nämlich eine Interaktion zwischen Licht und Objekt am analogen Objekt in der Realität statt. Mangels offensichtlicher Lichtquelle, die das Leuchtphänomen des Printmappings hervorrufen könnte, kann auch dieses nicht eingeordnet werden. Durch die enge inhaltliche Verbindung wird hier jedoch der Anschein erweckt, dass die bedruckte Leinwand selbst leuchte und sogar eine gewisse Tiefe habe. Das analoge Objekt bleibt erhalten, gewinnt aber durch Eigenschaften, die eigentlich dem Digitalen vorbehalten sind und der realen Welt widersprechen, einen ambivalenten Eindruck. Das Leuchten und die vielen kleinen Änderungen erzeugen daher eher eine magische Erweiterung der realen

Welt, als eine konkurrierende Realität hinter einer Glasscheibe auszustellen. Ohne das Licht der Projektion mit einer „natürlichen“³² Lichtquelle in Verbindung bringen zu können, hebt sich das Printmapping daher in einer Reihe von „normalen“ Objekten hervor, ohne dabei den künstlichen Eindruck des Displays zu erzeugen.

Das Printmapping ist aber noch aus einem weiteren Grund besonders. Anders als bei anderen Wiedergabemedien kann das Publikum hier die Verbindung von analogen und digitalen Bildern verfolgen, untersuchen und gar selbst eingreifen. Wer einen Schatten wirft, löst das digitale Bild von seinem analogen Gegenstück, teilt das Werk in zwei Betrachtungsebenen und vermag, beide Einzelteile gesondert zu betrachten. Die digitale Wandelbarkeit erhält hier eine neue Ebene der Interaktivität, weil man in den Verbindungsprozess, den Vorgang der Manifestierung in der realen Welt, eingreifen kann. Dies mag gefördert und als Effekt aufgegriffen werden (z. B. durch den Einsatz einer zweiten Projektion oder einer sekundären Lichtquelle, welche die Schatten füllt) oder lediglich akzeptiert werden – in jedem Fall erschafft es eine Erzählebene, welche das Interesse weckt, das Kunstwerk näher zu untersuchen. Wer das Printmapping als Format verstanden hat, kann sich so gezielt auf die Suche begeben, was das Wiedergabemedium hinsichtlich seines ästhetischen Erlebnisses nochmals interessanter macht. Die beiden verschiedenen inhaltlichen Ebenen erscheinen zunächst eng verwoben und nur schwer zu trennen, doch mit steigender Erfahrung im Umgang mit dem Medium sind ihre Unterschiede deutlicher auszumachen. Hier kommt der Aspekt der Erfahrung aus Leders ästhetischem Modell zum Tragen, infolgedessen man ein elaboriertes Verständnis gewinnen kann, was zu einer positiveren ästhetischen Emotion führt. Auch Silvia bringt das Verständnis eines Kunstwerks mit einer (positiven) ästhetischen Emotion in Zusammenhang (Silvia, 2005).

Grundsätzlich lässt sich der Übertrag des digitalen Bildes in die reale Welt als die Interpretation des Wiedergabemediums beschreiben, welches die digitalen Bits und Bytes anhand der eigenen Eigenschaften (z. B. Farbraum) sowie ggf. der Umwelt (z. B. Helligkeit und Weißton anhand eines Sensors oder in Bezug auf die Uhrzeit) in eine analoge Form bringt. Das Display interpretiert dabei immer aktiv, meistens zumindest 60 mal pro Sekunde. Das Ergebnis ist hier ebenso wandelbar wie der digitale Inhalt und kann anhand verschiedenster Faktoren (s. o.) unterschiedlich aussehen. Der Druck hingegen führt seine Interpretation einmalig im Druckvorgang einmalig aus und übergibt das Resultat anschließend in die echte Welt, mit der es anschließend zu interagieren beginnt. Das Printmapping nimmt die genannte Sonderrolle ein, verbindet beide Perspektiven und schafft durch die Kombination den besonderen Eindruck des durch „magisches Licht“ augmentierten physikalischen Bildes.

4.4.3 Anziehung und Abstoßung: Die Lichtkräfte der realen Welt

Aus den vorangegangenen Beobachtungen lässt sich schließen, dass die reale Welt das Display abstößt. Wo künstliches und natürliches Licht die Wirkung des jeweils anderen unterminieren, sich kontraproduktiv zum Schaffen des jeweils anderen verhalten, muss man von Konkurrenz sprechen. Die inhaltliche Freiheit, insbesondere bei der Bewegungsdarstellung, ermöglicht

³² Gemeint ist keine natürliche Lichtquelle, wie eine Kerze oder ein Feuer, sondern eine Lampe jeglicher Art, die ihr Licht in den ganzen Raum abgibt und so visuelle Referenzen auf ihr Licht einbringt (z. B. an den Wänden).

zwar beliebige Darstellungen – ohne erheblichen technischen Aufwand, um gezielt Eigenschaften des Displays zu verstecken, wird jedoch kein gezeigter Gegenstand einen Bezug zum Realraum aufnehmen. Vielmehr wird er in einer (digitalen) Parallelwelt existieren, welche sich kaum mit der Realität verbinden lässt. Kein natürlicher Lichtstrahl wird ihn treffen, er bleibt hinter einer undurchdringlichen Scheibe in einer anderen Welt gefangen. Die Realitätsbehauptung des Displays steht somit in Kontrast zur Wirklichkeit – eine Täuschung, die von unserer Wahrnehmung anhand ihres Lichts bemerkt werden mag.

Gegensätzliches ergibt sich beim Druck. Wo das Wiedergabemedium in der bisherigen Untersuchung hinsichtlich seiner Darstellung abstrakter erschien, insbesondere in Ermangelung der Möglichkeit, Bewegungen und Zeitverläufe darzustellen oder sich der (mal mehr mal weniger ausgeprägten) Präsenz seiner eigenen Materialität zu entledigen, erscheint es nun umso natürlicher, da es als analoger Gegenstand von der realen Welt aufgenommen wird. Licht und Umfeld interagieren auf natürliche Art und Weise, ohne unsere Wahrnehmung zu täuschen.

Die Uneindeutigkeit des Printmappings bestärkt sich in der Interaktion mit dem Licht der realen Welt. Dabei wird der Widerspruch hier besonders deutlich. Ein analoges Objekt, das auf der einen Seite wie erwartet in Raum und Licht besteht, andererseits eine künstliche Leuchtkraft und Wandelbarkeit aufweist. Erst wer versteht, wie analoges und digitales Bild hier aufeinandertreffen, kann diesen Widerspruch auflösen. Wem dies gelingt, kann auf analoge Weise mit dem Wiedergabemedium interagieren, Licht und Leinwand untersuchen. Das Printmapping ist dementsprechend viel mehr als das Display im realen Raum verankert und macht gleichzeitig die aufregende Wandelbarkeit des Digitalen (im wahrsten Sinne des Wortes) greifbar.

So selbstverständlich wie dem Druck gelingt dem Printmapping seine Integration in die Realität allerdings nicht. Neben dem Hotspot der Projektion³³ verrät sich ein Projektor meist über seine (selten leisen) Lüftergeräusche.

4.5 *Echte Kunst: die Einzigartigkeit des Massenmediums*

Gerade in der Kunst ist neben den technischen Aspekten die Authentizität eines Werks von herausragender Bedeutung und hat signifikanten Einfluss auf das ästhetische Erlebnis. Insbesondere für digitale Bilder stellt sich dabei allerdings die Frage, ob (und wie) Authentizität entsteht und was überhaupt zum Kunstwerk dazugehört. Diese Frage ist nicht nur für die Archivierung digitaler Kunstwerke relevant, sondern ermöglicht darüber hinaus Rückschlüsse, inwiefern digitale Werke trotz ihrer inhärenten Reproduzierbarkeit ein ästhetisches Erlebnis erzeugen können. Welche Rolle das Wiedergabemedium dabei spielt und ob (bzw. wie) sich Display, Digitaldruck und Printmapping diesbezüglich unterscheiden, soll im weiteren Verlauf untersucht werden.

³³ Technisch bedingt ist die Mitte der Projektion meist ca. 5-10% heller als die Ränder, was im Normalfall kaum auffällt, bei flächigen Inhalten aber schnell sichtbar werden kann.

4.5.1 Authentizität

Die Debatte um Curries Mediums-Transfer-Theorie (vgl. Kapitel 2.2) zeigt als kleiner Bestandteil einer seit Jahrhunderten ausgiebig geführten Diskussion, welche Relevanz die Authentizität in der Kunst hat. Die grundlegende Frage ist, ob die Replikation eines Bildes bei visueller Gleichheit gegenüber seinem Original, ein gleiches ästhetisches Erlebnis bedeutet. Einen bekannten Beitrag zu dieser Debatte leistete Goodman, der selbst bei visueller Gleichheit einen Unterschied allein an dem Wissen ausmacht, ob man ein Original oder eine Nachbildung anschaut. Seine Argumentation stützt sich hauptsächlich darauf, dass anhand dieser Information ein Differenzierungsprozess ausgelöst werden könne, infolgedessen Unterschiede gesucht und zu differenzieren gelernt würden. Nur weil eine visuelle Unterscheidung *jetzt gerade* nicht möglich sei, ließe sich nicht darauf schließen, dass dies zu einem zukünftigen Zeitpunkt auch so sei. Selbst bei vollständiger Gleichheit sei die andauernde Suche nach Unterschieden eine Einschränkung des ästhetischen Erlebnisses (Goodman, 1968, Kapitel III, insbesondere S. 103-105). Während dieser Aspekt bis ins 20. Jahrhundert auf einer rein hypothetischen Ebene diskutiert wurde, bieten digitale Technologien heute tatsächlich die Möglichkeit, ein Bild mit nur minimalen visuellen Unterschieden zu duplizieren, beispielsweise wenn dieses mehrfach gedruckt oder über kalibrierte Displays gleichen Modells unter gleichen Bedingungen gezeigt wird. Da jedes Bild dabei der gleichen Quelle entstammt, liegen die Unterschiede in der Interpretation des Wiedergabemediums und sind daher technisch kontrollierbar und visuell angleichbar. Auch eine andere Umgebung kann das Erlebnis beeinflussen, allerdings ist diese unabhängig vom Kunstwerk selbst. Der Begriff des Originals verliert damit in Bezug auf digitale Medien an Stärke und Goodmans Argumentation wird nicht nur durch die reale Möglichkeit entkräftigt, dass sich das Publikum der möglichen visuellen Gleichheit der Bilder bewusst ist, was die Suche nach Unterschieden irrelevant werden ließe. Vielmehr ist von zwei Wiedergabemedien, die beide dasselbe Bild basierend auf derselben Datei zeigen, nicht zwangsläufig eines mehr Original als das andere. Selbst wenn man das Original anhand der erstmaligen Erscheinung festmachen wollte, ließe sich ein entkräftendes Argument schaffen: Wenn beide Wiedergabemedien zeitgleich aufgebaut und eingeschaltet werden würden, wäre keines von ihnen vor dem anderen da gewesen. Es gibt dementsprechend nicht mehr ein einzelnes Original. Selbst wenn man nach Goodman anhand von Messgeräten³⁴ etc. Differenzen zwischen beiden Werken ausmachen könnte, wären es keine Unterschiede zwischen Original und Replikation, sondern vielmehr einer zwischen zwei Originalen. Der deutsche Philosoph und Kunstkritiker Boris Groys schließt passend dazu:

³⁴ Goodmans Argumentation des *bloßen Schauens* zieht bewusst keine harte Grenze zwischen der Brille, der Lupe oder dem Mikroskop. Während wohl niemand erstere als Messgerät deklarieren würde, könnte man es mindestens für letzteres diskutieren.

“There is no such thing as a copy. In the world of digitalized images, we are dealing only with originals – only with original presentations of the absent, invisible digital original.”

Aus *Art Power* (Groys, 2008, S. 91)

Die Möglichkeit der massenhaften Replikation ist jedoch kein exklusives Phänomen des digitalen. Schon viel früher waren Kunstwerke technisch reproduzierbar. Walter Benjamin erkennt dabei eine wichtige Eigenschaft von Kunstwerken, nämlich die Bedeutung ihrer Einzigartigkeit, und verbindet diese mit dem bereits genannten Ausdruck der Aura.

„Noch bei der höchstvollendeten Reproduktion fällt eines aus: das Hier und Jetzt des Kunstwerks – sein einmaliges Dasein an dem Orte, an dem es sich befindet. [...] Das Hier und Jetzt des Originals macht den Begriff seiner Echtheit aus.“

Aus *Das Kunstwerk im Zeitalter seiner technischen Reproduzierbarkeit*
(Benjamin, 1963, S. 11-12)

Benjamin bringt das Bestehen des Kunstwerks im Hier und Jetzt mit seiner Geschichte, der Tradition und der Verfolgung des wechselnden Standortes und Besitzes in Verbindung. Die Pluralität des digitalen Originals steht in Kontrast zu einer derartigen Einzigartigkeit und sorgt für einen signifikanten Unterschied zu den hier diskutierten Wiedergabemedien: Das Display trennt Wiedergabemedium und Inhalt scharf voneinander ab und teilt das Kunstwerk in mehrere Ebenen. Das digitale Bild kann auf anderen Displays gezeigt werden, ebenso wie andere Bilder auf dem ursprünglichen Display gezeigt werden können. Statt einem*einer Besitzer*in existieren daher möglicherweise zwei: Der Besitz des digitalen Originals kann anhand des Urheberrechts ausgemacht und die Nutzung lizenziert werden oder es wird tatsächlich ein Vertrag zur exklusiven Nutzung vereinbart. Wo digitale Güter scheinbar beliebig dupliziert werden können, ist eine Besitzfeststellung anhand von Dateien kaum praxisnah (wie diverse Beispiele der Musikpiraterie, Streamingdienste, gemietete Software etc. zeigen). Das Wiedergabemedium hingegen unterliegt als physikalischer Gegenstand dem Eigentumsrecht. Die in Kapitel 4.3.3 aufgestellte These der harten Trennung findet hier einen weiteren Anhaltspunkt.

Ein digital gedrucktes Bild bindet den Inhalt an eine Instanz des Wiedergabemediums, das bedruckte Papier wird kein anderes Bild mehr zeigen (wenngleich der Drucker noch viele weitere Bilder drucken kann). Während ähnlich wie beim Display auch hier das digitale Bild unabhängig von seiner gedruckten Instanz existieren kann und hinsichtlich des Besitzes grundsätzlich dasselbe gelten mag, existieren zwei signifikante Unterschiede: Einerseits spiegelt sich die engere Verbindung von Inhalt und Wiedergabemedium im Verkaufsprozess wider und wer einen

Druck kauft, erhält damit die zeitlich unbegrenzte Möglichkeit der Nutzung (welche bei digitalen Inhalten nicht zwingend gegeben ist). Außerdem kann ein Druck (theoretisch) einen stärkeren Originalbegriff halten. Da mit der Vollendung des Drucks die Interpretation des Wiedergabemediums abgeschlossen ist, wird die digitale Datei nicht mehr benötigt. Wird sie vernichtet, wäre es möglich, ein einzigartiges Original zu erschaffen. Selbst wenn dieses per Scan replizierbar bleibt, ist dieser Vorgang zwangsläufig mit einer Verminderung der Qualität verbunden. Außerdem basierten die beiden Werke nicht mehr auf derselben Datei, weshalb man Goodmans Argumentation wieder aufnehmen und der gedruckten Kopie ein anderes ästhetisches Erlebnis zuschreiben könnte.

Eine besonders interessante Rolle nimmt hinsichtlich seiner Authentizität das Printmapping ein, da es für eine Replikation sowohl eine Instanz des Drucks als auch die Einrichtung der Projektion benötigt, was die Duplizierung aufwändig macht. Grundsätzlich kann weder ein anderes Bild auf dem Druck dargestellt werden, noch ist es ausreichend, einfach eine größere Auflage zu drucken. Jedes Printmapping muss einzeln eingerichtet werden, wozu es nicht nur den Druck und die technische Hard- und Software benötigt, sondern darüber hinaus zeitliche (und) Personkapazitäten sowie Fachwissen für die Einrichtung. Wenngleich es ebenso reproduzierbar wie seine verwandten Wiedergabemedien ist, ist der dazu benötigte Aufwand vielfach größer.

Insbesondere ungewollte Replikationen werden außerdem dadurch erschwert, dass das Printmapping die getrennte Aufnahme der digitalen Bilder in der realen Welt erschwert: Während der Druck abfotografiert und das Display abgefilmt werden kann, wäre beides für das Printmapping nicht ausreichend. Man müsste sowohl den Druck als auch die Projektion unabhängig voneinander einfangen, um diese jeweils duplizieren zu können. Das Videosignal der Projektion ist außerdem bereits verzerrt, um die Perspektive des Projektors auszugleichen. Selbst eine Aufzeichnung seines Videosignals würde also zu einer Qualitätsminderung führen, da für jeden neuen Aufbau durch die abweichende Perspektive das Mapping angepasst werden muss. Für den Besitz oder die Archivierung werden daher die originalen Dateien sowie ein entsprechender Druck benötigt. Anhand dieser kann ein Printmapping jedoch nicht nur reproduziert, sondern auch repliziert werden. So bleibt für alle drei Wiedergabemedien zu schließen: Was das Wiedergabemedium nicht verhindern kann, ist der Verlust der Einzigartigkeit seines Inhalts, bzw. das Verblässen der Aura seines Kunstwerks infolge seiner möglichen massenhaften Replikation.

Man kann, was hier auffällt im Begriff der Aura zusammenfassen und sagen: was im Zeitalter der technischen Reproduzierbarkeit des Kunstwerks verkümmert, das ist seine Aura. [...] Die Reproduktionstechnik, so ließe sich allgemein formulieren, löst das Reproduzierte aus dem Bereich der Tradition ab. Indem sie die Reproduktion vervielfältigt, setzt sie an die Stelle seines einmaligen Vorkommens sein massenweises. Und indem sie der Reproduktion erlaubt, dem Aufnehmenden in seiner jeweiligen Situation entgegenzukommen, aktualisiert sie das Reproduzierte.“

Aus *Das Kunstwerk im Zeitalter seiner technischen Reproduzierbarkeit*,
(Benjamin, 1963, S. 13)

Da sich digitale Inhalte grundsätzlich beliebig instanzieren bzw. duplizieren lassen, lässt sich schlussfolgern, dass die Aura (so diese bei digitalen Werken existiert) nicht vom Wiedergabemedium ausgehen (oder von diesem erhalten werden) kann, sondern es vielmehr dem*der Künstler*in obliegt, eine entsprechende Vervielfältigung zu erlauben bzw. ermöglichen oder eben nicht. So ließe sich entweder eine große Verbreitung oder die Stärkung der (im digitalen stark geschwächten) Einzigartigkeit fördern. Beides kann gewünscht sein und wird durch keines der hier diskutierten Wiedergabemedien verhindert.

Auch am digitalen Bild kann die Authentizität oder Aura nicht festgemacht werden, denn dieses wird aller Wahrscheinlichkeit nach bereits vor der ersten Ausstellung mehrfach auf verschiedene Speichermedien kopiert, gesichert und transferiert werden, ohne dabei jedoch öffentliche Sichtbarkeit zu erlangen. Ohne das Zeigen ist sein massenhaftes Auftreten nach Benjamin nicht gegeben, obwohl es auf digitaler Ebene dupliziert wurde. Die Authentizität scheint somit weder vom digitalen Bild noch von dessen Wiedergabemedium auszugehen, sondern entsteht durch die Art der Verbreitung – also meistens seiner ortsgebundenen Einzigartigkeit im Rahmen der Präsentation in Ausstellungen und/oder Installationen. Groys fasst dieses Verständnis mit den Worten

“The exhibition makes copying reversible: It transforms a copy into an original.”

Aus *Art Power* (Groys, 2008, S. 91)

Zu beachten ist jedoch bei der digitalen Natur der Bilder, dass mit diesen inhärent die mögliche (massenhafte) Verbreitung mitschwingt, unabhängig davon, ob diese tatsächlich stattgefunden hat oder nicht. Um die Exklusivität eines Einzelstücks zu transportieren, muss diese also zunächst dem Publikum kommuniziert werden. Das Display gleicht ansonsten der Leinwand eines

Kinos, auf welcher jeden Tag neue Filme gezeigt werden, ohne dass diese einen Originalitätsanspruch innehätten. Druck und Printmapping sind aufgrund der geringeren Wandelbarkeit fester mit dem Inhalt sowie dank ihrer haptischen Eigenschaften enger mit der realen Welt verbunden. Insbesondere der Druck weist außerdem aufgrund spezifischer Eigenschaften, wie der statischen inhaltlichen Zeit, hohe Ähnlichkeiten zu gemalten Bildern auf, was ihm womöglich unerschwinglich einen stärkeren Originaleindruck verleiht.³⁵

4.5.2 Archivierung

In Kapitel 2 wurde bereits der Standpunkt verdeutlicht, dass sich digitale Bilder technisch einfach zwischen verschiedenen Wiedergabemedien transferieren lassen. Jede Darstellung beschreibt dabei den Transfer einer abstrakten digitalen Information in den konkreten realen Raum und basiert auf der Interpretation der digitalen Datei(en) durch das Wiedergabemedium. Dieses ist daher als formgebender Körper fest in die Darstellung integriert. Für die Archivierung eines digitalen Kunstwerks ergibt sich daraus allerdings ein Problem: Da aus dem bisherigen Vergleich hervorgegangen sein dürfte, was für vielfältige Parameter es zu berücksichtigen gilt und wie sich deren Änderungen auf das Bild auswirken, könnte man schließen, dass neben dem digitalen Bild auch das Wiedergabemedium archiviert werden sollte. Wie Groys bemerkt, kann dessen Alterung bzw. die daraus resultierenden Artefakte, den Fokus in unerwünschter Weise vom eigentlichen Bild ab- und auf das Wiedergabemedium lenken.

“The non-identity of video images also presents itself at another, as it were, deeper technical level. As has already been said: If one changes certain technical parameters, one also changes the image. Can one perhaps preserve something of the old technology so that the image remains self-identical through all the instances of its display? But to preserve the original technology shifts the perception of a specific image from the image itself to the technical conditions under which it was produced. What we primarily react to is the old-fashioned photographic or video recording technology that becomes apparent when we look at old photographs or videos. The artist did not originally intend to produce this effect, however, as he lacked the possibility of comparing his work with the products of later technological developments.

Thus the image itself may possibly be overlooked if it is reproduced using the original technology.”

Aus *Art Power* (Groys, 2008, S. 90)

³⁵ Tatsächlich fragte ein Besucher der in Kapitel 5 genannten Ausstellung, welches Bild das Original sei und bewegte sich trotz der Aussage, dass jedes Wiedergabemedium dieselbe digitale Welt nach den eigenen Möglichkeiten abbilde, zielstrebig auf den Druck zu und wähnte, *das Original* gefunden zu haben.

So entsteht nach Groys das Dilemma, aus der Schaffenszeit und der Individualität lediglich einen Aspekt adäquat transportieren zu können und auch Benjamin sprach bereits die Aktualisierung der Reproduktion an. Da insbesondere Displaytechnologie einem anhaltenden und starken Entwicklungsprozess unterliegt, ist dieses Dilemma hier besonders ausgeprägt. Der Druck hingegen profitiert davon, dass keine technischen Gegenstände eingelagert werden müssen, die veralten könnten, und sich die Qualität des Drucks nur noch langsam verbessert. Was heute sehr hochwertig gedruckt ist, wird auch in 10 oder 20 Jahren nicht aufgrund seiner technischen Qualität so stark abfallen, dass ein Werk aus der Zeit zu fallen scheint. Durch die geringen visuellen Veränderungen kann ein Druck außerdem mit neuer Technologie durchgeführt werden, ohne seinen Eindruck offensichtlich zu verändern. So wird er sehr leicht archivierbar. Das Printmapping profitiert an dieser Stelle von der geringeren Abhängigkeit von den technischen Parametern der Projektion. So wird einerseits der Einsatz alter Projektionstechnik weniger auffällig, andererseits tritt der Tausch eines Projektors zu einem neueren Modell mit anderen Eigenschaften deutlich weniger in Erscheinung als es beim Display der Fall wäre. Dafür ist der Aufwand, ein Printmapping erneut einzurichten signifikant höher, als einen erneuten Druck durchzuführen oder ein Display auszutauschen.

Oftmals wird das Display allerdings gar nicht als Teil des Kunstwerks gesehen und bei der Archivierung missachtet, wie Guzman-Serrano beschreibt (Guzman-Serrano, 2019). Er nennt als möglichen Grund die wahrgenommene Immaterialität des Digitalen und bezieht sich dementsprechend ausschließlich auf das Display. Hier zeigt sich noch einmal die engere Verbindung von Inhalt und Medium sowohl im Druck als auch im Printmapping. Allein weil ein physikalisches Objekt existiert, gebietet der logische Menschenverstand, dieses neben den digitalen Dateien zu archivieren.

5 Das Wiedergabemedium in der Praxis

Basierend auf den theoretischen Erkenntnissen der vergangenen Kapitel soll eine praktische Erkundung der drei Wiedergabemedien die Untersuchung vervollständigen. Dazu wurde je Medium ein Bild erschaffen, in kontrollierten Bedingungen bewertet und einem Testpublikum vorgestellt.

5.1 Zwischen Pixel und Papier: ein Bild für drei Darstellungen

Wie bereits in den Studien zum immersiven Display (vgl. Kapitel 4.1.1) diskutiert, spielt der dargestellte Inhalt für die Emotionswahrnehmung vor einem Wiedergabemedium eine essenzielle Rolle. Aufgrund der sehr unterschiedlichen Möglichkeiten der Medien ist es allerdings nicht möglich, eine Darstellungsweise zu finden, die deren individuellen Eigenschaften gleichsam gerecht wird. Daher wurde in der 3D-Software *Blender* ein digitales Stillleben entwickelt, dessen Präsentation an das jeweilige Wiedergabemedium angepasst werden konnte. So kann argumentiert werden, dass zwar nicht der gesamte Inhalt, wohl aber die abgebildete digitale Welt, auf welche das sichtbare Bild zurückgeht, dieselbe ist. Die unterschiedlichen Darstellungen sind zwar subjektiv gewählt, ergeben sich aber vor allem aus den unterschiedlichen Ausdrucksmöglichkeiten, werden also durch die verschiedenen Wiedergabemedien vorgegeben.

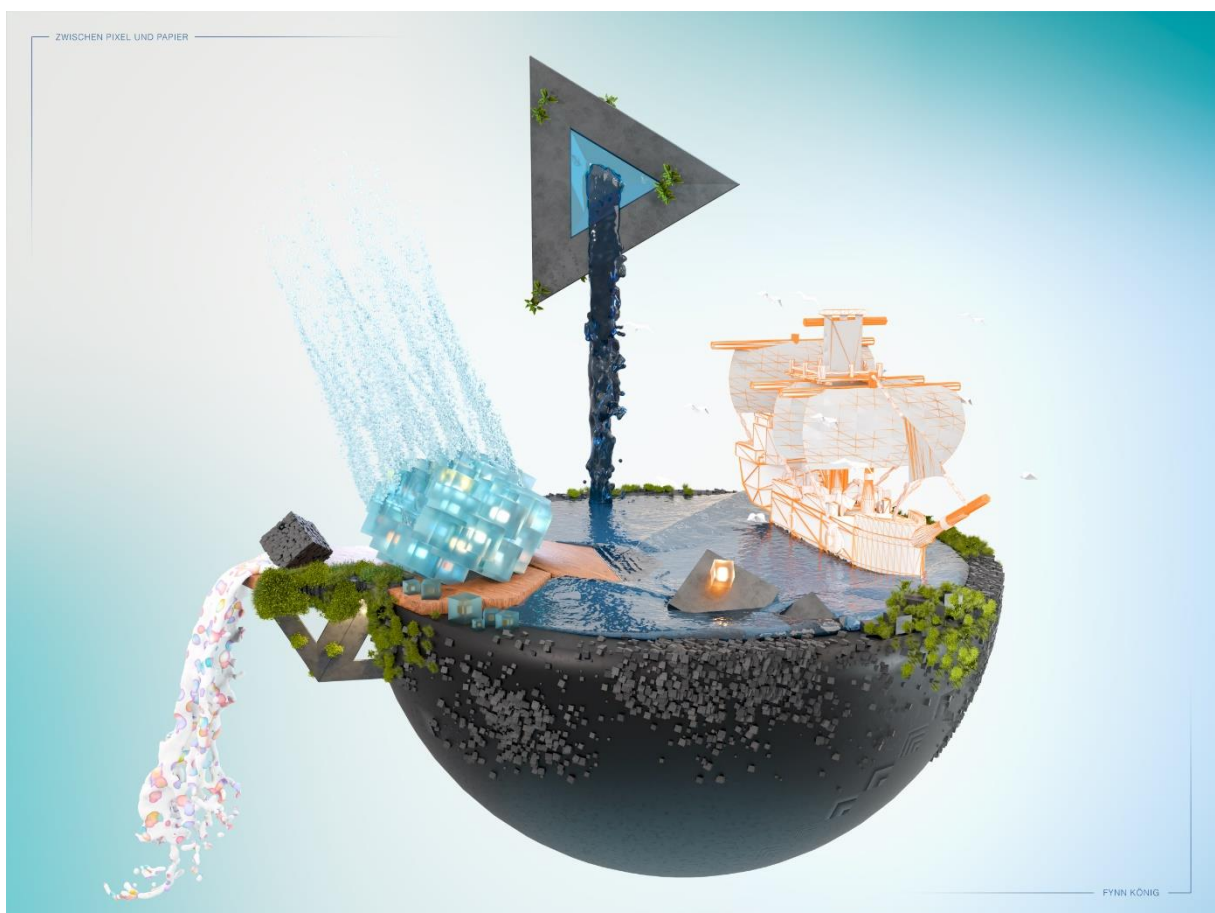


Abbildung 1: Druckversion des digitalen Stilllebens (Auflösung reduziert)

Die frei erfundene digitale Szene zeigt in realistischer Darstellung eine steinerne Halbkugel, die mit Wasser gefüllt ist, auf dessen von Wellen aufgerauter Oberfläche ein von Origami-Möwen umgebenes Segelschiff treibt. Das Papier des Schiffs wird durch digitale Wireframes in sattem Orange kontrastiert – eine Anspielung auf die stattfindende Verbindung von Analogem und Digitalem. Auf einer Insel aus sechseckigen Holzplatten liegt eine Ansammlung matter, durchsichtiger Würfel, deren Kerne leuchten. Während die gesamte Szenerie von scharfkantigen Würfeln verschiedener Dimensionen durchzogen ist und so eine direkte Anspielung auf die Pixel als zentrale Bestandteile digitaler Bildnisse enthält, sind die Leuchtwürfel auf der Insel als Metapher für das Display als selbstleuchtendes Medium zu verstehen. Hier werden Bits und Bytes einer anderen Bilddatei in „reales“ Licht übersetzt, das nicht frei heraus scheinen kann, sondern mit den physischen Gegebenheiten interagiert und getrübt wird – im Panel eines realen Displays, wie auch in diesen matten Würfeln. Das hölzerne Material der Insel sowie der am linken Bildrand befindliche Wasserfall aus Papier (befleckt mit Farblecks in Cyan, Magenta und Gelb samt Mischfarben) bilden demgegenüber eine Referenz an den Druck. Die alles einfassende Halbkugel aus dunklem Stein begrenzt den digital-fluiden Inhalt in seiner Form und lehnt sich ebenso wie das große Play-Icon, das über der Szenerie schwebt, an das zentrale Thema der Welt an: Die Betrachtung des Wiedergabemediums. Während das Wasser die fluide und wechselhafte Natur der digitalen Inhalte andeutet, da diese scheinbar fließend zwischen den Wiedergabemedien hin- und her fließen können, sind es die Medien selbst, die formgebende Konstanz in der realen Welt erzeugen. Um kein Wiedergabemedium zu bevorzugen und die Renderzeiten auf ein realistisches Maß zu begrenzen, wurde die Form des Stillebens gewählt und auf digital bewegte Inhalte verzichtet.

Anschließend wurde eine auf das Wiedergabemedium angepasste Darstellung ausgewählt und (wo notwendig) Anpassungen durchgeführt. Für den Druck wurde eine totale Perspektive gewählt, die das gesamte Objekt einfängt und alle Einzelteile in ein absolutes Verhältnis setzt. Durch den Export in hoher Auflösung (9448 x 7084 Pixel) und den Druck in mittlerer Größe³⁶ (60 x 80 cm) werden Details trotzdem gut sichtbar. Der Helligkeitsbereich wurde ausgenutzt, wobei die als kritisch geltenden Bereiche über 95% und unter 10% nur mit Vorsicht genutzt wurden.

Der gedruckte Anteil des Printmappings wurde ebenfalls in derselben Auflösung gerendert und gedruckt. Zuvor wurde das bunte Bild jedoch nachbearbeitet: Neben der Umwandlung in Graustufen wurden die Helligkeiten angepasst und der Hintergrund stark verdunkelt, bis er ungefähr einem mittleren Grau entsprach. So heben sich helle Elemente, wie das Segelschiff oder der Papier-Wasserfall, ebenso wie die dunkle Kugel, der Wasserfall und das Play-Icon gut ab, wodurch ein hoher Schärfeeindruck entsteht. Außerdem kann die digitale Bespielung, die projektorseitig auf Full HD begrenzt war, den Hintergrund so in voller Helligkeit beleuchten, ohne dass dieser visuell in den Vordergrund tritt, was die Erstellung der Inhalte vereinfacht. Um eine digitale Wandelbarkeit zu erzeugen, wurden mehrere Lichtstimmungen aus Blender exportiert, die eine Grundlage für verschiedene in Touchdesigner implementierte Effekte bildeten. Diese

³⁶ Ein größerer Druck wäre wünschenswert gewesen. Insbesondere bei der Präsentation mit Bilderrahmen, die in diesem Fall zur besseren Vergleichbarkeit mit dem Display gewählt wurde, hätte dies jedoch die Kosten für diese Arbeit deutlich erhöht.

konzentrierten sich neben abstrakt verzerrten Lichtverlagerungen vor allem auf langsame Farbverschiebungen, Änderungen in Helligkeit und Sättigung sowie Kanteneffekte. Aufgrund der vergleichsweise geringen Auflösung und der simplen Struktur der Effekte, konnten diese von einer älteren Workstation in Echtzeit ausgespielt werden. Da das Medium insbesondere mit langsamen, aber stetigen Bewegungen funktioniert, wurde eine Zeitleiste über 30.000 Frames (08:20 Minuten bei 60 Bildern pro Sekunde) angelegt.

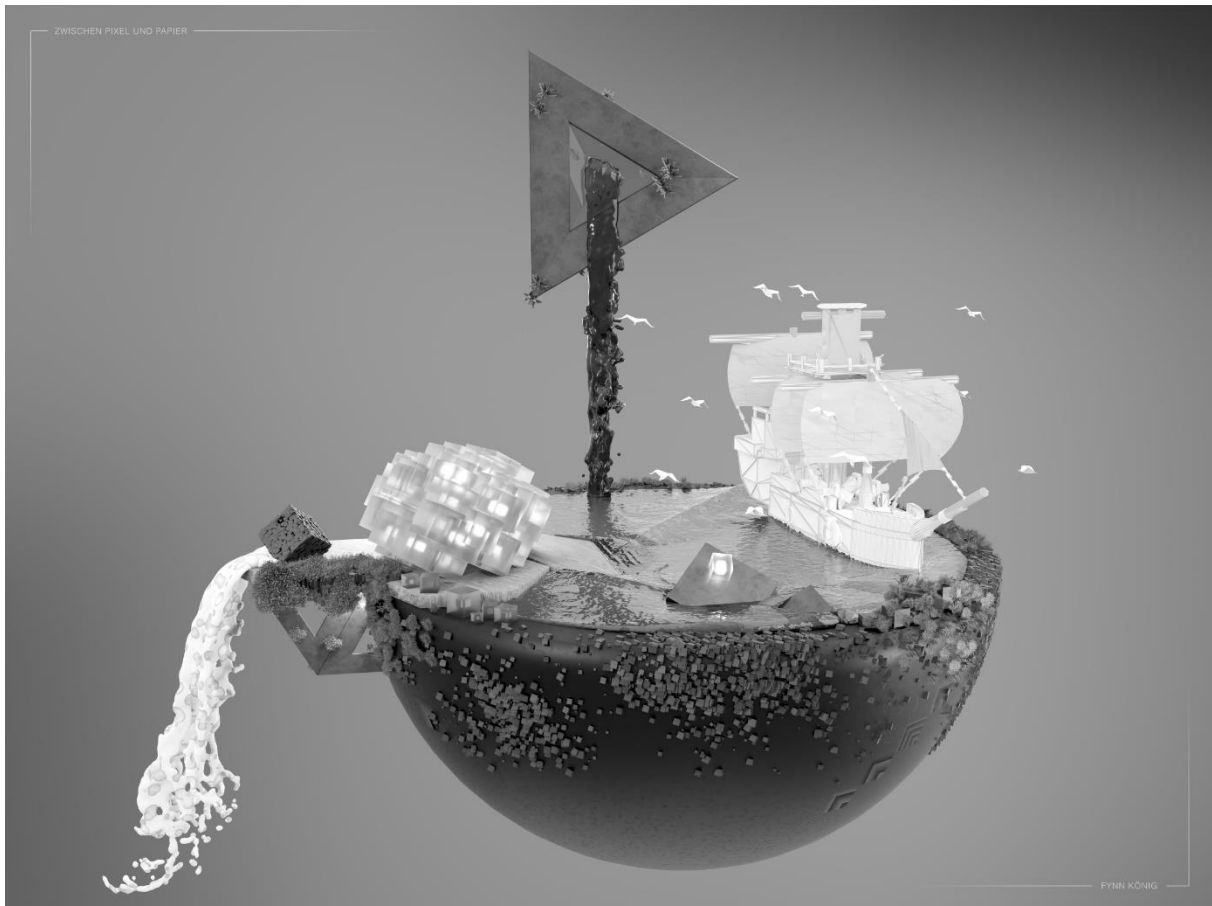


Abbildung 2: Druckvorlage des Printmappings (Auflösung reduziert)

Weil das Display Räume und Räumlichkeit am effektivsten über die Zeitachse erzählen kann, wurden für dieses verschiedene Kamerafahrten animiert, welche die Zuschauenden wahlweise nah an Objekte heranbringen oder die Szenerie im Ganzen einfangen konnten. Für eine detailreiche und flüssige Darstellung wurde der Export in 2160p60 (UHD1) durchgeführt. Für eine Zeitachse mit 6300 Frames dauerte der Export trotz geringer Samplerate und Denoising ca. 10 Tage, während die deutlich höher aufgelösten Renderings der Einzelbilder für Druck und Printmapping lediglich mehrere Minuten in Anspruch nahmen.

5.2 Versuchsaufbau

Die praktische Gegenüberstellung der Wiedergabemedien fand in einem verdunkelten Raum statt. Zwischen den mit etwas Abstand nebeneinander aufgebauten Wiedergabemedien wurden als visuelle Abgrenzung Trennwände aufgebaut. Um einen angenehmen Kontrast zu erzeugen und den Rest des Raums nicht in Dunkelheit versinken zu lassen, wurde die gegenüberliegende Seite (ebenfalls mit grauen Trennwänden ausgestattet) mit sechs Expolite Tourleds in gedimmten Weiß ausgeleuchtet. Der Raum selbst enthielt keine Farbakzente, jegliche Ausstattung war in Grau, Weiß oder Schwarz gehalten. Projektor und Scheinwerfer zur Ausleuchtung der Werke wurden an einem Traversensystem über/hinter dem Publikum befestigt.

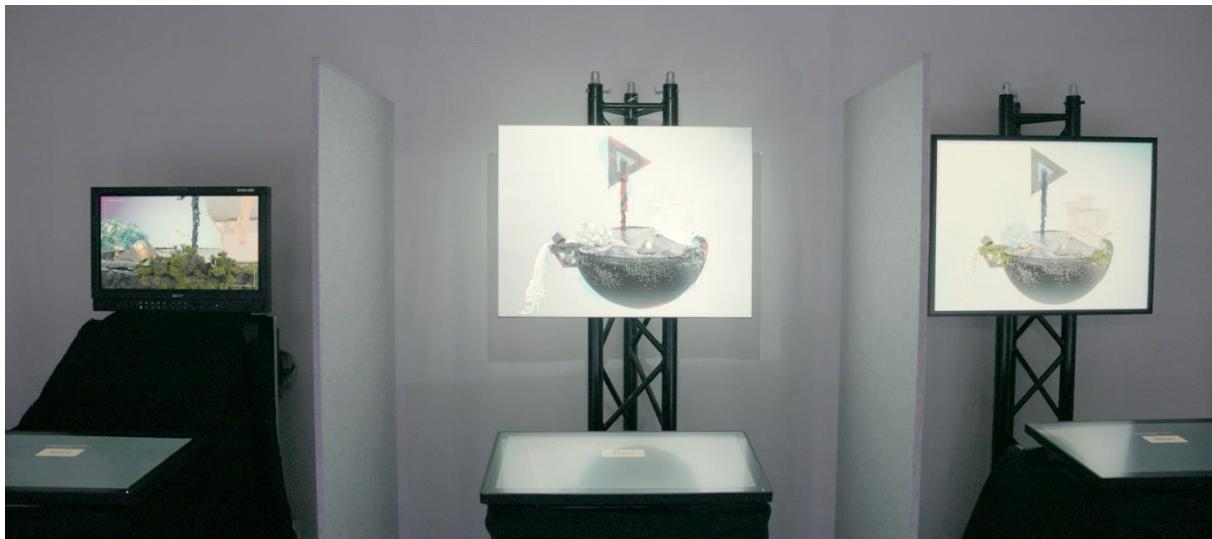


Abbildung 3: Aufbau der drei Wiedergabemedien nebeneinander

Für die Projektion kam ein Full HD DLP-Projektor vom Optoma (HD36) mit 3000 ANSI-Lumen zum Einsatz, der die Helligkeit für alle Wiedergabemedien vorgab. Diese wurden messtechnisch und wahrnehmungsbasiert angeglichen.

Das für das Display produzierte Video wurde über einen Referenzmonitor von SWIT (BM-245HDR) gezeigt, dessen LCD-Panel nativ mit 2160x3840 auflöst und durch dessen Hintergrundbeleuchtung maximal 1000 Nits erzeugt werden können. In dem ausgewählten Rec2020-Farbraum wurden der Weißton, der Rot- und Grünanteil sowie die Helligkeit der Hintergrundbeleuchtung an den Projektor angepasst, um einen gleichen Farb- und Helligkeitseindruck zu erzeugen.

Der Druck wurde über einen ETC Source Four Series 3 Profiler im Studiomodus ausgeleuchtet und mit Blendenschiebern auf die Bildfläche begrenzt, sodass der Hintergrund nicht beleuchtet wurde. Auch hier fand eine Anpassung der Helligkeit, Weißabgleich und Rot-Grün-Verschiebung statt, um der Projektion zu entsprechen. Da das Printmapping prinzipbedingt einen höheren Kontrast als der Druck aufweist, ist eine Anpassung der Helligkeit über das gesamte Bild nicht möglich. Aufgrund der ungleichen Wahrnehmungen wurden Farb- und Helligkeitsanpassungen mit Fokus auf die visuelle Gleichheit durchgeführt und dazu zunächst in einem Bereich

mittlerer Helligkeit messtechnisch nivelliert, bevor die endgültige Feineinstellung wahrnehmungsbasiert realisiert wurde.

5.3 Messung des Spektrums

Für die Messungen wurde auf allen Wiedergabemedien dasselbe Bild gezeigt. Gemessen wurde mit einem JETI spectraväl 1511 sowie einem Spotmessgerät und einem geeichten Kameraset für die Leuchtdichtemessungen. Da mit dem JETI Spektralradiometer Bereichsmessungen durchgeführt wurden, aber kein ausreichend großer rein weißer Bereich im Bild enthalten war, wurde der Bereich links oberhalb der Leuchtwürfel gemessen. Dieser verläuft leicht ins Blaue, was zu einer leichten Verfälschung der Messwerte führte. Im Anbetracht der deutlichen spektralen Unterschiede ist dies jedoch unerheblich. Ein Weißabgleich wurde unabhängig von diesen Messungen mit einem unbedruckten, weißen Blatt Papier als Referenz durchgeführt.

5.3.1 Druck

In Abbildung 4 ist das kontinuierliche Spektrum des Profilers sehr gut zu erkennen, das vom Druck zu großen Teilen reflektiert wird. Die gelben und roten Töne sind aufgrund des leichten Blaustichs in der Intensität etwas reduziert. Dennoch ergibt sich ein durchgehendes Spektrum, welches dank der acht Mischfarben der LED-Leuchte zwischen 440nm (Indigo) und 660nm (Deep Red) viele Farben sehr gut wiedergeben kann.³⁷ Wie in Kapitel 3.1 erläutert wurde hat die Lichtquelle dabei einen entsprechend hohen Einfluss: Da im Normalfall die verwendete Tinte und das Leuchtmittel spektral nicht aufeinander abgestimmt sind, ist eine Lampe mit kontinuierlichem Spektrum wichtig, damit die durch die Tinte gefilterten Spektralanteile in jedem Fall enthalten sind.

5.3.2 Printmapping

Im Spektrum des Printmappings in Abbildung 5 sind die Primärfarben des Projektors zu erkennen, wenn auch weniger deutlich als beim Display. Da es sich bei dem verwendeten Gerät um ein semi-professionelles Produkt mit Fokus auf die Anwendung im Heimkino handelt, liegt die Vermutung nahe, dass die verwendeten Farbfilter nicht von hoher Qualität sind. Die daher zu erwartende geringe Reinheit der Primärfarben beeinflusst die Farbmischung, insbesondere die Sättigung, negativ. Das sichtbare Spektrum entsteht entsprechend durch die Überlagerung (bzw. Faltung) des originalen Spektrums der verwendeten Entladungslampe (inkl. laufzeitbedingter Alterungserscheinungen) mit der Filterfunktion der im Projektor verbauten Farbfilter und der auf der Leinwand aufgetragenen Farben (die aufgrund des schwarz-weißen Drucks jedoch keinen signifikanten Anteil haben).

³⁷ Das vom Hersteller angegebene Spektrum konnte aus urheberrechtlichen Gründen nicht angegeben werden, kann jedoch neben anderen Details der Dokumentation des Herstellers entnommen werden (ETC, o. J.).

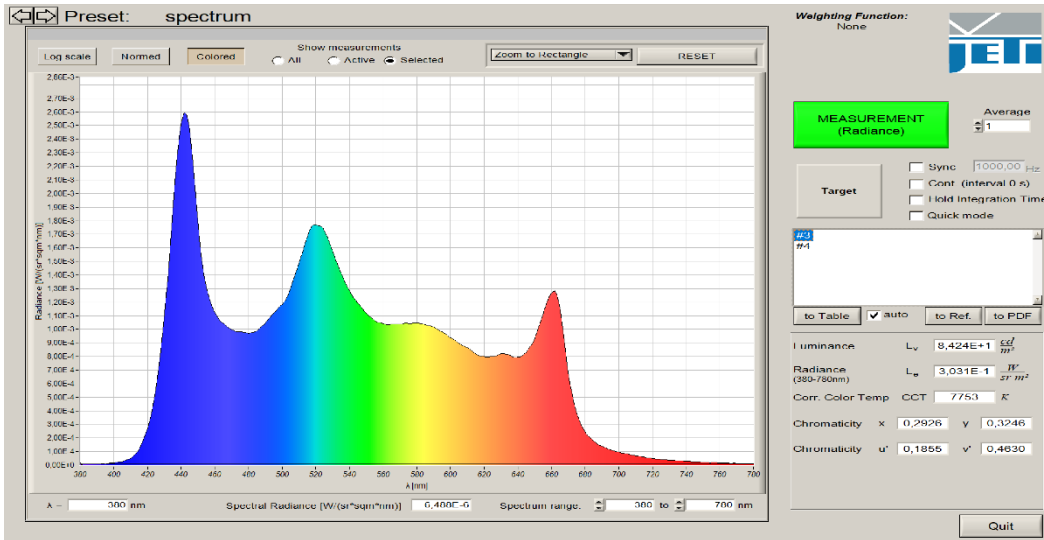


Abbildung 4: vom Druck reflektiertes Spektrum

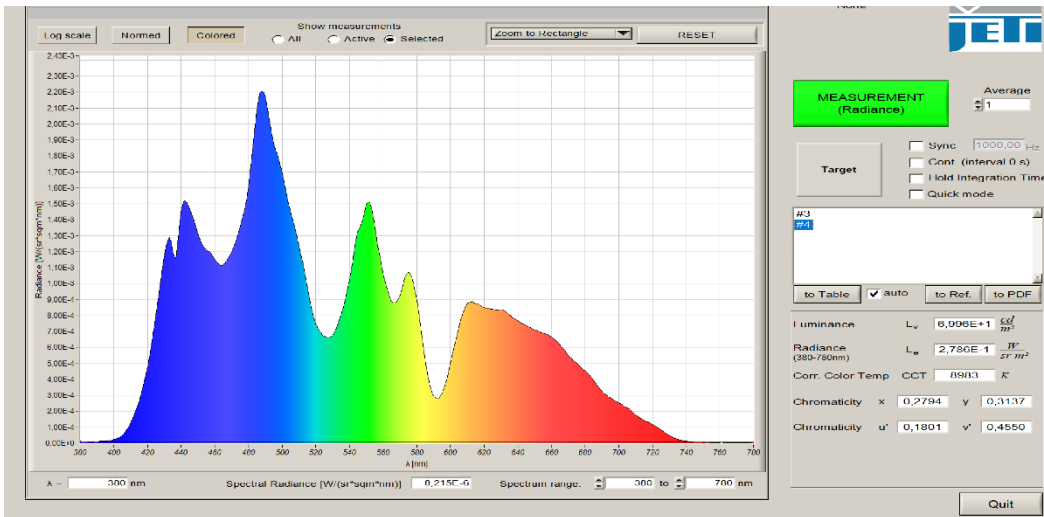


Abbildung 5: vom Printmapping reflektiertes Spektrum

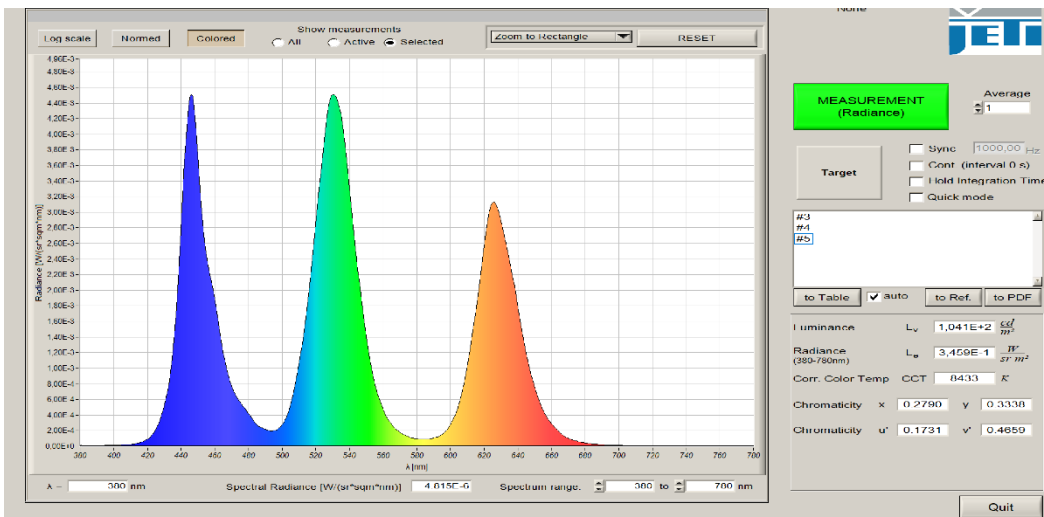


Abbildung 6: vom Display emittiertes Spektrum

5.3.3 Display

Beim Spektrum des Displays (Abbildung 6) sind die Primärvalenzen (Rot, Grün und Blau) deutlich zu erkennen. Da es sich um ein teures Referenzdisplay handelt, sind die Farbfilter des LC-Panels sehr eng, was eine granulare Kontrolle über die Subpixel bzw. die Farbe und eine satte Farbdarstellung ermöglicht. Durch die additive Farbmischung³⁸ können Mischfarben erzeugt werden. Dass diese, wie hier sichtbar wird, mit sehr unterschiedlichen spektralen Peaks und sogar trotz großer Löcher im Spektrum funktioniert, liegt an einem Effekt namens Metamerie ((Schmidt, 2021, S. 83). Demnach lassen sich mit unterschiedlichen Primärreizkurven durch Mischung grundsätzlich gleiche Farbeindrücke erzeugen. Aufgrund der zwischen Menschen leicht variierenden Wahrnehmungsspektren der Zapfen können jedoch selbst bei messtechnischer Gleichheit minimal unterschiedliche Farbwahrnehmungen hervorgerufen werden. Lichtquellen mit schmalen Spektren, wie z. B. OLEDs oder die engen Farbfilter bei dem hier verwendeten Display, begünstigen diesen Effekt (Van Hurkman, 2014, S. 33).

5.4 (Subjektiver) Visueller Vergleich

Wenngleich die Datei für den Druck das Helligkeitsspektrum ausnutzt, scheinen Kontrast und Sättigung geringer zu sein als beim Display und insbesondere beim Printmapping, was in Anbetracht ihrer Funktionsprinzipien und der streulichtarmen Umgebung kaum verwundert. Ein hochwertiger Gallieredruck könnte ggf. zu einer Angleichung führen, die gezielte Projektion wird aber bei gleichen Bedingungen im Druck gegenüber einer flächigen Ausleuchtung immer einen stärkeren Kontrast erzeugen. In jedem Fall erscheint es sinnvoll, die Helligkeitsstruktur im Druck bewusst mit ausgeprägten Kontrasten und satten Farben zu gestalten. Dabei wird beim dunkler gehaltenen Printmapping noch mehr als beim Farbdruck die Bedeutung von differenzierten Helligkeiten für einzelne Objekte deutlich. In einem dunklen Bild wirken die hellen Objekte sehr plastisch. Displays erzeugen einen ähnlichen (aber viel kontraststärkeren) Eindruck über hohe Spitzenhelligkeiten und HDR-Inhalte, wobei aber dunkle Elemente in heller Umgebungen an Sichtbarkeit verlieren, was den Effekt drastisch reduzieren kann. Interessanterweise gab es keinen großen Unterschied zwischen der Sättigung des Printmappings und des Displays.

Durch die gezielte Beleuchtung des gedruckten Bildes, ohne den Hintergrund zu treffen, wirkte dieses bei distanzierter Betrachtung beinahe ebenso selbstleuchtend wie das Display und ähnelte diesem dadurch sehr. Dies lässt sich möglicherweise auf eine Fehlwahrnehmung als Folge der Helligkeitskonstanz zurückführen (vgl. Kapitel 4.4.2): Während der Hintergrund offensichtlich nur indirekt vom Raumlicht beleuchtet wurde, erschien das gedruckte Bild im direkten Scheinwerferlicht. Aufgrund der fehlenden Referenz für diese Lichtquelle (kein anderes Objekt wurde von dieser getroffen), konnte sie in der Wahrnehmung nicht korrekt eingeordnet werden. Der Druck wurde dementsprechend gegenüber dem Hintergrund als viel heller wahrgenommen,

³⁸ Weitere Informationen zur menschlichen Wahrnehmung von Farben in *Digitale Farbe, Kapitel 1* sowie zur additiven Farbmischung in Kapitel 2 (Bühler, 2018)

wofür es normalerweise nur eine Erklärung gibt: Die primär mit Displays verbundene selbstleuchtende Eigenschaft. Erst beim Herantreten wurde die Oberflächenstruktur des (matten) Papiers sichtbar, das sich deutlich vom matten LC-Panel unterschied. Während Ersteres eine eigene Textur ins Bild brachte, blieb Letzteres ohne einfallendes Streulicht kaum sichtbar – zumindest, solange man nicht sehr nah herantrat. Hier bestätigt sich die prognostizierte Haptik des Drucks und die enge visuelle Verbindung von Inhalt und Basismaterial. Die Ähnlichkeit von Display und Druck sprechen außerdem dafür, dass die unterschiedliche Alltagswahrnehmung der beiden Wiedergabemedien neben der Zeitachse vor allem ihren selbstleuchtenden bzw. reflektierenden Eigenschaften zuzuschreiben ist. Im dunklen und sehr diffusen Streulicht konnte der Druck nicht wie gewohnt mit der realen Welt verschmelzen und zeigte sich herausgehoben durch die gezielte Beleuchtung als ähnlich künstliches Objekt wie das Display.

5.5 Nutzerbefragung

Im Anschluss an die messtechnische Erfassung wurden die Werke im Rahmen des *Rundgang Finkenau*, einer jährlich am Hochschulcampus stattfindenden Ausstellung vorgestellt. Neben Studierenden und Alumnis waren auch weitere Interessierte anwesend. Um herauszufinden, ob das Printmapping eine relevante Alternative zu Display und Digitaldruck darstellen könnte, wurde eine freiwillige Umfrage unter den Gästen durchgeführt.

5.5.1 Versuchsdesign

An der Befragung konnte das Publikum über vor den Wiedergabemedien platzierten Touchscreens teilnehmen. Die Besucher*innen waren angehalten, die Umfrage für alle Medien durchzuführen. Es bestand allerdings die Möglichkeit, Stationen auszulassen. Eine teilnehmende Person konnte zur Umfrage also drei Stimmen beitragen – je Medium eine. Die ProbandInnen wurden vor dem Eintreten instruiert, wobei besonders betont wurde, dass sie erst nach dem Starten der Umfrage das Wiedergabemedium anschauen sollten. Außerdem hingen sowohl ein Hinweistext (s. Anhang 0) als auch ein Beschreibungstext (s. Anhang) in mehrfacher Ausführung in und vor dem Testraum aus. Die Technik wurde bestmöglich versteckt und ein angenehmer Ausstellungsraum geschaffen, um den Probanden nicht das Gefühl zu geben, sich in einer Laborumgebung zu befinden. Die Reihenfolge der Medien wurde zufällig variiert.

Die Befragung selbst bestand aus drei Elementen. Zunächst wurde in einer Schätzaufgabe die Betrachtungszeit durch einen Start- und Stopp-Knopf (in der Umfrage als „Weiter“ bezeichnet) erfasst und die Proband*innen aufgefordert, die während der Betrachtung verstrichene Zeit anzugeben. So sollte erfasst werden, inwiefern sich das Publikum beim Anschauen des Werks über das jeweilige Wiedergabemedium „verlieren“ kann. Da in der Literatur lediglich das Display als immersiv beschrieben wird und die anderen beiden Medien weniger auf einen Präsenzeindruck in einer anderen Welt abzielen, sollte kein Immersionstest durchgeführt werden.

Um die Ergebnisse dennoch mit einer etablierten Skala in Bezug setzen zu können, wurde in einem zweiten Schritt die Flow-Kurzskala (FKS) implementiert, die anhand von 13 Statements

auf siebenstufigen Skalen den Flow-Zustand nach Mihály Csíkszentmihályi abfragt (Rheinberg et al., 2003). Die ersten zehn Statements dienen dabei der Erhebung des Flow-Zustandes und können bei Bedarf in die Faktoren *Glatter Verlauf* und *Absorbiertheit* unterteilt werden, während die letzten drei Statements die *Sorge* erheben und alleinstehen. Die Statements sind so allgemein formuliert, dass sie ohne Änderungen übernommen werden konnten. Um mögliche Verständnisprobleme zu vermeiden, wurden sie in der Umfrage dennoch um optional einseh- bare Hilfstexte erweitert. Das korrekte Verständnis der Statements in Bezug auf die gestellte Aufgabe der *Kunstabstrachtung* sowie der Hilfstexte wurde im Voraus durch die Befragung einer unbeteiligten Person verifiziert. Die FKS selbst ist mehrfach validiert und wurde mit dem Ziel entwickelt, mit möglichst kurzen Unterbrechungen den Flow-Zustand beim Ausführen von Tätigkeiten zu erfassen.

In einem letzten Schritt wurden die Versuchspersonen befragt, wie viel sie bereit wären, für den Eintritt in eine Ausstellung auszugeben, wenn diese verschiedene Werke in Form des jeweiligen Wiedergabemediums präsentieren würden. Im Fragetext wurde betont, dass es um das Wiedergabemedium, nicht um den Inhalt ginge, und dass dieser variieren würde. Schließlich wurden Alter und Geschlecht erfasst.

Als Umfragetool wurde eine Webanwendung mit lokaler Datenbank programmiert, um den Datenschutz gewährleisten und alle benötigten Funktionen abbilden zu können. Sowohl der Quellcode als auch die exportierten Tabellen der Datenbank und die Auswertungsdatei sind in der digitalen Abgabe enthalten.

5.5.2 Auswertung

5.5.2.1 Betrachtungszeit

Da trotz des Briefings das Starten der Zeitmessung nicht in allen Fällen korrekt durchgeführt wurde und vereinzelt Personen ohne vorherige mündliche Information in den Raum gelangt sind, werden in der Auswertung Betrachtungszeiten unter zehn Sekunden exkludiert, da es sich hier mit hoher Wahrscheinlichkeit um fehlerbehaftete Daten handelt. Das Publikum wurde ermutigt, sich auf das Betrachten der Werke einzulassen – das scheint in einem so kurzen Zeitraum jedoch kaum möglich gewesen zu sein. Von 171 Wertungen bleiben so jeweils 45 für Display und Druck sowie 40 für das Printmapping übrig.

Die durchschnittliche (vorzeichenunabhängige) Fehleinschätzung der Betrachtungszeit ist sehr individuell, da für alle drei Wiedergabemedien (insbesondere aber für das Printmapping) eine hohe Standardabweichung sichtbar wird. Das macht es schwierig, eindeutige Aussagen zu treffen. Betrachtet man hingegen die durchschnittlich gemessene Betrachtungszeit unabhängig von der Schätzung, so ergibt sich in diesem Fall ein etwas deutlicheres Bild: Im Durchschnitt haben die Proband*innen mit fast 100 Sekunden mehr Zeit vor dem Printmapping verbacht als vor dem Display (71s) und dem Druck (34s), wobei die Betrachtungszeiten deutlich kürzer als die Länge des jeweiligen Content-Loops (Display: 105s, Printmapping 500s) waren. Für die meisten Proband*innen schien die Betrachtungszeit dementsprechend unabhängig von der Dauer des produzierten Inhalts gewesen zu sein. Eine einfaktorielle ANOVA weist hinsichtlich der

Betrachtungszeit auf einen signifikanten Unterschied zwischen den Wiedergabemedien hin ($p = 0,0004$ bei $\alpha = 0,05$, s. Anhang 0).

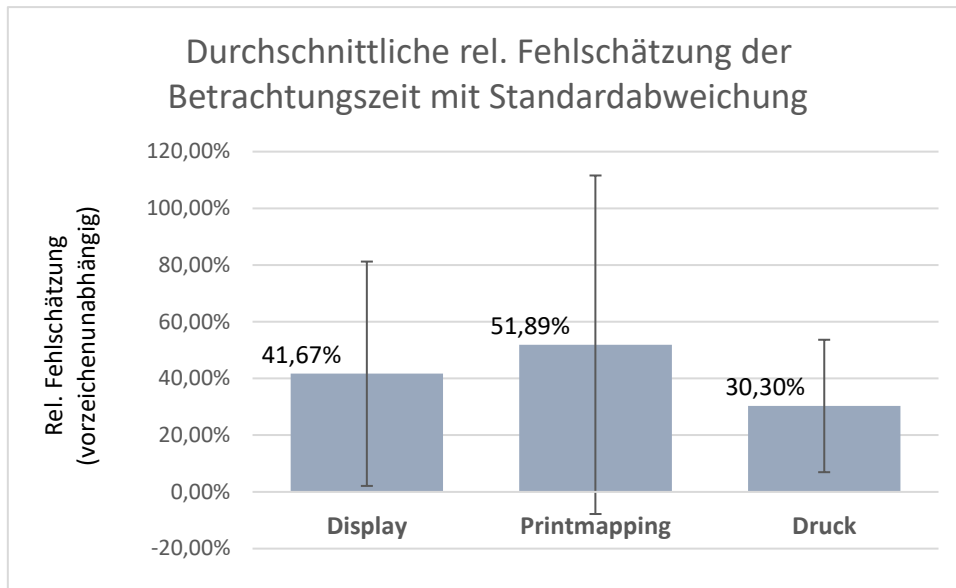


Abbildung 8: Durchschnittliche Fehlschätzung der Betrachtungszeit der Wiedergabemedien

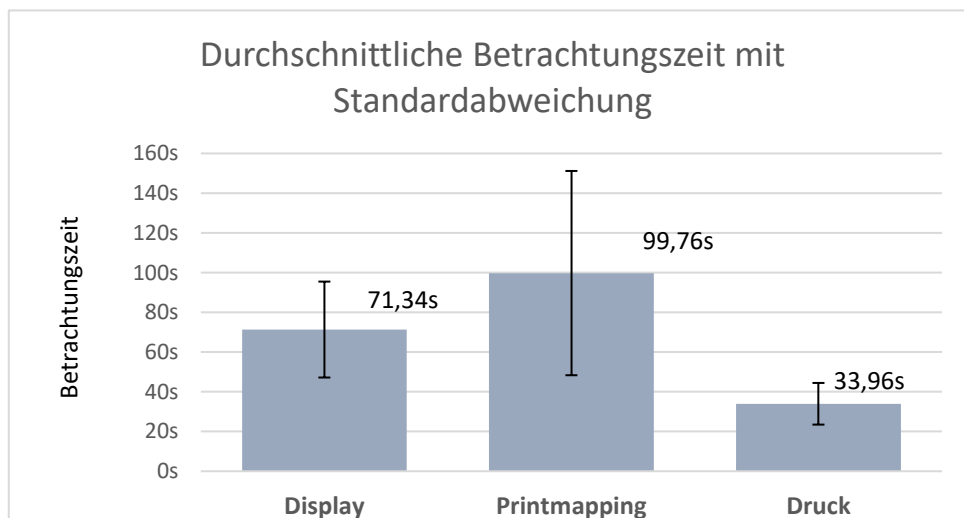


Abbildung 7: Durchschnittliche Betrachtungszeit der Wiedergabemedien

5.5.2.2 Flow-Zustand

Die Ergebnisse der FKS weisen eine ähnliche Staffelung auf, auch wenn die Unterschiede hier geringer sind. Von 164 Umfrageergebnissen wurden in der Auswertung fünf wegen unbeabsichtigter oder unvollständiger Eingabe exkludiert. Es wurden 51 Ergebnisse für das Display, 53 für das Printmapping und 55 für den Druck ausgewertet. Dabei ergibt sich sowohl für den Flow-Zustand als auch für die Absorbiertheit als Teilfaktor ein geringer Vorsprung des Printmappings vor dem Display, während sich beide deutlich vom Druck abheben.

<i>Medium</i>		<i>Flow</i>	<i>Glatter Verlauf</i>	<i>Absorbiertheit</i>	<i>Sorge</i>
<i>Printmapping</i>	<i>M</i>	4,45	4,42	4,49	2,25
	<i>SD</i>	1,04	1,06	1,3	1,31
<i>Display</i>	<i>M</i>	4,4	4,42	4,38	2,32
	<i>SD</i>	1,01	1,05	1,26	1,28
<i>Druck</i>	<i>M</i>	3,84	3,95	3,67	2,32
	<i>SD</i>	1,11	1,22	1,37	1,51

Tabelle 1: Auswertung des Flow-Zustands beim Betrachten verschiedener Medien nach Flow-Kurzskala

Im Vergleich mit anderen Tätigkeiten, die Rheinberg et al. als Referenz angeben (Rheinberg et al., 2003), erscheinen die in dieser Umfrage gemessenen Werte unerwartet niedrig zu sein. Printmapping und Display ordnen sich gemessen am Flow-Zustand etwa auf dem Niveau einer Vorlesung (Mitte) ein und liegen auch hinsichtlich der Absorbiertheit zwischen der Vorlesung und dem Lösen einer Statistik-Aufgabe. Beide liegen hinsichtlich aller Faktoren (Flow-Zustand insgesamt, der beiden Teilbereiche Glatter Verlauf und Absorbiertheit sowie der Sorge) deutlich vor dem Spielen eines Computerspiels. Lediglich die Betrachtung des Drucks schien einen deutlich schwächeren Flow-Zustand zu erzeugen.

<i>Tätigkeit</i>		<i>Flow</i>	<i>Glatter Verlauf</i>	<i>Absorbiertheit</i>	<i>Sorge</i>
<i>Graffiti-Sprayen</i>	<i>M</i>	5,16	5,12	5,21	4,3
	<i>SD</i>	0,93	1,12	1,12	1,55
<i>Statistik-Aufgabe</i>	<i>M</i>	4,57	4,52	4,65	3,68
	<i>SD</i>	1,13	1,34	1,13	1,42
<i>Vorlesung – Mitte</i>	<i>M</i>	4,43	4,51	4,30	3,02
	<i>SD</i>	1,09	1,24	1,11	1,26
<i>Vorlesung – Ende</i>	<i>M</i>	4,21	4,38	3,94	2,95
	<i>SD</i>	1,12	1,18	1,34	1,21
<i>PC-Spiel Roboguard</i>	<i>M</i>	4,18	4,94	3,04	1,79
	<i>SD</i>	1,32	1,47	1,64	0,94

Tabelle 2: Flow-Vergleichswerte der Flow-Kurzskala (Rheinberg et al., 2003)

Aufgrund der überraschend niedrigen Flow-Bewertungen wurden die erhobenen Daten weitergehend untersucht. So ließ sich neben der fehlenden Breite an Bildinhalten eine mögliche Schwäche in der Versuchsdurchführung als Problem für die Interpretation der Daten ausmachen: Die Geräuschkulisse im Umfeld des Rundgangs, die im Versuchsraum durchaus hörbar war sowie die Tatsache, dass sich teilweise mehrere Personen im Raum aufhielten, können möglicherweise zu Ablenkungen geführt haben und dementsprechend das Flow-Erlebnis beeinträchtigt oder vermindert haben. Insbesondere Gespräche anderer Personen, die im Versuchsraum hörbar waren, könnten dieses abgeschwächt haben und auch die von einer einzelnen Person genannte Sorge, dass andere Personen wegen ihr hätten warten müssen, könnte sich

negativ ausgewirkt haben (ein entsprechender Ausschlag ist im Besorgnis-Faktor sehr vereinzelt aus den Daten abzulesen). Die Messdaten des ersten Tages weisen auf geringer bewertete Umfrageergebnisse während der Zeit mit hoher Besucherzahl zwischen von ca. 19:30-21:00 Uhr hin (Abbildung 9).

Sowohl für den Flow-Zustand als auch für die Absorbiertheit ergeben sich nach der ANOVA signifikante Unterschiede zwischen den Medien (Flow: $p = 0,005$ bei alpha 0,05; Absorbiertheit: $p = 0,0026$ bei alpha: 0,05, s. Anhang 0 & 0).

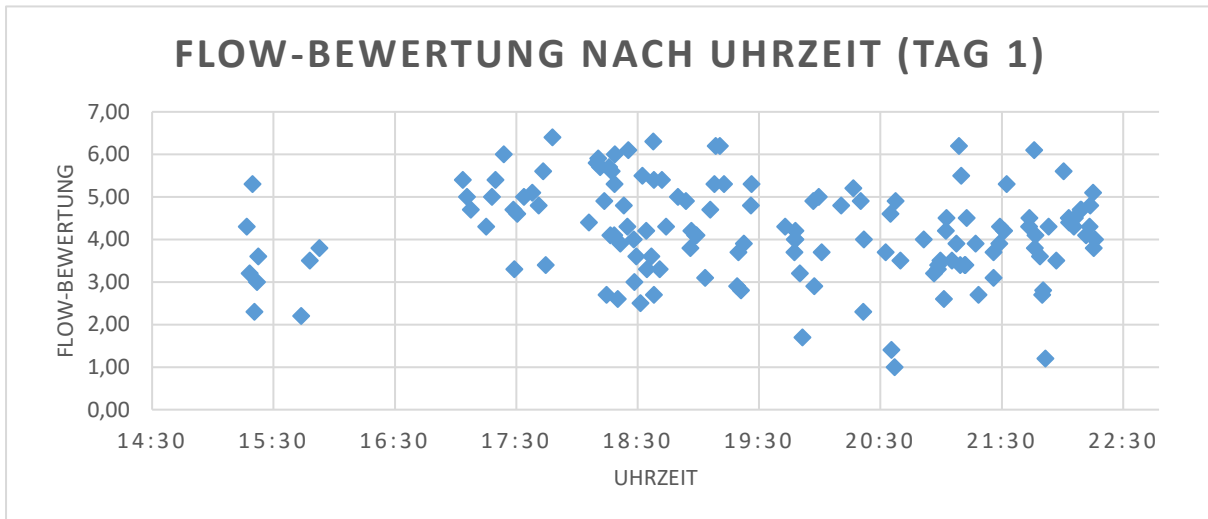


Abbildung 9: Flow-Bewertung der einzelnen Teilnehmenden an der Umfrage nach Uhrzeit

5.5.2.3 Preisschätzung

Der akzeptable Eintrittspreis konnte von den Teilnehmenden über Buttons auf dem Touchscreen angegeben werden, wobei ein Preis von 10 € als Startwert voreingestellt war. Um eine große Spannweite an Werten zu erreichen, ohne häufig klicken zu müssen, wurde die Schrittweite abhängig vom eingestellten Wert angepasst: Unter 10 € konnte der Preis in 1 €-Schritten angepasst werden, bis 30 € in 2 €-Schritten und ab 30 € mit einer Schrittweite von 5 €. Wer eine Ausstellung nicht besuchen wollte, sollte 0 € angeben. Insgesamt wurden 160 Bewertungen abgegeben, von denen 49 auf das Display, 54 auf das Printmapping und 57 auf den Druck entfielen. Auch hier erzielte das Printmapping das größte Interesse und lag mit einem durchschnittlichen Eintrittspreis von 12,26 € vor dem Display mit 10,59 € und dem Druck mit 7,40 €. Trotz einer hohen Standardabweichung deutet die ANOVA-Varianzanalyse darauf hin, dass sich die akzeptablen Eintrittspreise zwischen den Medien signifikant divergieren.

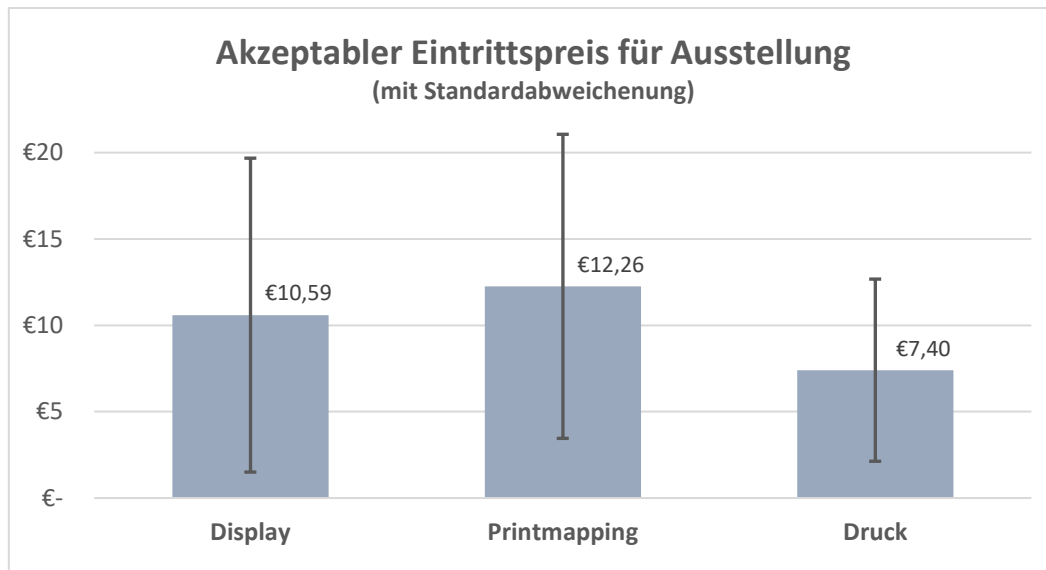


Abbildung 10: Akzeptabler Eintrittspreis für Ausstellung pro Medium

Insgesamt wurden 11 Stimmen mit 0 € abgegeben und äußerten dementsprechend ihr Desinteresse an einer Ausstellung mit dem jeweiligen Medium. Mit zwei Stimmen für das Printmapping gegenüber 4 für das Display und 5 für den Druck ist auch hier ein leichter Vorsprung für das neuartige Hybridmedium zu erkennen, während das etablierte Printmedium abfällt. Dieser Eindruck spiegelt sich außerdem in der Verteilung der Stimmen wider, die beim Druck sehr viel stärker im 1-10 €-Segment gebündelt sind, während sie für die anderen beiden Wiedergabemedien etwas breiter gestreut sind. Display und Printmapping weisen dabei eine hohe Ähnlichkeit auf.

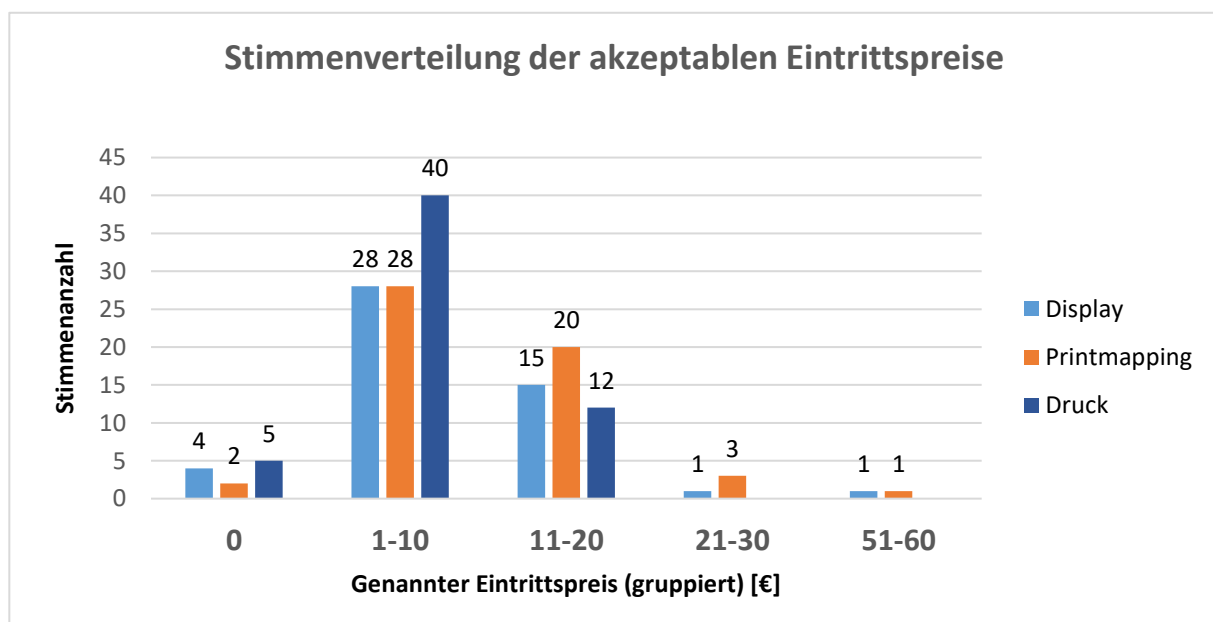


Abbildung 11: Stimmenverteilung der akzeptablen Eintrittspreise nach Medium

5.5.2.4 Diversität und Repräsentation der Gesellschaft

Die 160 Stimmen zu Alter und Geschlecht verteilen sich zu 31% auf das Display, 34% auf das Printmapping und 36% auf den Druck. Vermutlich aufgrund der kürzeren Betrachtungszeit war die Station des Drucks am häufigsten unbesetzt. Dies könnte ein möglicher Grund dafür sein, dass das im Vergleich unbeliebteste Medium über alle Testseiten hinweg (mit) die meisten Abstimmungsergebnisse erhielt. Das Teilnehmerfeld weist eine deutliche Häufung im Altersbereich zwischen 20 und 35 Jahren auf, Männer sind dabei etwas überrepräsentiert (vgl. Abbildung 18 und Abbildung 19). Wenngleich der medientechnische Hintergrund nicht explizit abgefragt wurde, konnten viele Testpersonen direkt damit in Verbindung gebracht werden (z. B. Studierende und Alumnis aus der Medientechnik oder Sound Vision sowie Personen aus dem beruflichen Umfeld). Die Ergebnisse sind dementsprechend nicht als repräsentativ für eine breite Gesellschaft anzusehen. Allerdings liegt die Vermutung nahe, dass unter den teilnehmenden Personen gerade aufgrund deren medientechnischen Hintergrunds ein überdurchschnittlich hohes Interesse an Ausstellungen für Medien- und Digitalkunst bestand.

5.5.3 Diskussion

Zunächst muss noch einmal die Bedeutung einer breiten und diversen inhaltlichen Spannbreite für die Interpretation der Ergebnisse aller Versuchsbestandteile hervorgehoben werden. Da der Bildinhalt einen großen Einfluss auf das Erlebnis des Publikums hat, sollte eine große Auswahl an Inhalten verwendet werden, welche in Voruntersuchungen hinsichtlich ihrer emotionalen Wirkung sowie der Aufmerksamkeitsdauer untersucht werden. Diese sollte möglichst unabhängig von den zu testenden Wiedergabemedien sein und könnte beispielsweise in VR stattfinden, um eine rein vom Inhalt ausgehende Bewertung zu bekommen. Im Rahmen dieser Arbeit konnte jedoch lediglich *ein* Inhalt untersucht werden, da die Erstellung der Inhalte extrem zeitaufwändig ist. Dementsprechend sind Schlüsse mit Vorsicht zu ziehen.

Ein Eindruck, der sich sowohl aus den Messdaten als auch aus den Gesprächen mit den Proband*innen im Nachgang des Versuchs gewinnen ließ, ist das Interesse am Printmapping. Dieses scheint als Wiedergabemedium abseits des Inhalts durchaus Beachtung zu finden und Aufmerksamkeit zu erregen. Das lässt sich nicht nur anhand der Umfrageergebnisse schließen, deren Verteilung pro Einzelfaktor sicherlich weitere Erklärungen zuließe, in der Summe aber auf die positive Wahrnehmung des Printmappings hindeuten. Auch als bevorzugtes Wiedergabemedium wurde von den Testpersonen am häufigsten das Printmapping genannt (wenngleich die Wahl variierte und jedes Medium genannt wurde). Dabei wurde es häufig mit einem neuen, unverbrauchten Eindruck verbunden, während insbesondere das auf dem Display gezeigte Material teilweise als „Standard-3D-Video“ und damit als nicht mehr interessant bewertet wurde. Dieses Feedback, das im Übrigen die einzige inhaltsbezogene Rückmeldung war, mag davon beeinflusst sein, dass ein Teil der Versuchspersonen einen technischen Hintergrund im Medienumfeld hat und durch Vorerfahrungen geprägt sein mag. Dennoch liegt die Vermutung nahe, dass das Printmapping als solches bei erstmaliger Betrachtung schon aufgrund des andersartigen Mediums Interesse weckt. Letztendlich wurde dieselbe digitale Welt wie auf dem Display gezeigt, lediglich die Art der Erzählung war auf das Printmapping angepasst. Ein ähnlicher

Effekt war vor einigen Jahren bei VR-Inhalten mit dem Aufkommen von VR-Brillen im Consumerbereich zu beobachten. Gerade das Beispiel der Virtuellen Realität zeigt allerdings, wie schnell ein Hype wieder abklingen kann. Dementsprechend ist es gut möglich (und sogar zu erwarten), dass sich die publikumsseitige Bewertung des Printmappings mit steigender Erfahrung verändert.

Gerade in Anbetracht seiner ressourcensparenderen Produktion (insbesondere Renderzeiten) erscheint das Printmapping in der Praxis eine ernstzunehmende Alternative zum Display zu sein und gegenüber dem Druck ein interessanteres Erlebnis zu bieten. Wenngleich nicht jeder Inhalt adäquat auf einem anderen Wiedergabemedium darstellbar ist, empfiehlt sich das Printmapping als Wiedergabemedium für digitale Kunstwerke.

6 Fazit

Wie aber zeichnen sich die verschiedenen Wiedergabemedien nun aus? Für ein vollständiges Bild sollen abschließend die einzelnen Facetten zusammengefasst werden.

6.1 Display

Beginnen soll die Betrachtung mit dem Display, welches wohl das vielseitigste und verbreitetste Wiedergabemedium für digitale Kunst ist. Kompatibel mit diversen Darstellungsformen stellt es den Inhalt ins Rampenlicht und tritt selbst in den Hintergrund. Seine Wiedergabequalität ergibt sich aus der Brillanz der technischen Parameter, die darauf abzielen, die technologisch bedingten Darstellungsfehler des Displays abzuschwächen und einen möglichst realistischen Eindruck des gezeigten Inhalts zu vermitteln. Wenn beispielsweise die Artefakte durch die in Einzelbildern segmentierte Bewegungsdarstellung oder matte Kontraste aufgrund von Backlight-Bleeding keine wahrnehmbaren Unstimmigkeiten erzeugen, können digitale Welt täuschend echt dargestellt und ein starker Präsenzeindruck erzeugt werden. Örtliche und zeitliche Auflösung, High Dynamic Range, Wide Color Gamut etc. haben dabei ebenso einen Anteil wie die Größe der Medienfläche als Teil unseres peripheren Sichtfelds. Das Erscheinen des Inhalts lässt uns über kleinere Artefakte bzw. Schwächen hinwegsehen und das Wiedergabemedium wird durchsichtig.

Neben den technisch bedingten Artefakten ist es allerdings vor allem das Licht der realen Welt, das die Illusion des Displays offensichtlich werden lässt: Anstatt mit den digitalen Objekten zu interagieren, wird es vom Panel reflektiert, überdeckt dunkle Stellen, verzerrt den Inhalt und offenbart dessen Scheinexistenz. Auch Lichtfarbe und Lichtrichtung des Raumes wird per se nicht aufgenommen, sondern vielmehr eine Konkurrenz zur Realität erzeugt. Um seine inhaltliche Behauptung einigermaßen realistisch aufrecht erhalten zu können, muss das Display aufwendige technische Mittel nutzen, um sich dem Raum anzupassen und gleichzeitig das Licht im Raum kontrollieren. Es kann selbst als Lichtquelle angesehen werden, bringt (im Gegensatz zu z. B. LED-Wänden) aber selten ausreichend Licht in einen Raum, um tatsächlich eine beleuchtende Rolle einzunehmen. Hinsichtlich des Lichts wird die Trennung der inhaltlichen und der realen Welt deutlich.

Dieser Eindruck bestätigt sich im Hinblick auf die Zeitdarstellung, ein Aspekt, in dem sich das Display mit großer Freiheit in der Darstellungs- und Erzählweise auszeichnet. In einer einzelnen Instanz des Wiedergabemediums kann es durch Montage und Manipulation der inhaltlichen Zeit Wandlungen, Handlungen und Handlungsfolgen kontinuierlich oder bewusst montiert zeigen. Doch die freie Beweglichkeit der inhaltlichen Zeit betont lediglich die Diskrepanz zur Zeitachse der realen Welt und des Wiedergabemediums: Wo z. B. der Film in der Zeit springen kann, Zeitlupen und Zeitraffer neu sichtbar machen oder die Zeit anzuhalten vermag, obliegt die Bestimmung über die inhaltliche Zeit den Kunstschaffenden und nicht mehr der realen Welt. Das Wiedergabemedium aber wird immer und immer wieder im Gleichtakt das anzuzeigende

Bild aktualisieren, nie stillstehen und sich gleichmäßig im Takt der Zeit fortbewegen. Die realweltliche analoge Seite verliert scheinbar den Kontakt zum hart abgetrennten digitalen Inhalt. Das Display bietet zwar täuschend echten Einblick in die Welt des Digitalen, doch es verbindet die beiden Welten nicht. Der digitale Inhalt bleibt immer hinter der Glasscheibe hart abgetrennt.

Das Display betont dabei die Unstetigkeit der realen Welt. Schon im nächsten Augenblick könnte etwas geschehen, ein anderes Bild gezeigt werden oder sich das Jetzige verändern. Dabei müssen Handlungen und Wandlungen (im Rahmen der Limitierungen durch das Wiedergabemedium) keiner physikalischen Logik folgen. Der starre Tisch, der eben noch fest am Boden stand, kann im digitalen Inhalt federleicht davonfliegen oder wie von Zauberhand verschwinden. Wer ein Display anschaut, ist sich dieser Unstetigkeit und der Nichtechtheit seiner digitalen Inhalte bewusst. In diversen Erfahrungen mit Filmen, Serien und diversen weiteren digitalen Inhalten haben wir gelernt, dass die gezeigte Welt nicht real ist, keine Gefahr von ihr ausgeht, da sie in keinerlei Verbindung zur realen Welt steht. Entsprechend ordnen wir das Wiedergabemedium ein, erkennen es (meist) schnell anhand seiner physikalischen Eigenschaften (unter anderem Form, Farbe und selbstleuchtender Charakter) und sind uns der digitalen Natur der Inhalte bewusst.

Ist das Display als Wiedergabemedium deshalb schlechter? Mitnichten, denn es erlaubt uns nicht nur, kurzzeitig in eine unwirkliche, digitale Welt einzutauchen (was es insbesondere als Unterhaltungsmedium interessant macht), sondern es wird durch die Hervorhebung des Inhalts und die zurückgenommene Präsenz als Wiedergabemedium auch als Kunstmedium relevant. Durch die Transparenz des Mediums erhebt sich das *Warum* und das *Wie* des digitalen Inhalts. Die Frage nach der Entstehung der Daten und Informationen, was sie abbilden, wie sie abbilden, welche Abstraktion ein*e Künstler*in gewählt hat, rückt in den Vordergrund. Wo man alles zeigen kann, wiegt die Entscheidung, etwas Bestimmtes auf eine bestimmte Art zu zeigen, umso schwerer. Außerdem erreicht das Display auch über das eigentliche Kunstpublikum hinaus mit brillanter Wiedergabequalität von State-of-the-Art-Technik ein großes technikbegeistertes Publikum. Zusammengefasst:

*Ein Display zeigt hinter einem undurchdringlichen Fenster eine digitale Welt. Ihre abstrakte oder konkrete, fantastische oder realistische, dreidimensionale oder flache Gestaltung obliegt allein den Künstler*innen, doch sie wird immer hart getrennt vom realen Hier und Jetzt existieren. Die Manifestierung des Digitalen als analoge Form verschwindet so schnell, wie das Display sein Bild aktualisiert und bleibt schwebend und vergänglich.*

6.2 Digitaldruck

Der Digitaldruck ist ein viel haptischeres Wiedergabemedium. Während auch hier durch spezialisierte Technik eine hohe Wiedergabequalität erzeugt werden kann, wird das Medium aufgrund seiner Materialbeschaffenheit viel weniger transparent als das Display. So ist es nicht nur die statische Zeitachse des Wiedergabemediums, die die Kunstschaffenden zur Abstraktion zwingt, sondern auch die Abhängigkeit vom Basismaterial (meist Papier) und vom Licht. Je nach Druck kann dieses zwar mehr oder weniger offensichtlich werden – letztendlich entsteht

jedoch ein reales Objekt, welches das Bild fest mit dem Material verknüpft und im Licht der realen Welt besteht. So erscheint der Druck in unserer Wahrnehmung als ein reales Objekt und betont seine haptischen Eigenschaften sogar noch dadurch, dass er sich an die Gegebenheiten seiner Umwelt auf natürliche Weise anpasst. So ist er aufgrund dieser haptischen und physikalischen Eigenschaften im Realraum präsent, anstatt den Präsenzeindruck in einer künstlichen Welt zu erzeugen. Er vermag nicht nur durch die erreichbare Größe der Werke zu beeindrucken, sondern offenbart auch bei naher Betrachtung noch feine Details und zeigt bei genauem Hinsehen, wie sich das digitale Bild mit dem analogen Medium verbindet. Durch die Manifestierung des Bildes auf dem analogen Basismaterial treten die digitalen Eigenschaften in den Hintergrund, die inhärent digitale Eigenschaft des Inhalts kann (sofern künstlerisch beabsichtigt) verblasen.

Wo das Display immer in Bewegung ist und so die Unvorhersehbarkeit einer *Welt* verkörpert, beschreibt der Digitaldruck einen statischen *Augenblick*. Er fängt einen einzigen kurzen Moment ein und bietet dem Publikum beliebig viel Zeit, diesen zu betrachten. Der digitale Inhalt ist nicht mehr lebendig und wandelbar, sondern eingefroren, konserviert, auf Ewigkeit an die Instanz des Wiedergabemediums gebunden. Der Druck erzählt Zeit daher parallel über mehrere Instanzen, fragmentiert die Zeit und strahlt durch die unwiderrufliche Verbindung von digitalem Inhalt und analogem Basismedium eine Ruhe aus. Wo das Display die Erzählung vorschreibt, entsteht diese beim Druck im Kopf der Betrachtenden.

Kurz lässt sich der Charakter des Drucks wie folgt fassen:

Der Digitaldruck transportiert ein digitales Bild in die reale Welt, verleiht ihm haptische Eigenschaften und lässt ihn in Raum, Zeit und Licht bestehen. Wo der Druck prinzipbedingt eine Reduktion in den Ausdrucksmöglichkeiten der Zeit vorschreibt, beginnt die künstlerische Abstraktion. Durch die Bindung des Inhalts an die Instanz des Wiedergabemediums wird das digitale Bild fest in der realen Welt manifestiert. In der Betrachtung emanzipiert er das Publikum und gibt Freiraum zur Erkundung, anstatt die Wahrnehmungsreise vorzuschreiben.

6.3 Printmapping

Als Hybrid zwischen Druck und Projektion entsteht das Printmapping. In seiner ambivalenten Gestalt bewegt es sich zwischen den Extremen der Basismedien, wobei es sich nicht selten von beiden abhebt.

Diese Ambivalenz beginnt schon bei den technischen Eigenschaften, welche die Wiedergabequalität ausmachen: Der Druck muss gut sein, hochaufgelöst, kontrastreich, scharf, doch der Farbraum und die Farbwiedergabe sind vernachlässigbar. Für die Projektion gilt gegensätzliches: Gute Farben sind ebenso wichtig wie eine angemessene Helligkeit, doch Kontrast, Orts- und Zeitauflösung erscheinen weniger relevant. Display und Digitaldruck hingegen müssen in allen technischen Parametern brillieren, um eine hochwertige Darstellungsqualität erreichen zu können.

Auch in den zeitbasierten Darstellungsmöglichkeiten unterscheidet es sich von den beiden verbreiteten Wiedergabemedien. Das Display kann frei Zeitsprünge, Handlungen, Details und dreidimensionale Räume erzählen, während dem Printmapping durch den Druck eine signifikante Statik innewohnt. Hier ist die Perspektive starr, Bewegung stark begrenzt – aber eben nicht unmöglich. Wer bei dem scheinbar leuchtenden Bild von einem Druck ausgeht, wird allerdings überrascht, wenn sich die Farbe langsam verändert, sich Details bewegen und nach einer Zeit das ganze Bild einer Wandlung unterworfen zu sein scheint. Die aufgezwungene Statik der gedruckten Inhalte (welche frei gestaltet werden können) führt zu einer selbstaufgelegten Abstraktion, die spannende neue Darstellungsweisen fördert. Es trifft in der Erzählweise eine noch wenig erforschte Form zwischen parallel erzählenden Medien (oder räumlich erzählenden, wie Lessing behaupten würde) und der seriellen Erzählweise von Displays, Poesie, etc. Es verlängert den kurzen Augenblick eines Drucks und haucht ihm Leben ein, während er gleichzeitig teilweise ebenso eingefroren zu sein scheint.

Auch das Objekt selbst ist uneindeutig: Ein echter Druck mit haptischen Eigenschaften auf realem Material interagiert mit dem Licht der echten Welt, doch erweitert seine analoge Präsenz durch das künstliche Licht um eine digital wandelbare Dimension. Das Spiel mit den Welten, mit analoger Präsenz und digitaler Magie, in enger Abstimmung, um einander gewinnbringend zu verschmelzen und nicht abzustößen ist nicht nur für Künstler*innen interessant. Anhand des Printmappings kann sich das Publikum überraschen lassen, entdecken und untersuchen, die gegensätzlichen Elemente trennen oder ihrer Verbindung zuschauen. Wo der Prozess des Betrachtens bei anderen Medien lediglich auf die Wahrnehmung und den Kopf beschränkt ist, involviert er beim Printmapping den gesamten Körper.

Das Printmapping verbindet analoge Haptik und Digitalität so weich und interaktiv, wie es nur geht und bietet so eine interessante Wiedergabefläche für digitale Inhalte, welche Inhalte zeigen kann, ohne dass diese als inhärent digital wahrgenommen werden. Aus dem großen kreativen Gestaltungsspielraum erwächst ein mehrschichtiger Canvas, den das Publikum entdecken und erforschen kann. Durch seine starke Verknüpfung zur realen Welt, aber auch die vielen Möglichkeiten, sich von den bisher bekannten (analogen) Eindrücken abzusetzen, erscheinen manche Effekte des Printmappings magisch und bieten großes Potential, eine breite Masse von Menschen zu erreichen.

7 Ausblick

So umfangreich der Vergleich der drei Wiedergabemedien bisher auch gewesen sein mag, bleiben sowohl in der Breite als auch der Tiefe einige Punkte offen. Weder ästhetisch noch technisch sehr relevant, aber ein signifikanter Faktor für das Schaffen von Kunstwerken sind beispielsweise die Herstellungs- und Ausstellungskosten der Wiedergabemedien. Dabei werden unterschiedliche Kostenstaffelungen deutlich: Ein Druck kann z. B. günstig in einer Druckerei angefertigt werden, ein Display zu einem etwas höheren Preis gemietet werden. Alternativ können sowohl Display als auch Drucker gekauft werden. Drucker und Display sollten dabei in jedem Fall die (gemessen am Preis) bestmögliche Qualität bieten, dessen Parameter in dieser Arbeit bereits diskutiert wurden. Das Printmapping benötigt neben dem Druck eine Projektion, welche allerdings nicht auf State-of-the-Art-Technik angewiesen ist – hier können z. B. günstige Gebrauchtgeräte die Kosten senken. Je nach Lebensdauer der Geräte sowie Anzahl und angepeilter Ausstellungsdauer der Werke, kann im Einzelfall gegeneinander abgewogen werden.

Auch die Nachhaltigkeit wurde nicht betrachtet. Wenngleich diese derzeit im Bereich der Digitalkunst nur wenig Beachtung findet, wird sie zukünftig immer relevanter werden. Für Displays stellen viele Hersteller bereits umfangreiche Informationsblätter zum *Product Carbon Footprint* (PCF) bereit, der die Menge an ausgestoßenen Treibhausgasen als CO²-equivalent angibt und dabei nicht nur die Herstellung, sondern auch Transport, Energieverbrauch während der Lebensdauer sowie die Entsorgung berücksichtigt (z. B. FUJITSU, 2022). Während Hersteller von Projektoren leider selten absolute (und damit vergleichbare) Werte veröffentlichen, beschäftigen sich Pihkola et al. mit der Nachhaltigkeit im Druck und geben in ihrer Studie einen Beispielwert für den Druck eines Fotobuchs an, von welchem sich auf einen größeren Plakat- oder Galleriedruck schließen ließe (Pihkola et al., 2010). Bei elektronischen Geräten sollte darüber hinaus die Entsorgung von Altgeräten betrachtet werden, da potenziell giftige Stoffe in die Umwelt gelangen können. Begrenzte Ressourcen sollten darüber hinaus zurückgewonnen werden.

Außerdem bestehen bei vielen der dargestellten Vergleichspunkte Lücken in der Tiefe der Forschung, was insbesondere die Betrachtung des Printmappings betrifft. So könnte z. B. in Einzelstudien untersucht werden, welchen Einfluss Framerate und Auflösung der Projektion auf das Kunstwerk haben und ob diese tatsächlich von einem Display abweichen. Auch die Wirkung des Drucks bei gezielter Beleuchtung (ohne weitere visuelle Referenz der Lichtquelle im Raum) bietet ein spannendes Feld, um der möglichen Fehlwahrnehmung auf den Grund zu gehen. Die Untersuchung des Displays unter gezieltem Lichteinfall hingegen obliegt eher der künstlerischen Erkundung.

Im Laufe der kommenden Jahre werden sich die Wiedergabemedien außerdem weiterentwickeln. Innovationen wie bspw. transparente oder flexible Displays können dazu führen, dass einzelne Aussagen revidiert oder angepasst werden müssen. Diese Arbeit ist daher unbedingt in Anbetracht ihrer Entstehungszeit zu betrachten. Was sich aber wohl nicht so schnell ändern wird ist der hier dargestellte Charakter der Wiedergabemedien. Die hier formulierten Erkenntnisse können daher langfristig einen Beitrag zur Diskussion der Wiedergabemedien leisten.

Literaturverzeichnis

- Abrams, R., & Christ, S. (2003). Motion Onset Captures Attention. *Psychological science*, 14, 427–432. <https://doi.org/10.1111/1467-9280.01458>
- Amano, K., Goda, N., Nishida, S., Ejima, Y., Takeda, T., & Ohtani, Y. (2006). Estimation of the Timing of Human Visual Perception from Magnetoencephalography. *Journal of Neuroscience*, 26(15), 3981–3991. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4343-05.2006>
- Andreasen, M. M., Birkhofer, H., Culley, S. J., Lindemann, U., & Marjanovi, D. (2008). *WORKSHOP DESIGN OF GRAPHIC MEDIA*.
- Apple. (o. J.). *iPhone 15 und iPhone 15 Plus—Technische Daten*. Apple (Deutschland). Abgerufen 6. Juli 2024, von <https://www.apple.com/de/iphone-15/specs/>
- Ataefard, M., & Tilebon, S. M. S. (2022). Seeking a paper for digital printing with maximum gamut volume: A lesson from artificial intelligence. *Journal of Coatings Technology and Research*, 19(1), 285–293. <https://doi.org/10.1007/s11998-020-00393-6>
- Barten, P. G. (1999). *Contrast Sensitivity of the Human Eye and Its Effects on Image Quality*. SPIE. <https://doi.org/10.1117/3.353254>
- Bartleson, C. J., & Breneman, E. J. (1967). Brightness Perception in Complex Fields. *JOSA*, 57(7), 953–957. <https://doi.org/10.1364/JOSA.57.000953>
- Bauer, T. (2018, Februar 9). *Lumentekur – die mediale Durchdringung des Realen im urbanen Raum* [TEDx Talk]. <https://www.youtube.com/watch?v=L25nI9DMppg>
- Belting, H., Dunlap, T., & Belting, H. (2011). *An anthropology of images: Picture, medium, body*. Princeton University Press.
- Benjamin, W. (1963). *Das Kunstwerk im Zeitalter seiner technischen Reproduzierbarkeit: Drei Studien zur Kunstsoziologie*. (Original work published 1936)
- Bertamini, M., & Blakemore, C. (2019). Seeing a Work of Art Indirectly: When a Reproduction Is Better Than an Indirect View, and a Mirror Better Than a Live Monitor. *Frontiers in Psychology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02033>
- Bhandari, U., Chang, K., & Neben, T. (2019). Understanding the impact of perceived visual aesthetics on user evaluations: An emotional perspective. *Information & Management*, 56(1), 85–93. <https://doi.org/10.1016/j.im.2018.07.003>
- Bradley, M. M., & Lang, P. J. (1994). Measuring emotion: The self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 25(1), 49–59. [https://doi.org/10.1016/0005-7916\(94\)90063-9](https://doi.org/10.1016/0005-7916(94)90063-9)
- Bühler, P. (2018). *Digitale Farbe Farbgestaltung – Colormanagement – Farbverarbeitung*. Springer Vieweg.
- Büyükerberber, C. (2015). *Unfold 01* [Printmapping]. <https://canbuyukberber.com/unfold-01-light-canvas>
- Buyukberber, C. (2015). *Unfold 01: Projection on Print*. Instructables. <https://www.instructables.com/Unfold-01-Projection-on-Print/>
- Carroll, N. (1985). The Specificity of Media in the Arts. *Journal of Aesthetic Education*, 19(4), 5–20. <https://doi.org/10.2307/3332295>
- Carroll, N. (2012). Recent Approaches to Aesthetic Experience. *The Journal of Aesthetics and Art Criticism*, 70(2), 165–177. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6245.2012.01509.x>

- Cavell, S. (1979). *The world viewed: Reflections on the ontology of film* (Enlarged ed). Harvard Univ. Press.
- Cheung, M.-C., Law, D., Yip, J., & Wong, C. W. Y. (2019). Emotional Responses to Visual Art and Commercial Stimuli: Implications for Creativity and Aesthetics. *Frontiers in Psychology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00014>
- Corney, D., Haynes, J.-D., Rees, G., & Lotto, R. B. (2009). The Brightness of Colour. *PLOS ONE*, 4(3), e5091. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0005091>
- Courtney, C. G., Dawson, M. E., Schell, A. M., Iyer, A., & Parsons, T. D. (2010). Better than the real thing: Eliciting fear with moving and static computer-generated stimuli. *International Journal of Psychophysiology*, 78(2), 107–114. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2010.06.028>
- Currie, G. (1985). The Authentic and the Aesthetic. *American Philosophical Quarterly*, 22(2), 153–160.
- Delgado, P., Vargas, C., Ackerman, R., & Salmerón, L. (2018). Don't throw away your printed books: A meta-analysis on the effects of reading media on reading comprehension. *Educational Research Review*, 25, 23–38. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2018.09.003>
- Dudenredaktion. (o. J.). *Medium / Duden*. Duden. Abgerufen 13. Juni 2024, von <https://www.duden.de/node/95119/revision/1328101>, https://www.duden.de/rechtschreibung/Medium_Vermittler
- Emoto, M., Kusakabe, Y., & Sugawara, M. (2014). High-Frame-Rate Motion Picture Quality and Its Independence of Viewing Distance. *Journal of Display Technology*, 10(8), 635–641.
- ETC. (o. J.). *Source Four LED Series 3 Features*. Abgerufen 27. August 2024, von <https://www.etcconnect.com/Products/Entertainment-Fixtures/Source-Four-LED-Series-3/Features.aspx?Lang-Type=1033>
- Fairchild, M. D. (2013). *Color appearance models* (Third edition). John Wiley & Sons, Inc.
- Fernández-Aguilar, L., Navarro-Bravo, B., Ricarte, J., Ros, L., & Latorre, J. M. (2019). How effective are films in inducing positive and negative emotional states? A meta-analysis. *PLOS ONE*, 14(11), Article 11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0225040>
- Frey, F., Farnand, S., Cost, F., Rodriguez-Adames, M., & Tsai, Y. (2010). *Print versus Screen—Presentation Medium-Dependent Picture Consumption*. <https://library.imaging.org/tdpf/articles/3/1/art00013>
- FUJITSU. (2022). *Fujitsu Product Carbon Footprint Information Sheet—Fujitsu Display B32-9 TS UHD*. <https://www.fujitsu.com/global/images/gig5/FUJITSU-Display-B32-9-TS-UHD-PCF-March-2022.pdf>
- Ghodrati, M., Morris, A. P., & Price, N. S. C. (2015). The (un)suitability of modern liquid crystal displays (LCDs) for vision research. *Frontiers in Psychology*, 6. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2015.00303>
- Goeting, M. (2016). Digital Fluidity: The Performative and Reconfigurable Nature of the Digital Image in Contemporary Art and Design. *THE INTERNATIONAL JOURNAL OF NEW MEDIA, TECHNOLOGY AND THE ARTS*, 27–46.
- Goodman, N. (1968). *Languages of Art: An Approach to a Theory of Symbols* (Nummer 1, S. 62–63). Bobbs-Merrill.
- Greenberg, C. (1982). Modernist Painting. In *Modern Art and Modernism: A Critical Anthology* (S. 5–10). SAGE.
- Greule, R. (with Ehrlitzer, A., Heinz, R., Langner, J., Oving, F., Rupprecht, M., & Wilkens, M.). (2021). *Licht und Beleuchtung im Medienbereich* (2., aktualisierte und erweiterte Auflage). Hanser.
- Groys, B. (2008). *Art power*. the MIT press.
- Guzman-Serrano, R. (2019). Where There Are Flies, Media Art You'll Find: Digital (Im)materiality, Artistic Medium, and Media Art Decay. *Proceedings of the 9th International Conference on Digital and Interactive Arts*, 1–7. <https://doi.org/10.1145/3359852.3359903>

- Hagendorf, H., Krummenacher, J., Müller, H.-J., & Schubert, T. (2011). Helligkeits- und Farbwahrnehmung. In H. Hagendorf, J. Krummenacher, H.-J. Müller, & T. Schubert (Hrsg.), *Wahrnehmung und Aufmerksamkeit: Allgemeine Psychologie für Bachelor* (S. 67–83). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-12710-6_6
- Harasawa, M., Sawahata, Y., Komine, K., & Shioiri, S. (2020). Effects of content and viewing distance on the preferred size of moving images. *Journal of Vision*, *20*(3), 6. <https://doi.org/10.1167/jov.20.3.6>
- HDMI specification 2.1*. (2019, November 17). https://web.archive.org/web/20191117065644/https://www.hdmi.org/spec/hdmi2_1
- Herrando, C., & Constantinides, E. (2021). Emotional Contagion: A Brief Overview and Future Directions. *Frontiers in Psychology*, *12*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.712606>
- Hou, J., Nam, Y., Peng, W., & Lee, K. M. (2012). Effects of screen size, viewing angle, and players' immersion tendencies on game experience. *Computers in Human Behavior*, *28*(2), 617–623. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2011.11.007>
- Huang, E. M., Koster, A., & Borchers, J. (2008). Overcoming Assumptions and Uncovering Practices: When Does the Public Really Look at Public Displays? In J. Indulska, D. J. Patterson, T. Rodden, & M. Ott (Hrsg.), *Pervasive Computing* (Bd. 5013, S. 228–243). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-79576-6_14
- ICC Specifications*. (o. J.). Abgerufen 28. Juni 2024, von https://www.color.org/icc_specs2.xalter
- Jeong, Y. J., & Gweon, G. (2021). Advantages of Print Reading over Screen Reading: A Comparison of Visual Patterns, Reading Performance, and Reading Attitudes across Paper, Computers, and Tablets. *International Journal of Human–Computer Interaction*, *37*(17), 1674–1684. <https://doi.org/10.1080/10447318.2021.1908668>
- Kendall, L. N., Raffaelli, Q., Kingstone, A., & Todd, R. M. (2016). Iconic faces are not real faces: Enhanced emotion detection and altered neural processing as faces become more iconic. *Cognitive Research: Principles and Implications*, *1*(1), 19. <https://doi.org/10.1186/s41235-016-0021-8>
- Kilag, O. K., Peras, C., Echavez, R., Suba-an, J., Obaner, M. K., & Mansueto, D. (2024). Comparing Learning Outcomes: On-Screen versus Print Reading. *International Multidisciplinary Journal of Research for Innovation, Sustainability, and Excellence (IMJRISE)*, *1*(1), Article 1.
- Kittler, F. (1987). Gramophone, Film, Typewriter (D. von Mücke & P. L. Similon, Übers.). *October*, *41*, 101–118. <https://doi.org/10.2307/778332>
- Koenitz, H., Ferri, G., Haahr, M., Sezen, D., & Sezen, T. I. (Hrsg.). (2015). *Interactive digital narrative: History, theory, and practice*. Routledge.
- Kuroki, Y., Nishi, T., Kobayashi, S., Oyaizu, H., & Yoshimura, S. (2006). 3.4: Improvement of Motion Image Quality by High Frame Rate. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, *37*(1), 14–17. <https://doi.org/10.1889/1.2433276>
- Le Moan, S., & Urban, P. (2014). Spectral printing with a CMYKRGB printer: A closer look. *Color and Imaging Conference, 2014*. <https://doi.org/10.2352/CIC.2014.22.1.art00022>
- Leder, H., Belke, B., Oeberst, A., & Augustin, D. (2004). A Model of Aesthetic Appreciation and Aesthetic Judgments. *British journal of psychology (London, England: 1953)*, *95*, 489–508. <https://doi.org/10.1348/0007126042369811>
- Lessing, G. E. (2004). *Laokoon: Oder, Über die Grenzen der Malerei und Poesie*. Projekt Gutenberg. <https://www.gutenberg.org/ebooks/6889/pg6889-images.html> (Original work published 1766)
- Locher, P., Smith, L., & Smith, J. (1999). Original paintings versus slide and computer reproductions: A comparison of viewer responses. *Empirical Studies of the Arts*, *17*, 121–129.
- Lowtek Games*. (o. J.). Abgerufen 27. Juni 2024, von <http://lowtek.games/>

- Lübbe, E. (2013). Besonderheiten der Farbempfindung. In E. Lübbe (Hrsg.), *Farbempfindung, Farbbeschreibung und Farbmessung: Eine Formel für die Farbsättigung* (S. 49–70). Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-8348-2228-4_2
- Luhmann, N., & Roberts, D. (1987). The Medium of Art. *Thesis Eleven*, 18–19(1), 101–113. <https://doi.org/10.1177/072551368701800107>
- Madlenak, R., Chinoracky, R., Stalmasekova, N., & Madlenakova, L. (2023). Investigating the Effect of Outdoor Advertising on Consumer Decisions: An Eye-Tracking and A/B Testing Study of Car Drivers' Perception. *Applied Sciences*, 13(11), Article 11. <https://doi.org/10.3390/app13116808>
- Mastandrea, S., Fagioli, S., & Biasi, V. (2019). Art and Psychological Well-Being: Linking the Brain to the Aesthetic Emotion. *Frontiers in Psychology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00739>
- Matsumoto, C., Shinoda, K., Matsumoto, H., Seki, K., Nagasaka, E., Iwata, T., & Mizota, A. (2014). What monitor can replace the cathode-ray tube for visual stimulation to elicit multifocal electroretinograms? *Journal of vision*, 14. <https://doi.org/10.1167/14.9.2>
- McClain, J. (1985). Time in the Visual Arts: Lessing and Modern Criticism. *The Journal of Aesthetics and Art Criticism*, 44(1), 41–58. <https://doi.org/10.2307/430538>
- McLuhan, M. (1964). The Medium is the Message. In *Understanding Media: The Extensions of Man*. <https://web.mit.edu/allanmc/www/mcluhan.mediummessage.pdf>
- Mehrabian, A., & Russell, J. A. (James A. (with MIT Press). (1974). *An approach to environmental psychology*. Cambridge, M.I.T. Press. <http://archive.org/details/approachtoviro00albe>
- Michelle, C., Davis, C., Hight, C., & Hardy, A. (2015). The Hobbit hyperreality paradox: Polarization among audiences for a 3D high frame rate film. *Convergence: The International Journal of Research into New Media Technologies*, 23. <https://doi.org/10.1177/1354856515584880>
- Miura, K., Inoue, H., & Tominaga, M. (2002). Are there any differences of impression between real objects and their reproductions viewed through CRT displays and video projectors?1. *Japanese Psychological Research*, 44(3), 162–172. <https://doi.org/10.1111/1468-5884.00019>
- Moritz, T. (2023). *Szenografie digital: Die integrative Inszenierung raumbildender Prozesse*. Springer Fachmedien. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-39809-5>
- Müller, J., Wilmsmann, D., Exeler, J., Buzeck, M., Schmidt, A., Jay, T., & Krüger, A. (2009). Display Blindness: The Effect of Expectations on Attention towards Digital Signage. In H. Tokuda, M. Beigl, A. Friday, A. J. B. Brush, & Y. Tobe (Hrsg.), *Pervasive Computing* (Bd. 5538, S. 1–8). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-01516-8_1
- Mulvey, L. (2006). *Death 24x a Second: Stillness and the Moving Image*.
- Palmer, S. E., Schloss, K. B., & Sammartino, J. (2013). Visual Aesthetics and Human Preference. *Annual Review of Psychology*, 64(Volume 64, 2013), 77–107. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-120710-100504>
- Pan, H., Feng, X., & Daly, S. (2005). 51.4: Quantitative Analysis of LCD Motion Blur and Performance of Existing Approaches. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, 36(1), 1590–1593. <https://doi.org/10.1889/1.2036316>
- Pedersen, M., Bonnier, N., Hardeberg, J. Y., & Albrechtsen, F. (2010). Attributes of image quality for color prints. *J. Electronic Imaging*, 19, 011016. <https://doi.org/10.1117/1.3277145>
- Pihkola, H., Nors, M., Kujanpää, M., Helin, T., Kariniemi, M., Pajula, T., Dahlbo, H., & Koskela, S. (2010). *Carbon footprint and environmental impacts of print products from cradle to grave. Results from the LEADER project (Part I)*.
- Preiss, J., Fairchild, M. D., Ferwerda, J. A., & Urban, P. (2014). *Gamut mapping in a high-dynamic-range color space* (R. Eschbach, G. G. Marcu, & A. Rizzi, Hrsg.; S. 90150A). <https://doi.org/10.1117/12.2039747>

- Reeves, B., Lang, A., Kim, E. Y., & Tatar, D. (1999). The Effects of Screen Size and Message Content on Attention and Arousal. *Media Psychology*, 1(1), 49–67. https://doi.org/10.1207/s1532785xmep0101_4
- Reuss, E. (2018). Beyond the Limits of Visual Acuity: The Real Reason for 4K and 8K Image Resolution. *SMPTE Motion Imaging Journal*.
- Rheinberg, F., Vollmeyer, R., & Engeser, S. (2003). *Die Erfassung des Flow-Erlebens*.
- Riaz, M., Majid, M., & Mir, J. (2021). Emotional Experience Analysis in Response to HDR and SDR content. *2021 13th International Conference on Quality of Multimedia Experience (QoMEX)*, 121–124. <https://doi.org/10.1109/QoMEX51781.2021.9465393>
- Rideaux, R., & Welchman, A. E. (2020). But Still It Moves: Static Image Statistics Underlie How We See Motion. *Journal of Neuroscience*, 40(12), 2538–2552. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2760-19.2020>
- Rosch, E., & Mervis, C. B. (1975). Family resemblances: Studies in the internal structure of categories. *Cognitive Psychology*, 7(4), 573–605. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(75\)90024-9](https://doi.org/10.1016/0010-0285(75)90024-9)
- Sadovnikov, A., Salmela, P., Lensu, L., Kamarainen, J.-K., & Kälviäinen, H. (2005). Mottling Assessment of Solid Printed Areas and Its Correlation to Perceived Uniformity. In H. Kalviainen, J. Parkkinen, & A. Kaarna (Hrsg.), *Image Analysis* (S. 409–418). Springer. https://doi.org/10.1007/11499145_42
- Salmon, R., Armstrong, M., & Jolly, S. (2011). *HIGHER FRAME RATES FOR MORE IMMERSIVE VIDEO AND TELEVISION*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.26763.49441>
- Samadzadegan, S., & Urban, P. (2015). Spatio-Spectral Gamut Mapping and Separation. *Journal of Imaging Science and Technology*, 59(4), 040402-1-040402–040412. <https://doi.org/10.2352/J.ImagingSci.Technol.2015.59.4.040402>
- Schmidt, U. (2021). *Professionelle Videotechnik: Grundlagen, Filmtechnik, Fernsehtechnik, Geräte- und Studio-technik in SD, HD, UHD, HDR, IP* (7., aktualisierte und erweiterte Auflage). Springer Vieweg.
- Shishikui, Y., & Sawahata, Y. (2022). Quality of 8K Ultra-High-Definition Television Viewing Experience in Practical Viewing Conditions. *IEEE Transactions on Broadcasting*, 68(1), 2–12. *IEEE Transactions on Broadcasting*. <https://doi.org/10.1109/TBC.2021.3105031>
- ShortCircuit (Producer). (2024, Juni 7). *I'm finally buying a new monitor—ASUS @ Computex 2024* [Video recording]. https://youtu.be/X5qdaDgJxII?si=Sxw-mahAKwGt_QRp&t=169
- Silvia, P. (2005). Cognitive Appraisals And Interest In Visual Art: Exploring An Appraisal Theory Of Aesthetic Emotions. *Empirical Studies of The Arts*, 23, 119–133. <https://doi.org/10.2190/12AV-AH2P-MCEH-289E>
- Smith, K. C., & Abrams, R. A. (2018). Motion onset really does capture attention. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 80(7), 1775–1784. <https://doi.org/10.3758/s13414-018-1548-1>
- Soranzo, A., Galmonte, A., & Agostini, T. (2009). Lightness constancy: Ratio invariance and luminance profile. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 71(3), 463–470. <https://doi.org/10.3758/APP.71.3.463>
- Spielmann, Y. (2006). Video: From Technology to Medium. *Art Journal*, 65. <https://doi.org/10.2307/20068481>
- Sunny, M. M., & von Mühlénen, A. (2011). Motion onset does not capture attention when subsequent motion is “smooth”. *Psychonomic Bulletin & Review*, 18(6), 1050–1056. <https://doi.org/10.3758/s13423-011-0152-3>
- Tinio, P. P. L., & Gartus, A. (2018). Chapter 15 - Characterizing the emotional response to art beyond pleasure: Correspondence between the emotional characteristics of artworks and viewers' emotional responses. In J. F. Christensen & A. Gomila (Hrsg.), *Progress in Brain Research* (Bd. 237, S. 319–342). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/bs.pbr.2018.03.005>

- Turvey, M. (2022). The Medium Matters! In Defense of Medium-Specificity in Classical Film Theory. In K. Stevens (Hrsg.), *The Oxford Handbook of Film Theory* (S. 0). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780190873929.013.37>
- Uhrig, M. K., Trautmann, N., Baumgärtner, U., Treede, R.-D., Henrich, F., Hiller, W., & Marschall, S. (2016). Emotion Elicitation: A Comparison of Pictures and Films. *Frontiers in Psychology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00180>
- UPM. (o. J.). *Technischer Leitfaden—Empfehlungen für die Druckvorstufe und die Druckerei*. Abgerufen 3. Juli 2024, von https://www.f-mp.de/res/expertenteam-papier/Druckvorstufe_Druck.pdf
- Van Hurkman, A. (2014). *Color correction handbook: Professional techniques for video and cinema* (2. ed). Peachpit Press.
- Waldmann, M. (2008). Kategorisierung und Wissenserwerb. Müsseler, Jochen [Hrsg.]: *Allgemeine Psychologie. 2., neu bearbeitete Auflage. Heidelberg : Spektrum Akademischer Verlag 2008, S. 377-427.*
- Wallbott, H. G. (1992). Effects of distortion of spatial and temporal resolution of video stimuli on emotion attributions. *Journal of Nonverbal Behavior*, 16(1), 5–20. <https://doi.org/10.1007/BF00986876>
- @wallmasterr. (2023). *Wiedergabeliste light book, erstellt von @Lowtek games*. TikTok. <https://www.tiktok.com/@wallmasterr/playlist/light-book-7257833168177220379?lang=de-DE>
- Ware, C. (2013). Chapter Three—Lightness, Brightness, Contrast, and Constancy. In C. Ware (Hrsg.), *Information Visualization (Third Edition)* (S. 69–94). Morgan Kaufmann. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-381464-7.00003-X>
- Welsch, N., & Liebmann, C. Chr. (2012). *Farben*. Spektrum Akademischer Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-8274-2847-9>
- Wilcox, L. M., Allison, R. S., Helliker, J., Dunk, B., & Anthony, R. C. (2015). Evidence that Viewers Prefer Higher Frame-Rate Film. *ACM Transactions on Applied Perception*, 12(4), 15:1-15:12. <https://doi.org/10.1145/2810039>
- Wilms, L., & Oberfeld, D. (2018). Color and emotion: Effects of hue, saturation, and brightness. *Psychological Research*, 82(5), 896–914. <https://doi.org/10.1007/s00426-017-0880-8>
- ZachsTechTurf (Regisseur). (2023). *OMG. 540Hz Monitors are Actually Worth It* [Video recording]. https://www.youtube.com/shorts/-W0M_0bP8GA
- Zhong, S. (2020). *Time and Body in New Media Art*. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.200907.082>
- Zivan, M., Vaknin, S., Peleg, N., Ackerman, R., & Horowitz-Kraus, T. (2023). Higher theta-beta ratio during screen-based vs. printed paper is related to lower attention in children: An EEG study. *PLOS ONE*, 18(5), e0283863. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0283863>

Dateiverzeichnis

```
./
|   Anmeldung_Masterthesis_Fynn_Koenig.pdf
|   König, Fynn - Zwischen Pixel und Papier (Masterthesis).pdf
|   umfragetool.zip
|
+---messdaten # Screenshots der Spektralmessungen
|   compare_display.png
|   compare_mapping.png
|   compare_print.png
|   display_spectrum.png
|   printmapping_spectrum.png
|   print_spectrum.png
|
+---quellen # Quellen aus Zotero exportiert
|   |   pdf.zip
|   |   Uebersicht.htm
|   |   zotero.zip
|   |
|   \---videos # in dieser Arbeit referenzierte Videos
|       I'm finally buying a new monitor - ASUS @ Computex 2024.mp4
|       Lightbook.mp4
|       OMG. 540Hz Monitors are Actually Worth It.mp4
|
+---umfrage
|   |   Auswertung_aufgeraeumt.xlsx
|   |
|   \---data # Rohdaten als csv-export
|       |   answers.csv
|       |   participants.csv
|       |   price.csv
|       |   timings.csv
|       |
|       \---db # Rohdaten als sqlite-Datenbank
|           open
|           results.db
|
\---Zwischen Pixel und Papier # im Versuch genutztes Material
    display.mp4
    posterdruck.png
    printmapping_druck.png
    printmapping_projektion.mp4
```


Anhang

Versuchsbeschreibung: BITTE ZUERST LESEN: Über die Umfrage

Du wirst gleich ein digitales Stilleben sehen, welches durch drei unterschiedlichen Medien dargestellt wird. Zu jedem Medium werden dir einige Fragen und Aufgaben gestellt, die du über ein davor platziertes Touchdisplay beantworten kannst. Konzentriere dich dafür bitte auf die genutzten Medien (Display, Printmapping und Digitaldruck) bzw. den Prozess des Betrachtens dieser und lasse dich bewusst auf die Erfahrung ein. Bitte versuche, die Bilder beim Herantreten nicht anzuschauen und diese erst zu aktiv wahrzunehmen, nachdem du am jeweiligen Touchdisplay den großen „Start“-Knopf gedrückt hast. Wenn möglich, führe die Befragung für alle drei Medien durch.

Es werden keine personenbezogenen Daten gespeichert, die kumulierten Ergebnisse jedoch im Rahmen meiner Masterarbeit veröffentlicht. Bei Fragen und Anmerkungen, wende dich gerne an mich. Vielen Dank für deine Teilnahme!

Fynn

Versuchsbeschreibung: Zwischen Pixel und Papier

In einer symbiotischen Fusion der digitalen und analogen Welten thematisiert das digitale Stilleben Zwischen Pixel und Papier die Wechselwirkung von Inhalt und Medium. Zwischen dem Digital-druck und dem Display wird hier ein Printmapping gezeigt, eine Projektion auf eine schwarz-weiß bedruckte Leinwand. Kannst du die Unterschiede erkennen und dich voll auf die Medien einlassen? Feine Strukturen im Material und der Oberfläche, Lichtspiele und die Darstellung der Zeit sind nur einige der Aspekte, in welchen sich die hier gezeigten Wiedergabemedien unterscheiden. Lass dich ein auf ein Erlebnis zwischen realen Strukturen und virtuellen Welten.

Eingefasst in eine monumentale Form entfaltet sich eine Flut wandelbarer, digitaler Informationen, die durch ständige Transformation und Interpretation zum Leben erwacht. Was ist es, dass diesem ungreifbaren Dasein eine analoge Präsenz verleiht, einen Platz in der realen Welt einnimmt und die Bilder ein-fängt?

Ganz im Zeichen der Wiedergabe verkörpert das digitale Stilleben prägende Eigenschaften, welche Display, Digitaldruck und Printmapping voneinander unterscheiden oder auch einen. Formen und Materialien laden ein, über die Bausteine digitaler Kunstwerke nachzudenken. Während die Segel schon gesetzt sind, bereit für die Überfahrt in eine andere Welt, kann der Wind die Gedanken fortreiben lassen. Gibt es heute überhaupt noch klar abzugrenzende Welten?

Zwischen Pixel und Papier lädt euch ein, die fließenden Grenzen zwischen Inhalt und Medium zu erkunden und stellt die Frage: Wo endet das Digitale und beginnt das Greifbare? Trotzdem bitte die Bilder und die Technik nicht anfassen 😊

Screenshots des Umfragetools

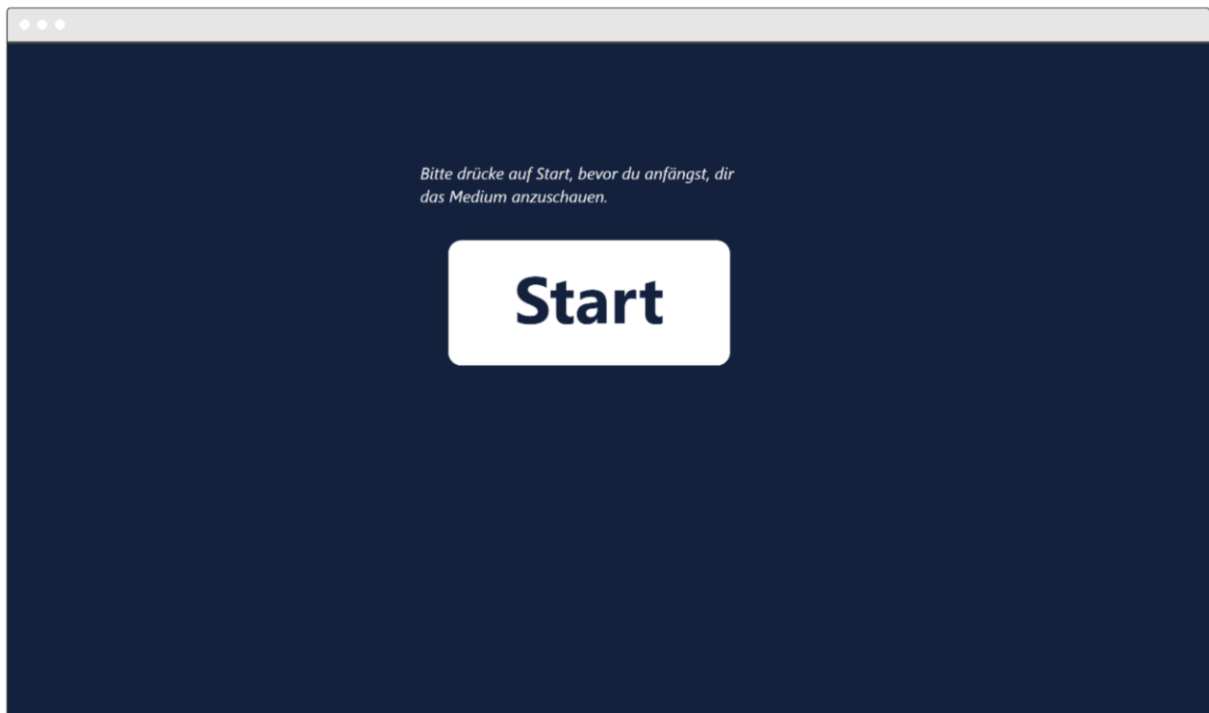


Abbildung 12: Startseite der Umfrage

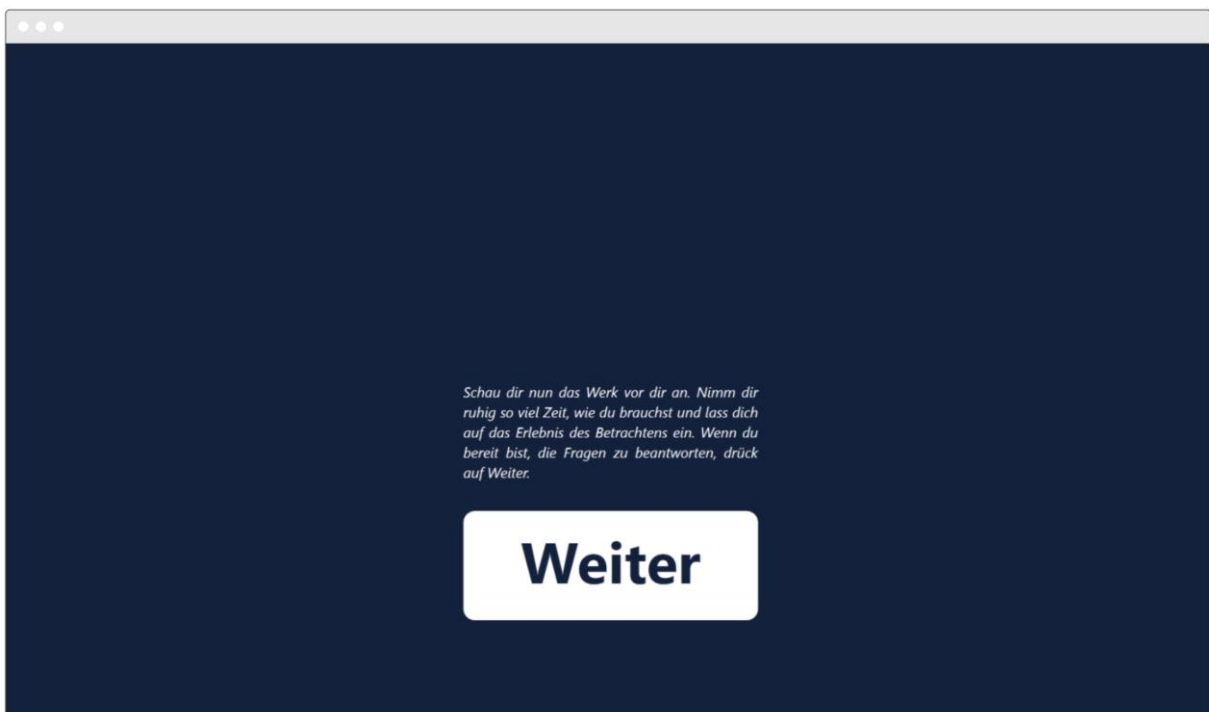


Abbildung 13: erste Folgeseite der Umfrage

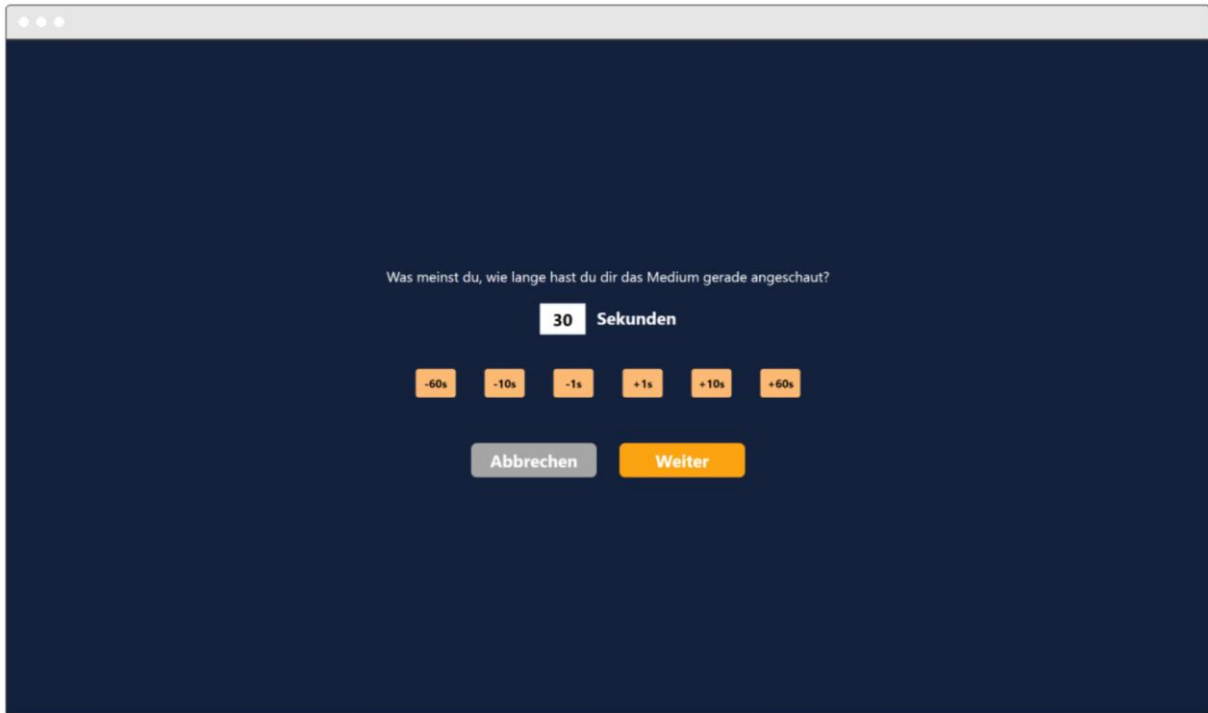


Abbildung 14: Schätzfrage der Betrachtungszeit im Umfragetool

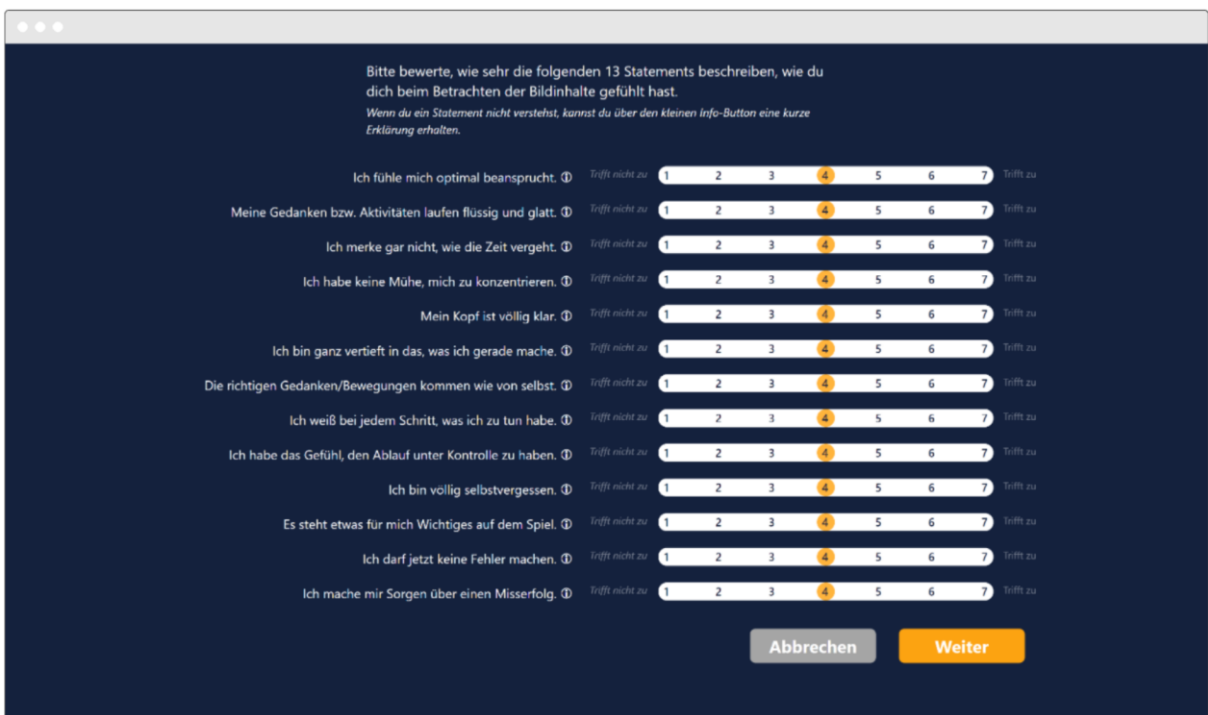


Abbildung 15: FKS im Umfragetool

Ausstellungspreis

Stell dir vor, du könntest eine Ausstellung mit verschiedene Werken besuchen, welche durch das Medium, das du gerade betrachtet hast, gezeigt werden. Dabei würden natürlich auch andere Inhalte gezeigt werden, als die, die du hier siehst, deshalb konzentriere dich bitte auf das **Medium**. Wie teuer dürfte deiner Ansicht nach der Eintrittspreis für eine solche Ausstellung sein? Wenn du kein Interesse am Besuch einer solchen Ausstellung hättest, stelle bitte 0€ ein.

- 10 + €

Persönliche Angaben

Um einschätzen zu können, wie repräsentativ die Umfrage ist, benötige ich außerdem einige Angaben zu deiner Person.

Geschlecht: Männlich Weiblich Divers/Andere

Alter: >20 20-35 35-50 50+

Abbildung 16: Preisschätzung im Umfragetool

Danke für deine Teilnahme!

Hast du dir schon die anderen beiden Medien angeschaut?

Abbildung 17: Ende der Umfrage

ANOVA: Einfaktorielle Varianzanalyse der gemessenen Betrachtungszeit

Gruppen	Anzahl	Summe	Mittelwert	Varianz
Display	45	3210,119	71,33597778	1829,786485
Druck	45	1528,412	33,96471111	648,3851503
Printmapping	40	3990,355	99,758875	15241,07998

Streuungsursache	Quadratsummen (SS)	Freiheitsgrade (df)	Mittlere Quadratsumme (MS)	Prüfgröße (F)	P-Wert	kritischer F-Wert
Unterschiede zw. Gruppen	92878,90764	2	46439,45382	8,384221291	0,000380102	3,067521411
Innerhalb	703441,671	127	5538,910795			
Gesamt	796320,5786	129				

ANOVA: Einfaktorielle Varianzanalyse des Flow-Zustands nach FKS

Gruppen	Anzahl	Summe	Mittelwert	Varianz
Display	51	224,4	4,4	1,02
Druck	55	211,3	3,84181818	1,23210774
Printmapping	53	235,9	4,4509434	1,08485486

Streuungsursache	Quadratsummen (SS)	Freiheitsgrade (df)	Mittlere Quadratsumme (MS)	Prüfgröße (F)	P-Wert	kritischer F-Wert
Unterschiede zw. Gruppen	12,3429114	2	6,17145569	5,5347383	0,0047615	3,05400417
Innerhalb	173,946271	156	1,1150402			
Gesamt	186,289182	158				

ANOVA: Einfaktorielle Varianzanalyse der Absorbiertheit nach FKS

Gruppen	Anzahl	Summe	Mittelwert	Varianz
Display	51	223,25	4,37745098	1,57593137
Druck	55	202	3,67272727	1,87239057
Printmapping	53	238	4,49056604	1,69942852

Streuungsursache	Quadratsummen (SS)	Freiheitsgrade (df)	Mittlere Quadratsumme (MS)	Prüfgröße (F)	P-Wert	kritischer F-Wert
Unterschiede zw. Gruppen	21,241353	2	10,6206765	6,17582599	0,00262279	3,05400417
Innerhalb	268,275943	156	1,71971758			
Gesamt	289,517296	158				

Abstimmungen nach Alter und Geschlecht

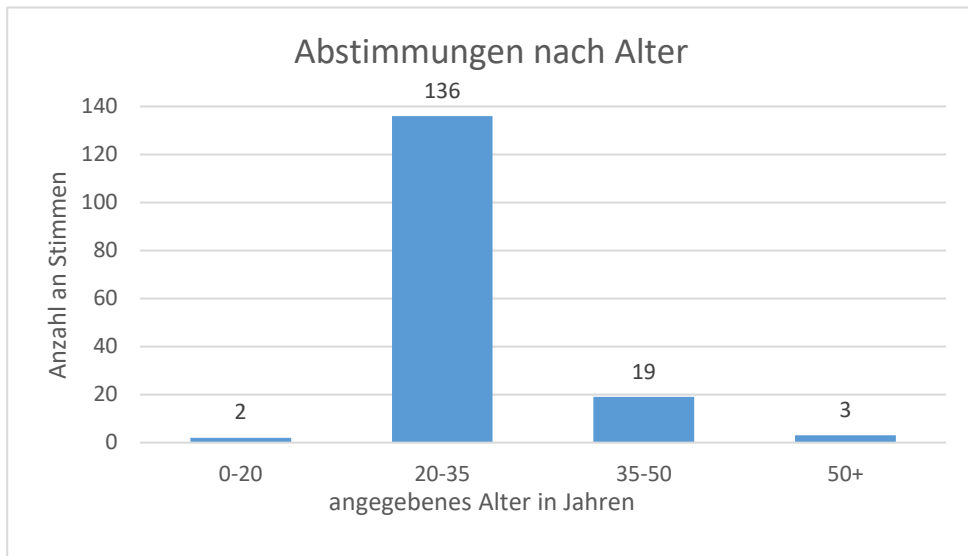


Abbildung 18: In den Abstimmungen angegebenes Alter

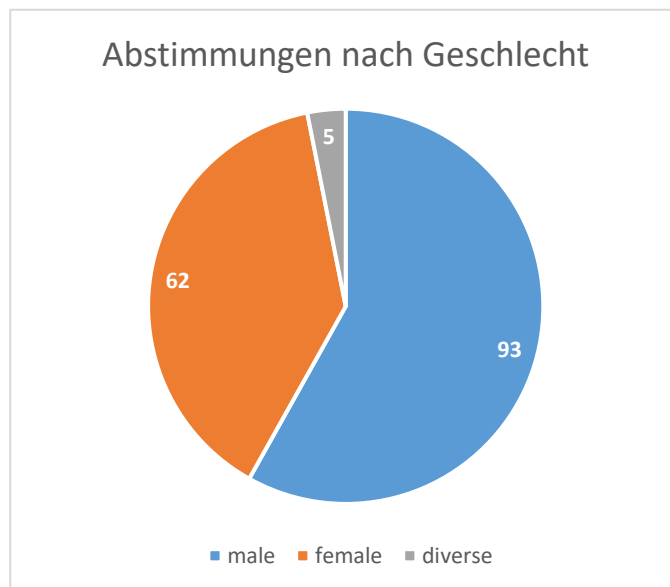


Abbildung 19: In den Abstimmungen angegebenes Geschlecht

Die Wiedergabemedien im Überblick

Kategorie / Wiedergabemedium	Display	Printmapping	Digitaldruck
Technik & Wiedergabequalität			
<i>Auflösung</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erhöht die Wiedergabequalität ▪ Meist geringer als im Druck ▪ Hohe Auflösungen benötigen komplexe Infrastruktur ▪ Selbst UHD-2 scheint Vorteile zu bringen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hohe Auflösung des Drucks für hohe Qualität wichtig ▪ In Projektion vernachlässigbar 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erhöht die Wiedergabequalität ▪ Kompromiss aus Auflösung und Farbtiefe
<i>Größe</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Größer ist besser ▪ Aktuell bis ca. 2,5m x 1,4m 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Größer ist besser ▪ Größe (quasi) unbegrenzt 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Größer ist besser ▪ Größe (quasi) unbegrenzt
<i>Kontrast</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erhöht die Wiedergabequalität ▪ Insbesondere mit HDR ▪ Benötigt ggf. 10+ Bit Farbtiefe 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erhöht die Wiedergabequalität ▪ Essenziell für die Abgrenzung der Objekte im Druck ▪ In Projektion vernachlässigbar 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erhöht die Wiedergabequalität
<i>Helligkeit</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Insbesondere in hellen Umgebungen sehr wichtig, um ein „Absaufen“ der dunklen Stellen zu verhindern 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Helligkeit des Projektors muss über Raumlicht liegen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Print profitiert von guter und heller Lichtquelle

Kategorie / Wiedergabemedium	Display	Printmapping	Digitaldruck
<i>Zeitauflösung</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Höhere Framerate minimiert Bewegungsartefakte ▪ Kann zwischen Inhalt und Wiedergabemedium abweichen ▪ Idealwert inhaltsabhängig, 240 fps – 540 fps scheinen bei starken Bewegungen sinnvoll 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aufgrund der langsamen oder schlagartigen Bewegungen weniger relevant ▪ Kann deutlich geringer sein als beim Display 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ n/a
<i>Farbraum</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ je größer, desto besser ▪ benötigt ggf. 10+ Bit Farbtiefe ▪ größer als beim Druck ▪ RGB 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ je größer, desto besser (nur Projektion) ▪ Projektion in RGB, Druck in CMYK 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ je größer, desto besser ▪ kleiner als beim Display ▪ CMYK
Zeit			
<i>Inhaltliche Zeit</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Frei erzähl- & wandelbar ▪ Zeitverlauf wird in einer Instanz seriell erzählt 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Signifikante Elemente stehen still und können nur geringfügig manipuliert werden 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zeit steht still ▪ Zeitverlauf wird über verschiedene Instanzen parallel erzählt
<i>Zeit des Wiedergabemediums</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aktualisiert sich vielfach pro Sekunde 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ambivalent: statischer Druck und wandelbare Projektion 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Steht still
<i>Ausdrucksmöglichkeiten</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Raum kann über Zeit erzählt werden ▪ Wandlungen, Handlungen und Handlungsfolgen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Augmentierung der statischen Grundlage 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Der beste Augenblick muss gesucht werden

Kategorie / Wiedergabemedium	Display	Printmapping	Digitaldruck
Objektgestalt			
Form	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Meist 16/9 (einige andere möglich) ▪ Meist bis 65 Zoll, max. 110 Zoll ▪ Meist schwarz ▪ Zwingender Rahmen aus Metall oder Plastik 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Freie Form & Größe des Drucks ▪ Projektion muss größer sein ▪ Bespielung kann Rand des Printmappings überschreiten 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Freie Form durch Flexibilität im Druck und Möglichkeit des Zuschneidens ▪ Bis zu mehrere Meter groß
Wahrnehmung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Meist einfach zu erkennen ▪ Inhärent digitales Medium: erzählt immer digitale Inhalte 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Grenze zwischen analog und digital verschwimmt 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nicht sofort als digitales Medium erkennbar
Licht & reale Welt			
Störlicht	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verringert den Kontrast und lässt dunkle Inhalte absaufen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nimmt Raumlicht auf, sofern die Projektion hell genug ist 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nimmt Raumlicht auf
Wahrnehmung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erzeugt Licht ohne Verbindung zur realen Welt und schafft so eine konkurrierende Parallelwelt 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Durch die enge Verknüpfung des projizierten Bildes mit dem gedruckten Objekt entsteht dessen „magische“ Erweiterung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ein analoges Objekt, welches sich natürlich in die reale Welt einpasst
Authentizität			
Authentizität	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bild und Wiedergabemedium sind frei, andere Bilder/Medien zu finden 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zumindest Druck ist an das Bild gebunden 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Druck ist an das Bild gebunden

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Masterarbeit mit dem Titel:

Zwischen Pixel und Papier: Analyse des Wiedergabemediums in der digitalen Kunst

selbständig und nur mit den angegebenen Hilfsmitteln verfasst habe. Alle Passagen, die ich wörtlich aus der Literatur oder aus anderen Quellen wie z. B. Internetseiten übernommen habe, habe ich deutlich als Zitat mit Angabe der Quelle kenntlich gemacht.

Datum

Unterschrift