

BACHELORARBEIT

Fachbereich: Medientechnik

Zur Erlangung des akademischen Grades Bachelor of Science

**„Analyse technischer Bewertungsrichtlinien
für selbstleuchtende, digitale
LED-Wechselbildanlagen als Außenwerbe-
und Kunstinstallation im urbanen Kontext“**

Kai-Sören Fiedler

Hamburg, 29. August 2023

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Roland Greule
Zweitprüferin: Dipl.-Des. M.A. Anke von der Heide

HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN HAMBURG
Department Medientechnik
Finkenau 35
20081 Hamburg

Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Bachelor-Abschlussarbeit wird der Einsatz von LED-Wänden als Außenwerbeanlagen im Vergleich zur Nutzung als Kunstinstallation an z.B. Gebäudefassaden, in Schaufenstern oder freistehend anhand von Beispielen unter technischen und Content abhängigen Kritikpunkten genauer untersucht und betrachtet, um so mögliche grundlegende und allgemeingültige Richtlinien zur Beurteilung von digitalen Bewegtbildanlagen im modernen Stadtbild, deren Einfluss auf die Ästhetik des Stadtlebens und die damit einhergehenden Auswirkungen auf die direkte Umwelt herauszuarbeiten.

Abstract

This bachelor thesis is about the use of LED-Walls in form of outdoor advertising systems compared to the use as art installation and for cultural purposes. For example, these can be mounted on building facades, within shop windows or as a self-supporting installation. Technical and content dependent points of criticism will be examined more closely by using specific examples to compose possible fundamental and universally applicable guidelines for the assessment of moving-image-systems in the modern cityscapes, its influence on the aesthetics of city life, as well as the associated impact on the environment.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	VI
Abbildungsverzeichnis	VII
Formelverzeichnis	XI
1 Zielsetzung	1
2 Vorgehensweise	2
3 Begriffserklärungen	4
3.1 Cabinet / Panel	5
3.2 Integrated Module (IM)	5
3.3 Receiving Card	6
3.4 Hub Board	7
3.5 SMD / DIP	7
3.6 Pixelpitch	8
3.7 Sending Card	8
3.8 Config Datei	9
3.9 Medienserver	9
4 Werbung, Kunst und Mediatektur	11
4.1 Werbung	11
4.1.1 Definition	11
4.1.2 Digitale Außenwerbung	13
4.2 Kunst	18
4.2.1 Definition	18
4.2.2 Medien- und Digitalkunst im öffentlichen Raum	21
4.3 Mediatektur / Medienarchitektur	24
5 Auswirkungen auf Stadtbild und Umwelt	26
5.1 Wandel der Ästhetik des Stadtbildes	26
5.2 Auswirkungen auf Umwelt und Stadtleben	35
5.2.1 Auswirkungen auf Verkehrssituationen	39
5.2.2 Auswirkungen auf Gesundheit und Wohlbefinden	40

5.2.3	Auswirkungen auf die natürliche Umgebung.....	41
6	Komponenten zur Funktionalität und Bauweise von LED-Wänden	42
6.1	Mechanische Bauteile.....	42
6.1.1	Das Gehäuse	42
6.1.2	Verbindungsmechanismen	44
6.1.3	Befestigung und Wechsel der Module	45
6.1.4	Zugänglichkeit und Servicebarkeit	47
6.1.5	Besonderheiten bei Outdoor-Systemen.....	49
6.1.6	Montagemöglichkeiten.....	52
6.2	Elektronische Bauteile	54
6.2.1	Verkabelungsarten und Steckertypen.....	54
6.2.2	Das Innenleben eines LED-Geräts.....	58
6.3	Ansteuerung, Zuspielung und Content Management	63
6.3.1	LED-Processing.....	63
6.3.2	Content Management, Zuspielgeräte und Scaler	71
7	Vorgaben und Richtlinien für den Bauantrag einer LED-Wand	75
7.1	Beispiel Werbeanlagen in Hamburg.....	76
7.1.1	Hamburgische Bauordnung.....	77
7.1.2	Verordnung für Werbung mit Wechsellicht	79
7.1.3	Bauprüfdienst (BPD) 5/2013 - Werbeanlagen.....	79
8	Beispiele für LED-Außeninstallationen.....	81
8.1	Ströer und WallDecaux.....	81
8.2	Spielbudenplatz Hamburg.....	82
8.3	EKZ Quarree Hamburg Wandsbek.....	83
8.4	LED-Werbetürme	84
8.4.1	Hallcube	84
8.4.2	AdverTower.....	84
8.5	Kö-Bogen II in Düsseldorf.....	85
8.6	Mediatektur im Wilopark Dortmund.....	86
8.7	Mediascreen am Gebäude der Handelsblatt Media Group.....	87

9	Mögliche Bewertungsrichtlinien zur Planung, Beurteilung und Zulassung.....	88
9.1	Technische Kriterien und Ansprüche	88
9.1.1	Pixelpitch, Betrachtungsabstand und Betrachtungswinkel.....	88
9.1.2	Helligkeit, automatische Regulierung und Lichtimission	92
9.1.3	Grey Scale und Refresh Rate.....	96
9.1.4	Strom und FI-Sicherung.....	97
9.1.5	Beispiele möglicher auftretender Fehlerbilder und Defekte.....	98
9.2	Zuspielung und Content abhängige Kriterien und Ansprüche	100
9.2.1	Auflösung.....	100
9.2.2	Farben und Motive im Content.....	101
9.2.3	Übergänge und Bewegungen in dynamischen Content.....	101
9.2.4	Fernzugriff und Fehlerbehebung	102
9.2.5	Informationsumfang und Abspiellänge.....	102
9.3	Städtische und baurechtliche Kriterien und Ansprüche	103
9.3.1	Stadtbild und Ästhetik.....	103
9.3.2	Straßenverkehrssicherheit	104
9.3.3	Denkmal-, Natur- und Landschaftsschutz.....	105
9.3.4	Infotainment und Katastrophenschutz.....	105
9.4	Antworten von Firmen auf technischen Fragenkatalog	106
9.5	Leitfragebogen zur Planung und Beurteilung von LED-Außeninstallationen	112
10	Fazit	116
	Literaturverzeichnis	XII
	Eigenständigkeitserklärung	XVIII

Abkürzungsverzeichnis

BauVorIVO	Bauvorlagen-Verordnung
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
DIN	Deutsches Institut für Normung
DIP	Dual In-Line Package
DOOH	Digital Out Of Home Advertising
DschG	Denkmalschutzgesetz
DVI	Digital Video Interface
EDID	Extended Display Identification Data
FAW	Fachverband Aussenwerbung e.V.
FStrG	Bundesfernstraßengesetz
HBauO	Hamburgische Bauordnung
HDMI	High Definition Multimedia Interface
HDR	High Dynamic Range
HEVL	High Energy Visible Light
IC	Integrated Circuit
IM	Integrated Module
ipRGC	intrinsisch-photosensitive retinale Ganglienzellen
LAI	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz
LED	Light Emitting-Diode
LiTG	Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e.V.
OOH	Out Of Home Advertising
PCB	Printed Circuit Board
PMW	Pulsweitenmodulation
PX	Pixel
SDI	Serial Digital Interface
SMD	Surface Mounted Device

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematische Signalfluss Darstellung einer LED-Installation.....	4
Abbildung 2: Vorder- und Rückseite eines Cabinets.....	5
Abbildung 3: Vorder- und Rückseite eines IMs.....	6
Abbildung 4: Novastar A5s Receiving Cards.....	6
Abbildung 5: Hub Board mit allen Anschlüssen auf einer Seite.....	7
Abbildung 6: Vergleich SMD vs. DIP.....	7
Abbildung 7: Vergleich unterschiedlicher Pixelpitches (Links: 4,8mm / Rechts: 2,5mm).....	8
Abbildung 8: Novastar VX4 LED-Controller.....	8
Abbildung 9: Screenshot von Config Datei aus Novastar Software.....	9
Abbildung 10: Medienserver Barco E2.....	10
Abbildung 11: Medienserver Christie Pandoras Box Server.....	10
Abbildung 12: Übersicht Medienserver-Modelle AV Stumpfl Pixera.....	10
Abbildung 13: FAW OOH Medien - Litfaßsäule.....	13
Abbildung 14: FAW OOH Medien - City Light Board.....	14
Abbildung 15: FAW OOH Medien - Riesenposter.....	14
Abbildung 16: FAW DOOH Medien - Bahnhöfe.....	15
Abbildung 17: FAW DOOH Medien - Flughafen.....	15
Abbildung 18: Link: OOH; Rechts: DOOH / an einer großen Straßenkreuzung in Hamburg.....	16
Abbildung 19: „Ströer unterstützt Schweriner Warnsystem“.....	17
Abbildung 20: Port of Kiel - LED Fassade der Landstromanlage am Ostseekai.....	18
Abbildung 21: Gold House, in der Metrotown-Gemeinde der Stadt Burnaby (British Columbia).....	22
Abbildung 22: Badisches Staatstheater Karlsruhe - GO Public! Fedor/Becky, STADTTHEATER.....	23
Abbildung 23: Badisches Staatstheater Karlsruhe - GO Public! Anastasia Wick, Homecoming.....	23
Abbildung 24: Klubhaus St. Pauli in Hamburg auf der Reeperbahn.....	24
Abbildung 25: Symphony of Lights in Hongkong.....	27
Abbildung 26: Symphony of Lights - Blick vom Wasser.....	27
Abbildung 27: Symphony of Lights - LED-Gebäudefassade.....	28
Abbildung 28: Outdoor Curved LED-Wall von Samsung am COEX Convention Center in Seoul.....	29
Abbildung 29: Blick von oben auf Digital Signage und DOOH in Seoul (Südkorea).....	29
Abbildung 30: Public Art im AT&T Discovery District Dallas.....	30
Abbildung 31: Moment Factory / AT&T Discovery District Dallas.....	30
Abbildung 32: Moment Factory / AT&T Discovery District Dallas.....	31
Abbildung 33: Moment Factory / AT&T Discovery District Dallas.....	31
Abbildung 34: LED-Wand als Eingang des Ottawa Museum of Science and Technology in Canada..	32
Abbildung 35: Mediale Gebäudefront des Ottawa Museum of Science and Technology in Canada....	32

Abbildung 36: Times Square in New York tagsüber	33
Abbildung 37: Times Square in New York abends	33
Abbildung 38: Shibuya Kreuzung in Tokio bei Dämmerung.....	34
Abbildung 39: Shibuya Kreuzung in Tokio, Japan.....	34
Abbildung 40: Klubhaus St. Pauli teilweise mit Astra Werbung	36
Abbildung 41: Klubhaus St. Pauli teilweise mit Sonos Werbung	36
Abbildung 42: Fassadenintegrierte Videoinstallation eines Shops in Zürich.....	37
Abbildung 43: Blendung von Fußgängern von LED-Wand im Showfenster in Zürich.....	38
Abbildung 44: Straßenbahnfahrer geblendet von der LED Kunstanlage des Shops in Zürich.....	38
Abbildung 45: Rahmen von Absen Polaris Cabinets.....	43
Abbildung 46: Cabinet Rahmen mit einer Höhe von 100cm (links) und 50cm (rechts).....	43
Abbildung 47: Verschlussmechanik mit Bolzen beim Absen Polaris System	44
Abbildung 48: Bügelspannverschlussystem beim Helion Nano System.....	44
Abbildung 49: Horizontale und vertikale Verschraubung von LED-Geräten	45
Abbildung 50: Zusätzliche Sicherung der IMs durch Drahtseile und Schraube.....	46
Abbildung 51: Ausbau einer IM mit Hilfe eines Vakuum Front Service Tools	46
Abbildung 52: Inbusschlüssel als Front Service Tool.....	47
Abbildung 53: Links: rückseitige Serviceklappe; Rechts: Serviceklappe von vorne zugänglich.....	48
Abbildung 54: Verkabelung innerhalb der LED-Wand / Links: Daten; Rechts: Strom.....	49
Abbildung 55: Nahaufnahme Outdoor Shader	50
Abbildung 56: Outdoorfähiges IM mit zusätzlicher Silikonschicht auf der Rückseite der PCB.....	50
Abbildung 57: Links: Dichtring um IM Kontakte; rechts oben: Dichtung an Serviceklappe; rechts unten: Dichtung um IM Steckplatz am Gehäuse.....	51
Abbildung 58: Geschlossene Rückseite des Modulträgers einer Outdoor IM.....	51
Abbildung 59: Links: Loch zur Montage von vorne; rechts: Gewindeloch auf der Rückseite	52
Abbildung 60: An der Decke montierte LED-Installation	53
Abbildung 61: Stahlkonstruktion zur Montage einer LED-Wand auf einem Dach.....	53
Abbildung 62: Übersicht des Aufbaus der elektronischen Bauteile	54
Abbildung 63: Neutrik etherCON CAT6A / Links = Stecker + Rechts = Einbaubuchse	55
Abbildung 64: Neutrik powerCON TRUE1 TOP Kabelsteckverbinder	56
Abbildung 65: Neutrik powerCON TRUE1 TOP Einbausteckverbinder	56
Abbildung 66: LED-System mit Verkabelung im Gehäuse	57
Abbildung 67: Direktstecksystem zur Weitergabe von Daten und Strom ohne zusätzliche Kabel	57
Abbildung 68: Hub Board Rückseite mit Steckplatz für Receiving Card und Stromversorgung.....	58
Abbildung 69: Hub Board Vorderseite mit Steckplätzen für IMs	58
Abbildung 70: Vorderseite (oben) und Rückseite (unten) von drei Novastar Receiving Cards.....	59
Abbildung 71: Verbaute Power Supply der Marke Magmeet	59

Abbildung 72: Vergleich SMD / DIP	60
Abbildung 73: Vereinfachte Darstellung eines 1/6 dynamic scan mode	62
Abbildung 74: Signalflussdiagramm – Ausschnitt zu LED-Processing und Zuspiegelung.....	63
Abbildung 75: Übersicht LED-Controller Portkapazitäten bei unterschiedlichen Hz und Bit.....	65
Abbildung 76: Anschlüsse Novastar MCTRL660 Pro.....	66
Abbildung 77: Anschlüsse Novastar VX1000.....	66
Abbildung 78: Anschlüsse Novastar MX40.....	66
Abbildung 79: Informationsübersicht zur rcfgx Datei aus der Software	68
Abbildung 80: Multifunction Box in Outdoor-Gehäuse (links) und Helligkeitssensor (rechts).....	70
Abbildung 81: ZeigX NUC Media Player.....	71
Abbildung 82: BrightSign XC 8K Media Player.....	72
Abbildung 83: PlaybackPro Benutzeroberfläche.....	72
Abbildung 84: Roland VC-100UHD / oben: Bedienfeld Vorderseite; unten: Anschlüsse Rückseite ...	73
Abbildung 85: Barco ImagePRO 4K / oben: rückseitige Anschlüsse / unten: vorderes Bedienfeld	73
Abbildung 86: Analog Way Zenith 200 / oben: Frontpanel / unten: In- und Outputs	74
Abbildung 87: Ausführungsvarianten Analog Way Picturall Mark II Medien Server	74
Abbildung 88: Auszug des §9 FStrG für Bauliche Anlagen an Bundesfernstraßen	75
Abbildung 89: Wechselbildanlagen mit LED-Technik als Abweichungstatbestand	80
Abbildung 90: Ströer Public Video Roadside	81
Abbildung 91: Ströer Public Video City Tower am Hamburger Hauptbahnhof	81
Abbildung 92: LED-Installation Spielbudenplatz St. Pauli / pilot Screentime	82
Abbildung 93: Spielbudenplatz St. Pauli im Bau / pilot Screentime	82
Abbildung 94: Medienfassade Quarree Wandsbek über Cinemaxx Eingang / pilot Screentime	83
Abbildung 95: Medienfassade Quarree Hamburg am Wandsbeker Markt / pilot Screentime	83
Abbildung 96: Hallcube Werbeturm an der B6 in Halle (Saale)	84
Abbildung 97: AdverTower an der A3 zwischen Köln und Frankfurt.....	84
Abbildung 98: aktuelle LED-Fassade des Kö-Bogen II.....	85
Abbildung 99: 325qm LED-Fläche im Wilopark Dortmund	86
Abbildung 100: Semitransparenter Infoscreen an Gebäudefassade der Handelsblatt Media Group	87
Abbildung 101: Farbverschiebung durch Anordnung der LEDs und dem Betrachtungswinkel - Beispiel 1	89
Abbildung 102: Farbverschiebung durch Anordnung der LEDs und dem Betrachtungswinkel - Beispiel 2	90
Abbildung 103: Farbverschiebung bei Outdoor Shader.....	90
Abbildung 104: Helligkeitsmessung zur Bestimmung des Betrachtungswinkels im Mittelpunkt	91
Abbildung 105: Helligkeitsmessung zur Bestimmung des Betrachtungswinkels bei 60°.....	91

Abbildung 106: LAI Immissionsschutz Hinweise - Übersicht mittlerer Beleuchtungsstärke nach Gebietsart	93
Abbildung 107: LAI Immissionsschutz Hinweise - Übersicht Faktoren je Periodendauer / Frequenz	94
Abbildung 108: LAI Immissionsschutz Hinweise - Übersicht Faktoren nach Verglasungsarten	94
Abbildung 109: Immissionsrichtwert k für Blendung nach Gebietsart und Uhrzeit.....	94
Abbildung 110: Messgerät Beispiel: JETI spectrava 1511 VIS Spectroradiometer	95
Abbildung 111: Beispiel-Fehlerbild durch defekte ICs (Mitte) und Teilausfall der LED-Geräte (rechts)	98
Abbildung 112: Beispiel-Fehlerbild bei nicht zugehöriger oder defekter Config Datei	98
Abbildung 113: Beispiel-Fehlerbild nicht korrekte Ansteuerung	99
Abbildung 114: Beispiel-Fehlerbild zu hell konfigurierte LED-Werbefläche	99
Abbildung 115: Übersicht gängiger Video-Anschlüsse.....	100

Formelverzeichnis

Formel 1: Allgemeine Formel zur Berechnung der maximalen Portkapazität	64
Formel 2: Beispiel Berechnung der maximalen Portkapazität bei 60 Hz und 8 Bit	64
Formel 3: Beispiel Berechnung der maximalen Portkapazität bei 50 Hz und 8 Bit	64
Formel 4: Berechnung des benötigten Pixelpitch aus der OVD	88
Formel 5: Berechnung des optimalen Betrachtungsabstands aus dem Pixelpitch	88
Formel 6: Berechnung darstellbarer Graustufen bei 16 Bit.....	96

1 Zielsetzung

In der heutigen Zeit entwickeln sich Technologien rasant weiter, dadurch ergeben sich sowohl für Firmen und Marken neue Mittel und Wege digitale Plattformen für Werbezwecke zu nutzen als auch für Künstler und Künstlerinnen neue gestalterische Möglichkeiten ihrer Kunst Ausdruck zu verleihen.

Dies führt gezwungenermaßen auch zu einem Wandel des modernen Stadtbildes und dessen Ästhetik.

Hier wird vermehrt digitale Technik wie z.B. Displays und LED-Wände an Gebäudefassaden, in Läden und im Straßenverkehr eingesetzt, mit deren Hilfe, anders als bei allgemein bekannten Werbeplakaten, auf denen immer nur ein einziges statisches Bild oder Motiv zu sehen ist, der Inhalt dynamisch angezeigt und jeden Moment gewechselt oder angepasst werden kann und somit die Aufmerksamkeit der vorbeilaufenden oder -fahrenden Bevölkerung deutlich stärker auf sich zieht.

Aufgrund der vielen unterschiedlichen technischen Variablen bei der Konfiguration von LED-Wänden als selbstleuchtende, digitale Wechselbildanlagen in Bezug auf Größe, Einstellmöglichkeiten und abspielbare Inhalte ist es zwingend erforderlich, einheitliche technische Bewertungsrichtlinien sowohl für Außenwerbeinstallationen als auch für Kunstinstallationen im Stadtbild zu schaffen.

2 Vorgehensweise

Im Zuge dieser Abschlussarbeit werden im ersten Schritt in Abschnitt „3 - Begriffserklärungen“ die wichtigsten genutzten Fachbegriffe in einer Übersicht kurz und knapp erläutert, um ein Grundverständnis für die einzelnen Bauteile, aus denen LED-Geräte bestehen, sowie deren Ansteuerung und Zuspie- lung, zu schaffen.

Zusammenhängend damit werden in Abschnitt 4 „Werbung, Kunst und Mediatektur“ und Abschnitt 5 „Auswirkungen auf Stadtbild und Umwelt“ die jeweiligen Begriffe als Einsatzbereiche und primär ge- zeigte Inhalte auf LED-Systemen im öffentlichen Raum genauer erläutert, deren Einfluss und Auswir- kungen auf die Ästhetik des Stadtbildes, die Menschen im täglichen Stadtleben und den Einfluss auf die natürliche Umwelt in Augenschein genommen und eine mögliche Abgrenzung der Bereiche innerhalb der späteren technischen Bewertungsrichtlinien analysiert.

Im darauffolgenden Abschnitt 6 „Komponenten zur Funktionalität und Bauweise von LED-Wänden“ wird, auf die Begriffserklärungen aufbauend, genauer auf die einzelnen Komponenten einer LED-In- stallation eingegangen und in die drei Gruppen „Mechanische Bauteile“, „Elektronische Bauteile“ und „LED-Processing, Zuspie lung und Content“ unterteilt.

Auf diese Weise kann genauer analysiert werden, auf welche Komponenten in der Auswahl eines LED- Systems für eine Außenwerbe- oder Kunstinstitution Einfluss genommen und somit als mögliches Kri- terium mit in die Bewertungsrichtlinien aufgenommen werden kann.

In Abschnitt 7 „Aktuelle bundeslandspezifische Bauvorschriften für LED-Wände“ soll beispielhaft die aktuelle Rechtslage und Vorschriften zweier Städte betrachtet werden, um schon vorhandene Richtlinien für digitale Wechselbildanlagen im Stadtbild als Werbe- oder Kunstinstitution aufzugreifen, diese ge- gebenenfalls zu optimieren und mit in den möglichen Bewertungsfragebogen aufnehmen zu können.

Um ein Bild davon zu bekommen, wie LED-Installationen der vergangenen Jahre im Stadtbild aussahen, welche Auflagen die jeweiligen Planer und Firmen von der Stadt bekommen haben und unter welchen Kriterien diese gebaut wurden, werden in Abschnitt 8 einige Beispiele für Außenwerbeanlagen, Kunst- installationen und Mediatektur mittels LED-Systemen vorgestellt.

Anhand dieser spezifischen Beispiele können weitere relevante Bewertungsrichtlinien für zukünftige Außeninstallationen herausgefiltert und definiert werden.

Im finalen Abschnitt 9 „Mögliche Bewertungsrichtlinien zur Beurteilung und Zulassung“ werden einleitend die Antworten von kontaktierten Firmen und Personen auf einen Fragenkatalog in Bezug auf die von ihnen zu berücksichtigenden Vorgaben und eigens auferlegten Kriterien für Planung und Bau zusammengefasst. Darauf folgend werden die möglichen Bewertungsrichtlinien aus den vorangegangenen Abschnitten für die Bereiche „Technische Kriterien und Ansprüche“, „Zuspiel und Content abhängige Kriterien und Ansprüche“ und „Städtische und Bauseitige Kriterien und Ansprüche“ herausgefiltert und in einem „Leitfragebogen zur Planung Beurteilung für LED-Außeninstallationen“ zusammengefasst.

Als Abschluss dieser Ausarbeitung wird ein Fazit gezogen, wie gut es möglich ist sowohl anhand der mechanischen und elektronischen Komponenten der eingesetzten LED-Systeme und deren Ansteuerung und Zuspielgeräte als auch in Bezug auf den abzuspielenden Inhalt aus den Bereichen Werbung, Kunst und Mediatechnik allgemeingültige technische Bewertungsrichtlinien von selbstleuchtenden, digitalen LED-Wechselbildanlagen im urbanen Kontext aufzustellen und inwieweit diese in der Praxis als Vorgaben für LED-Systemauswahl, Baugenehmigung und Vermarktung sinnvoll anwendbar sind.

3 Begriffserklärungen

Um ein Grundverständnis für die in dieser Abschlussarbeit verwendeten Fachterminologie zu schaffen, werden in diesem Abschnitt die wichtigsten Begriffe und Abkürzungen erläutert und eine erste Übersicht über die spezifischen Bauteile von LED-Wänden gegeben.

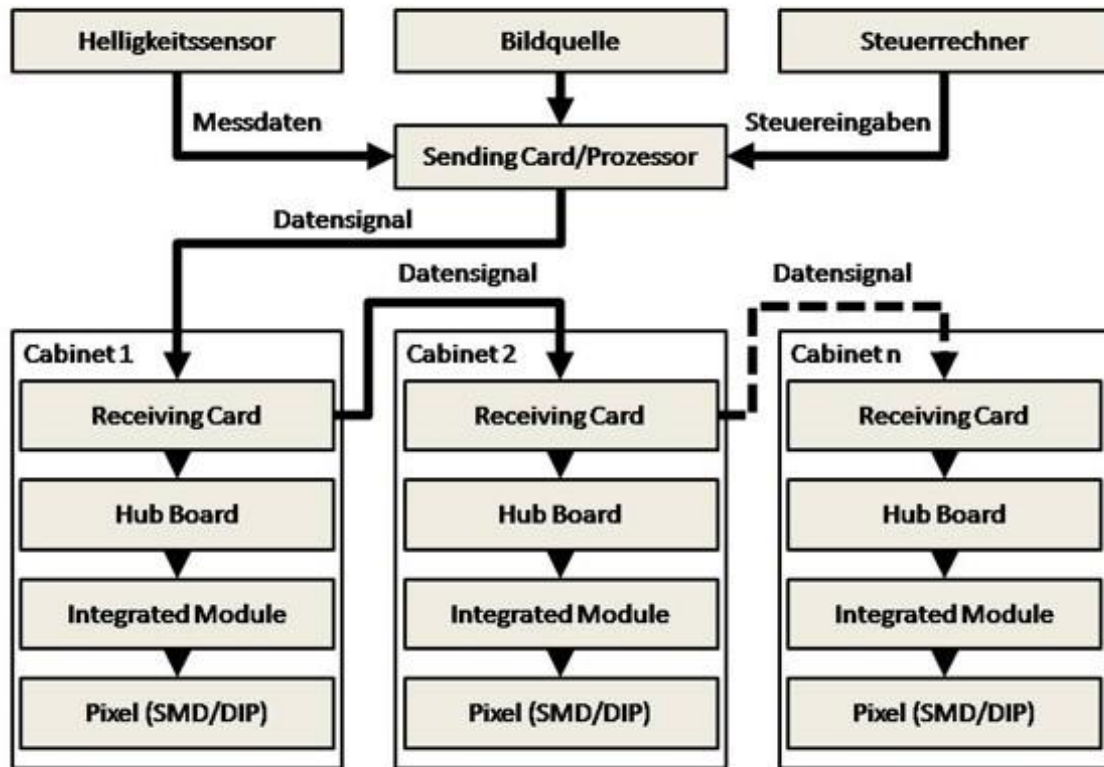


Abbildung 1: Schematische Signalfuss Darstellung einer LED-Installation¹

¹ Bildquelle: Vincent Stüdemann / Bachelorthesis vom 20.08.2016

3.1 Cabinet / Panel

Ein Cabinet, oder auch Panel genannt, bezeichnet ein LED-Gerät bzw. LED-Display im Ganzen. Es ist ein geschlossenes System bestehend aus all seinen mechanischen Bauteilen, um diese mit anderen Geräten fest verbinden zu können, als auch seinen elektronischen Bestandteilen, welche zum einen zur Spannungsversorgung und Signalverarbeitung dienen und zum anderen mittels Ein- und Ausgang Strom und Daten an die folgenden Geräte in der Kette weiterleiten.

Mehrere Cabinets bilden gemeinsam ein modulares System, aus welchem je nach Projekt und Anforderungen unterschiedliche LED-Wände sowohl im Festinstallationsbereich als auch in der Veranstaltungstechnik gebaut werden können.



Abbildung 2: Vorder- und Rückseite eines Cabinets²

3.2 Integrated Module (IM)

Unter einem Integrated Module, kurz IM, oft auch als Kachel oder schlicht Modul bezeichnet, versteht man eine meist 25cm x 25cm große Platine (PCB / printed circuit board) mit einem aus Plastik oder Aluminium bestehenden Rahmen bzw. Träger auf dessen Vorderseite die LEDs und auf der Rückseite der Anschluss zum Hub Board verbaut sind.

In den meisten Fällen hat ein Cabinet vier dieser IMs, es gibt aber auch LED-Systeme mit weniger oder mehr Kacheln pro Gerät. Gehalten werden die Integrated Modules auf den Chassis der Cabinets zum einen mittels Magneten, um bei einem Defekt diese leichter ausbauen und tauschen zu können, und zum anderen, bei Geräten für den Außeneinsatz, zusätzlich mit einer Schraube zur starren Verbindung mit dem Gehäuse.

² Bildquelle: Eigene Aufnahme aus Bestand vision tools rental and distributions gmbh

Als weitere Sicherheitsmaßnahme, für den Fall einer Wartung oder wenn ein Modul sich lösen sollte, ist ein kurzes Sicherungsseil zwischen Gehäuse und Modulträger, um ein Herunterfallen und damit größeren Schaden zu verhindern.

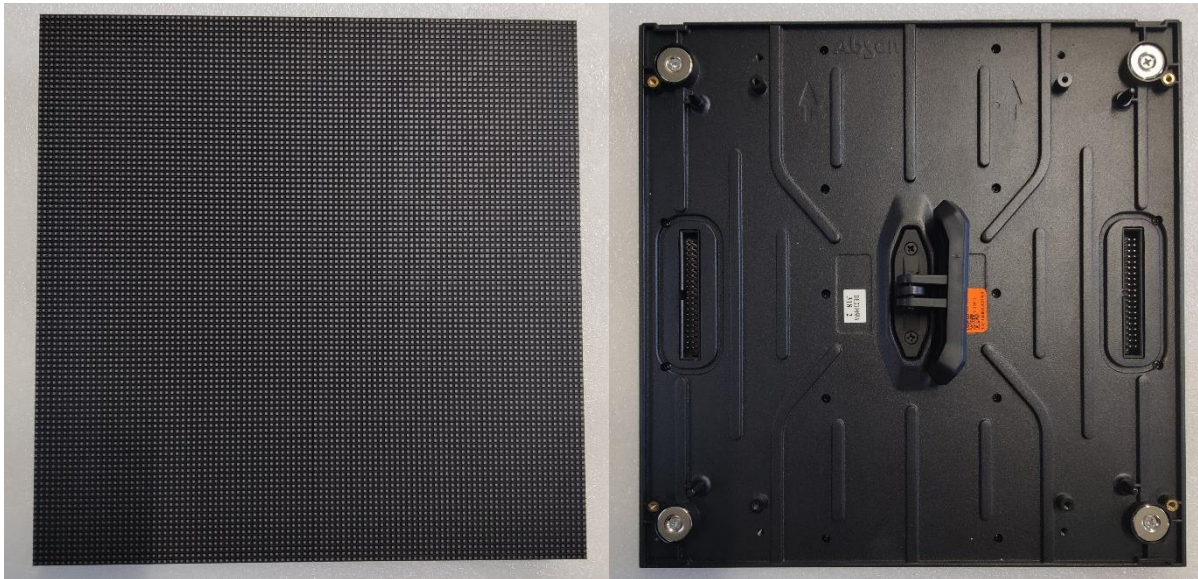


Abbildung 3: Vorder- und Rückseite eines IMs³

3.3 Receiving Card

Die Receiving Card ist das Herzstück jedes LED-Systems. Sie steckt auf dem Hub Board und bildet das Gegenstück zur Sending Card. Aussehen, Größe und die Bezeichnung der benötigten Dateien zur Inbetriebnahme von LED-Geräten variieren je nach Processing Hersteller.

Auf dieser Empfängerkarte werden die Cabinet-spezifischen Dateien und Informationen gespeichert, damit das von der Sending Card gesendete Signal richtig interpretiert und verarbeitet wird und das Gerät weiß, wo es sich in der Wand befindet und welchen Teil des Signals es anzeigen muss.



Abbildung 4: Novastar A5s Receiving Cards⁴

³ Bildquelle: Eigene Aufnahme aus Bestand vision tools rental and distributions gmbh

⁴ Bildquelle: Eigene Aufnahme aus Bestand vision tools rental and distributions gmbh

3.4 Hub Board

Das Hub Board ist die Verbindung zwischen den Integrated Modules und der Receiving Card. Es hat die entsprechende Menge an Steckplätzen für die Module des Gerätetyps sowie den Steckplatz für die Receiving Card als auch die Anschlüsse für die ein- und ausgehende Signalverbindung per Netzwerkkabel und die Spannungsversorgung der IMs.

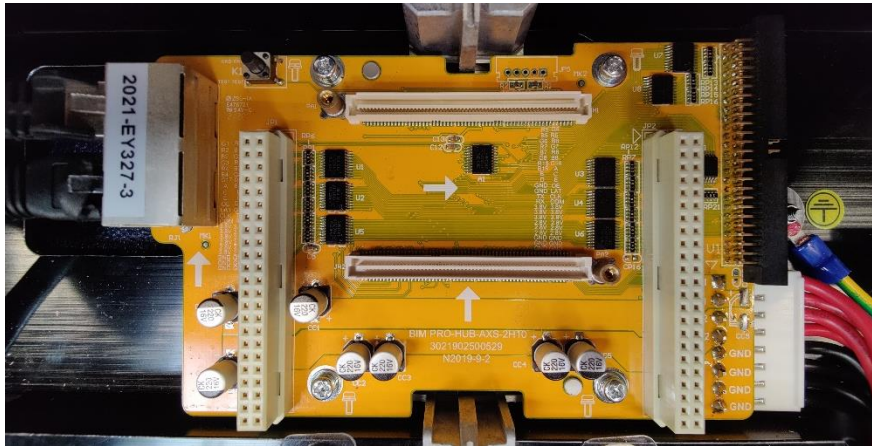


Abbildung 5: Hub Board mit allen Anschlüssen auf einer Seite⁵

3.5 SMD / DIP

LED-Wandsysteme werden grundsätzlich mit zwei unterschiedlichen Arten von bildgebenden Pixeln bestückt, entweder mit „surface mounted device“, kurz SMD, oder mit DIP, was für „dual in-line package“ steht. Dies sind zwei Arten von LED-Pixeln, die für unterschiedliche Ansprüche und je nach Projektanforderungen zum Einsatz kommen.

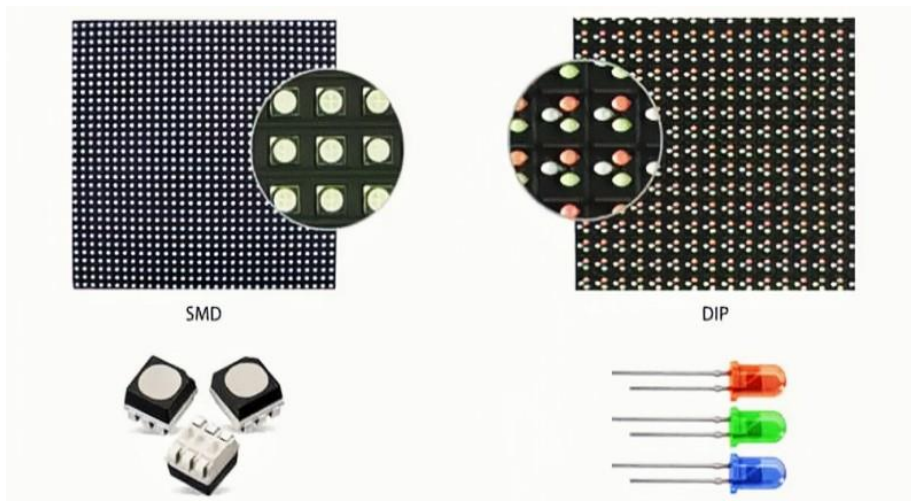


Abbildung 6: Vergleich SMD vs. DIP⁶

⁵ Bildquelle: Eigene Aufnahme aus Bestand vision tools rental and distributions gmbh

⁶ Bildquelle: Dakco <https://www.dakco.cn/blog/279.html> (abgerufen am 26.08.2023)

3.6 Pixelpitch

Der Begriff Pixelpitch beschreibt den Abstand zwischen zwei SMD oder DIP und ist entscheidend für die Pixeldichte pro Integrated Modul bzw. pro Cabinet. Gemessen wird der Pixelpitch vom Mittelpunkt des bildgebenden Pixels zum Mittelpunkt des nächstgelegenen Pixels. Je kleiner der Pixelpitch, desto höhere Auflösungen können auf einer kleineren LED-Wand gezeigt werden.

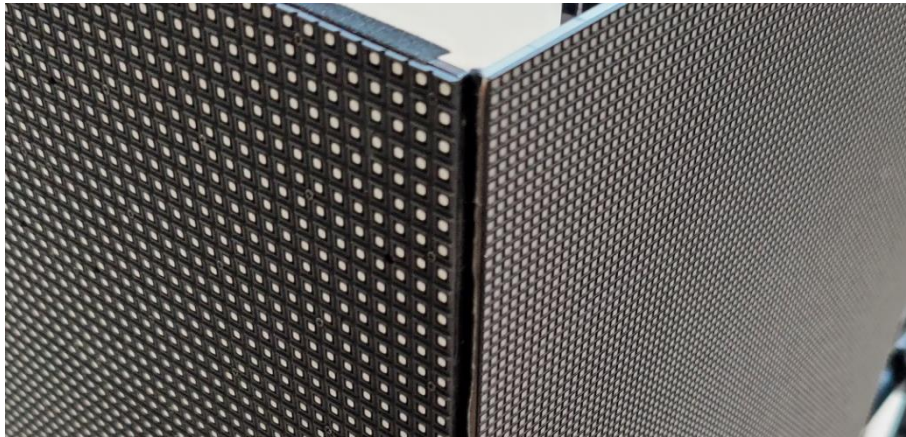


Abbildung 7: Vergleich unterschiedlicher Pixelpitches (Links: 4,8mm / Rechts: 2,5mm)⁷

3.7 Sending Card

Als Sending Card, auch Prozessor oder Controller genannt, wird ein externes Gerät bezeichnet, welches benötigt wird, um die gebaute LED-Wand zu konfigurieren, auf die Receiving Cards in den Cabinets die richtigen Daten zu speichern und um das Video-Signal von einem per HDMI, DVI oder SDI angeschlossenen Zuspelgerät auf der LED-Wand anzuzeigen.

Sending Cards gibt es von unterschiedlichen Herstellern und müssen zur fehlerfreien Bedienung vom selben Hersteller wie die im gewählten LED-System verbauten Receiving Cards sein, anderenfalls können die Geräte nicht miteinander kommunizieren und es kann kein Content auf der LED-Wand angezeigt werden. Je nach Funktionsanforderungen und Größe der LED-Wand wird eine der diversen Ausführungen Projekt spezifisch eingesetzt.



Abbildung 8: Novastar VX4 LED-Controller⁸

⁷ Bildquelle: Eigene Aufnahme aus Bestand vision tools rental and distributions gmbh

⁸ Bildquelle: Eigene Aufnahme aus Bestand vision tools rental and distributions gmbh

3.8 Config Datei

Die Config Datei ist die Werkseinstellung eines LED-Systems, wird bei der Produktion im Werk der LED-Hersteller abgestimmt auf die Zusammenstellung der verwendeten Bauteile für einen LED-Gerätetypen geschrieben und zusammen mit den Cabinets ausgeliefert.

In dieser Datei stehen alle relevanten Informationen, die eine Receiving Card benötigt, um zu wissen in was für einem Gerätetypen sie verbaut ist und wie die eingehenden Signale aus der Sending Card zu interpretieren und umzuwandeln sind, damit auf dem Cabinet das Videosignal fehlerfrei angezeigt wird.

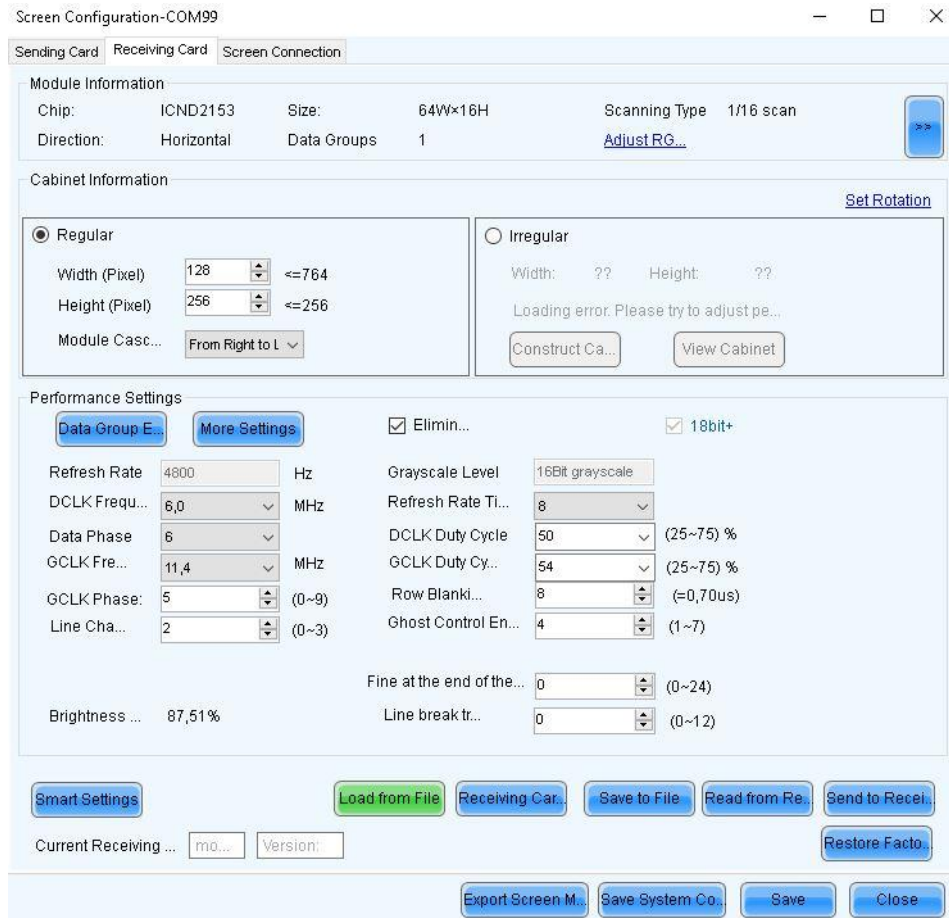


Abbildung 9: Screenshot von Config Datei aus Novastar Software⁹

3.9 Medienserver

Unter dem Begriff Medienserver können mehrere Gerätetypen der Content Zuspiegelung zusammengefasst werden. Je nach benötigtem Umfang der Funktionalität des Gerätes können dies kleinere Zuspiegel-Systeme, auf denen der auf der LED-Wand zu zeigende Inhalt per Fernzugriff jederzeit verändert oder angepasst werden kann, oder aber auch größere Systeme für Kunstinstallationen sein, die deutlich umfangreicher sowohl in der Menge der Ausspielwege und an gleichzeitig verarbeitbarem Content als auch in der Möglichkeit der Echtzeitbearbeitung des abzuspielenden Contents sein.

⁹ Bildquelle: Eigener Screenshot aus Novastar Software „NovaLCT V5.4.4.6“

Beispiele aktueller Medienserver sind unter anderem Systeme wie AV Stumpfl Pixera, Dataton Watchout / Watchpax, Catalyst, Barco E2, Christie Pandoras Box oder Analog Way Picturall Mark II.



Abbildung 10: Medienserver Barco E2¹⁰



Abbildung 11: Medienserver Christie Pandoras Box Server¹¹



Abbildung 12: Übersicht Medienserver-Modelle AV Stumpfl Pixera¹²

¹⁰ Bildquelle: Barco <https://www.barco.com/de/product/e2-gen-2> (abgerufen am 27.08.2023)

¹¹ Bildquelle: Christie Pandoras Box <https://www.christiepandorasbox.com/products/pandorasboxserver/>

¹² Bildquelle: AV Stumpfl Pixera <https://pixera.one/de/hardware/media-servers/uebersicht/>

4 Werbung, Kunst und Mediatektur

Um im Rahmen dieser Ausarbeitung neben den technischen Gegebenheiten und den daraus resultierenden möglichen Bewertungsrichtlinien von digitalen, selbstleuchtenden Wechselbildanlagen auch die auf diesen zu sehenden möglichen Inhalte genauer analysieren und für eventuelle Kriterien zur Beurteilung der LED-Installationen in Betracht ziehen zu können, muss zunächst der Begriff und die Wirkungsweise sowohl von Werbung als auch von Kunst und Mediatektur geklärt und voneinander differenziert werden.

4.1 Werbung

Im Folgenden wird zuerst der Begriff Werbung definiert, der Spezialfall Außenwerbung genauer betrachtet und analysiert welche Wirkung diese auf den Menschen im alltäglichen Stadtbild hat.

4.1.1 Definition

Werbung kann auf verschiedene Arten und Weisen für ganz unterschiedliche Zwecke zielgerichtet eingesetzt werden.

Im Allgemeinen ist Werbung ein Kommunikationsmittel im Marketing zwischen einer Marke, einem Unternehmen oder einem Dienstleister und deren potenziellen Kunden, um auf neue Produkte oder Dienste aufmerksam zu machen, neue Interessenten zu gewinnen, Bestandskunden zu festigen und so den Absatz ihrer Produkte und den daraus resultierenden Umsatz von Firmen und die Bekanntheit von Marken und Produkten zu steigern.

Dies geschieht durch den Einsatz von aktuellen verfügbaren Werbemitteln auf diversen Werbeträgern, auch Werbemedien genannt.

Dazu gehören altbekannte Formen, zum Beispiel Zeitungsannoncen, Flyer, Plakate, Fernseh- und Radiowerbespots, Informationsveranstaltungen, Gratisproben und Sponsoring von Großveranstaltungen.

Aber auch moderne digitale Medien werden für Marken und Firmen ein immer größerer und wichtigerer Bestandteil des Marketings, umso so viele Menschen wie möglich für ihre Waren und Dienstleistungen erreichen und ansprechen zu können. Dazu gehören zum einen Werbevideos auf digitalen Wechselbildanlagen, wie modernisierte Litfaßsäulen und Außenwerbeanlagen im öffentlichen Raum oder Displays und LED-Wände in Schaufenster von Läden und an Haltestellen des Öffentlichen Nah- und Fernverkehrs, sowie digitale Banner, Bauchbinden und Pop-Up Fenstern im Internet oder in Apps auf Smartphones und Kooperationen mit Digital Content Creators, die eine hohe Reichweite und ein großes Publikum auf einschlägigen Social-Media-Plattformen haben.

Geregelt wird Werbung durch das deutsche Wettbewerbsrecht, welches auf das Gesetz gegen unlauteren Wettbewerb¹³ aufbaut. Dies untersagt beispielsweise die Nachahmung oder Verunglimpfung von Konkurrenten, die Irreführung von Kunden und reguliert das Bewerben von bestimmten Produkten wie Tabak oder Arzneimittel.

Als zweite Instanz der Kontrolle von Werbung gibt es den Deutschen Werberat.

Dieser agiert als eine nicht-staatliche Institution, welche im November 1972¹⁴ gegründet wurde, und über die gesetzlichen Regularien hinaus, Werbung in Bezug auf *allgemein anerkannte Grundwerte der Gesellschaft wie Anstand, Moral und soziale Verantwortung*¹⁵ überprüft.

Zusammenfassend kann Werbung mit seiner Funktion als *Instrument der Kommunikationspolitik*¹⁶ im Marketing und als *gesteuerte Form der Beeinflussung von Menschen*¹⁷ für die folgenden Zwecke gezielt eingesetzt werden:

1. Bekanntmachung
2. Information
3. Suggestion
4. Image
5. Erinnerung

Hierzu stehen den Unternehmen, Marken und Dienstleistern folgende Werbeformen zur Verfügung¹⁸:

1. **Printwerbung** in Form sämtlicher gedruckte Werbeartikel, unter anderem Werbeanzeigen in Zeitungen, Zeitschriften und Katalogen oder Flyern.
2. **Außenwerbung** im öffentlichen Raum, auch als Out Of Home Advertising (kurz OOH) bezeichnet, in Form von Litfaßsäulen, Plakatwänden, Folierungen auf Fahrzeugen oder digitale Werbeflächen an Straßen, in Fußgängerzonen, Einkaufspassagen oder an Haltestellen des öffentlichen Nah- und Fernverkehrs.
3. **Werbespots** in Funk und Fernsehen, hierzu zählt Werbung im Rundfunk / Radio, Fernsehen, Kino und inzwischen auch vor, zwischen oder nach Videos auf Plattformen wie z.B. YouTube.
4. **Internetwerbung** beinhaltet die digitale Form und zunehmende Präsenz von Werbebannern und Clips oder Bildern als Postings auf diversen Social-Media-Plattformen oder Internetseiten.

¹³ vgl. Wirtschaftslexikon24 (2023)

¹⁴ vgl. Werberat (2023)

¹⁵ vgl. Werberat (2023)

¹⁶ vgl. Bundeszentrale für politische Bildung (2023)

¹⁷ vgl. Bundeszentrale für politische Bildung (2023)

¹⁸ vgl. Advidera (2023)

4.1.2 Digitale Außenwerbung

Im Falle dieser analytischen Ausarbeitung in Bezug auf selbstleuchtende, digitale LED-Wechselbildanlagen muss die Art der Werbung als Außenwerbeinstallation genauer betrachtet werden.

Außenwerbung wird auch Out Of Home Advertising oder Digital Out Of Home Advertising genannt.

Ein großer Vorteil und ein wichtiges Merkmal ist die Möglichkeit der Massenwerbung, mit der man im öffentlichen für alle zugänglichen Raum viele unterschiedliche Menschen und damit eine große potenzielle Zielgruppe gleichzeitig erreichen kann.

Durch die infrastrukturell vorteilhafte Positionierung im Stadtbild von Litfaßsäulen, Plakaten und digitalen Infoscreens oder Werbetafeln an viel befahrenen Straßen und Verkehrsknotenpunkten, Bus- und Bahn-Haltestellen, in Einkaufsstraßen und Fußgängerzonen erzeugt man eine hohe Reichweite und Kontakthäufigkeit für das beworbene Produkt oder die angebotene Dienstleistung¹⁹, wodurch das Kaufpotenzial von Bestands- und Neukunden deutlich effizienter erhöht wird.²⁰



Abbildung 13: FAW OOH Medien - Litfaßsäule²¹

Zu den klassischen OOH-Werbemitteln gehören nebst Werbeflächen und Litfaßsäulen auch sogenannte „Megalight Boards“, welche durch die von hinten beleuchteten Plakate Passanten und Verkehrsteilnehmer auch noch nach Anbruch der Dunkelheit auf Produkte und Dienstleistungen aufmerksam machen können.

¹⁹ vgl. Gabler Wirtschaftslexikon (2023)

²⁰ vgl. Advidera (2023)

²¹ Bildquelle: FAW e.V. <https://faw-ev.de/out-of-home-medien-plakatwerbung#slide-Allgemeinstelle>



Abbildung 14: FAW OOH Medien - City Light Board²²



Abbildung 15: FAW OOH Medien - Riesenposter²³

Im Zuge der technischen Weiterentwicklung wird die Möglichkeit immer populärer mittels LED-Geräte mit kleinen Pixelabständen, wodurch auf kleineren Werbewänden eine größere Bildauflösung erreicht werden kann, ein modulares Baukastensystem zu haben, welches verhältnismäßig einfach auf Verkaufsf lächen, im Schaufenster oder als selbstleuchtende, digitale Außenwerbesysteme zu installieren und der gezeigte Content schnell anpassbar und einfach zu bedienen ist.

²² Bildquelle: FAW e.V. <https://faw-ev.de/out-of-home-medien-plakatwerbung#slide-City-Light-Board>

²³ Bildquelle: FAW e.V. <https://faw-ev.de/out-of-home-medien-plakatwerbung#slide-Riesenposter>

Mit dieser neuen Form der Außenwerbung als Digital Out of Home Advertising kann Werbung nicht mehr nur als statische Motive, sondern auch als bewegtes Bild im öffentlichen Raum integriert werden. Je nach Produkt, Ort, Tageszeit oder Wetterlage kann der zu sehende Werbeinhalt binnen kürzester Zeit geändert, kostengünstiger und effizienter eingesetzt und Streuverluste verringert werden²⁴.



Abbildung 16: FAW DOOH Medien - Bahnhöfe²⁵



Abbildung 17: FAW DOOH Medien - Flughafen²⁶

²⁴ vgl. HubSpot (2023)

²⁵ Bildquelle: FAW e.V. <https://faw-ev.de/out-of-home-medien-digital-out-of-home/#slide-Auto-bahn%20und%20Autofahrer>

²⁶ Bildquelle: FAW e.V. <https://faw-ev.de/out-of-home-medien-digital-out-of-home/#slide-Fahrgast%20T>

Durch die Möglichkeit kurzer Spots als Bewegtbild-Werbung, können Unternehmen die Außenwerbung in vielerlei kreativerer und abwechslungsreicherer Art und Weise einsetzen, um das Interesse für ihr Produkt bei Passanten zu wecken, als sie es mit statischen Bildern bei den klassischen Out Of Home Varianten konnten²⁷

Dabei sind die Vorgaben und technischen Daten der Firmen, welche die DOOH-Systeme betreiben und diese als Werbeflächen anbieten, beispielsweise Ströer und JCDecaux bzw. WallDecaux, zu beachten, sowie dass die Werbebotschaft in solch einem kurzen Spot, trotz der vielen kreativen Möglichkeiten die Werbung ansprechend zu gestalten, eindeutig und leicht verständlich übermittelt wird.²⁸

Des Weiteren müssen die jeweiligen im Bundesland geltenden juristischen und rechtlichen Beschränkungen in Bezug auf Werbung an bestimmten Orten und für Werbemaßnahmen auf Grundstücken und an Gebäuden beachtet werden.²⁹

Ein wichtiger zusätzlicher Aspekt der digitalen Außenwerbeanlagen ist die Möglichkeit des Infotainments, was die DOOH-Systeme zu einem wesentlichen Teil der öffentlichen Informations- und Sicherheitsinfrastruktur macht³⁰



Abbildung 18: Link: OOH; Rechts: DOOH / an einer großen Straßenkreuzung in Hamburg³¹

²⁷ vgl. HubSpot (2023)

²⁸ vgl. HubSpot (2023)

²⁹ vgl. Gabler Wirtschaftslexikon (2023)

³⁰ vgl. Fachverband Aussenwerbung e.V. (2023)

³¹ Bildquelle: Eigene Aufnahme

Innerhalb kürzester Zeit können nicht nur Werbespots angepasst werden, sondern auch öffentlich relevante Informationen, wie zum Beispiel Kurznachrichten, Wetterberichte, Verkehrsmitteilungen oder, wie im Falle der bis vor Kurzem anhaltenden Corona Pandemie, aktuelle Verhaltensrichtlinien und die neusten Bestimmungen in Bezug auf Gefahrensituation auf den Screens geteilt und dadurch so vielen Menschen wie möglich gleichzeitig informiert werden.

Dem Fachverband Aussenwerbung e.V. zufolge beträgt der Anteil an redaktionellen bzw. nicht-kommerziellen Inhalten auf digitalen DOOH-Systemen bis zu 70 Prozent, diese ergeben sich durch Nutzung der Anlagen durch die öffentliche Hand (Bund, Länder, Städte und Kommunen) zur demokratischen, barrierefreien und diskriminierungsfreien Kommunikation mit der Gesamtbevölkerung.

Hierzu gehören zum Beispiel Kampagnen zur gesundheitlichen Aufklärung, Förderung des Demokratieverständnisses und der Bürgerbeteiligung, der Gleichberechtigung, zum Schutz von Minderheiten, zum Klima- und Umweltschutz, für Mobilitätshinweise, dem Gesundheitsschutz, für kultur- und Freizeitangebote und für Warnmeldungen.³²

Die Betreiber der Anlagen sind verpflichtet in Katastrophenfällen oder bei erheblichen Gefahren für die öffentliche Sicherheit in Zusammenarbeit sowohl mit dem Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe als auch mit der Polizei und der Feuerwehr bekanntgegebene Warnmeldungen unmittelbar auf den Screens anzuzeigen. Diese sind zu diesem Zweck zusätzlich an das Modulare Warnsystem (MoWaS) von Bund und Ländern angebunden.³³



Abbildung 19: „Ströer unterstützt Schweriner Warnsystem“³⁴

³² vgl. Fachverband Aussenwerbung e.V. (2023)

³³ vgl. Fachverband Aussenwerbung e.V. (2023)

³⁴ Bildquelle: SVZ/Marco Dittmer <https://blog.stroeer.de/nachhaltigkeit/stroeer-unterstuetzt-schweriner-warnsystem/> (zuletzt abgerufen am 27.08.2023)

4.2 Kunst

Neben dem Einsatz von LED-Installationen im öffentlichen Raum für Werbezwecke zeigt sich auch ein stetig wachsendes Interesse der Nutzung von digitalen Medien, um Kunst z.B. mittels selbstleuchtenden, digitalen LED-Wechselbildanlagen an Gebäudefassaden in das Stadtbild zu integrieren.



Abbildung 20: Port of Kiel - LED Fassade der Landstromanlage am Ostseekai³⁵

Somit muss im nächsten Schritt der Begriff der Kunst bestmöglich definiert und die Art und Umsetzung von digitaler Kunst auf LED-Wänden genauer betrachtet werden, um so gegebenenfalls eine Abgrenzung innerhalb der technischen Bewertungsrichtlinien zu den DOOH-Systemen formulieren und berücksichtigen zu können.

4.2.1 Definition

Kunst kann generell nur sehr schwer genau definiert werden, da etwas durch subjektive Empfindung eines jeden Individuums als Kunst empfunden und erkannt werden kann, ohne dass dies eine allgemeine Gültigkeit haben muss.

Die meisten Menschen denken bei dem Begriff zuerst an Kunstmuseen, Ausstellungen, Gemälde und Skulpturen.³⁶

³⁵ Bildquelle: Port of Kiel <https://www.portofkiel.com/news/kieler-landstromanlage-mit-deutschem-lichtdesign-preis-ausgezeichnet.html> (zuletzt abgerufen am 27.08.2023)

³⁶ Akademie Kraatz (2023)

Verallgemeinert kann jedoch unter dem Begriff Kunst ein Kommunikationsmedium verstanden werden, mit dem ein Künstler seine Ideen, Eindrücke und Emotionen mittels schöpferischen Gestaltens aus verschiedensten Materialien und Medien für sein Publikum erschafft und so eine geistige und emotionale Verbindung mit dem Betrachter herstellt³⁷.

Kunst soll eine Möglichkeit für den Künstler sein, sein Geschick im künstlerischen Schaffen zu zeigen und seiner inneren Welt, seinen Gefühlen und seine Sicht der echten Welt Ausdruck zu verleihen. Aber auch durch die Betrachtung und Interpretation des Geschaffenen kann die Vorstellungskraft, Kreativität und Selbstreflexion gefördert werden und die Menschen näher zusammenbringen, um sich gemeinschaftlich auszutauschen, Emotionen zusammen zu erleben und die Entwicklung der Kultur voranzubringen.

Heutzutage werden nicht nur Werke, welche unter Anwendung von Kulturtechniken wie der Schrift, der Musik, dem Zeichnen, der Architektur oder der Bildhauerei kreiert worden sind, als Kunst bezeichnet, sondern auch solche Werke geschaffen mit moderner Technik wie der Fotografie, dem Film, der Lichttechnik und digitalen Programmen und Produktionen können als Kunst angesehen und gewertet werden.

Um den umfangreichen, künstlerischen Ausdruck und die unterschiedlichen Arten Kunst zu erschaffen besser verstehen und einteilen zu können, wurden die verschiedenen Kunstformen in fünf Genres aufgeteilt und mit der Basis ihrer gemeinsamen Ansätze und Intentionen in Gruppen spezifiziert.³⁸

Allerdings kann es, aufgrund sehr verschwimmender Grenzen zwischen diesen und den ähnlichen Ansätzen und Intentionen der einzelnen Künste, oft schwierig sein ein Kunstwerk einer bestimmten Kategorie zu zuordnen.³⁹

1. Die schönen Künste

Diese bezeichnen alle Kunstformen mit dem Ziel des Ausdrucks und der Darstellung des Schönen. Hierzu zählen die Architektur, die bildenden und grafischen Künste, die Musik und Literatur, sowie die darstellenden Künste des Theaters, des Tanzes und der Poesie.

2. Bildende Kunst

Sie umfasst die Bereiche der Kunst in denen der Künstler mit Materialien und Formen arbeitet, wie zum Beispiel bei der Bildhauerei, der Gravierkunst, Zeichnung, Malerei, Kunstkeramik und Teile der Architektur. Heutzutage zählen aber auch Fotografie, Video und sämtliche Formen der digitalen Produktion dazu.

³⁷ Art Affair (2023)

³⁸ Art Affair (2023)

³⁹ Art Affair (2023)

3. Angewandte Kunst

Diese Form der Kunst fasst die Darstellung von Werken für kommerzielle, industrielle oder Werbezwecke zusammen und hat in der Regel, anders als bei den schönen und bildenden Künsten, nicht das Ziel der Erschaffung ästhetischer und einzigartiger Werke, sondern kann mehrfach oder sogar in Serie produziert werden.

Beispiele für angewandte Kunstwerke sind in den Bereichen des Designens von Räumen, Produkten, Textilien und der Kommunikation (Werbung) zu finden, aber auch in dem Kunsthandwerk wie Schmuck und Uhren, weshalb in diesen Bereichen die Erschaffer nicht als Künstler sondern eher als Designer bezeichnet werden.

4. Dekorative Kunst

Hierunter fallen handwerklich geschaffene Werke, welche einen funktionellen anstelle eines ästhetischen Zwecks, wie z.B. in der Innendekoration oder der Innenarchitektur und der Herstellung von dekorativen und funktionellen Gegenständen mit Hilfe von Bildhauerei, Glas- oder Keramikbearbeitung, innehaben.

5. Abstrakte und Figurative Kunst

Im Gegensatz zu den gegenständlichen Kunstformen in denen ein Künstler die Realität, so wie er sie wahrnimmt, in seinen Werken widerspiegelt, versuchen Künstler der abstrakten und figurativen Künste Werke zu erschaffen, welche Formen und Farben beinhalten, die in dieser Art und Weise so noch nicht in der realen Welt, sondern durch die Kreativität und Vorstellungskraft bisher nur im Geiste des Künstlers existieren.

Im Laufe der Kunstgeschichte hat sich der Begriff, das Verständnis und die Definition von Kunst, zwingend stetig im direkten Zusammenhang mit der Entwicklung der Menschheit, der Gesellschaft und der Kulturen, geprägt durch verschiedenste Kunstepochen mit ihren einflussreichsten Künstlern und jahrtausendlanger Forschung der Wissenschaft und zur Verfügung stehenden Technologien verändert und weiterentwickelt.

Verstand man einst vor allem die Art und Weise des Tuns, die Tätigkeit als solche und den Prozess des Erschaffens eines Kunstwerks selbst als Kunst, ist in der heutigen, modernen und digitalen Welt das künstlerische Schaffen so vielschichtig, dass jeder seine eigene Definition und Vorstellung von Kunst hat und somit auch eine einfache Idee, ein originelles Konzept, eine menschliche Aktivität oder das daraus resultierende Ergebnis als Kunst gewertet werden kann, solange es bei anderen Menschen als Betrachter eine Empfindung, eine Emotion oder eine Überlegung auslöst.⁴⁰

⁴⁰ Art Affair (2023)

Im juristischen Sinne darf der Staat selbst nicht bestimmen, was als Kunst gilt und was nicht, er darf keine Vorgaben zur Art und Form von Kunstwerken vorgeben und es darf kein Kunstrichtertum geben, welches den Begriff Kunst, in dem was ihn ausmacht, definiert.⁴¹

Jedoch gilt in Deutschland laut Art. 5 Abs. 3, S. 1 GG die Kunstfreiheit, wodurch die individuelle Ausdrucksformen der Menschen geschützt und das schöpferische Ausleben jedes Einzelnen gewährleistet sein soll.

Um die Kunstfreiheit in der Rechtsanwendung praktikabel und in der Justiz umsetzbar zu machen, wird hier zwischen dem „Formellen Kunstbegriff“, alles was sich einer bestimmten Kunstform zuordnen lässt, dem „Materiellen Kunstbegriff“, laut Bundesverfassungsgericht die freie schöpferische Gestaltung der Eindrücke, Erfahrungen und Erlebnisse des Künstlers, welche durch das Medium einer bestimmten Formensprache zur unmittelbaren Anschauung gebracht wird, dem „offenen Kunstbegriff“, eine Äußerung bzw. Darstellung gilt als künstlerisch, wenn diese eine praktisch unerschöpfliche und vielstufige Informationsvermittlung durch fortlaufende Interpretation eine immer weiter reichende Bedeutung erhält, und der „Lehre von der Drittanerkennung“, Kunst wird von einer sachverständigen dritten Person als Kunst verstanden und bezeichnet, unterschieden und definiert.⁴²

4.2.2 Medien- und Digitalkunst im öffentlichen Raum

In der Postmoderne stehen aufgrund der raschen Entwicklung verfügbarer Technologien die Medien- und Digitalkunst in Form von z.B. digitale Video- und Klanginstallationen (Multimediale Digitale Kunst), Virtuelle Realitäten, mit dem Computer durch Nutzung unterschiedlicher Software bearbeitete, erzeugte oder generierte Bildkunst und interaktive Kunstinstallationen scheinbar unendlich viele neue Wege für Künstler zur Verfügung ihrer Kreativität freien Lauf zu lassen und Kunstwerke zum Leben zu erwecken.

Die Medienkunst kann in diverse Unterkategorien aufgeteilt werden, je nachdem welche Medien zur Erschaffung, Darstellung und Wiedergabe von modernen, digitalen Kunstwerken genutzt werden.

Mit moderner Technik ist der Zuschauer nicht mehr bloß Beobachter oder Betrachter von Kunstwerken, sondern wird selbst ein wichtiger Bestandteil dessen, indem das Kunstwerk erst durch die Partizipation und die Interaktion mittels z.B. Augmented, Virtual oder Mixed Reality aktiviert wird und der Mensch zum Benutzer der Kunst wird.⁴³

⁴¹ Akademie Kraatz (2023)

⁴² Akademie Kraatz (2023)

⁴³ Karlsruhe – UNESCO City of Media Arts (2023)

Mediale Kunst kann sich innerhalb des urbanen Kontextes in unterschiedlichen Formen zeigen, sowohl als temporäre Installationen z.B. für Kunstfestivals oder im Zuge von Theateraufführungen oder aber auch als feste Integration in die Architektur neuer Gebäude, an bestehende Außenfassaden oder andere öffentlich zugängliche Plätze im Stadtbild.



Abbildung 21: Gold House, in der Metrotown-Gemeinde der Stadt Burnaby (British Columbia)⁴⁴

In Bezug auf das Potenzial von LED-Systemen als Medium zur Wiedergabe von Digitalkunst, können diese zum einen für mehrere Arten der Medienkunst gleichzeitig genutzt werden und auf der anderen Seite kann mit Wechselbildanlagen im Stadtbild, ähnlich wie bei der Nutzung solcher Anlagen für Außenwerbung, die Aufmerksamkeit vieler Menschen gleichzeitig auf die darauf gezeigten Kunstwerke gezogen werden.

Die Karlsruhe UNESCO City of Media Arts hat zum Beispiel zusammen mit der Staatlichen Hochschule für Gestaltung Karlsruhe (HfG) im Zuge des „GO Public!“ Projekts vom 11. bis 16. Februar 2023 die LED-Wand auf dem Dach des Badischen Staatstheaters dazu genutzt ein experimentelles Medienkunstprojekt im öffentlichen Raum als temporäre Ausstellung zu veranstalten, bei dem täglich ab 18 Uhr Videoarbeiten von Studierenden der HfG gezeigt wurden.

⁴⁴ Bildquelle: Digital AV Magazin <https://www.digitalavmagazine.com/de/2020/08/25/la-pantalla-led-ecodot-convierte-la-fachada-del-gold-house-en-un-gran-lienzo-de-arte-digital/> (zuletzt abgerufen am 27.08.2023)



Abbildung 22: Badisches Staatstheater Karlsruhe - GO Public! Fedor/Becky, STADTTHEATER⁴⁵

Die digitalen Videokunstwerke spiegelten die Welterfahrungen der jungen Künstlerinnen und Künstler auf Basis ihrer verschiedenen Nationalitäten wider, verweisen auf komplexe gesellschaftliche Prozesse, wie der Beziehung zwischen analogem und virtuellem Raum, den Verlust von Naturräumen oder die Herstellung neuer Materialien wie Biokunststoffe und zeigten auf spielerische Weise ihre unterschiedlichen Begegnungen und Erfahrungen in Alltagssituation in der Stadt Karlsruhe.⁴⁶

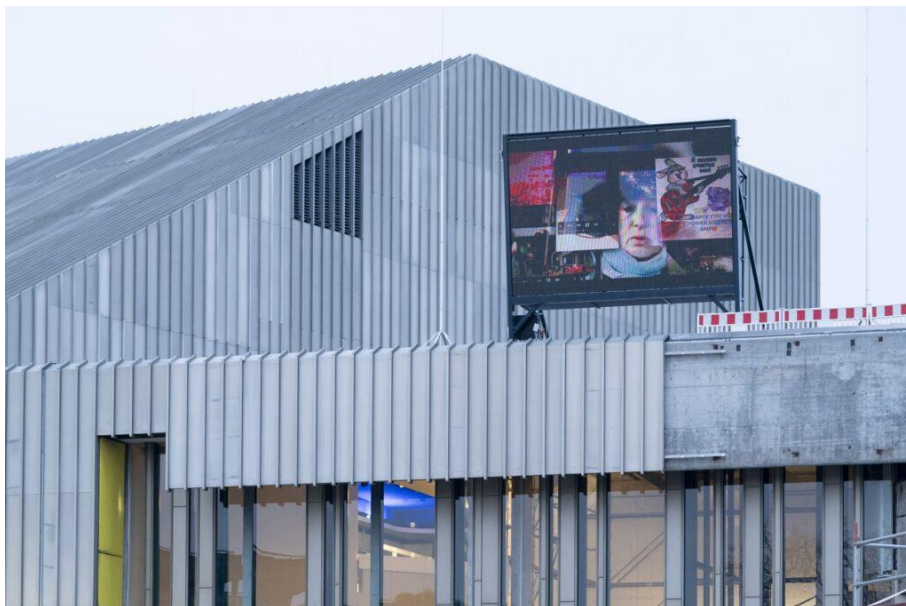


Abbildung 23: Badisches Staatstheater Karlsruhe - GO Public! Anastasia Wick, Homecoming⁴⁷

⁴⁵ Bildquelle: City of Media Art / Fedor/Becky, STADTTHEATER, 2023, Foto: Tanja Meißner / <https://www.cityofmediaarts.de/de/werke/stadttheater-2023/> (zuletzt abgerufen am 27.08.2023)

⁴⁶ Karlsruhe – UNESCO City of Media Arts (2023)

⁴⁷ Bildquelle: City of Media Art / Anastasia Wick, Homecoming, 2023, Foto: Tanja Meißner / <https://www.cityofmediaarts.de/de/werke/homecoming-2023/> (zuletzt abgerufen am 27.08.2023)

4.3 Mediatektur / Medienarchitektur

Zum einen kann als technische Definition die einfache Integration von unterschiedlichen modernen Medientypen als digitale, bild- und tongebende Elemente in der Architektur als Mediatektur verstanden werden; zum anderen jedoch kann die Mediatektur selbst ein Medium der Architektur sein, welches dazu dient Formen zu verändern, zu erweitern oder fortzuführen und so einen Erlebniskontext in der Architektur von Gebäuden und Räumen erschaffen.

In der Mediatektur spielen also nicht nur die technischen, digitalen Medien als Bestandteil der Architektur eine wichtige Rolle, sondern die damit einhergehenden Möglichkeiten der Visualisierung und gestalterischen Erweiterung des Raumerlebens in Form des Zusammenspiels von realem und virtuellem Raum und architektonischen Elementen.⁴⁸

Dazu gehören unter anderen auch Medienfassaden aus LED-Systemen an Gebäuden wie zum Beispiel die 2016 mit dem internationalen Media Architecture Award ausgezeichnete Installation „Klubhaus St. Pauli“ in Hamburg des Medienkünstlers Thorsten Bauer.



Abbildung 24: Klubhaus St. Pauli in Hamburg auf der Reeperbahn⁴⁹

Laut eines mit ihm geführten Interviews vom 27. März 2017 mit dem Online-Magazin für AV-Systemintegration „Profession System“, umfasst für ihn der Begriff der Mediatektur in technischer Hinsicht jegliche architektonische Fassade, welche durch den Einsatz von bildgebender Medientechnik um eine mediale Dimension erweitert wird, wodurch es hoch innovativ ist und viele neue Denkrichtungen ermöglicht.⁵⁰

⁴⁸ vgl. „Handbuch Mediatektur“ von Andrea Rostásy und Tobias Sievers / Seite 33-35

⁴⁹ Bildquelle: Thorsten Bauer <https://thorsten-bauer.com/work/pill-pack-4/> (zuletzt abgerufen am 27.08.2023)

⁵⁰ vgl. Professional System (2023)

Des Weiteren weist er darauf hin, dass Mediatektur als ganzheitliches Phänomen mit seinen eigenen Gesetzmäßigkeiten erkannt werden muss, welches die normalerweise statische Architektur in einen dynamischen Zustand wandelt und dieser eine Zeitkomponente hinzufügt, in der das Erscheinungsbild und deren Ausdruck verändert werden kann.

Allerdings besteht weiterhin das Problem in Bezug auf Medienfassaden, dass diese häufig als urbanen Screen wahrgenommen werden und sie dazu verleiten, beliebige Inhalte in den Stadtraum zu kommunizieren, anstatt die Architektur selbst mit Bewegtbildern zu unterstreichen und zum Ausdruck zu bringen.

Genau deshalb muss ein Weg gefunden und definiert werden, um die dynamische Mediatektur von anderen im urbanen Raum befindlichen (LED-) Screens, welche als reine Kommunikationsträger zu hauptsächlich Werbezwecken und zum Kommunizieren von Botschaften an so viele Menschen wie möglich dienen, abzugrenzen und differenzieren zu können.

Hierzu kann die Vorgabe an die Mediatektur gestellt werden, dass die in die Architektur integrierten medialen Elemente dem Zweck dienen müssen, mit den gezeigten Videoinhalten einen engen Bezug zum Gebäude, zum Ort oder der unmittelbaren Umgebung in Form von ästhetischer Setzung, inhaltlicher Bezugnahme oder konzeptionellen Bezügen zu schaffen.

Verglichen mit diesen Aspekt sind digitale Außenwerbeanlagen eben nicht gebäudespezifisch und kommunizieren die zu übermittelnde Botschaften wie zum Beispiel zu Werbe- oder Informationszwecken ortsunabhängig in den öffentlichen Raum.

5 Auswirkungen auf Stadtbild und Umwelt

5.1 Wandel der Ästhetik des Stadtbildes

Das Erscheinungsbild und somit die Ästhetik eines Stadtbildes entwickelt sich von Generation zu Generation im direkten Zusammenhang mit der Weiterentwicklung der Kultur und des technologischen und wissenschaftlichen Fortschritts.

Somit ist es unausweichlich, dass auch selbstleuchtende, digitale LED-Wechselbildanlagen, zum einen in Form von Digital Out Of Home Systemen zu Werbe- und Informationszwecken und zum anderen in Form von digitalen Kunstinstallationen und Mediatektur als neues Element der Architektur zur Erweiterung des statischen Raumes durch eine dynamische und veränderbare Ebene, eine stetig wachsende Präsenz im öffentlichen Raum haben und so das Stadtbild und die Ästhetik einer Stadt beeinflussen und zunehmend ein wichtiger Bestandteil dessen werden.

Da Außenwerbeanlagen nicht dem rein kommerziellen Zweck dienen, sondern mittlerweile auch ein wesentliches zentrales Element der öffentlichen Informations- und Sicherheitsstruktur darstellt und durch die Digitalisierung dieser Anlagen dem Bund, den Ländern und den Städten ein schnelleres, energieeffizienteres und flexibleres Kommunikationsmittel zum Erreichen der breiten Masse der Bevölkerung zur Verfügung steht, sind die DOOH-Systeme aus dem Stadtbild nicht mehr weg zu denken. Auch nimmt die Anzahl an Medienfassaden bzw. Architektur mit integrierten medialen Elementen stetig zu, jedoch sind diese in Städten Deutschlands und Europas scheinbar noch längst nicht so populär und verbreitet wie vergleichsweise in asiatischen Metropolen.

Ein deutlicher Vergleich der kulturellen Unterschiede und Gestaltungsansätze bei Medienfassaden im Stadtbild ist auf der einen Seite im europäischen Raum die in der Gebäudefassade der Erweiterung des Kunstmuseums in Basel dezent eingelassenen LED Elemente, um Schriftzüge, Muster, bewegte oder unbewegte Bilder in Bezug auf das Kunstmuseum zu zeigen, auf der anderen Seite gibt es in Hongkong täglich für 15 Minuten eine Symphonie des Lichts bei der die komplette Stadtlandschaft und diverse Fassaden der Skyscraper einbezogen werden.⁵¹

⁵¹ Sehenswürdigkeiten Online (2023)



Abbildung 25: Symphony of Lights in Hongkong⁵²



Abbildung 26: Symphony of Lights - Blick vom Wasser⁵³

⁵² Bildquelle: Discover Hongkong <https://www.discoverhongkong.com/de/promotions/mytimeforhongkong/world-class-events/symphony-of-lights.html> (zuletzt abgerufen am 27.08.2023)

⁵³ Bildquelle: Discover Hongkong <https://www.discoverhongkong.com/eng/explore/attractions/choreographing-the-symphony-of-lights.html> (zuletzt abgerufen am 27.08.2023)



Abbildung 27: Symphony of Lights - LED-Gebäudefassade⁵⁴

Vier weitere erwähnenswerte internationale Beispiele wie Medienfassaden das Erscheinungsbild und die Ästhetik einer Stadt positiv beeinflussen können, sind die Ultra-Large Outdoor Curved LED-Wall von Samsung am COEX Convention Center in Seoul im Stadtteil Gangnam-gu, die sowohl als DOOH-Werbefläche genutzt wird auf welcher aber auch regelmäßig beeindruckende künstlerische Visualisierungen gezeigt und in den öffentlichen Raum transportiert werden⁵⁵, die LED-Boards an Gebäudefassaden des AT&T Discovery District in Dallas, die ausschließlich zur Präsentation von Videokunst und Public-Art gebaut wurden⁵⁶, die über Eck laufende LED Installation am Gold House der Rize Alliance Properties (siehe Abbildung 21 auf Seite 31), welche als größter, nicht kommerzieller Street-Art-LED-Screen in Nordamerika eingestuft wurde⁵⁷, sowie die LED Wand des Ottawa Museum of Science and Technology in Canada, welche als Eingang dient und somit das Erlebnis des Museumsbesuchers deutlich prägt⁵⁸.

⁵⁴ Bildquelle: Discover Hongkong <https://www.discoverhongkong.com/eng/explore/attractions/choreographing-the-symphony-of-lights.html> (zuletzt abgerufen am 27.08.2023)

⁵⁵ Invidis (2023)

⁵⁶ Invidis (2023)

⁵⁷ Digital AV-Magazin (2023)

⁵⁸ AVI SPL (2023)

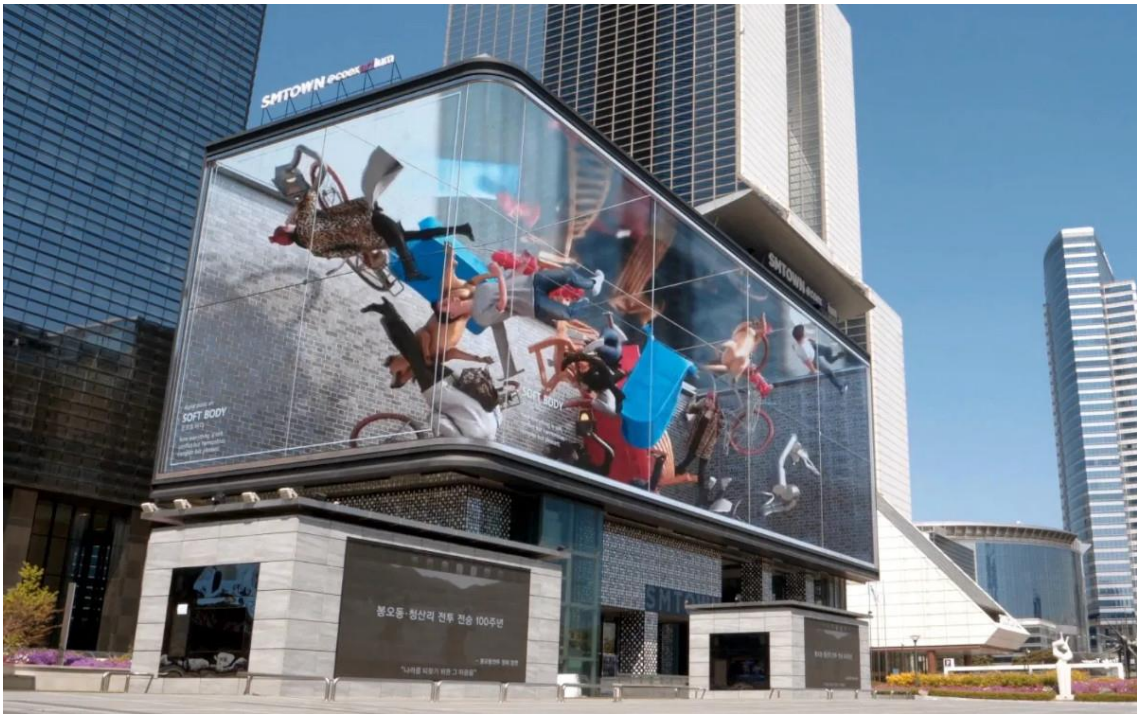


Abbildung 28: Outdoor Curved LED-Wall von Samsung am COEX Convention Center in Seoul⁵⁹



Abbildung 29: Blick von oben auf Digital Signage und DOOH in Seoul (Südkorea)⁶⁰

⁵⁹ Bildquelle: Invidis <https://invidis.de/2021/01/led-wall-in-seoul-verrueckte-video-kunst-macht-objekte-weich/> (zuletzt aberufen am 27.08.2023) / Screenshot aus Video von

⁶⁰ Bildquelle: Invidis <https://invidis.de/2022/11/korea-total-wir-trauen-uns-was/> (zuletzt abgerufen am 27.08.2023) / Foto von Invidis



Abbildung 30: Public Art im AT&T Discovery District Dallas⁶¹

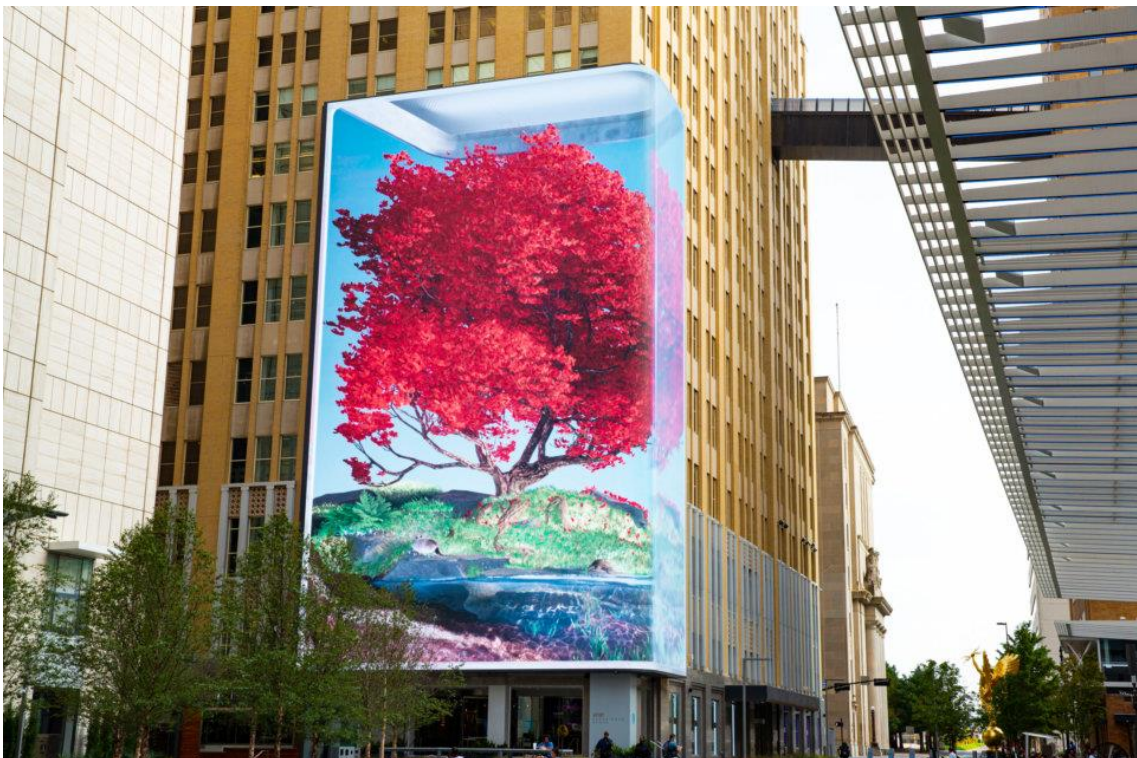


Abbildung 31: Moment Factory / AT&T Discovery District Dallas⁶²

⁶¹ Bildquelle: Invidis <https://invidis.de/2022/05/public-art-kunst-im-oeffentlichen-raum/> (zuletzt abgerufen am 27.08.2023) / Foto von AT&T

⁶² Bildquelle: Moment Factory <https://momentfactory.com/work/destinations/public-spaces/att-discovery-district> (zuletzt abgerufen am 27.08.2023)



Abbildung 32: Moment Factory / AT&T Discovery District Dallas⁶³



Abbildung 33: Moment Factory / AT&T Discovery District Dallas⁶⁴

⁶³ Bildquelle: Moment Factory <https://momentfactory.com/work/destinations/public-spaces/att-discovery-district> (zuletzt abgerufen am 27.08.2023)

⁶⁴ Bildquelle: Moment Factory <https://momentfactory.com/work/destinations/public-spaces/att-discovery-district> (zuletzt abgerufen am 27.08.2023)



Abbildung 34: LED-Wand als Eingang des Ottawa Museum of Science and Technology in Canada⁶⁵



Abbildung 35: Mediale Gebäudefront des Ottawa Museum of Science and Technology in Canada⁶⁶

⁶⁵ Bildquelle: The Globe and Mail <https://www.theglobeandmail.com/news/national/canada-science-and-technology-museum-set-to-open/article36934549/> / Foto von Pierre Martin/Ingenium (zuletzt abgerufen am 27.08.2023)

⁶⁶ Bildquelle: NORR <https://norr.com/wp-content/uploads/2020/04/CSTM-gallery-01-1920x1080.jpg> (zuletzt abgerufen am 27.08.2023)

Als negative internationale Beispiele für die Überladung des Stadtbildes mit digitalen Screens und der Reizüberflutung durch massiven Einsatz von DOOH können zum einen der Times Square in New York City und zum anderen Bezirke wie Akihabara, Shibuya und Shinjuku in Tokio genannt werden, in denen Gebäudefassaden scheinbar ausschließlich als Werbeträger dienen und nicht mehr als architektonisch relevante und prägende Teile des Erscheinungsbildes der Stadt.



Abbildung 36: Times Square in New York tagsüber⁶⁷



Abbildung 37: Times Square in New York abends⁶⁸

⁶⁷ Bildquelle: Samsung Insights <https://insights.samsung.com/2020/07/20/in-the-heart-of-times-square-samsung-reinvents-digital-signage/> (zuletzt abgerufen am 27.08.2023)

⁶⁸ Bildquelle: Samsung Newsroom <https://news.samsung.com/de/samsung-installiert-riesige-led-displays-im-herzen-des-new-yorker-times-squares> (zuletzt abgerufen am 27.08.2023)



Abbildung 38: Shibuya Kreuzung in Tokio bei Dämmerung⁶⁹



Abbildung 39: Shibuya Kreuzung in Tokio, Japan⁷⁰

In diesen beiden speziellen Fällen kann man andererseits auch argumentieren, dass gerade dieses Erscheinungsbild der Stadtbezirke die rein technologische Ästhetik dieser ausmachen und prägen, da sie genau dafür international bekannt und als Attraktion ein Reiseziel für viele Menschen sind und so die Städte und ihre Umgebung beleben.

⁶⁹ Bildquelle: Japan Rail Pass Now <https://www.japanrailpassnow.com/8-free-cheap-things-tokyo-good-know/> (zuletzt abgerufen am 27.08.2023)

⁷⁰ Bildquelle: Japan Rail Pass Now <https://www.japanrailpassnow.com/48-hours-tokyo-explore-neon-lights-temples-shrines-ancient-temples/> (zuletzt abgerufen am 27.08.2023)

5.2 Auswirkungen auf Umwelt und Stadtleben

Bei einem Spaziergang oder einer Fahrt durch die Stadt begegnet man zunehmend digitalen Informations- und Werbeträgern als Werbescreens in Schaufenstern und Läden, als digitale Litfaßsäule oder riesige LED-Billboards am Straßenrand, in die Architektur integrierte Medienelemente schmücken Gebäudefassaden und erwecken durch dynamische Videoinhalte einen zusätzlichen virtuellen Raum und beeindruckende Installationen aus selbstleuchtenden LED-Systemen geben Kunst und Kultur eine neue Form der Präsenz und Aufmerksamkeit im öffentlichen Raum.

All diese Typen von selbstleuchtenden, digitalen LED-Wechselbildanlagen gehören zum modernen Stadtbild, sie bestimmen eine neuartige Ästhetik von Großstädten, sie können das Kaufverhalten und damit die Wirtschaft beeinflussen und sind zeitgleich wichtiges und weitreichendes Kommunikationsmittel für städte- und landesspezifische Informationen an die Bevölkerung.

Aber neben diesen Aspekten stellt sich die Frage, welche Auswirkungen solche digitalen Systeme im öffentlichen Raum auf die körperliche und mentale Gesundheit von Menschen und Tieren, den Lebensraum von Flora und Fauna und der natürlichen Umwelt im Allgemeinen hat.

Viele Menschen befürchten, in jeder Lebenslage und egal wo sie sich aufhalten oder bewegen, von digitalen Screens und virtuellen Welten umgeben zu sein, dass Städte übersät werden mit Medienfassaden, die rund um die Uhr dazu dienen die Bevölkerung mit Werbung zu überschütten und zu beeinflussen, und die Menschheit den Bezug zur realen Welt und der Natur verlieren.

Bei einer Veranstaltung im NEXT-Studio im Jahr 2018 versuchte Sascha Pfau von der ehemaligen Firma 7Screen GmbH, welche bis 2019 auf die digitale Bewegtbild-Kommunikation in Gebäuden und im öffentlichen Raum spezialisiert war, genau dieser Angst in Bezug auf Medienfassaden mit der Aussage *„Es geht nicht um eine flächendeckende Berieselung, sondern um ausgewählte Leuchtturmprojekte. Es geht um die Bildung von neuen Stadt- und Eventflächen, die nicht nur für Werbung, sondern als Hybrid für Kultur und Kunst, Installationen und Beleuchtung nutzbar sind.“* entgegenzuwirken. Er begründete die Teilnutzung von Medienfassaden als Werbeflächen, indem die kommerzielle Nutzung die Umsetzung, die Betriebs- und Instandhaltungskosten sowie die kulturelle Nutzung der Fassaden in Form einer Refinanzierung erst möglich macht.⁷¹

Hier kann als passendes Beispiel die Medienfassade des Klubhaus St. Pauli genannt werden, da dort von dem Redaktionsbüro gemeinsam mit der Stadt Hamburg in einem langwierigen Prozess Kriterien für die Bespielung des öffentlichen Raumes festgelegt wurden und sich darauf geeinigt wurde, dass die Medienfassade zu einem Drittel mit Kunst und Kultur, zu einem weiteren Drittel mit Eigenwerbung und zum letzten Drittel mit Werbung bespielt werden darf, um mit Hilfe der Werbeeinnahmen z.B. die Künstler und die Nutzung der Fassade in eigener Sache finanzieren zu können.

⁷¹ vgl. DETAIL Business Information GmbH (2023)



Abbildung 40: Klubhaus St. Pauli teilweise mit Astra Werbung⁷²



Abbildung 41: Klubhaus St. Pauli teilweise mit Sonos Werbung⁷³

⁷² Bildquelle: Architektur Online <https://www.architektur-online.com/schlagzeilen/klubhaus-st-pauli-in-hamburg>
/ Foto: ©Bartenbach GmbH; Thorsten Bauer, Urbanscreen (zuletzt abgerufen am 27.08.2023)

⁷³ Bildquelle: Architektur Online <https://www.architektur-online.com/schlagzeilen/klubhaus-st-pauli-in-hamburg>
/ Foto: ©Bartenbach GmbH; Thorsten Bauer, Urbanscreen (zuletzt abgerufen am 27.08.2023)

Bereits im April/Mai 2016 erschien in der Fachzeitschrift „Professional Lightning Design“ der Artikel „LED-Werbeflächen im urbanen Kontext“ und der dazugehörigen Fallstudie „Walk“ von Dr.-Ing. Arch. Karolina M. Zielinska-Dabkowska und Dipl.-Ing. Julia Hartmann, in dem sich die beiden Autorinnen beispielhaft mit einer fassadenintegrierten Videoinstallation eines Shops in Zürich/CH befassten, um auf die Auswirkungen und Problematiken von LED-Wänden im öffentlichen Raum aufmerksam zu machen und die Branche dazu anzuregen, sich aufgrund unzureichender und mangelnder Regularien in Bezug auf solche selbstleuchtenden, digitalen Installationen tiefgründiger mit der Thematik auseinander zu setzen und mögliche allgemeingültige Richtlinien zu erarbeiten.⁷⁴



Abbildung 42: Fassadenintegrierte Videoinstallation eines Shops in Zürich⁷⁵

⁷⁴ vgl. „LED-Werbeflächen im urbanen Kontext“ (2016)

⁷⁵ Bildquelle: Research Gate / https://www.researchgate.net/figure/Die-LED-Anzeige-nimmt-die-gesamte-Hoehe-des-Erdgeschosses-und-des-ersten-Obergeschosses_fig1_304540257 - Foto: J. Hartmann, Juli 2015



Abbildung 43: Blendung von Fußgängern von LED-Wand im Showfenster in Zürich⁷⁶



Abbildung 44: Straßenbahnfahrer geblendet von der LED Kunstanlage des Shops in Zürich⁷⁷

⁷⁶ Bildquelle: Research Gate https://www.researchgate.net/figure/Blendung-von-Fussgaengern-Photo-J-Hartmann-Juli-2015_fig3_304540257 - Foto: J. Hartmann, Juli 2015

⁷⁷ Bildquelle: Research Gate https://www.researchgate.net/figure/Strassenbahnfahrer-geblendet-von-der-LED-Kunstanlage-Photo-J-Hartmann-Juli-2015_fig4_304540257 - Foto: J. Hartmann, Juli 2015

Die mit LED-Wänden im öffentlichen Raum und im architektonischen Kontext einhergehenden Problematiken und Auswirkungen auf die Umwelt und das Stadtleben können in die folgenden drei großen Bereiche unterteilt werden:

5.2.1 Auswirkungen auf Verkehrssituationen

Hierbei müssen insbesondere solche Bereiche für die Analyse und Ausarbeitung notwendiger Richtlinien für Außenwerbe- und Kunstinstallationen von LED-System in der Nähe oder direkt an Straßen genauer betrachtet werden, welche eine erhöhte Aufmerksamkeit von allen Verkehrsteilnehmern verlangt und ein größeres Gefahren- und Unfallpotenzial mit sich bringen.

Dazu zählen unter anderen mehrspurige Straßen, Schnellstraßen, Kreuzungen, (Straßen-) Bahnübergänge oder erhöhte Präsenz von Fußgängern und Radfahrern, wie zum Beispiel in der Nähe von Zebrastreifen, Bahnhöfen, Bushaltestellen, Schulen oder Krankenhäusern.

Um in allen Verkehrssituationen stets die Sicherheit aller Beteiligten zu gewährleisten und diese nicht zu gefährden, darf vor allem das foveale und periphere Sichtfeld der Verkehrsteilnehmer nicht eingeschränkt oder stark beeinträchtigt werden, da es sonst im Ernstfall durch eine verzögerte, unzureichende oder ausbleibende Reaktionszeit zu schweren Unfällen mit Sach- und Personenschaden führen kann.

Ein weiterer wichtiger Aspekt für die Verkehrssicherheit ist die Erkennbarkeit anderer Verkehrsteilnehmer, Straßenbeleuchtungen und jegliche Form von selbstleuchtenden, beleuchteten und reflektierenden Sicherheitssignalen wie Ampeln, Blaulicht oder Straßenschildern mit denen LED-Systeme durch Eigenschaften wie Helligkeit, Farbtemperatur und Farben nicht in Konkurrenz stehen und so weder von ihnen ablenken noch sie unkenntlich machen dürfen.

Zu berücksichtigen ist auch die wahrgenommene Helligkeit der LED-Wand oder Teile des darauf zu sehenden Inhalts im Kontext zur unmittelbaren Umgebungshelligkeit, die abhängig des Standorts in Bezug auf Tageszeit, Wetter und umliegende Geschäfte oder Etablissements ist, da sie zum einen den Fokus im Blickfeld des Auges auf den hellsten Punkt in der Umgebung, auch Phototaxis genannt, und so die Konzentration vom Geschehen im Straßenverkehr ablenkt und zum anderen durch psychologische Ablenkung, im Besonderen bei älteren Menschen, und falsches Abschätzen von Entfernungen zu Objekten oder anderen Verkehrsteilnehmern verstärkt und das Unfallrisiko deutlich erhöht wird.

5.2.2 Auswirkungen auf Gesundheit und Wohlbefinden

Die intrinsisch-photosensitiven retinalen Ganglienzellen (ipRGC) auf der Netzhaut unserer Augen enthalten das Fotopigment Melanopsin, damit nehmen sie nicht nur die Lichtinformationen der Fotorezeptoren auf und leiten diese an den Sehnerv weiter, sondern sind selbst lichtempfindlich und reagieren auf Licht.⁷⁸

Sie sind somit wesentliche Grundlage für nichtvisuelle und biologische Wirkungen des Lichts auf den Menschen wie zum Beispiel für die Erfassung von Lichtinformationen zur Regulierung unserer inneren Uhr, welche nicht nur Schlaf- und Wachphasen und somit unseren circadianen Rhythmus, sondern auch Herzfrequenz, Blutdruck und Stimmung reguliert.⁷⁹

Diese Rezeptoren sind besonders empfindlich im Lichtspektrum zwischen 460 und 500nm, diese Wellenlänge liegt im energiereichsten Bereich des Farbspektrums, entspricht der Farbe Blau und wird deshalb auch als HEVL (kurz für High-Energy Visible Light) bezeichnet.

Bei einer dauerhaften Bestrahlung der Augen mit Licht, das einen großen Anteil blauer Lichtwellen hat, am Abend oder generell, wenn es dunkel ist, wird die nächtliche Produktion des vom Körper selbst hergestellten Schlafstoffes Melatonin stark reduziert bzw. unterdrückt, wodurch es zur Störung des natürlichen Tag- / Nachtrhythmus kommt und negative Auswirkungen auf den allgemeinen Stoffwechsel, den Hormonhaushalt und sämtliche biochemische Prozesse im Körper hat.⁸⁰

Der Blauanteil im Sonnenlicht unterstützt den natürlichen Rhythmus, sorgt dafür, dass der Mensch tagsüber nicht ermüdet, der Kreislauf natürlich gefördert wird und wirkt sich positiv auf unsere Leistung und Konzentration aus. Sobald das natürliche Licht zum Abend hin einen deutlich größeren Anteil roter Lichtwellen hat, wird über die Rezeptoren in den Augen dem Körper signalisiert, sich für die Erholungs- und Regenerationsphase in der Nacht vorzubereiten, indem Melatonin produziert und ausgeschüttet wird.⁸¹

Da die aktuellen Leuchtmittel und Displays von modernen, technologischen Geräten, wie beispielsweise Smartphones, Tablets, Laptops und Fernseher, aus LEDs (Abkürzung für Light Emitting Diodes) bestehen, welche im Vergleich zu natürlichem Licht eine andere spektrale Zusammensetzung haben und einen deutlich höheren Blauanteil aufweisen, sind wir heutzutage regelmäßiger und vermehrt HEV-Licht ausgesetzt.

Ist man vor allem in den späten Abendstunden oder in dunklen Räumen übermäßig in Kontakt mit von solch einem kalt blauen LED-Licht, kann dies die zuvor genannten negativen Auswirkungen auf die Gesundheit und das allgemeine Wohlbefinden zur Folge haben.

⁷⁸ vgl. Licht.de (2023) - Ganglienzellen/ipRGC

⁷⁹ vgl. Licht.de (2023) - Unser Schlaf-Wach-Rhythmus

⁸⁰ vgl. Licht.de (2023) - Die innere Uhr

⁸¹ vgl. Akademie Gesundes Leben (2023) – So wirkt blaues Licht

Aufgrund ihrer Größe, Helligkeit, Farbintensität und zunehmenden Präsenz im öffentlichen Raum muss auch bei LED-Außeninstallationen in Hinsicht auf die Gesundheit der Bevölkerung mögliche Problematiken und negativen Auswirkungen im Zusammen mit der Exposition von Lichtwellen im hochenergetischen Bereich mit einer Wellenlänge von 380 und 500 Nanometern bedacht werden.

5.2.3 Auswirkungen auf die natürliche Umgebung

Nicht nur der negative Einfluss auf die menschliche Gesundheit und das allgemeine Wohlbefinden der Bevölkerung im nächtlichen Betrieb von selbstleuchtenden, digitalen LED-Installationen im öffentlichen Raum sollte in möglichen Bewertungsrichtlinien berücksichtigt werden, sondern auch die Auswirkungen auf die das LED-System umgebende Flora und Fauna und auf den Lebensraum, das Verhalten und die Gesundheit von anderen Lebewesen.

Insbesondere für nachtaktive Tiere, wie zum Beispiel Vögel, Fische, Schildkröten, Fledermäuse und Insekten, kann von falsch konfigurierten LED-Systemen eine potenzielle Gefahr ausgehen und sie in ihrem natürlichen Verhalten stark beeinflussen.

Als Folge dessen kann die Artenvielfalt bzw. Biodiversität in einer bestimmten Region negativ beeinträchtigt, bestimmte Funktionen und der zirkadiane Rhythmus der Tiere können eingeschränkt oder negativ beeinflusst werden und es kann zum Verringern oder sogar vollständiges Aussterben bestimmter Tierarten führen.⁸²

Neben den negativen Auswirkungen der Beleuchtung der natürlichen Umgebung mit Kunstlicht auf Menschen und Tiere zu späten und dunklen Tageszeiten, hat diese durch die künstliche Verlängerung des Tages auch einen vehementen Einfluss auf die Entwicklung, das Wachstum und die Form von Pflanzen und Bäumen nahe der selbstleuchtenden LED-Systemen. Dies hat zur Konsequenz, dass sich die Farbpigmente und Formen von Blätter und Blüten verändern, der Wachstumsprozess von Knospen und Wurzeln gestört wird und die Vegetationspause zur Vorbereitung und Aufbau der Widerstandsfähigkeit der Pflanzen für kalte Jahrzeiten verkürzt wird oder gar ausbleibt.⁸³

Ein weiterer Aspekt, der nicht vernachlässigt werden darf, ist die Auswirkungen des von den LED-Systemen ausgehenden Kunstlichts, welches zur allgemeinen Lichtverschmutzung führt.

Dazu zählen die Aufhellung des Himmels durch direkte oder indirekte Reflexion mittels Teilchen in der Atmosphäre, unbeabsichtigte, störende Lichtimmissionen in bestrahlte Gebäude (auch Rauaufhellung genannt), also das ungewollte Eindringen von Licht in Innenräume, und die physiologische Blendung, bei der eine visuell negativ hervorgerufene Empfindung bei Menschen durch auslöst, einhergehend mit Unbehagen, eingeschränkter Sehfähigkeit von Objekten oder, im schlimmsten Fall, Augenreizung.⁸⁴

⁸² vgl. „LED-Werbeflächen im urbanen Kontext“ (2016)

⁸³ vgl. „LED-Werbeflächen im urbanen Kontext“ (2016)

⁸⁴ vgl. „LED-Werbeflächen im urbanen Kontext“ (2016)

6 Komponenten zur Funktionalität und Bauweise von LED-Wänden

Da es heutzutage eine große Auswahl an unterschiedlichen LED-Herstellern und Anbietern von LED-Systemen für die verschiedensten Anwendungsbereiche und für Projekte mit speziellen Anforderungen gibt, werden im folgenden Abschnitt die mechanischen und elektronischen Komponenten, die für die Funktionalität und Bauweise von LED-Wänden unabdingbar sind, die benötigten Geräte zur Ansteuerung und damit einhergehenden Möglichkeiten der Konfiguration der LED-Geräte, sowie die Auswahl passender Zuspielung und Content Management Systeme beschrieben.

Diese Informationen helfen dabei Kriterien und Rahmenbedingungen herauszuarbeiten, welche schon bei der Planung der selbstleuchtenden, digitalen LED-Wechselbildanlagen und bei der Beschaffung der dem jeweiligen Projekt am geeignetsten LED-Geräte berücksichtigt und angewandt werden können, um ein den Anforderungen entsprechend optimales LED-System zu installieren und in Betrieb zu nehmen.

6.1 Mechanische Bauteile

Um eine LED-Wand problemlos und mit so wenig Aufwand wie möglich bauen zu können, werden die in diesem Abschnitt behandelten mechanischen Komponenten benötigt.

Der Aufbau eines jeden LED-Geräts, egal ob für den Innen- oder Außenbereich, gehängt, gestellt oder als Wandmontage, im temporären Einsatz für Ausstellungen, Messen oder Veranstaltungen, als Festinstallation für Außenwerbung, Kunst oder Mediatektur, gleicht sich immer in den grundsätzlich wichtigsten Bauteilen und unterscheidet sich von Hersteller zu Hersteller nur marginal in der Verwendung unterschiedlicher Arten dieser Komponenten.

6.1.1 Das Gehäuse

Das Gehäuse bzw. das Chassis bildet dabei das Grundgerüst des Gerätes. Der zumeist aus Aluminium mittels Druckgussverfahren hergestellte Rahmen dient aufgrund seiner Struktur zur statischen Belastbarkeit und aufgrund der wetter- und korrosionsbeständigen Eigenschaften des Materials zur Nutzung sowohl im Innen- als auch im Außeneinsatz. Im Vergleich zu älteren Modellen aus Blech Profilen und verzinktem Stahl weisen aktuelle LED-Geräte ein deutlich reduziertes Gewicht auf und bei der Herstellung der Gehäuse kann bei modernen Produktionsverfahren eine deutlich höhere Präzision und damit Passgenauigkeit zwischen den LED-Geräten erzielt werden.

Eine weitere wichtige Eigenschaft des Gehäuses ist die Baugröße und das Seitenverhältnis pro Gerät, da diese je nach gewünschte zu sehende Inhalte oder verfügbare Montagefläche ein Auswahlkriterium für LED-Systeme im Zuge der Planung einer Installation darstellt.

Zum Beispiel können LED-Geräte, die in einem Seitenverhältnis von 8 zu 9 oder 16 zu 9 gebaut worden sind, für die native Zuspiegelung von Inhalten, die in einem 16 zu 9 Format wie zum Beispiel FullHD (1920x1080 Pixel) oder 4k (3840x2160 Pixel) produziert wurden, genutzt werden, ohne dass zusätzliche Peripheriegeräte zur Anpassung und Skalierung des Signals auf die LED-Wandgröße benötigt werden.

Die typischen Baugrößen von LED-Geräten sind neben der Möglichkeit der nativen 16 zu 9 Format Zuspiegelung in 25cm oder 50cm Rasterschritten konstruiert. Somit ergeben sich Gerätegrößen wie 50cm, 75cm oder 100cm Breite mit einer Höhe von 25cm bei den Helios Stripe-Geräten der Firma vision tools rental and distributions gmbh, welche sowohl im Bereich des Messebaus als auch bei Festinstallationen im Innenbereich und Schaufenstern zum Einsatz kommen.

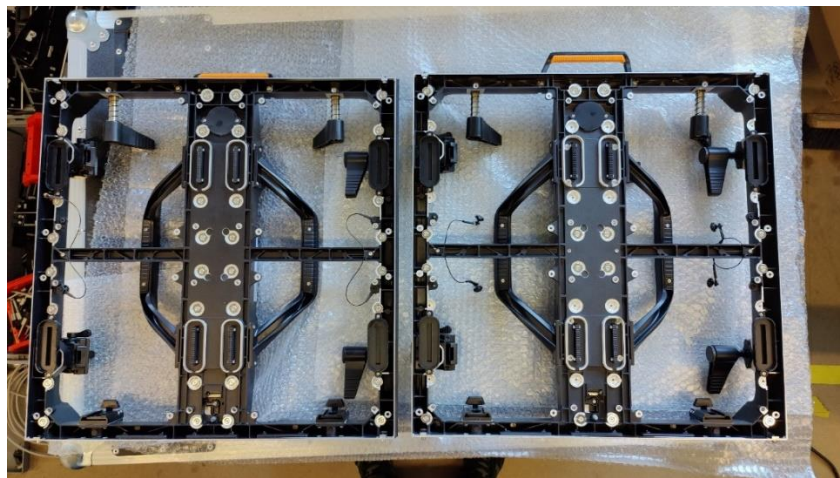


Abbildung 45: Rahmen von Absen Polaris Cabinets⁸⁵

Weitere Beispiele für gängige Gerätegrößen sind Breiten und Höhen von 50cm oder 100cm in den Seitenverhältnissen von 1 zu 1, 2 zu 1 oder 1 zu 2, bei denen man mit deutlich verringerten Aufwand und in kürzerer Zeit große LED-Wände aufbauen oder montieren kann.

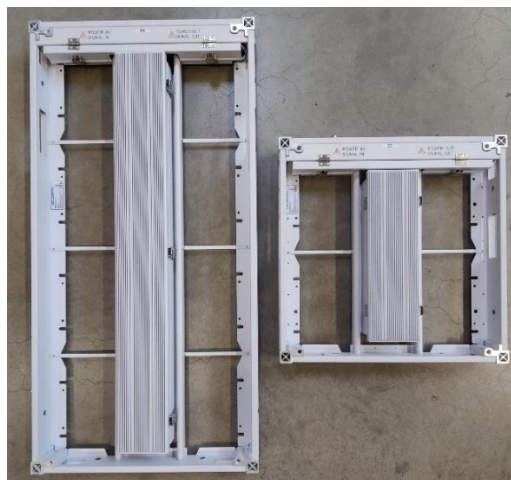


Abbildung 46: Cabinet Rahmen mit einer Höhe von 100cm (links) und 50cm (rechts)⁸⁶

⁸⁵ Bildquelle: Eigene Aufnahme aus Bestand vision tools rental and distributions gmbh

⁸⁶ Bildquelle: Eigene Aufnahme aus Bestand vision tools rental and distributions gmbh

Die Bauart, die Gerätegröße und das damit einhergehende Gesamtgewicht einer geplanten LED-Installation ist in der Planung ein wichtiger Faktor, da die Fläche oder die Konstruktion an dem die LED-Wand montiert werden soll, entsprechend dimensioniert, belastbar, tragfähig und statisch berechnet sein muss.

6.1.2 Verbindungsmechanismen

Zur Verbindung der einzelnen LED-Cabinets als modulares System dienen Arretierungsmechanismen, die horizontal und vertikal die Geräte fest miteinander verriegeln und so eine starre Einheit bilden.

Es gibt unterschiedliche Formen solcher Verschlussmechaniken, die je nach Hersteller oder LED-System variieren können. In der Veranstaltungsbranche, in der LED-Wände nur temporär aufgebaut und nach einem Event wieder abgebaut werden, sind Schnellspannverschlüsse mittels Bolzen- oder Bügel-system marktüblich.

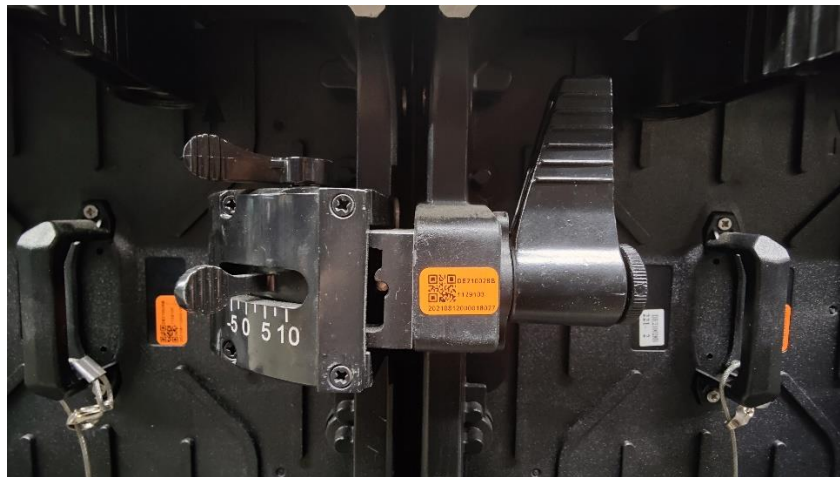


Abbildung 47: Verschlussmechanik mit Bolzen beim Absen Polaris System⁸⁷



Abbildung 48: Bügelspannverschlussystem beim Helion Nano System⁸⁸

⁸⁷ Bildquelle: Eigene Aufnahme aus Bestand vision tools rental and distributions gmbh

⁸⁸ Bildquelle: Eigene Aufnahme aus Bestand vision tools rental and distributions gmbh

Im Bereich der Festinstallation oder der Montage von LED-Systemen z.B. an Messebauwänden ist es nicht unüblich, dass die Cabinets durch Löcher im Rahmen miteinander verschraubt werden.



Abbildung 49: Horizontale und vertikale Verschraubung von LED-Geräten⁸⁹

Doch die Verbindungsarten der Cabinets haben nicht nur den Zweck des mechanischen Verbunds, sondern sind auch dafür da, die LED-Wand optisch als einen großen Bildschirm erscheinen zu lassen, indem die LED-Fläche auf der Vorderseite auf den Rahmen nah genug aneinander gebracht werden, sodass diese als einzelne Segmente nicht durch Abstände und dunkle Spalten zwischen den Geräten erkenntlich sind.

6.1.3 Befestigung und Wechsel der Module

Als Modulträger wird die Rückseite des Integrated Modules bezeichnet, auf welchem das printed circuit board, also die Platine mit den darauf gelöteten LEDs und den rückseitigen ICs zur Ansteuerung der LEDs, montiert ist. Zur Gewichtsreduktion des Cabinets werden die Modulträger oft aus Kunststoff gefertigt und werden bei Indoor-Systemen im Regelfall ausschließlich von Magneten am Rahmen gehalten und mittels eines kurzen Drahtseils zwischen Modulträger und Rahmen vor einem unkontrollierten Absturz gesichert. Bei Outdoor-System werden die IMs zusätzlich zu den Magneten und dem Fallschutz Drahtseil mit Schrauben am Gehäuse befestigt.

⁸⁹ Bildquelle: Eigene Aufnahme aus Bestand vision tools rental and distributions gmbh

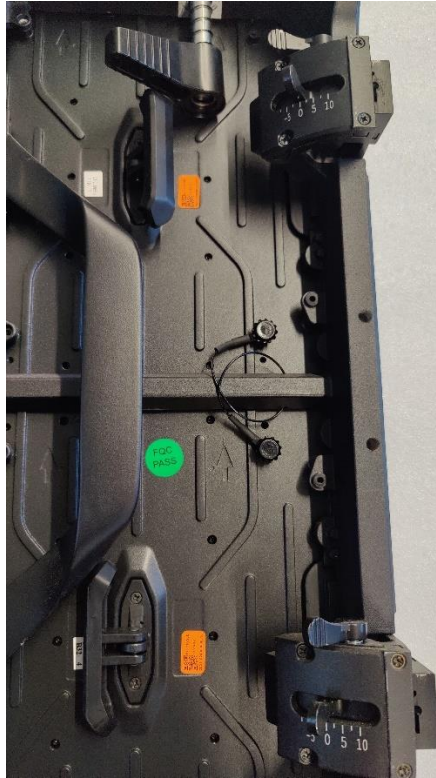


Abbildung 50: Zusätzliche Sicherung der IMs durch Drahtseile und Schraube⁹⁰

Um bei einer Wartung oder einer Instandsetzung bei eines Defekts die Kacheln vom Gehäuse abnehmen zu können, gibt es unterschiedliche Möglichkeiten diese mit Hilfe von Front Service Tools auszubauen und das beschädigte Bauteil entsprechend zu ersetzen. Für Indoor-Systeme gibt es hierzu mittlerweile ein elektronisches Vakuum Tool, mit welchem man durch Erzeugen eines Unterdruckes die IM von den Magneten lösen und nach vorne herausnehmen kann.



Abbildung 51: Ausbau einer IM mit Hilfe eines Vakuum Front Service Tools⁹¹

⁹⁰ Bildquelle: Eigene Aufnahme aus Bestand vision tools rental and distributions gmbh

⁹¹ Bildquelle: Eigene Aufnahme aus Bestand vision tools rental and distributions gmbh

Bei Outdoor-Systemen haben die PCBs und der Modulträger an speziellen Stellen auf der Vorderseite kleine Löcher zwischen den LEDs, um mit Hilfe eines Schraubendreher artigen Werkzeugs oder eines Inbusschlüssels die zusätzlichen Schrauben, welche den Modulträger auch bei starken Wettereinflüssen auf dem Rahmen halten, zu lösen und dann das IM nach vorne herausziehen zu können.

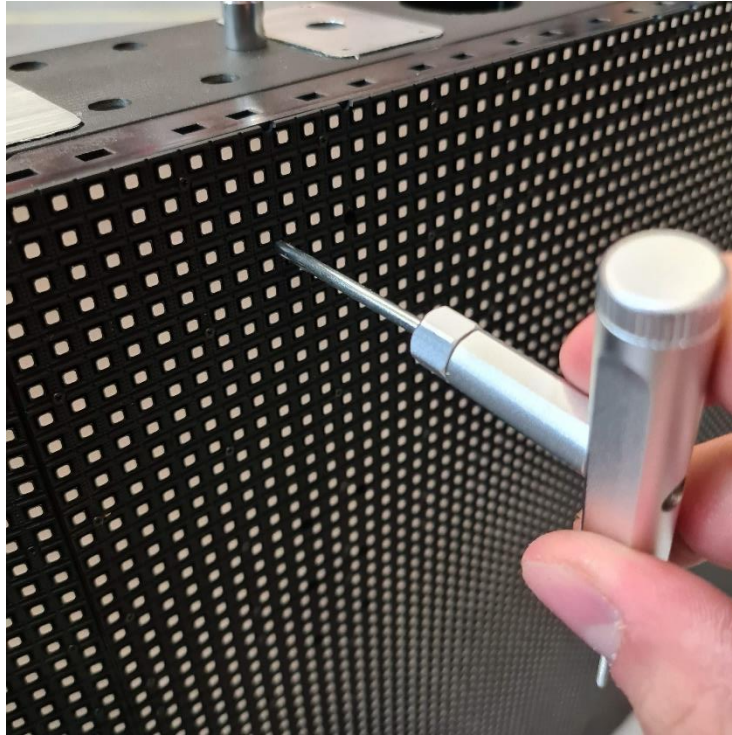


Abbildung 52: Inbusschlüssel als Front Service Tool⁹²

6.1.4 Zugänglichkeit und Servicebarkeit

Sowohl die Zugänglichkeit der im Gehäuse eingebauten elektronischen Bauteile als auch die Art der Strom- und Datenverkabelung ist eine weitere maßgebliche Thematik, welche bei der Auswahl des LED-Systems je nach Projekt und Montage mitbedacht werden sollte.

Im Falle einer Wartung oder bei einer Fehlerbehebung ist es notwendig, ohne großen Mehraufwand und ohne Probleme an die einzelnen elektronischen Komponenten Zugriff zu haben und diese austauschen zu können.

Sollte das ausgewählte System nicht die Möglichkeit besitzen, nach Demontage der LED-Module Zugang zu den elektronischen Innenleben zu haben, sondern nur über eine auf der Rückseite der LED-Geräte befindliche Serviceklappe oder mittels Abnehmen der sogenannten Back Plate, dann ist dieses System für eine Installation an einer Wand oder in einem nicht von hinten zugänglichen Bereich oder umbauten Kasten ungeeignet.

⁹² Bildquelle: Eigene Aufnahme aus Bestand vision tools rental and distributions gmbh

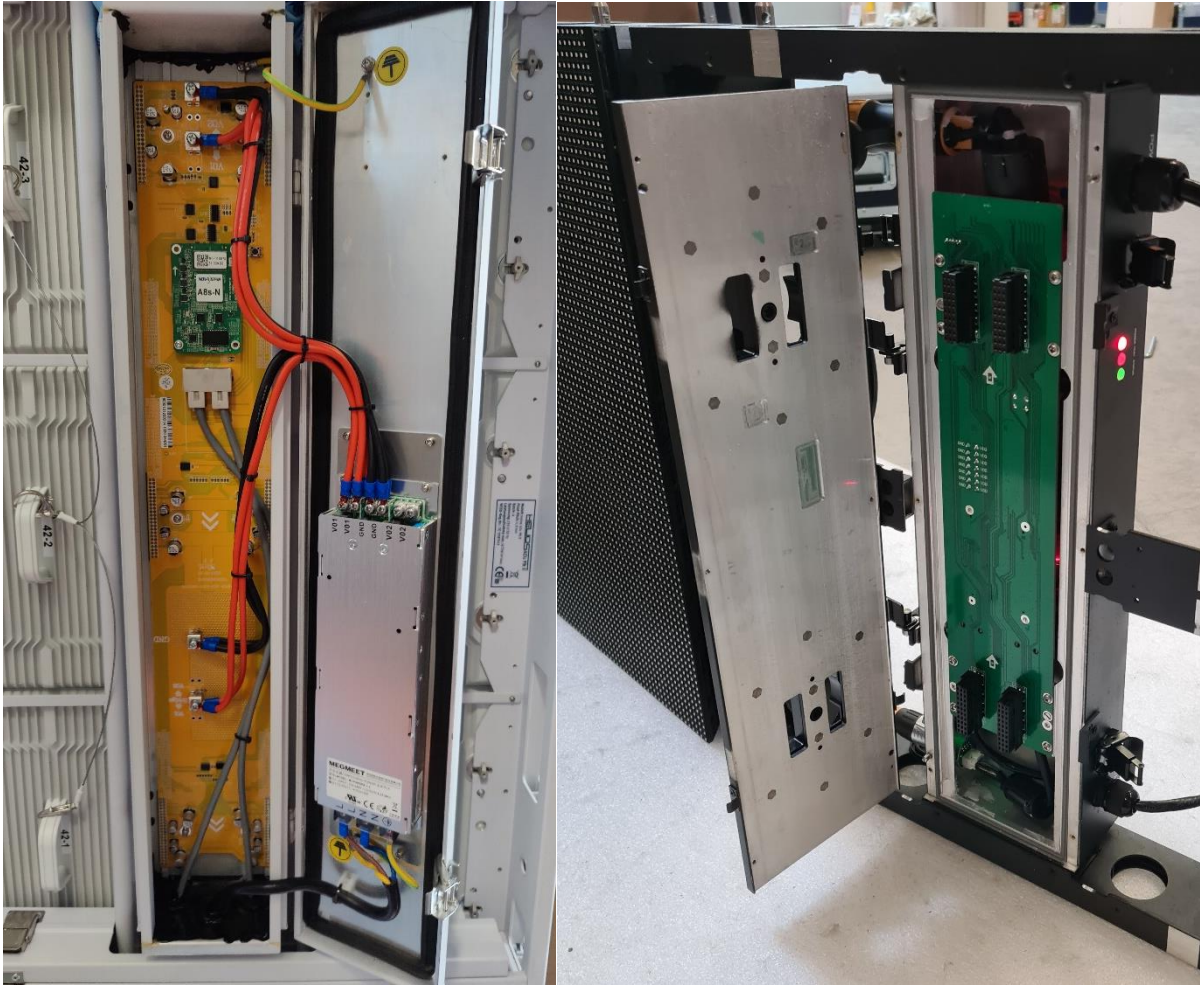


Abbildung 53: Links: rückseitige Serviceklappe; Rechts: Serviceklappe von vorne zugänglich⁹³

Genauso verhält es sich mit der genutzten Form der Verkabelung und dem Kabel- und Steckertyp. Bei LED-Systemen, wie das vorher erwähnte Helios Stripe System, die speziell für die Wandmontage konzipiert wurden, findet die Verkabelung von Strom und Daten mittels Patch Kabel im Inneren durch die Geräte statt oder haben neuerdings einen im Gehäuse integrierten Stecker und eine entsprechende Buchse auf der gegenüberliegenden Seite, um Strom und Daten an das nächste Cabinet weiterzugeben. Auch bei nicht speziell für die Wandmontage konzipierten LED-Systemen ist es ratsam die Kabel und Stecker von vorne zugänglich zu machen, da es oft eine Hürde darstellt, von hinten an die LED-Wand zu kommen, um ein defektes Patch Kabel auszutauschen.

⁹³ Bildquelle: Eigene Aufnahme aus Bestand vision tools rental and distributions gmbh

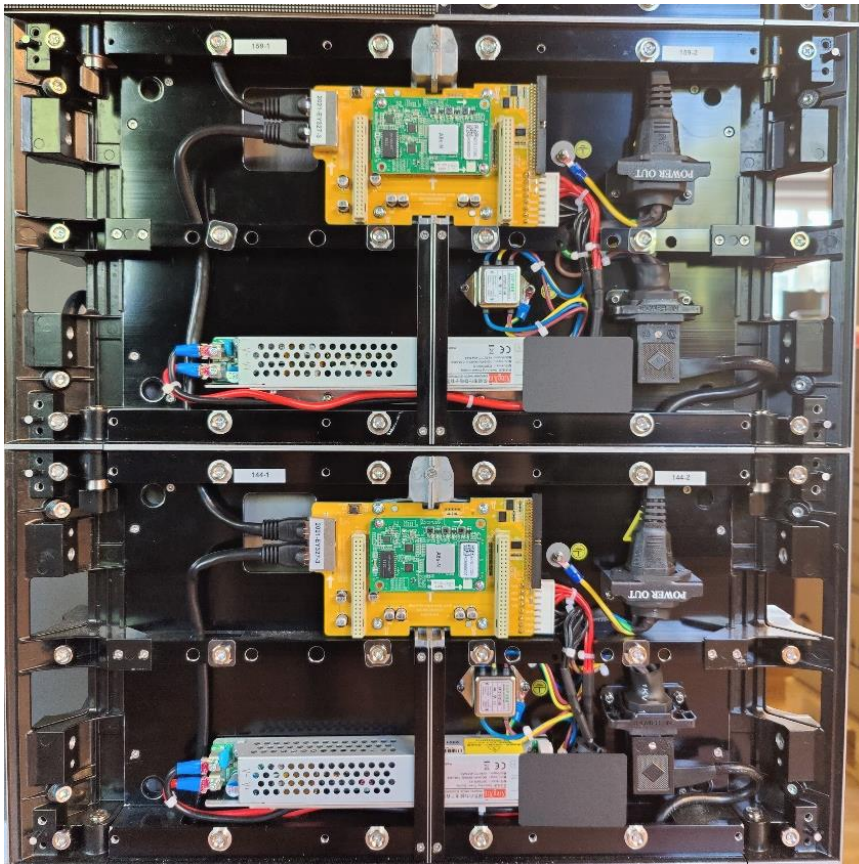


Abbildung 54: Verkabelung innerhalb der LED-Wand / Links: Daten; Rechts: Strom⁹⁴

Bei diesen beiden Arten der Zugänglichkeit an das Innenleben sowie die Verkabelung und die damit einhergehende Servicebarkeit in Problemfällen oder zur Wartung einer LED-Wand spricht man von Front oder Rear Service Systemen.

6.1.5 Besonderheiten bei Outdoor-Systemen

Aufgrund ihres Einsatzes im Außenbereich müssen Outdoor LED-Systeme im Vergleich zu den nur für den Einsatz im Innenbereich konzipierten LED-Geräte einige mechanische Merkmale aufweisen, um witterungsbeständig zu sein und trotz äußerer Umwelteinflüsse die abzuspielenden Inhalte stets gut sichtbar erscheinen zu lassen.

So haben die aus Kunststoff bestehenden Shader, oder auch Masks genannt, die als Gitternetz zwischen den auf der Vorderseite der PCB befindlichen LEDs zu finden sind, ein wie ein kleines Vordach aussehendes herausragendes Stück an der oberen Kante jeder LED, welches dazu dient die LED vor einfallenden Sonnenstrahlen zu schützen. Diese Shader haben außerdem durch ihre mattschwarzen Farbe den Zweck den Schwarzwert der LED-Wand zu verbessern und durch die Umrandung jeder einzelnen LED erhöhen sie deren Stabilität und schützen zusätzlich vor mechanischen Einwirkungen.

⁹⁴ Bildquelle: Eigene Aufnahme aus Bestand vision tools rental and distributions gmbh

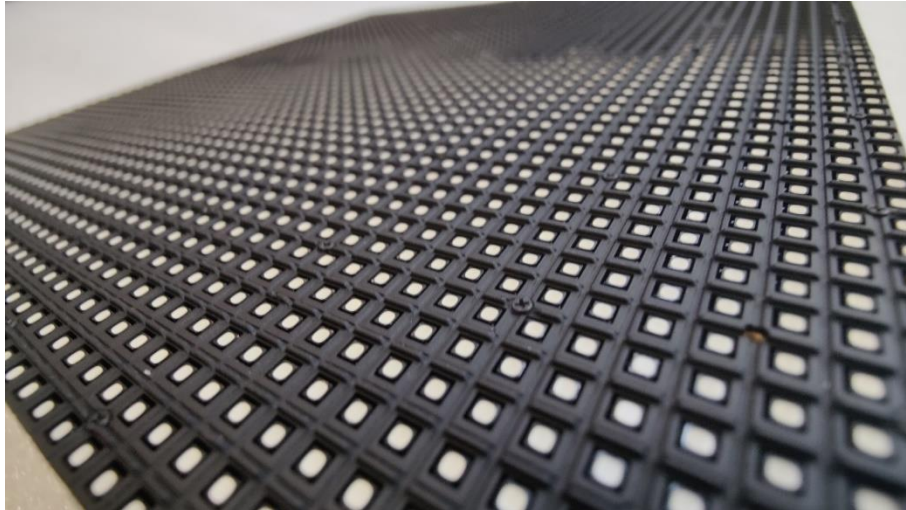


Abbildung 55: Nahaufnahme Outdoor Shader⁹⁵

Zum Schutz der PCBs und des elektronischen Innenlebens vor Korrosion und eventuellen Kurzschlüssen an den Lötkontakten der LEDs durch Kontakt mit Wasser bei zum Beispiel hoher Luftfeuchtigkeit oder Regen werden einige zusätzliche Maßnahmen bei der Fertigung der Outdoor LED-Geräte ergriffen.

Um einen maximalen Schutz und damit nach DIN EN 60529 / VDE 0470-1 eine IP-Schutzart von bis zu IP65⁹⁶ zu erreichen, wird zusätzlich zu den schon vorhandenen Shadern zum Schutz der LEDs und deren Lötstellen die Platine mit einer schwarzen Silikonmasse überzogen.

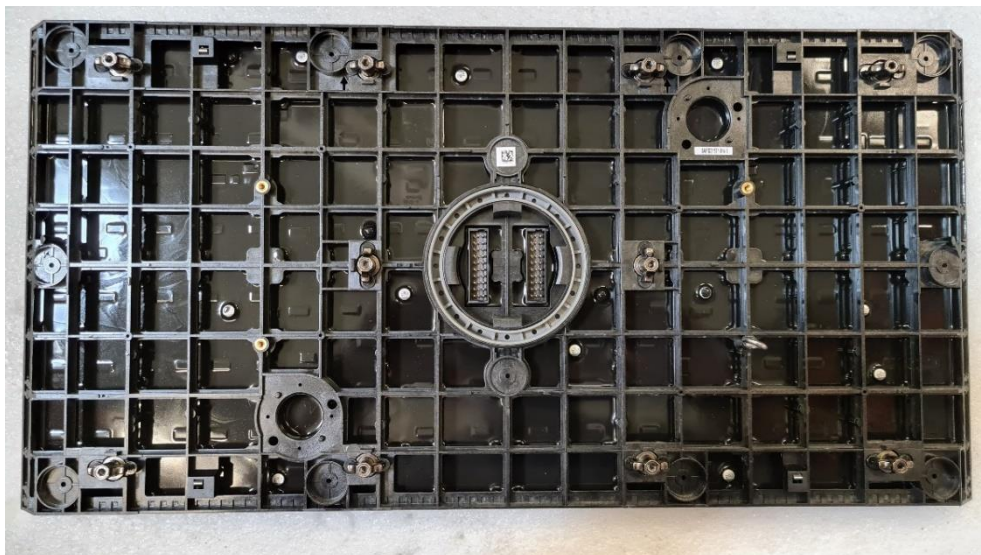


Abbildung 56: Outdoorfähiges IM mit zusätzlicher Silikonschicht auf der Rückseite der PCB⁹⁷

⁹⁵ Bildquelle: Eigene Aufnahme aus Bestand vision tools rental and distributions gmbh

⁹⁶ Vgl. Ganter Norm „DIN EN 60529 / VDE 0470-1 - Auszug“

⁹⁷ Bildquelle: Eigene Aufnahme aus Bestand vision tools rental and distributions gmbh

Eine weitere Maßnahme zur Verbesserung der Witterungsbeständigkeit ist die Nutzung von Dichtungen bzw. Dichtringen an jedem möglichen Verbindungspunkt oder Aufeinandertreffen unterschiedlicher Bauteile, wie zum Beispiel um die Steckverbindung von Modulen auf das Hub Board herum oder am Rand der Back Plate oder Serviceklappe, um beim Montieren auf das Gehäuse oder beim Schließen nach einer Wartung das elektronische Innenleben luftdicht zu verschließen und ungewolltes Eindringen von Feuchtigkeit zu verhindern.



Abbildung 57: Links: Dichtring um IM Kontakte; rechts oben: Dichtung an Serviceklappe; rechts unten: Dichtung um IM Steckplatz am Gehäuse⁹⁸

Zudem schützt ein vollständig geschlossener Modulträger die darunter befindliche Rückseite der PCB und die darauf gelöteten elektronischen Bauteile vor möglichen äußeren Einwirkungen, die zu negativen Auswirkungen auf die Funktionalität des einzelnen IMs oder sogar des gesamten LED-Gerätes führen könnten.

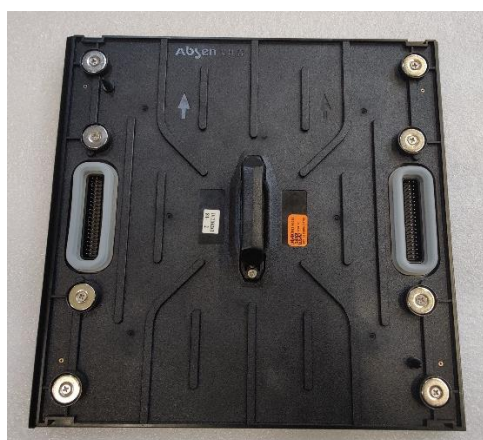


Abbildung 58: Geschlossene Rückseite des Modulträgers einer Outdoor IM⁹⁹

⁹⁸ Bildquelle: Eigene Aufnahme aus Bestand vision tools rental and distributions gmbh

⁹⁹ Bildquelle: Eigene Aufnahme aus Bestand vision tools rental and distributions gmbh

6.1.6 Montagemöglichkeiten

Als letzte mechanische Komponente von LED-Systemen zur Auswahl für spezifische Projektanforderungen sind die Möglichkeiten der zusätzlichen Verbindung der Geräte untereinander und die seitlichen und rückseitigen Montagemöglichkeiten zur Anbringung an Oberflächen wie eine Gebäudefassade, eine dafür extra konzipierte Hinter- oder Unterkonstruktion oder vorhandene Befestigungspunkte zum Aufhängen der zu installierenden LED-Wand.

So gut wie alle gängigen LED-Systeme haben auf der Rückseite ihres Gehäuses mindestens in allen vier Ecken ein Loch mit Gewinde, um die Geräte von hinten mittels Schrauben an einem Konstrukt bzw. einem Gerüst oder Stahlrahmen zu montieren. Diese Gewindelöcher sind meist, nach Demontage der LED-Module, durch den Rahmen auch von vorne erreichbar, was den großen Vorteil mit sich bringt, dass beim Bau der LED-Installation nicht zusätzlich von hinten gearbeitet oder man sich zur Montage nicht über die LED-Geräte lehnen muss, sondern die LED-Wand einfach von vorne an der vorgesehenen Aufnahme am Hinterkonstrukt oder direkt an der dahinter befindlichen Wand befestigt werden kann.

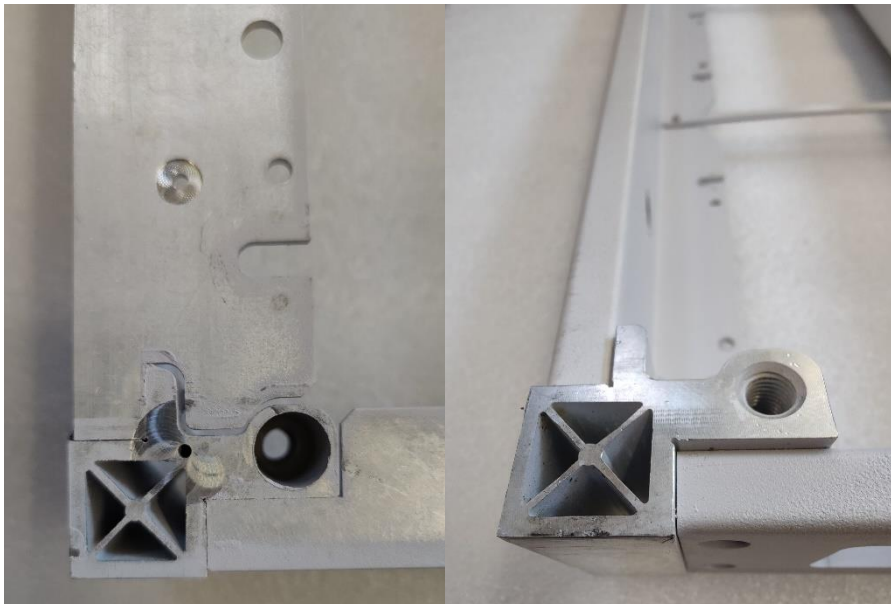


Abbildung 59: Links: Loch zur Montage von vorne; rechts: Gewindeloch auf der Rückseite¹⁰⁰

Sollte die LED-Wand nicht an einer Gebäudefassade oder einer Unterkonstruktion montiert werden können, sondern beispielsweise in ein Schaufenster oder hinter eine Glasfassade gehängt werden sollen, muss darauf geachtet werden, dass mit dem gewählten LED-System entweder schon vom Hersteller aus eine Hängevorrichtung, in Fachkreisen auch als Hanging Bracket oder Hanging Bar bezeichnet, geliefert wird oder das Gehäuse auf der Oberseite Gewindelöcher zur Aufnahme von Ringösen, Halbschellen oder Spezial Anfertigung zur Montage an einer Decke besitzt.

¹⁰⁰ Bildquelle: Eigene Aufnahme aus Bestand vision tools rental and distributions gmbh



Abbildung 60: An der Decke montierte LED-Installation¹⁰¹

Außerdem muss in jedem Fall auf die Belastbarkeit der LED-Geräte, der Wand, des Gebäudes oder der Hängepunkte bzw. der Decke und die maximale Tragfähigkeit der Montagevorrichtung oder Konstruktion, welche das Gewicht der LED-Wand halten soll, geachtet werden und, falls keine Nachweise vorhanden, eine statische Berechnung durch Fachpersonal erfolgen, um die Stabilität und Standfestigkeit sicher zu stellen und mögliche lebensbedrohliche Risiken durch nicht ausreichende Eigenschaften des genutzten Materials zu vermeiden.



Abbildung 61: Stahlkonstruktion zur Montage einer LED-Wand auf einem Dach¹⁰²

Ist eine Montage in einen Rahmen oder eine dekorative Seitenblende an der LED-Wand gewünscht, so gilt es auch hier darauf zu achten, dass es an den LED-Rahmen eine Möglichkeit der Befestigung gibt, die ein selbstständiges Lösen vom Rahmen oder der Blende verhindert. Ermöglicht wird dies durch das feste miteinander Verschrauben des Rahmens bzw. der Blende mit der LED-Wand oder durch ein System zum Einhängen mit zusätzlicher Fallschutzsicherung mittels Schraube und / oder Stahlseil.

¹⁰¹ Bildquelle: Eigene Aufnahme

¹⁰² Bildquelle: Eigene Aufnahme

6.2 Elektronische Bauteile

Die in diesem Abschnitt beschriebenen elektronischen Bauteile und ihre Funktionsweisen sind maßgebend für das auf den LED-Installationen zu sehende Bild und damit für die korrekte technische Übersetzung des aus den Zuspieldgeräten ankommenden Videosignals verantwortlich. Sie haben einen großen Einfluss auf die daraus resultierenden Auswirkungen auf die Umwelt und spielen infolgedessen eine wichtige Rolle bei möglichen Bewertungsrichtlinien für den Einsatz von LED-Systemen im öffentlichen Raum.

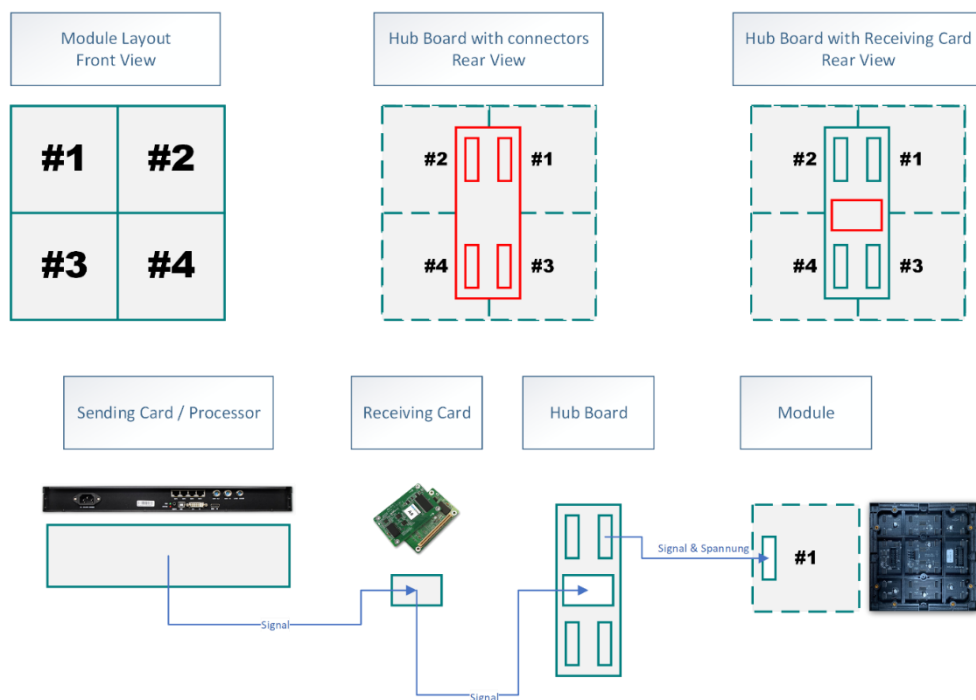


Abbildung 62: Übersicht des Aufbaus der elektronischen Bauteile¹⁰³

6.2.1 Verkabelungsarten und Steckertypen

Im ersten Schritt sind die richtigen Kabel und benötigten Anschlüsse an jedem Cabinet relevant. Dabei werden Netzwerk- und Stromkabel verwendet, die in den häufigsten Fällen mit Kabelstecksystemen der Marke Neutrik ausgestattet sind. Die Netzwerkkabel müssen mindestens der Kategorie CAT5e angehören, um ausreichend Kapazität für die gesendeten Daten und Informationen zu besitzen. Sie haben in Form eines sogenannten Data Patch Kabels zur Verbindung zweier LED-Geräte an beiden Enden ein etherCon CAT6A Steckverbinder der Typenbezeichnung NE8MX6 integrierte RJ45 Netzwerkstecker.¹⁰⁴

¹⁰³ Bildquelle: Vincent Stüdemann (vision tools rental and distributions gmbh)

¹⁰⁴ vgl. Neutrik etherCON Steckverbinder (2023)

Ein Datenzuleitungskabel, auch als First Data Kabel bezeichnet, das die Verbindung zwischen dem LED-Controller und dem ersten Gerät in der LED-Wand herstellt, hat meist nur an einem Ende des Kabels einen NE8MX6 Stecker für das Stecken am LED-Gerät und auf der andere Seite ausschließlich einen Standard RJ45 Netzwerkstecker für das Stecken in den Netzwerk Port an der Sending Card. Mittlerweile gibt es jedoch auch LED-Controller mit Ausgangssteckplätzen zur Aufnahme des NE8MX6 Steckertyps, wodurch auch First Data Kabel an beiden Enden mit diesem ausgestattet sein können. Das dazugehörige Gegenstück ist die Einbaubuchse des Typs NE8FDX-P6, welche es auch in einer Variante mit Gummidichtung gibt, durch die diese Buchse einen Schutz der Klasse IP65 besitzt und im gesteckten Zustand oder mit geschlossener Dichtkappe sowohl staub- als auch wasserdicht und für den Einsatz bei Außeninstallationen geeignet ist.¹⁰⁵ Jedes LED-Gerät, das mit dieser Art der Steckverbindung gebaut wird, ist mit zwei solcher Buchsen ausgestattet und es spielt keine Rolle, an welche der beiden Buchsen das eingehende und ausgehende Kabel gesteckt wird, da die Daten in beide Richtungen fließen können.



Abbildung 63: Neutrik etherCON CAT6A / Links = Stecker + Rechts = Einbaubuchse¹⁰⁶

Das Pendant zum etherCON Steckverbindingssystem für Daten sind die Neutrik powerCON Stecker und Einbaubuchsen für die Stromverkabelung der LED-Installation. Für die Power Patch Kabel der Outdoor-Systeme werden die Stromkabel an einem Ende mit der „männlichen“ (Modellbezeichnung NAC3FX-W) und auf der gegenüberliegenden Seite mit der „weibliche“ (Modellbezeichnung NAC3MX-W) Variante des Kabelsteckverbinders des Typs TRUE1 TOP ausgestattet.¹⁰⁷ Empfehlenswert ist hierbei Stromkabel vom Typ H07RNF mit einem Leiterquerschnitt von 2,5 mm² zu nutzen.

Bei First Power Kabeln, also den Stromzuleitungskabeln von einer Stromquelle zur LED-Wand, wird auf der Seite des LED-Geräts ein „männlicher“ TRUE1 Top Stecker benötigt, um das Kabel in den Power Input stecken zu können und auf der anderen Seite des Kabels muss je nach des zur Verfügung stehenden Stromanschlusses ein entsprechend benötigter Stecker, wie zum Beispiel ein Standard

¹⁰⁵ vgl. Neutrik etherCON Einbaubuchse (2023)

¹⁰⁶ Bildquelle: Neutrik etherCON <https://www.neutrik.com/de/produkte/daten/ethercon>

¹⁰⁷ vgl. Neutrik powerCON Kabelsteckverbinder (2023)

Schuko-Stecker für normale 16A/230V Steckdosen oder ein CEE16A Stecker für einphasige 16A Steckplätze an Stromverteilungen, angebracht werden. Die passenden in den LED-Geräten verbauten Buchsen bzw. Einbausteckverbinder für die mit powerCON TRUE1 bestückten Power Patch Kabel haben für die Strom-Einspeisung die Modellbezeichnung NAC3MPX-TOP und für die Weiterleitung des Stroms zu den in der Kette folgenden Geräten die Bezeichnung NAC3FPX-ST-TOP.¹⁰⁸



Abbildung 64: Neutrik powerCON TRUE1 TOP Kabelsteckverbinder¹⁰⁹



Abbildung 65: Neutrik powerCON TRUE1 TOP Einbausteckverbinder¹¹⁰

¹⁰⁸ vgl. Neutrik powerCON Einbausteckverbinder (2023)

¹⁰⁹ Bildquelle: Neutrik powerCON <https://www.neutrik.com/de/neutrik/produkte/powercon/powercon-true1-top/powercon-true1-top-kabelsteckverbinder>

¹¹⁰ Bildquelle: Neutrik powerCON <https://www.neutrik.com/de/neutrik/produkte/powercon/powercon-true1-top/powercon-true1-top-einbausteckverbinder>

Alternativ zu dieser typischen und weit verbreiteten Verkabelungsart des Stroms und der Daten außerhalb des Gehäuses für den Betrieb und die Funktionalität einer LED-Wand gibt es gerade im Bereich der Indoor-Festinstallationen die Möglichkeit der innerhalb des Cabinets verlaufenden Verkabelung mittels normales Netzkabel, die direkt auf die Netzwerkanschlüsse des Hub Boards ohne zusätzlich verbauten Buchsen im Gehäuse. Hierbei wird das Power Patch Kabel ebenfalls innerhalb des LED-Geräts zum nächsten Gerät geführt, um mit den Stromanschlüssen platzsparender sein zu können, werden zum Beispiel Kaltgerätekabel (kurz KGK) als Zuleitungskabel und KGK-Verlängerungen als Patchkabel genutzt oder die Stromleitungen direkt in den Geräten an die Power Supplys aufgesetzt.

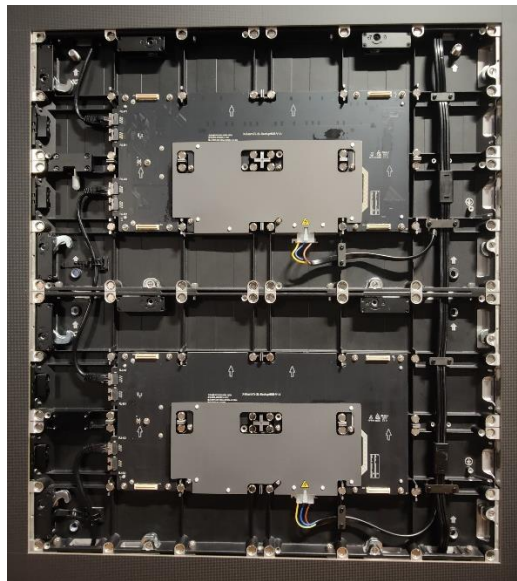


Abbildung 66: LED-System mit Verkabelung im Gehäuse¹¹¹

Eine weitere, noch nicht sehr verbreitete Variante der Strom- und Dateneinspeisung und -weitergabe ist eine kabellose, vertikale Verbindung zwischen den Cabinets, in dem die LED-Hersteller Geräte entwickeln und produzieren bei denen solch eine direkte Steckverbindung in das Gehäuse integriert wird. Die Möglichkeit der Verwendung von externen Kabeln kommt dann nur zum temporären Einsatz, sobald solch eine Direktsteckverbindung fehlerhaft oder gänzlich defekt sein oder sollte aus planungstechnischen Gründen eine horizontale Verkabelung gewünscht oder von Nöten sein.

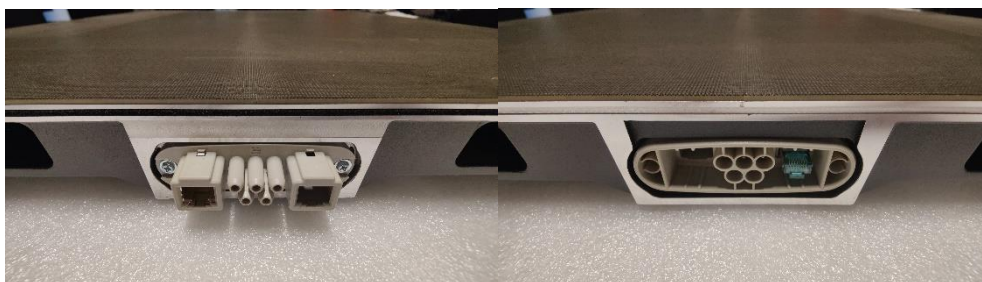


Abbildung 67: Direktstecksystem zur Weitergabe von Daten und Strom ohne zusätzliche Kabel¹¹²

¹¹¹ Bildquelle: Eigene Aufnahme aus Bestand vision tools rental and distributions gmbh

¹¹² Bildquelle: Eigene Aufnahme aus Bestand vision tools rental and distributions gmbh

6.2.2 Das Innenleben eines LED-Geräts

Der Dreh- und Angelpunkt der Signal- und Stromverteilung innerhalb des LED-Geräts zwischen den restlichen elektronischen Komponenten ist das Hub Board. Diese Platine besitzt auf der Rückseite mindestens einen Steckplatz für die Receiving Card zur Signalverarbeitung, zwei Netzwerkanschlüsse für das ankommende und das weiterzuleitende Signal und verteilt den von der Power Supply gelieferten Strom sowohl an die Receiving Card als auch an die Steckplätze auf der Vorderseite, auf die die Integrated Modules gesteckt werden.

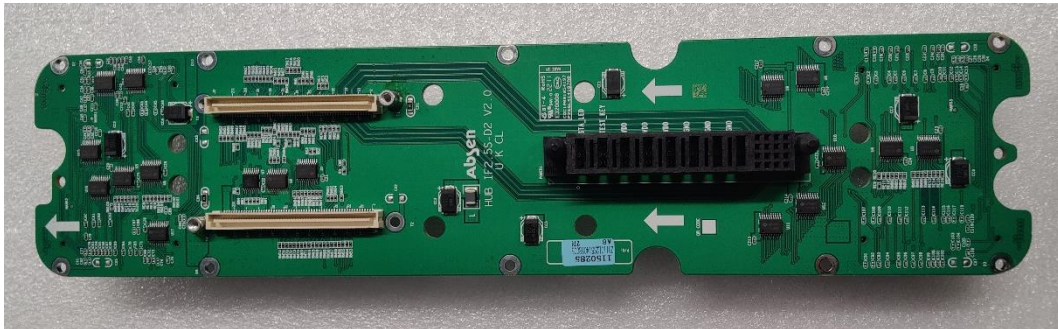


Abbildung 68: Hub Board Rückseite mit Steckplatz für Receiving Card und Stromversorgung¹¹³

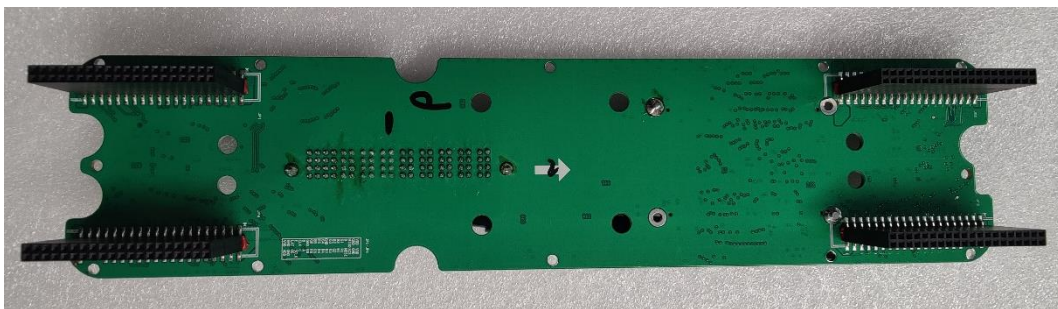


Abbildung 69: Hub Board Vorderseite mit Steckplätzen für IMs¹¹⁴

Das Herzstück jeden LED-Systems ist die Receiving Card. Ihre Funktion ist es die über das Hub Board ankommenden Daten zu verarbeiten und je nach Konfiguration die Informationen des richtigen Bildausschnitts aus dem Videosignals über die Pins der Steckkontakte an die Module weiterzugeben. Die benötigten Dateien und Einstellungen werden in der passenden Software über den dazugehörigen LED-Controller eingerichtet und über Netzwerkleitungen an alle Receiving Cards in einer LED-Wand gesendet und gespeichert. Damit eine Receiving Card weiß, in was für einem LED-System sie verbaut ist und wie sie die einzelnen Komponenten ansteuern muss, gibt es vom Werk aus eine rcfgx oder auch Config Datei. Diese Datei wird speziell abgestimmt auf die in diesem LED-System verbauten elektronischen Bauteile, wie LEDs oder unterschiedlichen ICs, und deren Funktionen geschrieben.

¹¹³ Bildquelle: Eigene Aufnahme aus Bestand vision tools rental and distributions gmbh

¹¹⁴ Bildquelle: Eigene Aufnahme aus Bestand vision tools rental and distributions gmbh

Bei der Einrichtung einer LED-Wand kann diese und andere wichtige Einstellungen mit Hilfe einer Software vom LED-Controller aus an die Receiving Cards geschickt und gespeichert werden. Siehe hierzu Abschnitt 6.3.1 „LED-Processing“.



Abbildung 70: Vorderseite (oben) und Rückseite (unten) von drei Novastar Receiving Cards¹¹⁵

Die Power Supply, oder zu Deutsch Netzteil, wird je nach Spezifikation und Betriebsspannung der verbauten LEDs ausgewählt. Dieser Bereich der benötigten Ausgangsspannung einer Power Supply kann somit zwischen 3,5V und 50V liegen. Es sollte außerdem darauf geachtet werden, dass die Eingangsspannung nicht nur die in Deutschland üblichen 230V, sondern ebenfalls andere Spannungsbereiche aufnehmen und verarbeiten kann, um diese ggfs. auch weltweit in anderen Ländern mit abweichender Netzspannung anschließen und in Betrieb nehmen zu können.



Abbildung 71: Verbaute Power Supply der Marke Megmeet¹¹⁶

¹¹⁵ Bildquelle: Eigene Aufnahme aus Bestand vision tools rental and distributions gmbh

¹¹⁶ Bildquelle: Eigene Aufnahme aus Bestand vision tools rental and distributions gmbh

Um das ankommende Videosignal und damit die gewünschten Inhalte auf der LED-Installation abspielen und sehen zu können, wird als letzte elektronische, bildgebende Bauteil eines jeden Led-Systems das Integrated Module benötigt. Dieses bestehend aus dem PCB, den auf die Vorderseite gelöteten LEDs und den auf der Rückseite befindlichen ICs sowie den Steckkontakten zur Verbindung mit dem Hub Board.

Die zwei gängigsten verwendeten LED-Bauarten sind die Surface Mounted Device (kurz: SMD) und die Dual-in-line package (kurz: DIP). Diese sind im Gegensatz zu neueren LED Technologien wie die MiniLED, GOB (Kurzform für glue on board) oder COB (steht für chip on board), für den Außeneinsatz und die unterschiedlichsten, benötigten Pixelpitches sowohl preislich als auch technisch am geeignetsten.

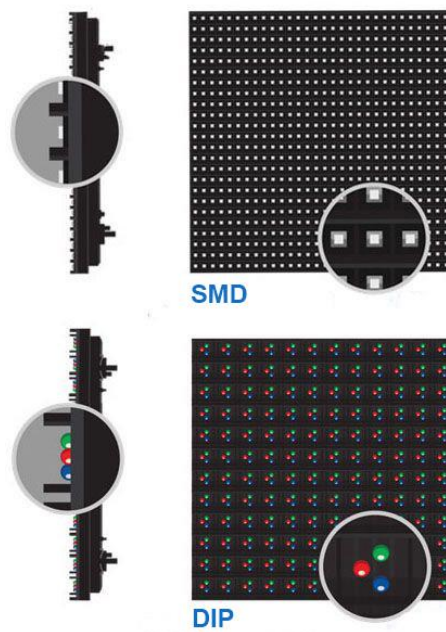


Abbildung 72: Vergleich SMD / DIP¹¹⁷

Die neueren LED-Bauarten sind besonders interessant für deutlich kleinere Pixelpitches (unter 1mm) und durch die Beschichtung mit Epoxidharz bekommen LED-Systeme viel mehr den Eindruck eines Displays. Jedoch ist die Herstellung und die Reparatur bei möglichen auftretenden Defekten dieser Typen noch sehr aufwendig und kostspielig. Außerdem sind sie aktuell ausschließlich in Indoor-Systemen im Bereich der Festinstallationen zu finden.

Bei der DIP-Technologie werden die Farben Rot, Grün und Blau jeweils mit einer eigenen LED nebeneinander auf die Platine gelötet. Durch die Bauform der Einzelfarbdioden mit einer halbkugelförmigen Spitze ist die Oberfläche der IMs, der LED-Geräte und damit der gesamten LED-Wand nicht plan und führt je nach Anordnung der drei Dioden zu einer starken Farbverschiebung bei seitlicher Betrachtung durch Verdecken der aus dem jeweiligen Blickwinkel hintereinander liegenden LEDs.

¹¹⁷ Bildquelle: Shenzhen Premteco <https://www.szptcled.com/led-technology-SMD-LED-display.html>

Aufgrund des benötigten Platzes auf der PCB sind DIP-Systeme besonders gut für den Einsatz bei Informationstafeln mit einer nur geringen benötigten Auflösung oder bei außen LED-Installationen, bei denen die Betrachter einen großen Betrachtungsabstand zur LED-Wand haben. Vorteile dieser Bauart sind die höhere Maximallichtstärke und eine deutlich größere Robustheit im Vergleich zu den anderen LED-Typen. Außerdem weisen DIPs eine gute und schnelle Servicebarkeit auf, da nur die betroffene einzelne Farbdiode bei einem auftretenden Fehler oder Defekt ausgelötet und eine neue Diode eingelötet werden muss.

Dahingegen besteht bei LED-Systemen mit verbauter SMD-Technologie ein einzelner Pixel aus den drei Primärfarben Rot, Grün und Blau als Sub Pixel, wodurch deutlich geringere Pixelabstände und resultierend daraus größere Auflösungen und höhere Pixeldichten pro LED-Gerät erreicht werden können. Der Herstellungsprozess von PCBs mit SMD LEDs ist technologisch sehr aufwändig und bei Reparaturen von ausgefallenen einzelnen Pixeln oder Subpixeln bedarf es dem Austausch der ganzen SMD, was eine präzise Positionierung und einen schonenden Umgang der umliegenden Pixel durch geschultes und geübtes Personal erfordert. Die Oberfläche der SMD ist, im Vergleich zur unebenen DIP, eine flache, glatte Oberfläche, was einen deutlich größeren Blickwinkel ohne Farbverschiebung ermöglicht. Je nach Anforderung an das LED-System gibt es sie mit schwarzer oder weißer Linse als Black-Face oder Black-Body Variante. Diese Sonderbauformen unterscheiden sich primär in der Verbesserung des Kontrasts und des Schwarzwerts der LED-Wand, was bei einer schwarzen Linse der SMD jedoch zu einer deutlich geringeren Leuchtdichte führt.¹¹⁸

Die auf der Rückseite der PCB befindlichen ICs dienen der Übersetzung der von der Receiving Card über die Steckverbindung zwischen Hub Board und IM gesendeten Daten und Informationen zur Ansteuerung der LEDs, um das ankommende Videosignal im richtigen, für dieses LED-Gerät zugeordneten Bildausschnitt korrekt anzeigen zu können. Die Ansteuerung der LEDs über die Driving ICs passiert bei LED-System mit hoher Pixeldichte auf den IMs mittels des sogenannten dynamic scan Prinzips, bei dem jeder einzelne IC in der Lage ist mehrere Pixelreihen zu schalten. Anstelle eines IC-Anschlusses für eine einzelne LED, wie bei dem static scan Verfahren, und damit sehr viel benötigten Platz auf der Rückseite der PCB bei kleinen Pixelpitches, werden beim dynamic scan mehrere Pixel pro Anschluss der ICs zusammengefasst und es können je IC mehrere Reihen oder Spalten angesteuert werden. Je nachdem wie viele Pixel seriell über einen IC-Anschluss gleichzeitig geschaltet und per Pulsweitenmodulation reguliert werden, wird im Datenblatt oder der Config-Datei eines LED-Systems als Bruchzahl 1/x angegeben. Zum Beispiel werden bei einem typischen 1/16 dynamic scan 16 Pixel an einem IC-Anschluss gruppiert und gleichzeitig eingeschaltet.

¹¹⁸ vgl. LEDSolution - Advantages of Blackbody SMD LED (2023)

Für die schnelle aufeinanderfolgende Ansteuerung, des Anschaltens und wieder Ausschaltens jeder Pixelgruppen, werden ein Driver IC zur Steuerung der vertikal angeordneten Pixel und ein Mosfet IC zur Aktivierung der horizontalen Pixelreihen benötigt. Diese beiden Driver ICs werden mittels einer CLK / Clock zeitlich miteinander getaktet. Berücksichtigt man, dass eine SMD aus den drei Subpixeln Rot, Grün und Blau besteht, muss die benötigte Anzahl der Driver ICs verdreifacht werden.¹¹⁹ Bei den Angaben der LED-Hersteller bezüglich des Scan Modes ist zu berücksichtigen, dass dieser Einfluss auf die Parameter der LED-Geräte hat. Je kleiner der Scan Mode, desto niedriger wird die Leuchtdichte bzw. Helligkeit des Cabinets.¹²⁰ In der unten vereinfacht dargestellten Schaltung eines 1/6 dynamic scans wird beispielhaft der Ablauf gezeigt.

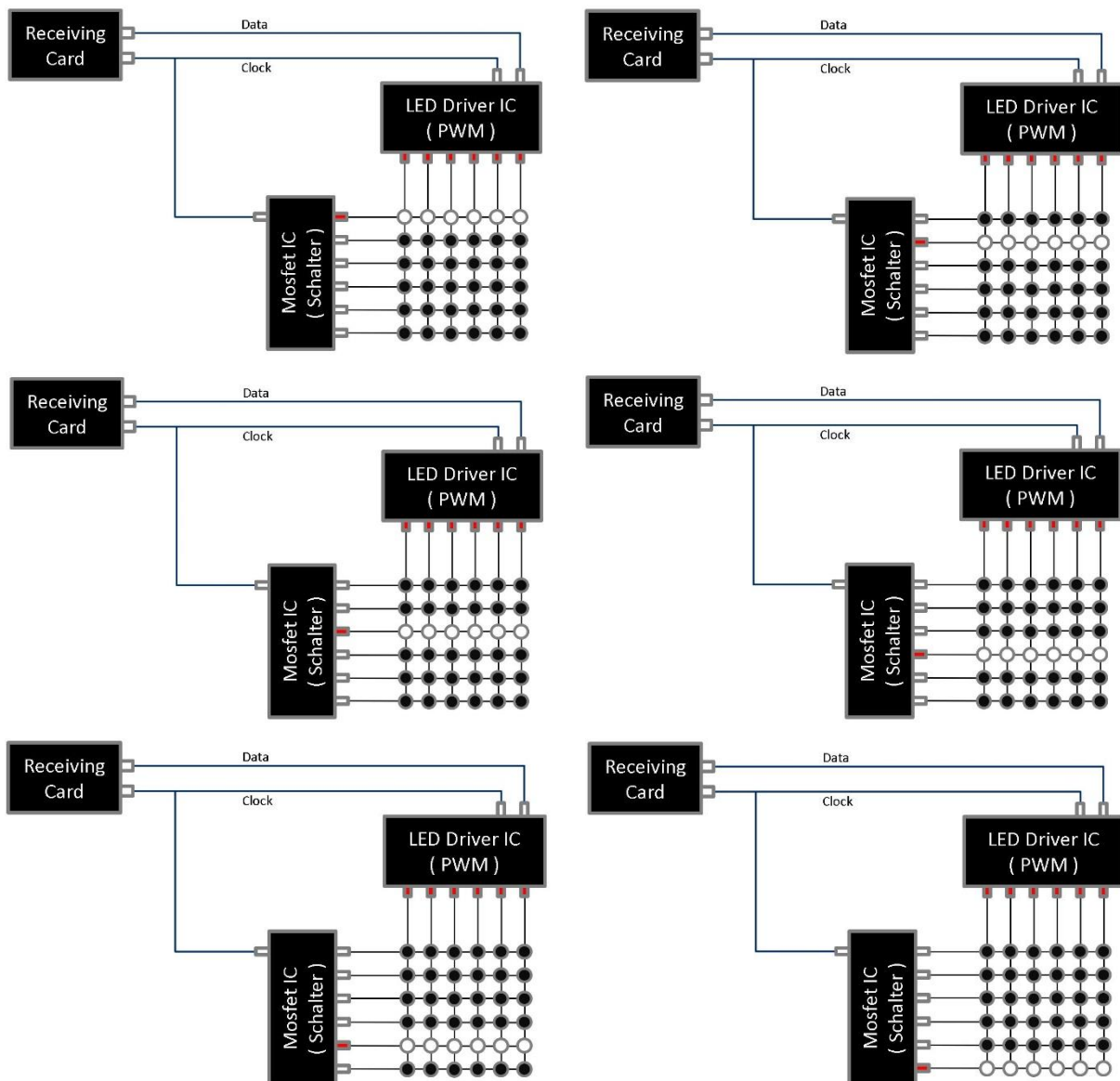


Abbildung 73: Vereinfachte Darstellung eines 1/6 dynamic scan mode¹²¹

¹¹⁹vgl. VisionPi - What is led display scan mode (2023)

¹²⁰vgl. Colorlight-LED - LED Display Driving Scan Way (2023)

¹²¹ Bildquelle: Eigene Darstellung

6.3 Ansteuerung, Zuspielung und Content Management

Damit auf den im öffentlichen Raum gebauten LED-Wänden überhaupt Bilder und Videos gezeigt werden können, bedarf es sowohl im Bereich der Außenwerbung als auch für Kunstinstallationen oder Mediatektur spezieller Geräte, mit Hilfe derer die gewünschten Inhalte entsprechend der Projektvorgaben verwaltet, in der richtigen Reihenfolge, zum korrekten Zeitpunkt und im geforderten oder benötigten Format abgespielt werden. Außerdem wird zwischen dem Zuspiel- und Skalierungssystem und der LED-Installation eine Sending Card sowie die entsprechende Software zur Einrichtung, Ansteuerung und Kontrolle der LED-Geräte benötigt, welche mit zusätzlichen Geräten auch eine automatische Steuerung der Helligkeit im Verhältnis zur Umgebungshelligkeit ermöglicht.

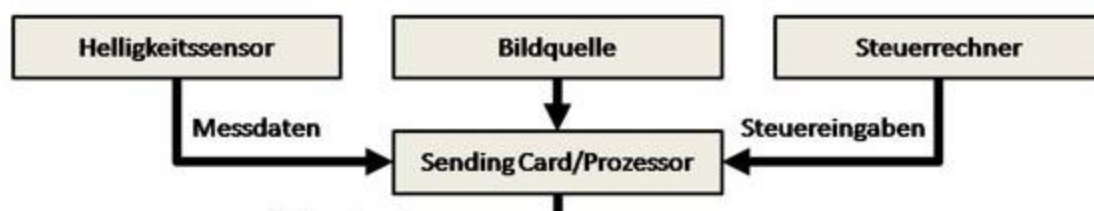


Abbildung 74: Signalflussdiagramm – Ausschnitt zu LED-Processing und Zuspielung¹²²

6.3.1 LED-Processing

Unter LED-Processing versteht man die Hardware und Software zur Einrichtung und Ansteuerung von LED-Wänden. Je nach Hersteller der Receiving Cards, die in den LED-Geräten verbaut sind, wird der dazugehörige LED-Controller samt Software benötigt.

Um einen möglichst großen Anwendungsbereich, diversen Funktionsansprüchen und sowohl größere als auch kleinere Budgetrahmen abdecken zu können, bieten die LED-Processing Hersteller mehrere Ausführungen mit unterschiedlichen Funktionsumfängen und Kapazitäten dieser LED-Controller an. In den grundlegenden Funktionen und der grundsätzlichen Bedienung ähneln sich jedoch sowohl die unterschiedlichen Varianten der LED-Controller als auch die gängigen Hersteller und ihre Bediensoftware. Einer der bekanntesten und meistgenutzten LED-Processing Hersteller ist die Firma Novastar, anhand dieser im Zuge dieser Ausarbeitung beispielhaft die Ansteuerung von LED-Wänden erläutert und mögliche Vorgaben und Ansprüche bei der Planung, Vorbereitung und dem Einsatz von LED-Installationen an den Funktionsumfang der LED-Processing Hardware und Software herausgearbeitet werden können.

¹²² Bildquelle: Vincent Stüdemann / Bachelorthesis „Funktionalitäts- und Wirtschaftlichkeitsanalyse verschiedener Ausführungsvarianten der Komponenten eines LED-Displays in der Veranstaltungstechnik“ vom 20.08.2016 - Seite 3

Die Wahl der richtigen Sending Card liegt im ersten Schritt in der Auflösung der gewünschten LED-Wandgröße und den daraus errechneten Gesamtpixeln, die der LED-Controller verarbeiten können muss. Bei Novastar Controllern kann ein Netzwerk Port ca. 650.000 Pixel bei einer Bildwiederholrate von 60 Hz und einer Bittiefe von 8 Bit verarbeiten.¹²³

Die zur Verfügung stehende Kapazität an Gesamtpixeln pro Port kann mit Hilfe der Bandbreite der Netzwerkschnittstelle /1 Gigabyte), deren durchschnittliche effektive Nutzbarkeit in Prozent (93,6%), Bildrate in Herz und der Farbtiefe der einzelnen Primärvalenzen (z.B. 8, 10 oder 12 Bit).¹²⁴

Daraus ergibt sich die folgende Formel:

$$\text{Maximale Portkapazität in px} = \text{Grundkapazität 1 GB} \div \text{Bildrate (Hz)} \div \text{Farbtiefe RGB}$$

Formel 1: Allgemeine Formel zur Berechnung der maximalen Portkapazität

Die max. Portkapazität ist also bei einer Bildrate von 60Hz und einer Farbtiefe von 8 Bit:

$$(10^9 * 0,936) \div 60\text{Hz} \div (8 + 8 + 8) = 650.000 \text{ Pixel}$$

Formel 2: Beispiel Berechnung der maximalen Portkapazität bei 60 Hz und 8 Bit

Im Vergleich wäre die max. Portkapazität bei einer Bildrate von 50Hz und einer Farbtiefe von 8 Bit:

$$(10^9 * 0,936) \div 50\text{Hz} \div (8 + 8 + 8) = 780.000 \text{ Pixel}$$

Formel 3: Beispiel Berechnung der maximalen Portkapazität bei 50 Hz und 8 Bit

Hat zum Beispiel eine LED-Wand eine Auflösung von 1920 Pixeln in der Breite und 1080 Pixeln in der Höhe, so entspricht dies einer zu verarbeitenden Gesamtpixelmenge von 2.073.600 Pixeln und bedarf eines LED-Controllers mit mindestens vier Ausgängen, da rechnerisch 3,19 Netzwerk Ports benötigt werden.¹²⁵

Soll das gesamte Zuspielsystem und der auf der LED-Installation zu sehende Content jedoch nicht nur eine Bittiefe von 8 Bit, sondern von 10 oder sogar 12 Bit, haben, also zum Beispiel Videos in HDR (high dynamic range) zeigen, so verringert sich nach der oben genannten Formel die mögliche zu verarbeitende Kapazität an Gesamtpixeln pro Netzwerk Port um fast die Hälfte und es werden doppelt so viele Ausgänge an einem Controller bzw. Datenleitungen zwischen Sending Card und LED-Wand zur Ansteuerung und Bespielung benötigt.

¹²³ vgl. Novastar Online Workshops (2023)

¹²⁴ vgl. Ledtek - Wie viele Pixel überträgt ein Datenkabel? (2023)

¹²⁵ vgl. Novastar Online Workshops (2023)

Based on Average Usage Rate: 93.6%		
Controller	Video Source	
Capacity per Port	Frame Rate	Color Depth
≈650,000	60Hz	8bit
≈325,000	60Hz	10bit / 12bit
≈780,000	50Hz	8bit
≈390,000	50Hz	10bit / 12bit
≈1,300,000	30Hz	8Bit
≈650,000	30Hz	10bit / 12bit

Abbildung 75: Übersicht LED-Controller Portkapazitäten bei unterschiedlichen Hz und Bit¹²⁶

Ein weiterer Aspekt ist die Möglichkeit einer redundanten Verkabelung, mit der bei Abbruch der Datenweitergabe durch ein defektes Netzkabel oder einer Fehlfunktion der Receiving Card oder des Hub Boards in einem LED-Gerät das Signal und damit der zu sehende Inhalt auf der LED-Wand aufrechterhalten werden kann. Hierzu werden jedoch doppelt so viele Zuleitungskabel benötigt. Möchte man außerdem den Ausfall des LED-Controllers absichern, muss zusätzlich eine weitere Sending Card verbaut werden. Bei der zweiten Variante der Redundanz ist es zwingend erforderlich, dass der zweite Backup Controller dasselbe Videosignal wie der erste Main Controller als Input erhält.

Im obigen Beispiel der LED-Wand mit einer Auflösung von 1920x1080 Pixeln und mindestens vier errechneten Netzwerk Ports, wird entweder eine Sending Card mit größerem Funktionsumfang benötigt, was eine größere Kapazität an verarbeitbaren Gesamtpixeln und somit mehr zur Verfügung stehenden Netzwerk Ports bedeuten würde, um die Konfiguration einer Redundanz bei Geräteausfall oder einem defekten Kabel mit dem selben LED-Controller zu ermöglichen, oder es muss eine zweite Sending Card mit mindestens vier Netzwerk Ausgängen zum Einsatz kommen, die als vollständigen Backup für den ersten LED-Controller dient.

Zu beachten ist, dass ein Ausfall eines kompletten LED-Geräts meist durch ein Problem in der Stromzufuhr oder Stromweitergabe zum Beispiel durch ein defektes Zuleitungskabel, Patch Kabel oder eine Fehlfunktion der Power Supply verursacht wird. Demnach kann das betroffene Cabinet sowohl kein Strom als auch keine Daten mehr an die folgenden Geräte in der Verkabelungskette weitergeben und es führt unweigerlich zum Signalabbruch. Trotz konfigurierter Redundanz bleibt der betroffene Teil der LED-Wand schwarz bzw. geht aus und zeigt keinen Content mehr.

¹²⁶ Bildquelle: Screenshot aus Novastar Webinars 2020 / <https://www.novastar.tech/support/novastar-free-training-workshops/> (zuletzt abgerufen am 29.08.2023)

Des Weiteren sollte schon während der Planungsphase und der Auswahl spezifischer Peripherie Geräte zur Ansteuerung und Zuspiegelung der LED-Installation die Ein- und Ausgänge für das entsprechende Videosignal bedacht werden und sichergestellt sein, dass die geplanten Geräte die benötigten Anschlüsse für Signale per HDMI, Display Port, DVI oder SDI aufweisen, um ein unnötiges Adaptieren oder zusätzliche Geräte zur Umwandlung des Signals zu verhindern und die Menge möglicher Stör- und Fehlerquellen so gering wie möglich zu halten.



Abbildung 76: Anschlüsse Novastar MCTRL660 Pro¹²⁷



Abbildung 77: Anschlüsse Novastar VX1000¹²⁸



Abbildung 78: Anschlüsse Novastar MX40¹²⁹

Zur Bedienung der Software des LED-Processing Herstellers wird ein per USB-Kabel oder Netzwerk-kabel mit dem LED-Controller verbundener Computer oder Laptop benötigt. Dieser Steuerrechner ist im optimal Fall gleichzeitig an das Internet angebunden, um im Servicefall via Fernzugriff über Programme wie zum Beispiel TeamViewer oder Anydesk darauf zugreifen und Einstellungen vornehmen zu können.

¹²⁷ Bildquelle: Screenshot aus Novastar MCTRL660 Pro Specifications / <https://oss.novastar.tech/uploads/2022/04/MCTRL660-PRO-Independent-Controller-Specifications-V1.4.0.pdf> (zuletzt abgerufen am 29.08.2023)

¹²⁸ Bildquelle: Screenshot aus Novastar VX1000 Specifications / <https://oss.novastar.tech/uploads/2023/08/VX1000-All-in-One-Controller-Specifications-V1.4.1.pdf> (zuletzt abgerufen am 29.08.2023)

¹²⁹ Bildquelle: Screenshot aus Novastar MX40 Specifications / <https://oss.novastar.tech/uploads/2023/07/MX40-Pro-LED-Display-Controller-Specifications-V1.2.2.pdf> (zuletzt abgerufen am 29.08.2023)

Nach dem mechanischen Aufbau und des physikalischen Steckens der Zuleitungen und Patchkabel entsprechend des Verkabelungsplans kann die LED-Wand dann mittels der Software angesteuert und konfiguriert werden. Hierbei wird die Verkabelung digital nachgebaut, um jedem LED-Gerät bzw. jeder Receiving Card in der LED-Wand ihre Position zuzuordnen und das ankommende Videosignal korrekt auf dem Screen anzeigen zu können. Auch die geplante Redundanz muss in der Software erst richtig eingestellt und jede Backup Leitung bzw. jede Backup Sending Card der richtigen Main Leitung bzw. dem richtigen Main Controller zugewiesen werden, damit die LED-Controller wissen, was im Falle eines Fehlers oder einer Störung automatisch passieren muss.

Bei der Einrichtung der LED-Wand innerhalb der Software ist darauf zu achten, dass die digital miteinander verbundenen Receiving Cards dasselbe Pixel Maß entsprechend ihrer physikalischen Baugröße und des Pixelpitches des eingesetzten LED-Systems erhalten, da falsch eingetragene Werte sonst Fehler oder Probleme in der Anzeige des Videosignals auf der LED-Wand zur Folge haben können.

Mit Hilfe der Software kann die rfgx Datei an die Receiving Cards geschickt werden, um diese bei eventuell unterschiedlich gespeicherten Einstellung auf den einzelnen LED-Geräten oder auftretenden Problemen alle wieder auf den Werkszustand und die Basis Konfiguration zurückzusetzen. Dadurch sind bei einer neu installierten und in Betrieb genommenen LED-Wand alle Geräte aneinander angeglichen und man hat einen Startpunkt bei der Einrichtung von dem aus man gewünschte Einstellungen und Anpassungen für die Darstellung des Videosignals auf der LED-Wand, wie zum Beispiel Helligkeits- oder Farbanpassungen, für alle Geräte gleichzeitig vornehmen kann. Diese Datei wird speziell für das genutzte LED-System im Werk bei der Produktion, angepasst auf die verwendeten elektronischen Bauteile in den Geräten, geschrieben. Eine rfgx Datei kann also nicht pauschal für ein anderes System genutzt werden, nur weil es zum Beispiel denselben Pixelpitch hat oder dieselbe Receiving Card im LED-Gerät verbaut ist.

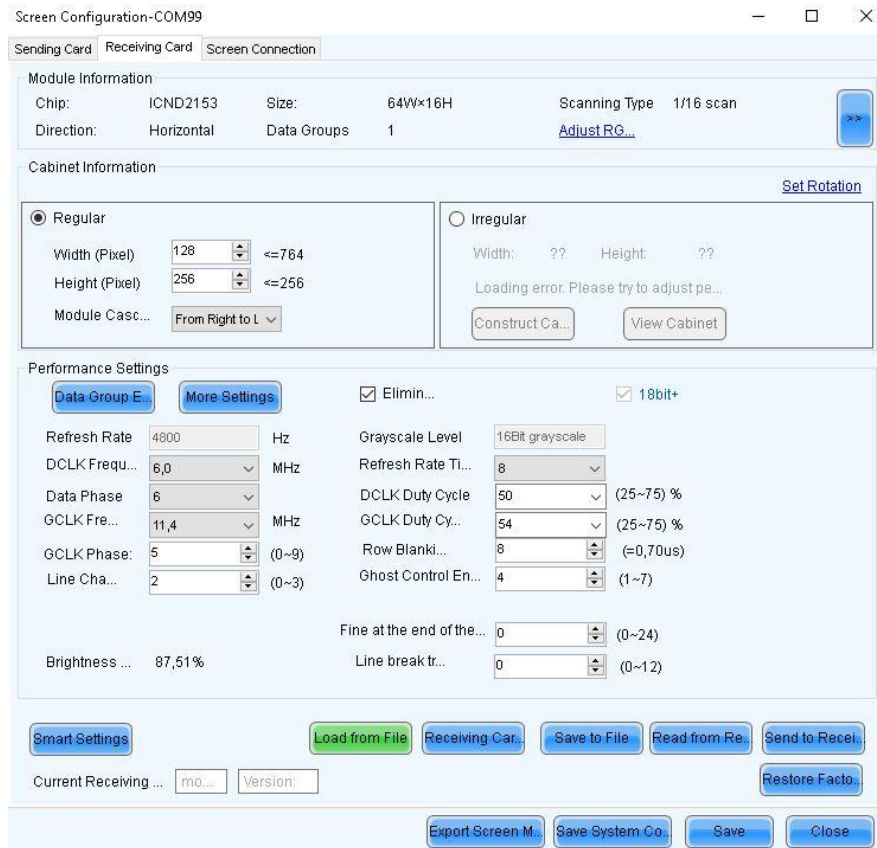


Abbildung 79: Informationsübersicht zur rcfgx Datei aus der Software¹³⁰

Zusätzlich zu der rcfgx Datei, als factory reset der Geräte, werden die in einem Batch, also innerhalb einer Produktionscharge, hergestellten LED-Systeme im Werk kalibriert. Hierbei werden die einzelnen produzierten IMs und die auf ihnen befindlichen LEDs farblich mit den restlichen Kacheln angeglichen, sodass es über alle gemeinsam hergestellten LED-Geräte einen gleich aussehenden homogenen Farbeindruck gibt. Diese Kalibrierungsdateien werden zum einen je Batch für jedes dazugehörige IM in einer Datenbank zusammengefasst und zum anderen, bei modernen Systemen, auf einem kleinen zusätzlichen Speicherchip, genannt Modul Flash, auf jeder einzelnen Kachel die entsprechend zur Kachel gehörige Kalibrierungsdatei gespeichert.

So kann bei einem Austausch einer IM die benötigte Kalibrierungsdatei mit Hilfe der Software von dem Modul Flash ausgelesen, auf der Receiving Card gespeichert und für die neu eingesetzte Kachel angezeigt werden, ohne dass erst mit Hilfe der Nummer des Moduls die benötigte Kalibrierungsdatei aus der zum Batch zugehörigen Datenbank herausgesucht und händisch auf die Receiving Card für den spezifischen Steckplatz der neuen Kachel auf dem Hub Board gespielt werden muss.

¹³⁰ Bildquelle: Eigener Screenshot aus Novastar Software „NovaLCT V5.4.4.6“

Um die LED-Wand noch besser als einen großen Screen wirken zu lassen, ohne dass durch gegebenenfalls Ungenauigkeiten im mechanischen Aufbau der LED-Wand und damit sichtbaren hellen Linien, durch zu nah aneinander stehende LEDs, und dunklen Linien, wenn Geräte nicht nah genug einander montiert werden, die einzelnen Geräte wahrgenommen werden können, ist es möglich bei eingeschalteter Kalibrierung diese Linien händisch mit der Software der Helligkeit der restlichen LED-Wand angepasst werden. Dies ist jedoch nur in einem bedingten Rahmen möglich, da helle und dunkle Linien auch durch Kanten im Übergang zwischen IMs erzeugt werden können, die sich je nach Betrachtungswinkel auf die Kante verändern können und so eine Korrektur dieser von nur einem Betrachtungspunkt aus umsetzbar macht. Außerdem können zu große, dunkle Spalten zwischen zwei Geräten nicht durch elektronische Anpassung der Helligkeit der am äußeren Rand liegenden LEDs vollständig ausgeglichen werden. In solch einem Fall würde immer eine schwarze Linie zu sehen bleiben und müsste durch eine mechanische Korrektur der Verbindung zwischen den Geräten behoben werden.

Da die für den Außeneinsatz hergestellten LED-Systeme eine deutlich höhere Helligkeit bzw. Leuchtdichte im Vergleich zu Indoor-Systemen oder Displays haben, muss die Helligkeit im Verhältnis zur Umgebungshelligkeit der LED-Außeninstallation angepasst werden, um die negativen Auswirkungen der selbstleuchtenden, digitalen Werbe-, Kunst- oder Mediatektur-Installation auf die Umwelt und die Sicherheit des ggfs. nahegelegenen Straßenverkehrs nicht zu gefährden. Dies kann entweder über die Helligkeitseinstellungen in der Software eingerichtet werden, indem bestimmten Uhrzeiten ein spezifischer Helligkeitswert in Prozent zugewiesen werden. Diese Variante der automatischen Helligkeitsregelung bedarf jedoch eine regelmäßig Korrektur und ist für den Außeneinsatz von LED-Wänden nicht zu empfehlen, da die fest eingestellte Helligkeit nicht von allein auf Veränderungen der Umgebungshelligkeit reagieren kann. Um diesen Automatismus der Helligkeitsregelung in eine LED-Installation integrieren zu können, wird ein weiteres Gerät, welches als Multifunction Box bezeichnet wird, zwischen der Sending Card und dem ersten LED-Gerät am ersten Netzwerk Port des Controllers benötigt. Dazu wird ein Helligkeitssensor an die Multifunction Box angeschlossen, welcher konstant die Umgebungshelligkeit misst und über die Netzwerkverbindung zum LED-Controller übermittelt.

Je nach Konfiguration in der Software reagiert die Helligkeitsregelung stufenweise von einem minimalen bis zu einem maximalen Wert, der im Vorwege in Bezug auf mögliche zu messende Umgebungshelligkeiten definiert worden ist. Bei der Einrichtung des Helligkeitssensors muss ein fixer Helligkeitswert eingetragen werden, den die LED-Wand im Falle eines Sensorausfalls übernimmt, um eine mögliche Blendung bei dunklen Umgebungsverhältnissen zu verhindern.

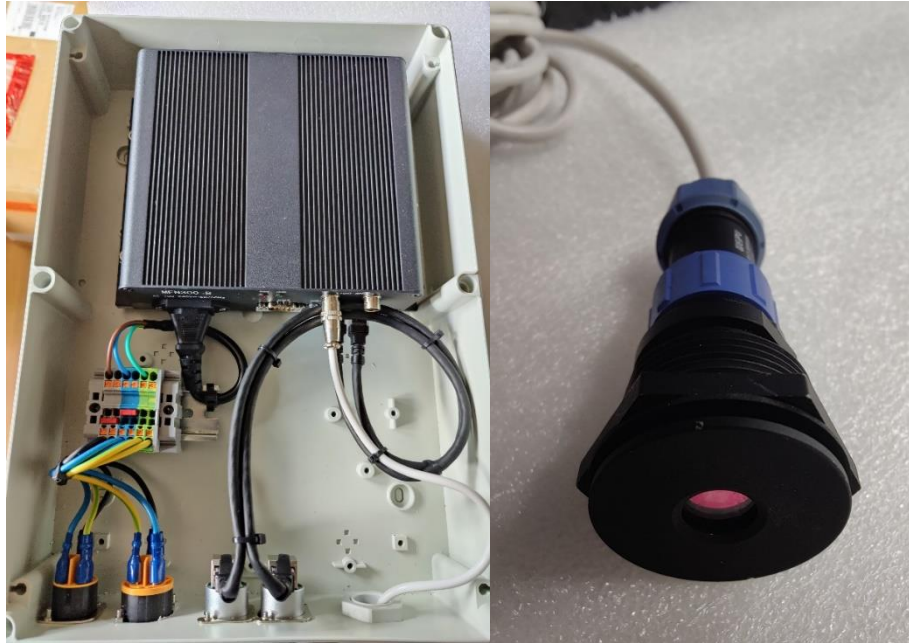


Abbildung 80: Multifunction Box in Outdoor-Gehäuse (links) und Helligkeitssensor (rechts)¹³¹

Zusätzlich kann in der Software für die Sending Card eine EDID (kurz für Extended Display Identification Data) eingetragen werden, welche an ein am Videosignal Eingang angeschlossenes Zuspieldgerät übermittelt wird, und diesem sagt, was für eine Auflösung, welche Bildwiederholrate und welche Bit-tiefe der Controller erwartet. Hierbei ist es schon vorgekommen, dass eine fehlerhafte Darstellung auf der LED-Wänden aufgetreten ist, sollten die Einstellungen der EDID des LED-Controllers nicht mit den Informationen des eingehenden Videosignals übereinstimmen. Dies zeigt sich zum Beispiel durch ein flackerndes Bild bei Differenzen zwischen der eingestellten und der ankommenden Bildwiederholrate. Je nach Bauart der Sending Card kann es sein, dass die Einrichtung der passenden EDID für jeden Signaleingang separat vorgenommen werden muss, falls unterschiedliche Signalquellen an einen LED-Controller an die verschiedenen Eingänge angeschlossen werden und die Möglichkeit gegeben sein soll, zwischen diesen hin und her wechseln zu können.

Bei der Konfiguration der EDID und einer möglichen Custom Auflösung ist jedoch zu beachten, dass es sich hierbei nicht um eine Funktion der Skalierung des Videosignals zur Anpassung auf eine LED-Wandgröße mit kleinerer oder größerer Auflösung als die Auflösung des ankommenden Signals handelt. Für solch eine Funktion benötigt man spezielle Modelle der Sending Cards mit integrierten Scaler, welche im Regelfall aber einen deutlich eingeschränkteren Funktionsumfang haben, als wenn ein externes Gerät, welches ausschließlich für Skalierungen und Anpassungen von Videosignalen zuständig ist, in die Signalkette der Peripherie eingebunden wird.

¹³¹ Bildquelle: Eigene Aufnahme aus Bestand vision tools rental and distributions gmbh

6.3.2 Content Management, Zuspielgeräte und Scaler

Je nach Größe der LED-Installation, der Anzahl gleichzeitig zu bespielender LED-Wände und dem Umfang der Zuspielung von Content aus mehreren Quellen bedarf es Zuspielgeräte in unterschiedlichsten Ausführungen und ist immer projektspezifisch zu ermitteln.

In diesem Abschnitt werden mögliche Geräte für spezielle Anwendungsfälle beispielhaft beschrieben, um eine kleine Übersicht über die zur Auswahl stehende Angebote, Möglichkeiten und Unterschiede der einzelnen Systeme zu erhalten.

Abspielgeräte in der einfachsten Form können ein Computer, Notebook oder Media Player sein, sollte die LED-Installation kein besonderes von den Standardauflösungen abweichendes Pixelmaße haben und der Content nur von dieser einen Quelle abgespielt werden, kann je nach Videoausgängen des Gerätes dieses direkt per Videosignalkabel an den LED-Controller angeschlossen werden. Bedarf es einer nicht allzu aufwändigen Skalierung, zur Anpassung kleinerer Abweichungen von Standardformaten, kann in diesem Fall entweder vorher getestet werden, ob das Abspielgerät diese krumme Auflösung selbst ausspielen kann, oder man bedient sich einer Sending Card mit eingebautem Scaler.

Bei solchen Anwendungsfällen befindet sich meist auf dem Computer, Notebook oder Media Player eine Cloud basierte Digital Signage Software zum Verwalten, Ausspielen und Timen der auf der LED-Wand zu sehenden Inhalte per Fernzugriff. Anbieter solcher Programme und Player sind beispielsweise Scala, Grassfish, PlaybackPro (für MAC), OptiSigns, Yodeck, ZeigX oder BrightSign.



Abbildung 81: ZeigX NUC Media Player¹³²

¹³² Bildquelle: ZeigX <https://zeigx.de/player/> (zuletzt abgerufen am 27.08.2023)



Abbildung 82: BrightSign XC 8K Media Player¹³³

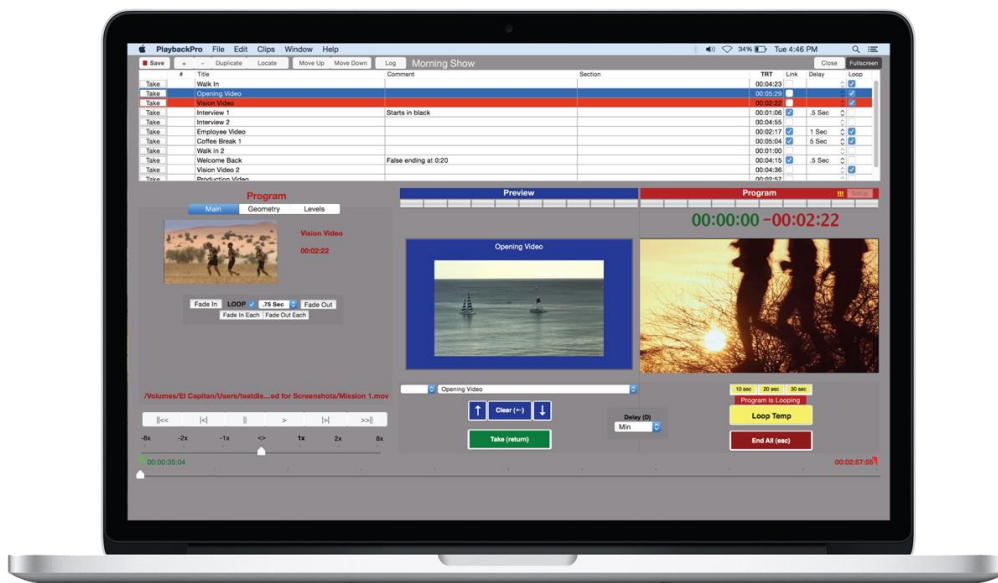


Abbildung 83: PlaybackPro Benutzeroberfläche¹³⁴

Wenn das Videosignal jedoch verändert werden soll oder aufgrund der Mehrfunktionen eines zusätzlichen externen Gerätes zwischen der Signalquelle und dem LED-Controller gewünscht sein sollte, muss man auf sogenannte Scaler zurückgreifen. Mit Hilfe dieser Geräte kann das eingehende Videosignal entsprechend der tatsächlichen Auflösung der LED-Wand korrigiert und angepasst werden. Außerdem können diese zusätzliche Funktionen wie PiP (steht für Picture-in-Picture), mögliche Farbanpassungen, Änderung der Bildwiederholrate, Konvertierung des Signalweges (z.B. von eingehend DVI zu ausgehend HDMI), Wechsel zwischen Inhalten von an mehreren Eingängen angeschlossener Signalquellen und Verteilen (bei Redundanz) oder Aufteilen (bei mehreren benötigten Sending Cards für eine LED-Wall) des Videosignals über mehrere Ausgänge.

¹³³ Bildquelle: BrightSign <https://www.brightsign.de/produktuebersicht/> (zuletzt abgerufen am 27.08.2023)

¹³⁴ Bildquelle: DTVideoLabs <https://www.dtvideolabs.com/dt-video-labs-playbackpro-professional-video-playback/> (zuletzt abgerufen am 27.08.2023)

Beispiele für solche Geräten sind diverse Baureihen der Hersteller Analog Way (Vio4k, Alta 4k, Midra 4k und LivePremier), Roland (VC-100UHD), Barco (ImagePRO-4k) und Kramer (VP-Serie in diversen Ausführungen).



Abbildung 84: Roland VC-100UHD / oben: Bedienfeld Vorderseite; unten: Anschlüsse Rückseite¹³⁵



Abbildung 85: Barco ImagePRO 4K / oben: rückseitige Anschlüsse / unten: vorderes Bedienfeld¹³⁶

¹³⁵ Bildquelle: Roland <https://proav.roland.com/de/products/vc-100uhd/media/> (zuletzt abgerufen am 27.08.2023)

¹³⁶ Bildquelle: Barco <https://www.barco.com/de/product/imagepro-4k> (zuletzt abgerufen am 27.08.2023)



Abbildung 86: Analog Way Zenith 200 / oben: Frontpanel / unten: In- und Outputs¹³⁷

Im Falle einer deutlich größeren LED-Installation, die sich über mehrere Screens erstreckt, mehrere Sending Cards zur Ansteuerung und Redundanz der LED-Wand benötigt oder von mehreren Signalquellen gleichzeitig mit Inhalten bespielt werden soll, benötigt man Zuspielderäte, die je nach Projekt mit mehr Funktionsumfang, Leistung und Signalein-/ausgängen ausgestattet sind. Bei Anwendungsfällen solcher Größe kommen Medien Server zum Einsatz. Die aktuell gängigsten Server Systeme sind neben weiteren AV Stumpfl Pixera, Dataton Watchout / Watchpax, Catalyst, Barco E2, Christie Pandoras Box oder Analog Way Picturall Mark II.



Abbildung 87: Ausführungsvarianten Analog Way Picturall Mark II Medien Server¹³⁸

¹³⁷ Bildquelle: Analog Way Alte 4k <https://www.analogway.com/emea/products/alta-4k-presentation-switchers/zenith-200/> (zuletzt aufgerufen am 27.08.2023)

¹³⁸ Bildquelle: Analog Way Picturall <https://www.analogway.com/emea/products/picturall-mark-ii-media-servers/>

7 Vorgaben und Richtlinien für den Bauantrag einer LED-Wand

Damit eine LED-Installation im öffentlichen Raum, sei es als Werbefläche, Infoscreen, Kunstinstallation oder Mediatektur, umgesetzt werden darf, müssen bei der Bauprüfabteilung des zuständigen Bezirksamt sämtliche Informationen, Unterlagen und Nachweise eingereicht und ein Bauantrag gestellt werden. Die jeweilig zuständigen Ämter müssen je nach geplanten Standort (Bundesland, Stadt, Stadtteil, Gebäude) für jedes Projekt spezifisch bestimmt und kontaktiert werden. Zu den zu beachtenden Vorgaben für (Außen-) Werbeanlagen zählen die baurechtlichen, wegerechtlichen und die straßenverkehrsrechtlichen Vorschriften, sowie die gesetzlichen Beschränkungen in Bezug auf Werbung, Denkmalschutz und Naturschutz. Die meisten Vorschriften und Reglementierungen diesbezüglich sind in Deutschland nicht einheitlich geregelt, sondern werden von den Bundesländern und Städten selbst aufgestellt. Der Paragraph 9 des Bundesfernstraßengesetzes (FStrG) über bauliche Anlagen an Bundesfernstraßen und Autobahnen ist als Einziger bundeseinheitlich geregelt.¹³⁹

Eine Baugenehmigung ist antragspflichtig und wird nur nach stellen eines offiziellen Antrags bei der entsprechenden Baubehörde erteilt. Dort (oder im Internet) erhält man in der Regel die benötigten amtlichen Bauvordrucke, welche zusammen mit den erforderlichen Unterlagen über das Bauvorhaben in dreifacher Ausfertigung eingereicht werden müssen. Dabei gilt, je umfangreicher und präziser die Angaben und Informationen von Beginn an sind, desto eher wird eine Verzögerung bei der Antragsstellung oder Ablehnung der Baugenehmigung durch fehlende Unterlagen oder Details vermieden. Oft hilft es vor Antragstellung Kontakt mit den entsprechenden Behörden aufzunehmen und während der Zusammenstellung der Unterlagen mit dem zuständigen Bezirksamt zu kommunizieren, um Missverständnisse auszuschließen und ggfs. durch Absprache möglicher Kompromisse eine voreilige Absage seitens der Bauprüfabteilung zu verhindern.¹⁴⁰

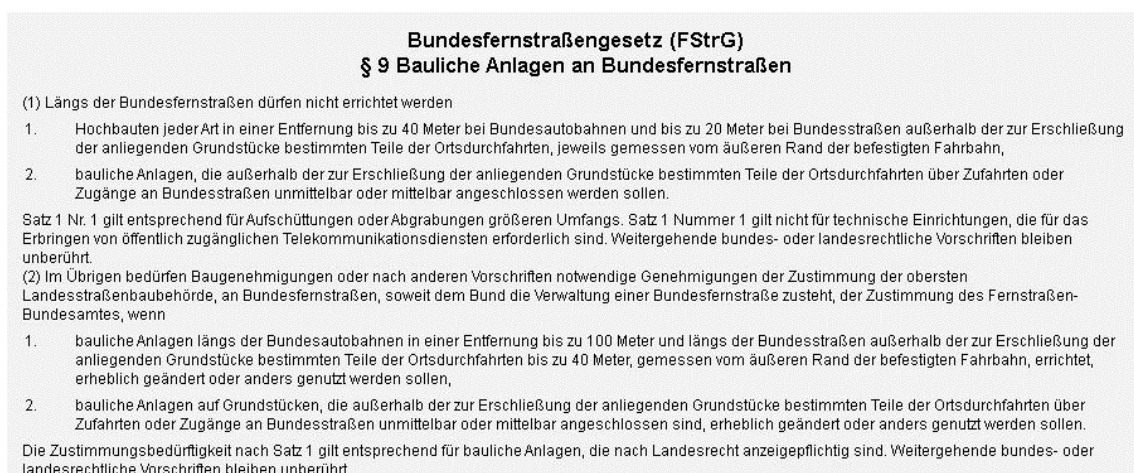


Abbildung 88: Auszug des §9 FStrG für Bauliche Anlagen an Bundesfernstraßen¹⁴¹

¹³⁹ vgl. LEDTek - Alles rund um die Baugenehmigung (2023)

¹⁴⁰ vgl. LEDTek – LED Wand FAQs / Baugenehmigung 1x1 (2023)

¹⁴¹ Bildquelle: Screenshot aus Bundesamt für Justiz / https://www.gesetze-im-internet.de/fstrg/_9.html

Im Allgemeinen sollten folgende, kurz zusammengefasste Anhaltspunkte schon bei der Planung einer LED-Installation und Beantragung der Baugenehmigung zum Aufstellen oder Anbringung im öffentlichen Raum berücksichtigt werden, um einer voreiligen Ablehnung des Bauantrags entgegenzuwirken¹⁴²:

1. *Behinderung der Verkehrssicherheit oder Verdeckung von Verkehrsschildern, Ampeln o.ä.*
2. *Verdeckung des Ausblicks auf Grünflächen*
3. *Störung des Straßen-, Orts- oder Landschaftsbildes in speziellem Falle*
4. *Störung des Straßen-, Orts- oder Landschaftsbildes durch gehäuftes Vorkommen*
5. *Anbringung an öffentlichen, repräsentativen oder städtebaulich hervorragenden Gebäuden*
6. *Anbringung unmittelbar auf bzw. an Bäumen, Ufern, Böschungen, Masten und Brücken*

7.1 Beispiel Werbeanlagen in Hamburg

Im Folgenden werden beispielhaft die Bestimmungen, Richtlinien und Vorgaben der Stadt Hamburg für Außenwerbung und Werbeanlagen zusammengetragen und für mögliche schon bestehende Bewertungsrichtlinien genauer betrachtet.

Die Rechtsgrundlage für Werbeanlagen in Hamburg durch Gesetze, Verordnungen und Sonstige Regelungen wurden 2013 vom Bauprüfdienst der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt und dem Amt für Bauordnung und Hochbau wie folgt zusammengetragen¹⁴³:

- *Baugesetzbuch (BauGB), insbesondere §§ 29 ff.*
- *Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG), insbesondere § 22 Abs. 1 Nr.1 und Nr. 2*
- *Baunutzungsverordnung (BauNVO), insbesondere §§ 14 Abs. 1; 15; 23 Abs. 5*
- *Baupolizeiverordnung (BPVO), insbesondere § 10 Abs. 4*
- *Hamburgische Bauordnung (HBauO), insbesondere §§ 12; 13; 60; 62; Anlage 2 zu § 60, Ziffer 11; §81*
- *Hamburgisches Wegegesetz (HWG), insbesondere §§ 19 Abs. 1; 25 Abs. 1+2*
- *Bundesfernstraßengesetz (FStrG), § 9 Absätze 1, 2, 6 und 8*
- *Straßenverkehrsordnung (StVO), insbesondere § 33*
- *Hamburgisches Wassergesetz, insbesondere § 10a*
- *VO zum Schutz der öffentlichen Grün- und Erholungsanlagen, § 1 Abs. 3 Nr. 10*
- *Landschaftsschutzverordnungen der Bezirke*
- *Gestaltungsverordnungen gemäß § 81 HBauO*
- *Denkmalschutzgesetz (DschG), insbesondere § 9. Im konkreten Einzelfall zu beachtende Milieuschutz- und Gestaltungsvorschriften gemäß § 172 BauGB*
- *WechsellichtVO*

¹⁴² vgl. LEDTek - LED Wand FAQs / Baugenehmigung 1x1 (2023)

¹⁴³ vgl. Bauprüfdienst (BPD) 5/2013 - Werbeanlagen (2023) - Seite 3

- *Fachanweisung über Werbeanlagen, Hinweisschilder, und Sonderbeleuchtung auf öffentlichen Wegen und privaten Verkehrsflächen vom 27.02.2012 (Gz.: BWVI/V33/652.014-17/20)*
- *Vertragliche Regelungen (Übertragung des Rechts auf Werbung auf öffentlichen Wegen an die Hamburger Außenwerbung GmbH und JCDecaux Deutschland GmbH)*
- *Rundschreiben Stadtverkehr Allgemeines RSA 2/04 „Richtlinien zur Werbung an Bundesautobahnen aus straßenverkehrs- und straßenrechtlicher Sicht“ der BSU (jetzt: BWVI) vom 19.05.2004*
- *Generalerlaubnis Bezirksamt Eimsbüttel an die Universität Hamburg vom 23.04.1968*

Hinzukommen je nach geplanten Standort der Werbeanlage ortsbezogene Festlegung mit Bezug auf Gestaltungsverordnungen der jeweiligen Gebiete wie zum Beispiel der Rathausmarkt, Binnen- und Außenalster oder die Speicherstadt. Weitere gebietsbezogene Regelungen treffen je nach Gebietstyp wie Kleinsiedlungs- und Dorfgebiete, Misch- und Gewerbegebiete, Industriegebiete sowie Hafen und Bahnflächen zu.¹⁴⁴

7.1.1 Hamburgische Bauordnung

Um Außenwerbeanlagen in Hamburg bauen zu dürfen, muss ein Antrag auf Erteilung einer Baugenehmigung nach dem Baugenehmigungsverfahren mit Konzentrationswirkung nach §62 Hamburgischen Bauordnung (HBauO)¹⁴⁵ bei der Bauprüfungsabteilung des zuständigen Bezirksamtes in dreifacher Ausführung mit den Unterschriften des Bauherrn, des Entwurfs Verfassers und des Grundeigentümers oder Erbbauberechtigten (§1 Abs. 3 BauVorlVO) eingereicht werden und gemäß §10 der Bauvorlagen-Verordnung (BauVorlVO) die folgenden Bauvorlagen enthalten:¹⁴⁶

1. *eine Flurkarte sowie für die Werbeanlagen bedeutsame Angaben*
2. *Zeichnungen im Maßstab 1:50 mit Darstellung der geplanten Anlage, insbesondere ihre farbige Gestaltung sowie Darstellung der Anbringung an vorhandene bauliche Anlagen, gegebenenfalls ergänzt durch Lichtbilder*
3. *eine Beschreibung der Anlage, soweit die zur Beurteilung erforderlichen Angaben nicht in die Zeichnungen aufgenommen werden können, sowie über benachbarte Lichtsignalanlagen (Ampeln) und bei beleuchteten Werbeanlagen über die Art der Beleuchtung, deren Stärke und Farbgebung*
4. *bei Werbeanlagen und Automaten, die bauliche Anlagen sind, die entsprechenden Angaben und Berechnungen für den Standsicherheitsnachweis nach § 4 BauVorlVO.*

¹⁴⁴ vgl. Bauprüfdienst (BPD) 5/2013 - Werbeanlagen (2023) - Seite 10 bis 12

¹⁴⁵ vgl. HBauO §13 „Werbeanlagen“ (2023)

¹⁴⁶ vgl. Handelskammer Hamburg - Außenwerbung (2023)

Des Weiteren ist nach §1 Abs. 2 BauVorlVO bei Antragstellung darauf zu achten, dass die Unterlagen auf dem dafür vorgesehenen amtlichen Vordruck geschrieben, sowie lichtbeständig und radierfest auf dauerhaftem Papier gedruckt, für Mikroverfilmung geeignet und im DIN A4 Format (oder z.B. bei Lageplänen oder technischen Zeichnungen auf die Größe gefaltet) sein müssen. Sollte eine wegerechtliche Sondernutzungserlaubnis im Falle eines geplanten Baus einer Außenwerbeanlage, die über den Anliegergebrauch oder die Teilnahme am allgemeinen öffentlichen Verkehr hinausgeht, benötigt werden, muss diese entweder separat zur Genehmigung bei der Wegeaufsichtsbehörde des zuständigen Bezirksamts oder zusammen mit dem Antrag zur Baugenehmigung gestellt werden.¹⁴⁷

Es gilt zu beachten, dass festverankerte Werbeträger in Hamburg im Rahmen der Stadtgestaltung ausschließlich von ausgewählten Vertragspartnern und Werbedienstleistern gebaut und an Gewerbetreibende zu Werbezwecken vermietet werden dürfen.¹⁴⁸

Nach §13 HBauO „Werbeanlagen“ sind folgende Anlagen in Hamburg unzulässig:¹⁴⁹

1. *Werbeanlagen, die die Sicherheit des Verkehrs gefährden*
2. *Werbeanlagen in störender Häufung oder von störendem Umfang*
3. *Werbeanlagen an Böschungen, Brücken, Ufern und Bäumen*
4. *Werbeanlagen an öffentlichen Gebäuden repräsentativen oder städtebaulich hervorragenden Charakters in den Stadtteilen Hamburg-Altstadt, Neustadt und HafenCity, ausgenommen Hinweise auf dort befindliche Dienststellen, Unternehmen oder Veranstaltungen*
5. *Werbeanlagen mit Wechsellicht außerhalb der vom Senat durch Rechtsverordnung bestimmten Gebiete*
6. *Werbeanlagen in Vorgärten mit Ausnahme von Schildern, die Inhaberinnen und Inhaber und Art eines auf dem Grundstück vorhandenen Betriebes oder eines dort ausgeübten freien Berufes (Stätte der Leistung) kennzeichnen.*

¹⁴⁷ vgl. Handelskammer Hamburg - Außenwerbung (2023)

¹⁴⁸ vgl. Handelskammer Hamburg - Außenwerbung (2023)

¹⁴⁹ vgl. HBauO §13 „Werbeanlagen“ (2023)

7.1.2 Verordnung für Werbung mit Wechsellicht

Gemäß §1 der Verordnung für Werbung mit Wechsellicht (kurz: WechsellichtVO, Gültigkeit ab 01.01.2004) dürfen Werbeanlagen mit Wechsellicht nur in den Gebietsteilen der Vergnügungsviertel Reeperbahn und Steindamm und im Bereich des Stadtteils Hamburg -Altstadt verwendet werden. Diese dürfen gemäß §2 WechsellichtVO nur an Gebäuden oder in Schaufenstern montiert werden. Eine weitere Vorgabe zur Zulassung einer Werbeanlage mit Wechsellicht ist, dass sich das Wechsellicht in Form, Farbe und Helligkeit erst nach mindestens 30 Sekunden ändern darf und bei stufenlosem Wechsel die Veränderung mindestens 30 Sekunden benötigten muss. Nach 3§ der WechsellichtVO dürfen jedoch auch außerhalb der in §1 genannten Gebiete Genehmigungen von Werbewechselbildanlagen in Schaufenster durch die Bauaufsichtsbehörde genehmigt werden, solange das bestehende Erscheinungsbild nicht beeinträchtigt wird.¹⁵⁰ In den Anlagen der WechsellichtVO findet man zu den in §1 genannten Gebieten entsprechende Stadtkarten in denen die für den Bau von Werbeanlagen mit Wechsellicht zulässigen Straßen in rot markiert (siehe Anhang „Verordnung über Werbung mit Wechsellicht“).¹⁵¹

7.1.3 Bauprüfdienst (BPD) 5/2013 - Werbeanlagen

Der Bauprüfdienst wurde im Mai 2013 von der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt und dem Amt für Bauordnung und Hochbahn aufgrund der Änderung der Hamburgischen Bauordnung und neuer technischer Möglichkeiten der Ausführung von Werbeanlagen erneuert. Im Bauprüfdienst werden alle relevanten Gesetze und Verordnungen, sowie sonstige Regelungen und Anforderungen, die zur Genehmigung einer Werbeanlage nach dem Baugenehmigungsverfahren der HBauO und im Sinne des Hamburger Wegegesetzes aufgelistet und zusammengefasst. Damit bekommt man eine gute Orientierungshilfe für die Rechtsgrundlagen, Zuständigkeiten, Gestaltung und Gebietsbezogene Regelungen, Unzulässigkeiten und Besonderheiten in Bezug auf Werbeanlagen im öffentlichen Raum.¹⁵²

Abschnitt 11 des Bauprüfdienstes befasst sich zusätzlichen mit Abweichungen und Besonderheiten bei Werbeanlagen mit Wechsellicht und gibt eine Übersicht über Bewertungskriterien und Rechtsgrundlagen im speziellen für Hamburg anhand zweier LED-Erprobungsanlagen im Jahr 2012, um die Zulassung von LED-Werbeanlagen unter einzuhaltenden und nachzuweisenden Auflagen in Gebieten außerhalb der WechsellichtVO ermöglichen zu können.¹⁵³

¹⁵⁰ vgl. Verordnung über Werbung mit Wechsellicht (2023)

¹⁵¹ vgl. Verordnung über Werbung mit Wechsellicht (2023)

¹⁵² vgl. Bauprüfdienst (BPD) 5/2013 - Werbeanlagen (2023)

¹⁵³ vgl. Bauprüfdienst (BPD) 5/2013 - Werbeanlagen (2023) – Seite 15

Die grundsätzlichen Rechtsgrundlagen für LED-Werbeanlagen in Hamburg bilden laut Bauprüfdienst die HBauO und WechsellichtVO. Gemäß §13 Abs. 3 Nr. 5 HBauO sind Wechsellichtanlagen außerhalb der in der WechsellichtVO bestimmten Gebiete unzulässig und benötigen eine Sonderabweichungsentcheidung gemäß §69 HBauO. Dasselbe gilt für Anlagen auf öffentlichen Grund mit zu beantragender wegerechtlichen Sondernutzungserlaubnis.

Aufgrund der LED-Systeme und der damit unvermeidbaren Abstrahlung von Licht verweist der Bauprüfdienst auf das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) als Grundlage zur Zugehörigkeit von LED-Werbeanlagen im öffentlich Raum zur Immissionsart der Lichtimmission und dem Einstufung der damit einhergehenden schädlichen Umwelteinwirkungen, welche sich durch Lichteinwirkungen im Bereich der Belästigung und Störung und nach §22 BImSchG auf ein Mindestmaß zu reduzieren sind.¹⁵⁴ Als Orientierung für Bewertungskriterien zur Beurteilung von Lichtimmissionen werden die „Hinweise zur Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen“ der LAI und die „Empfehlung für Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen künstlicher Lichtquellen“ der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft (LiTG) genannt, auch wenn beide nicht spezifisch LED-Wechsellichtanlagen beinhalten bzw. behandeln und ausschließlich für den Nachtbetrieb bei Dunkelheit angewendet werden können.¹⁵⁵

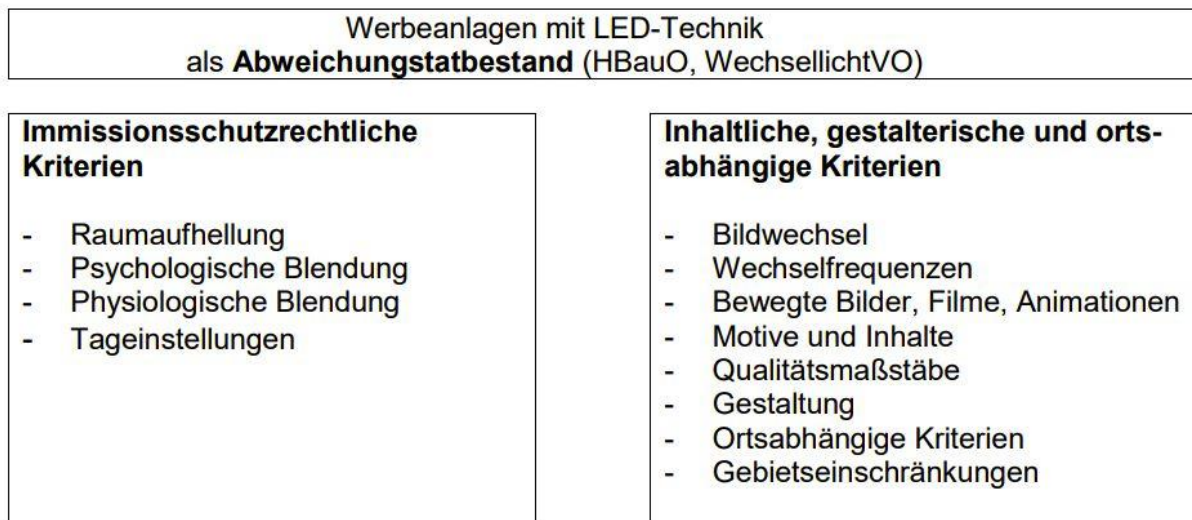


Abbildung 89: Wechselbildanlagen mit LED-Technik als Abweichungstatbestand¹⁵⁶

¹⁵⁴ vgl. Bauprüfdienst (BPD) 5/2013 - Werbeanlagen (2023) – Seite 16

¹⁵⁵ vgl. Bauprüfdienst (BPD) 5/2013 - Werbeanlagen (2023) – Seite 17

¹⁵⁶ Bildquelle: Screenshot aus Bauprüfdienst 5/2013 „Werbeanlagen“ - Seite 16 <https://www.hamburg.de/contentblob/153024/551e72d0c8eaeddb38712b3ba758e4da/data/bpd-werbeanlagen.pdf> (zuletzt abgerufen am 28.08.2023)

8 Beispiele für LED-Außeninstallationen

8.1 Ströer und WallDecaux

Die beiden bekanntesten und weitverbreitetsten Firmen für Außenwerbung in jeglicher Art und Weise in Deutschland sind Ströer und JCDecaux bzw. WallDecaux. Das Portfolio an angebotenen Möglichkeiten, um über einen der beiden Anbieter Werbung im öffentlichen Raum zu schalten, ist grundsätzlich sehr ähnlich. Im Bereich des DOOH Advertising mit LED-Systemen umschließt das Angebot digitale Werbetafeln und Infoscreens an Straßen oder an Gebäuden in unterschiedlichen Größen und mehrseitige digitale Litfaßsäulen.



Abbildung 90: Ströer Public Video Roadside¹⁵⁷



Abbildung 91: Ströer Public Video City Tower am Hamburger Hauptbahnhof¹⁵⁸

¹⁵⁷ Bildquelle: Ströer Public Video Roadside <https://www.stroeer.de/planen-buchen/aussenwerbung/public-video-roadside/> (zuletzt abgerufen am 27.08.2023)

¹⁵⁸ Bildquelle: Ströer Public Video City Tower <https://www.stroeer.de/planen-buchen/aussenwerbung/public-video-city-tower/> (zuletzt abgerufen am 27.08.2023)

8.2 Spielbudenplatz Hamburg

Die 138m² große LED-Außeninstallation der Firma pilot Screentime auf der Ostbühne des Spielbudenplatzes auf St.Pauli in Hamburg wurde zusammen mit dem LED-Spezialisten Expromo aus Dänemark zur Bespielung sowohl für Kunst und Kultur aber genauso auch für Werbung innerhalb von vier Jahren geplant und umgesetzt.¹⁵⁹

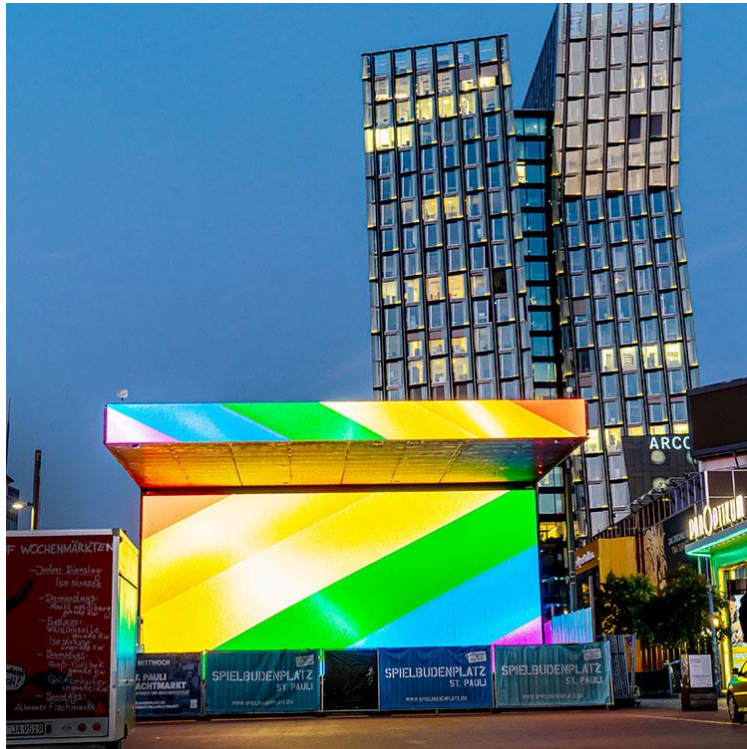


Abbildung 92: LED-Installation Spielbudenplatz St. Pauli / pilot Screentime¹⁶⁰



Abbildung 93: Spielbudenplatz St. Pauli im Bau / pilot Screentime¹⁶¹

¹⁵⁹ vgl. pilot Hamburg – Spielbudenplatz St. Pauli (2023)

¹⁶⁰ Bildquelle: pilot Hamburg <https://www.pilot.de/neuigkeiten/pilot-screentime-digitalisiert-spielbudenplatz-auf-der-reeperbahn/> (zuletzt abgerufen am 27.08.2023)

¹⁶¹ Bildquelle: pilot Screentime <https://pilot-screentime.de/projekte/26145-2/> (zuletzt aufgerufen am 27.08.2023)

8.3 EKZ Quarree Hamburg Wandsbek

Auch die Medienfassade des Einkaufszentrums Quarree in Hamburg Wandsbek wurde von pilot Screentime in Kooperation mit Expromo realisiert. Diese zweiteilige LED- Außeninstallation mit jeweils drei beispielbaren Seiten soll das Gebäude und die genutzte Medientechnik architektonisch miteinander vereinen und als weitreichendes Landmark den Stadtteil und das Stadtbild prägen. Sie ist zurzeit ausschließlich für die Eigennutzung des Einkaufszentrums bestimmt, soll langfristig gesehen aber auch dazu dienen Kunst und Kultur eine mögliche digitale Bühne zu geben. Der „Turm“ besteht dabei aus insgesamt 117m² und der „Kubus“ aus 27m² LED-Fläche. Bespielt wird die Installation mit Hilfe des Digital Signage Content Management Systems Scala.¹⁶²



Abbildung 94: Medienfassade Quarree Wandsbek über Cinemaxx Eingang / pilot Screentime¹⁶³

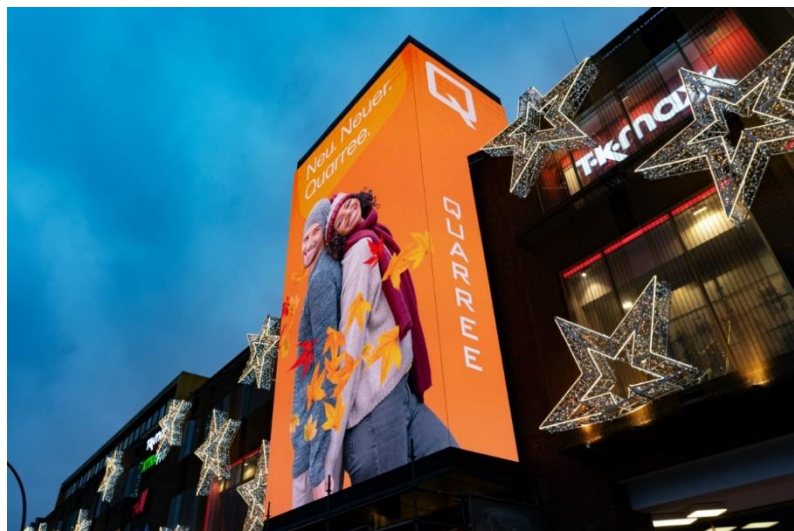


Abbildung 95: Medienfassade Quarree Hamburg am Wandsbeker Markt / pilot Screentime¹⁶⁴

¹⁶² vgl. pilot Hamburg - Quarree Wandbek (2023)

¹⁶³ Bildquelle: pilot Hamburg <https://www.pilot.de/neuigkeiten/digitale-aussenfassaden-fuer-quarree-wandsbek/>

¹⁶⁴ Bildquelle: pilot Hamburg <https://www.pilot.de/neuigkeiten/digitale-aussenfassaden-fuer-quarree-wandsbek/>

8.4 LED-Werbetürme

8.4.1 Hallcube

Der Hallcube-Werbeturm an der B6 in Halle (Saale, Nähe Leipzig) umfasst zwei beispielbare Flächen im 16:9 Format und einer FullHD Auflösung mit insgesamt 300m² LED im Pixelpitch 10mm. Durch den 22m hohen Turm und der optimalen Lage direkt an der Autobahn kann für geschaltete Werbung mit einer Kontaktzahl von bis zu 165.000 Kontakten pro Tag gerechnet werden.¹⁶⁵



Abbildung 96: Hallcube Werbeturm an der B6 in Halle (Saale)¹⁶⁶

8.4.2 AdverTower

Die AdverTower sind ein weiteres Modell der digitalen Werbetürme. Bevorzugt stehen sie an zentralen Orten wie Knotenpunkten von Autobahnen, um möglichst viele Menschen beim Vorbeifahren zu erreichen und maximalen Kontakte für Werbetreibende zu generieren. Die Türme sind in der Regel zweiseitig bespielbar. Ein von der Firma Wildstone, führender Eigentümer von Außenwerbemedien-Infrastrukturen in Europa, übernommener Standort ist die A3-Autobahn zwischen Köln und Frankfurt, an dem ein knapp 30m hoher AdverTower mit zwei 173m² großen LED-Flächen steht.¹⁶⁷



Abbildung 97: AdverTower an der A3 zwischen Köln und Frankfurt¹⁶⁸

¹⁶⁵ vgl. Hallcube GmbH (2023)

¹⁶⁶ Bildquelle: Hallcube GmbH <https://hallcube.de> (zuletzt abgerufen am 27.08.2023)

¹⁶⁷ vgl. Wildstone Capital (2023)

¹⁶⁸ Bildquelle: mulit visual media <https://m-v-media.com/advertower/> (zuletzt abgerufen am 27.08.2023)

8.5 Kö-Bogen II in Düsseldorf

Die LED-Installation hinter der Glasfassade des Kö-Bogen II in Düsseldorf ist mit ihren Maßen von knapp 112,5m Länge und fünf Metern Höhe in der zweiten Etage des Gebäudes soll 16 Stunden am Tag in der Zeit zwischen 7 und 23 Uhr bzw. wochenends zwischen 8 und 24 Uhr sowohl als Werbefläche dienen aber auch sechs Stunden am Tag als Fläche für Information und Kunst- und Kulturangebote der Stadt genutzt werden. Diese riesige Bauvorhaben war laut Westdeutscher Zeitung in einem Artikel vom 22. Februar 2019 rechtlich eigentlich nicht umsetzbar, allerdings wurde die Genehmigung nach einer Abstimmung der politischen Bezirksvertretung 1 unter vertraglich festgehaltenen Bedingungen freigegeben. Die Bedingungen für die Baufreigabe der LED-Werbefläche beinhalteten neben der Art der Werbeinhalte und der Werbe-Platzierungen über die gesamte LED-Fläche verteilt auch die Ausschließung greller Farben und rasanter Filmschnitte. Der SPD Politiker Matthias Herz sagte in Bezug auf die Bedenken und Kritiken der skeptischen Gegenstimmen, dass die LED-Wand eine Chance sei und sich durchaus ins Stadtbild einfüge.¹⁶⁹

Im Dezember 2020 umfasste die LED-Fassade laut des Digital Signage Integrators tennagels Medientechnik 38,4m in der Breite und 3,6m in der Höhe, bestehend aus 384 LED-Geräten mit einem 12,5mm Pixelpitch.¹⁷⁰



Abbildung 98: aktuelle LED-Fassade des Kö-Bogen II¹⁷¹

¹⁶⁹ vgl. Westdeutsche Zeitung - Kö-Bogen II (2023)

¹⁷⁰ vgl. tennagels Medientechnik Facebook Post vom 07. Dezember 2020 (2023)

¹⁷¹ Bildquelle: tennagels Medientechnik Facebook Post vom 07. Dezember / <https://www.facebook.com/132026403556662/posts/3660161410743126/> (zuletzt abgerufen am 28.08.2023)

8.6 Mediatektur im Wilopark Dortmund

Im Wilopark, der neuen in Dortmund gebauten Technikzentrale des weltweit führenden Anbieters für Pumpen und Pumpensysteme, hat der Digital Signage Integrator tennagels Medientechnik in Zusammenarbeit mit Mehnert Corporate Design GmbH & Co.KG eine U-förmige, unverwechselbare, futuristische, digitale Mediatektur mit 325m² bespielbarer Fläche aus einem LED-System mit einem Pixelpitch von 5,95mm geschaffen.¹⁷²



Abbildung 99: 325qm LED-Fläche im Wilopark Dortmund¹⁷³

¹⁷² vgl. tennagels Medientechnik – Projekt Wilo (2023)

¹⁷³ Bildquelle: tennagels Medientechnik – Projekt Wilo <https://tennagels.com/Projekte/wilo/> (zuletzt abgerufen am 28.08.2023)

8.7 Mediascreen am Gebäude der Handelsblatt Media Group

Die 85m² große LED-Außeninstallation am Gebäude der Handelsblatt Media Group in Düsseldorf ist ein gutes Beispiel für den Einsatz von semitransparenten LED-Systemen mit sehr groben Pixelpitch zur Nutzung als Infoscreen an Gebäudefassaden, ohne dass die LED-Wand die Sicht und Funktionen von ggfs. dahinter befindlichen Fenstern vollständig einschränkt. Außerdem bleibt durch die richtige Integration der LED-Wand in die Fassade, den richtigen Einsatz von zusehenden Inhalten und der möglichen Wahrnehmung der Gebäudestruktur hinter der bespielten semitransparenten LED-Fläche die Architektur weitestgehend ungestört.



Abbildung 100: Semitransparenter Infoscreen an Gebäudefassade der Handelsblatt Media Group¹⁷⁴

¹⁷⁴ Bildquelle: tennagels Medientechnik - Projekt Handelsblatt Media Group / <https://tennagels.com/Projekte/handelsblatt-media-group-gmbh/> (zuletzt abgerufen am 28.08.2023)

9 Mögliche Bewertungsrichtlinien zur Planung, Beurteilung und Zulassung

9.1 Technische Kriterien und Ansprüche

Aus den mechanischen und elektronischen Komponenten im Zusammenspiel mit den Möglichkeiten der Konfiguration in der LED-Processing Software ergeben sich maßgebende Funktionen und Eigenschaften der LED-Systeme, welche sinnvoll in der Planung einer LED-Außeninstallation als technische Bewertungsrichtlinien hinzugezogen und ihre Parameter als mögliche Grenzwerte definiert werden können.

9.1.1 Pixelpitch, Betrachtungsabstand und Betrachtungswinkel

Der Pixelpitch, also der Abstand gemessen vom Mittelpunkt zum Mittelpunkt zwischen den einzelnen Pixeln auf einem IM, ergibt sich aus der verwendeten Bauart der LEDs und definiert sowohl die Pixeldichte als auch die Pixelmaße der LED-Installation. Gängige Outdoor-Systeme haben je nach Projektanforderungen einen Pixelpitch von 3,9mm über 6mm und 8mm bis hin zu Geräten mit deutlich größeren Pixelabständen im cm Bereich sind, die allerdings nur bei Installationen mit großem Abstand zum Betrachter oder gezeigten Inhalten ohne kleine Details und geringer Auflösung ratsam sind.

Wenn man für eine Installation einen spezifischen Ort für eine LED-Wand mit definierten Abstand zum Publikum vorgegeben hat, kann man sich den benötigten Pixelpitch mit Hilfe der Formel für die optimal viewing distance (kurz OVD) errechnen. Dieser Abstand zur LED-Wand ist die Entfernung in der das menschliche Auge die rasterförmige Anordnung der LEDs und damit jeden einzelnen Pixel als solchen nicht mehr wahrnehmen kann, sondern die LED-Wand das Erscheinungsbild eines großen, einheitlichen Displays bekommt.¹⁷⁵

$$\frac{OVD \text{ in mm}}{2000} = \text{benötigter Pixelpitch}$$

Formel 4: Berechnung des benötigten Pixelpitch aus der OVD

$$\text{Pixelpitch in mm} \times 2000 = OVD \text{ in mm}$$

Formel 5: Berechnung des optimalen Betrachtungsabstands aus dem Pixelpitch

¹⁷⁵vgl. Barco - Pixel Pitch and Viewing Distance (2023)

Im Zusammenhang mit dem Pixelpitch ist es ebenso ratsam auf die Gehäusemaße bezogen auf die bebaubare Fläche, auf die die LED-Wand montiert werden soll, und der daraus resultierenden Gesamtauflösung schon in der Planungsphase zu achten. Dies ist dafür notwendig, dass ggfs. weitere, benötigte Peripherie Geräte von vornherein mit eingeplant werden können, um evtl. Inhalte entsprechend der Auflösung der LED-Wand zu entwerfen und vorzubereiten, sollte die LED-Wand aufgrund ihrer Baugröße keine standardisierte Auflösung wie zum Beispiel FullHD (1920x1080px) oder UHD (3840x2160px) haben.

Im Optimalfall sollte immer versucht werden, die Auflösung der LED-Wand nativ in einem der meiste genutzten Standardauflösungen, im selben Seitenverhältnis entsprechend 4:3 oder 16:9 oder daran orientiert so nah wie irgendwie möglich zu bauen, um ungewünschte Falschdarstellungen in Form von schwarzen Balken (ober- / unterhalb oder seitlich), Verzerrungen oder abgeschnittene und nicht zu sehende Bereiche des Contents zu vermeiden.

Des Weiteren muss mit der Position der LED-Installation nicht nur der Abstand zum Betrachter, sondern auch die Betrachtungswinkel aus unterschiedlichen Entfernungen und in möglichen Bewegungen des Betrachters an der LED-Wand vorbei mitbedacht werden. Je nach verwendeter LED-Bauweise, den verbauten Shadern bzw. Masks zum Schutz vor Sonneneinstrahlung und mechanischen Einwirkungen und der Anordnung der Farbdioden bzw. Subpixeln Rot, Grün und Blau ergibt sich sowohl ein horizontaler als auch ein vertikale Betrachtungswinkel. Außerhalb dieses Betrachtungswinkels kommt es zum einen zu einem Helligkeitsverlust als auch zu einer Farbverschiebung und infolgedessen nimmt der Betrachter den auf der LED-Wand zu sehenden Inhalt falsch wahr.

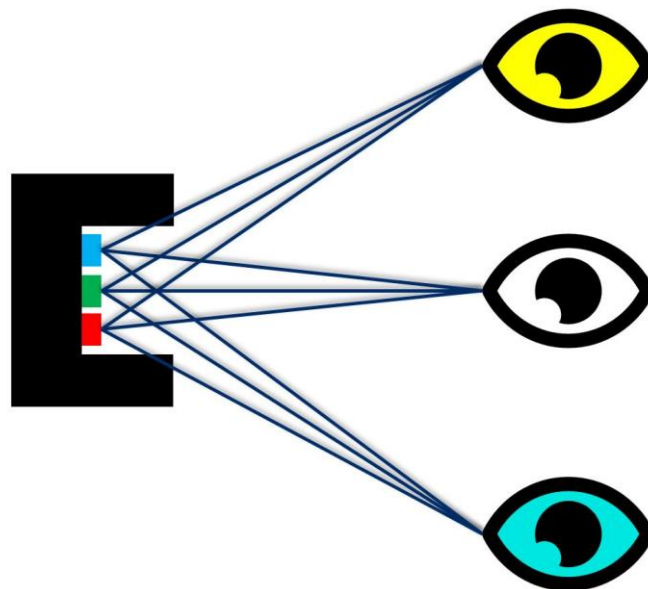


Abbildung 101: Farbverschiebung durch Anordnung der LEDs und dem Betrachtungswinkel - Beispiel 1¹⁷⁶

¹⁷⁶ Bildquelle: Eigene Darstellung

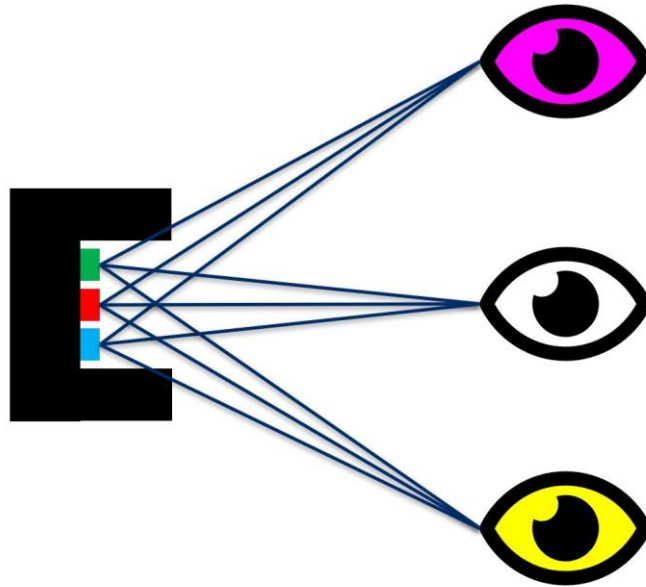


Abbildung 102: Farbverschiebung durch Anordnung der LEDs und dem Betrachtungswinkel - Beispiel 2¹⁷⁷

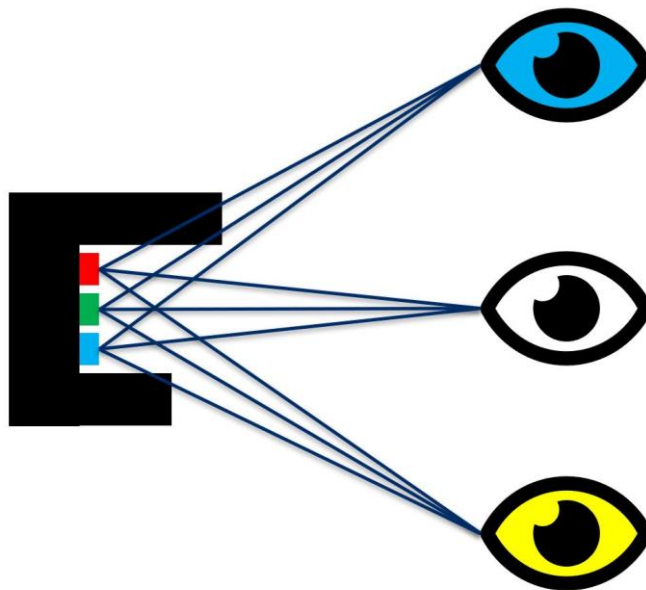


Abbildung 103: Farbverschiebung bei Outdoor Shader¹⁷⁸

Gemessen werden die Betrachtungswinkel der LED-Systeme, indem in der Mitte eines Cabinets ein Lot gefällt wird, welches als 0° definiert wird. Von da aus wird ein Messgerät, nachdem damit aus diesem direkten, frontalen Blickwinkel 100% Helligkeit ermittelt wurde, in einer halbkreisförmigen Bewegung so lange gemessen, bis die Helligkeit 50% beträgt. Bedingt durch die Abstrahlcharakteristik von LEDs

¹⁷⁷ Bildquelle: Eigene Darstellung

¹⁷⁸ Bildquelle: Eigene Darstellung

sollte dieser Effekt nach einem ungefähren Winkel von 60° in eine Richtung auftreten, allerdings sind, aufgrund der anderen, umliegenden Pixel, deutlich mehr Pixel auf einmal im Messbereich des Messgeräts. Dies hat zur Folge, dass das Messgerät mehr Helligkeit misst und die zum Betrachtungswinkel bestimmenden 50% Helligkeit erst deutlich später erreicht werden. Deshalb geben LED-Hersteller in den Datenblättern sehr große Gesamtbetrachtungswinkel wie zum Beispiel 140° oder 160° für ihre Systeme an.¹⁷⁹

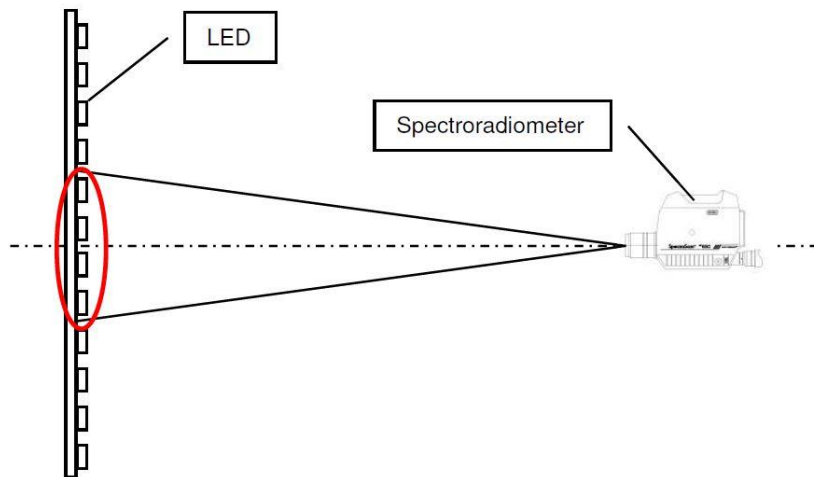


Abbildung 104: Helligkeitsmessung zur Bestimmung des Betrachtungswinkels im Mittelpunkt¹⁸⁰

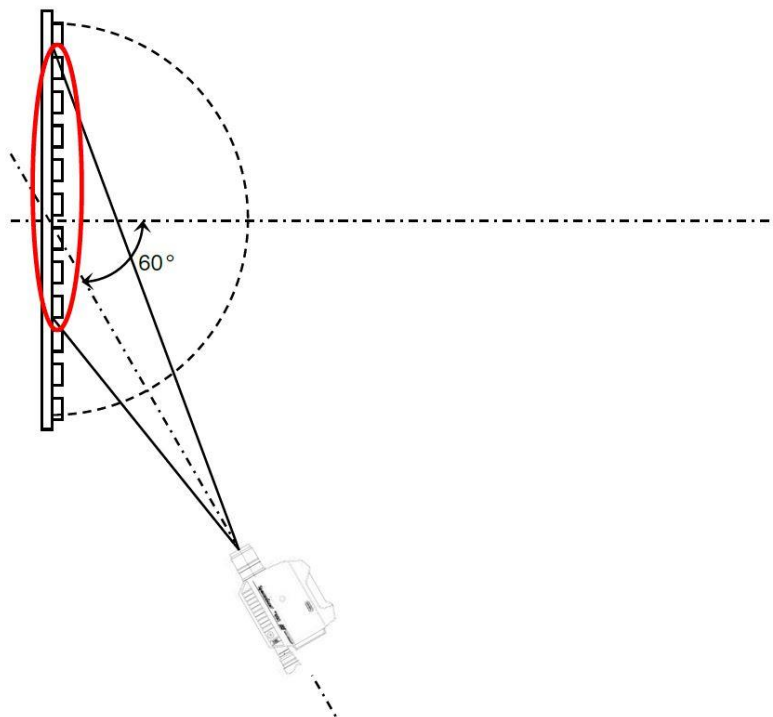


Abbildung 105: Helligkeitsmessung zur Bestimmung des Betrachtungswinkels bei 60° ¹⁸¹

¹⁷⁹vgl. Barco LiveDots - Viewing angle measurement on LED displays

¹⁸⁰ Bildquelle: Screenshot aus Barco LiveDots - Viewing angle measurement on LED displays – Seite 3

¹⁸¹ Bildquelle: Screenshot aus Barco LiveDots - Viewing angle measurement on LED displays – Seite 4

9.1.2 Helligkeit, automatische Regulierung und Lichtimission

Zur Bestimmung der Helligkeit von LED-Geräten wird die Leuchtdichte gemessen und als Lichtintensität (Candela) im Verhältnis zur Fläche (in Quadratmeter), geschrieben als cd/m^2 oder auch einfach Nits genannt, angegeben. Mit Hilfe dieser Angabe im Datenblatt können bei der Suche nach dem passenden LED-System für ein bestimmtes Projekt und spezifischen Situationen in Bezug zur Umgebungshelligkeit und der Himmelsausrichtung der LED-Wand die Werte verglichen und das LED-System mit ausreichend Helligkeit ausgewählt werden. Sollte bei einer Outdoor-Installation die LED-Fläche direkter Sonneneinstrahlung ausgesetzt sein, so müssen logischerweise LED-Geräte mit deutlich mehr Nits zum Einsatz kommen, um gegen die Helligkeit der Sonne anzukommen und immer noch ein deutlich erkennbare Inhalte zeigen zu können. Auch sollte der Schattenwurf umstehender Gebäude oder Pflanzen und Bäume mitbedacht werden, da diese je nach Größe des Schattens die Umgebungshelligkeit deutlich geringer machen und die Helligkeit der LED-Installation auch niedriger sein muss.

LED-Systeme für den Außeneinsatz haben typischerweise maximale Helligkeitswerte von 3.000 bis zu 10.000 cd/m^2 .¹⁸² Wie in Abschnitt 6.3.1 „LED-Processing“ in Absatz 15 beschrieben, sollte sich bei jeder Außeninstallation, egal ob Werbetafel, Kunst oder Mediatektur, die Helligkeit im Verhältnis zur gemessenen Umgebungshelligkeit mit Hilfe einer Multifunction Box und eines Helligkeitssensors kontinuierlich anpassen. Bei einem Defekt bzw. Ausfall des Helligkeitssensor und somit das Ausbleiben der übertragenen Messwerte der Umgebungshelligkeit nimmt die LED-Wand automatisch den für das Eintreten solch eines Falls einprogrammierten Helligkeitswert an. Diese Funktionen dienen dazu eine deutlich zu helle LED-Fläche in einer dunklen Umgebung zu vermeiden und insbesondere bei Dämmerung, nachts oder stark bewölken Wetterverhältnissen die Sicherheit des Straßenverkehrs zu bewahren und keine Menschen oder Tiere zu blenden oder anderweitig negativ zu beeinflussen.

Um im Vorfeld bei der Planung und der Beantragung der Baugenehmigung oder bei einer späteren Beurteilung einer LED-Wand im öffentlichen Raum die zugelassenen Helligkeiten und die potenziell zu berücksichtigten Auswirkungen auf die Umwelt für den Ort der Installation zu bestimmen, sollte ein Gutachten der Lichtimission gemacht werden. Bei dieser Beurteilung der zu erwartenden Wirkungen auf das nahegelegene Umfeld geht es um die Vorabschätzung, bestmöglichen Vermeidung und Vorbeugung von Lichtverschmutzung, den negativen Einfluss auf Menschen, Tiere und Pflanzen und der Aufhellung des Himmels und von umliegenden Gebäuden und deren Innenräumen.

¹⁸² vgl. LianTronics - How to Choose the Appropriate Brightness for an LED Screen? (2023)

Die Wissenschaftliche Dienste des deutschen Bundestags schrieb im Sachstand zur Lichtverschmutzung, veröffentlicht am 25. Januar 2019, in Bezug auf die Rechtslage in deutscher Bundesebene:

„In Deutschland gibt es kein Gesetz, welches unmittelbar als Ziel die Bekämpfung oder Beschränkung der Umweltverschmutzung durch Licht verfolgt. Mittelbar können sich aber beispielsweise Vorschriften des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG)², des Baugesetzbuchs (BauGB)³ und der Baunutzungsverordnung (BauNVO)⁴ darauf auswirken, zu welchen Zeiten und mit welcher Helligkeit Beleuchtungsanlagen betrieben werden dürfen.“¹⁸³

Um trotz fehlender Gesetzte und immissionsschutzrechtlichen Erheblichkeitsschwellen eine sachverständige Basis zur Beurteilung und Entscheidungshilfe bei der Zulassung einer selbstleuchtenden LED-Außenanlagen zu haben, kann zusätzlich auf die Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (kurz LAI)¹⁸⁴ zurückgegriffen werden.¹⁸⁵ Diese beinhalten nicht direkt spezifische Messungen und Richtwert für LED-Außeninstallationen, können aber aufgrund der lichttechnischen Zusammenhänge bei der individuellen Einschätzung für eine geplante Wechsellichtanlage oder der Beurteilung einer bereits bestehenden Anlage.

Die Hinweise zur Messung und Minderung von Lichtimmission umfasst zum einen die Beurteilung der Raumaufhellung von umliegenden Gebäuden durch Ermittlung der mittleren Beleuchtungsstärke auf Gebäudefassaden und Fensterfronten der betroffenen Räume. Dabei werden die Messungen nur tagsüber bei gutem Wetter mit weißem Licht bei maximaler Helligkeit getätigt, sowie Faktoren je nach Verglasung der Fenster oder Fassade und bei Wechsellicht je nach Periodendauer bzw. Frequenz hinzugefügt.¹⁸⁶

	Immissionsort (Einwirkungsort) Gebietsart nach § BauNVO [2]	mittlere Beleuchtungsstärke \bar{E}_F in lx	
		06 Uhr bis 22 Uhr	22 Uhr bis 06 Uhr
1	Kurgebiete, Krankenhäuser, Pflegeanstalten ¹⁾	1	1
2	reine Wohngebiete (§ 3) allgemeine Wohngebiete (§ 4) besondere Wohngebiete (§ 4 a) Kleinsiedlungsgebiete (§ 2) Erholungsgebiete (§ 10)	3	1
3	Dorfgebiete (§ 5) Mischgebiete (§ 7)	5	1
4	Kerngebiete (§ 7) ²⁾ Gewerbegebiete (§ 8) Industriegebiete (§ 9)	15	5

Abbildung 106: LAI Immissionsschutz Hinweise - Übersicht mittlerer Beleuchtungsstärke nach Gebietsart¹⁸⁷

¹⁸³ vgl. Deutscher Bundestag – Wissenschaftliche Dienste - Sachstand: Lichtverschmutzung (2019) Seite 4

¹⁸⁴ vgl. Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der LAI (2023)

¹⁸⁵ vgl. Deutscher Bundestag – Wissenschaftliche Dienste - Sachstand: Lichtverschmutzung (2019) Seite 5

¹⁸⁶ Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der LAI (2023)

¹⁸⁷ Bildquelle: Screenshot aus Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen (LAI)

Periodendauer	Faktor bei Wechsellicht	Frequenz	Faktor bei Wechsellicht
≥ 5 min	1	> 0,67 bis 18 Hz	5
5 min bis 4 s	1,5	19 bis 24 Hz	3
4 s bis 2 s	2	25 bis 30 Hz	2
2 s bis 1,5 s	3	> 30 Hz	1
Fortsetzung rechts			

Abbildung 107: LAI Immissionsschutz Hinweise - Übersicht Faktoren je Periodendauer / Frequenz¹⁸⁸

Einfachverglasung :	1,1
Doppelverglasung:	1,25
Dreifachverglasung:	1,4
beschichtete Wärmeschutzverglasung:	1,7

Abbildung 108: LAI Immissionsschutz Hinweise - Übersicht Faktoren nach Verglasungsarten¹⁸⁹

Zum anderen beschäftigen sich die Immissionsschutz Hinweise der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz um die Bemessung und Einschätzung möglicher psychologischer und physischer Blendung. Zur Beurteilung und Berechnung der Werte für maximal tolerablen mittleren Leuchtdichte wird dazu der Blick zur Blendquelle gegeben ist und es wird der Raumwinkel berücksichtigt.¹⁹⁰

	Immissionsort (Einwirkungsort) (Gebietsart nach § BauNVO) [2]	Immissionsrichtwert k für Blendung		
		6 h bis 20 h	20 h bis 22 h	22 h bis 6 h
1	Kurgebiete, Krankenhäuser, Pflegeanstalten (§ 3) ¹⁾	32	32	32
2	reine Wohngebiete allgemeine Wohngebiete (§ 4) besondere Wohngebiete (§ 4a) Kleinsiedlungsgebiete (§ 2) Erholungsgebiete (§ 10)	96	64	32
3	Dorfgebiete (§ 5) Mischgebiete (§ 6)	160	160	32
4	Kerngebiete (§ 7) ²⁾ Ge- werbegebiete (§ 8) In- dustriegebiete (§ 9)	-	-	160

Abbildung 109: Immissionsrichtwert k für Blendung nach Gebietsart und Uhrzeit¹⁹¹

Sowohl die Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der LAI als auch die Empfehlungen für die Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen künstlicher Lichtquellen der LiTG geben einen Grundstein an Messeinheiten und Formeln zur möglichen Beurteilung, weisen gleichzeitig aber auch auf mögliche Gefahren auf die Umwelt, Tiere, Insekten und Pflanzen hin und geben Ratschläge zur Minderung und Vermeidung von negative Auswirkungen durch Lichtimmissionen.

¹⁸⁸ Bildquelle: Screenshot aus Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen (LAI)

¹⁸⁹ Bildquelle: Screenshot aus Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen (LAI)

¹⁹⁰ vgl. Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der LAI (2023)

¹⁹¹ Bildquelle: Screenshot aus Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen (LAI)

Schlussendlich sollte die Helligkeit nicht nur entsprechend der durch einen Helligkeitssensor gemessenen Umgebungshelligkeit kontinuierlich angepasst werden, sondern auch in Abhängigkeit der möglichen Überblendung von nahegelegenen Verkehrsschildern und Signalen, der Innenraumaufhellung der umliegenden Gebäude, der Aufhellung des Himmels und zum Schutz der Gesundheit der Menschen und umliegend lebenden Tiere und Pflanzen die maximal zulässige Helligkeit der LED-Wand bestimmt und entsprechend als oberen möglichen Grenzwert eingestellt und begrenzt werden. Zudem sollten Abschaltzeiten für die Nachtruhe und zum Schutz von nachtaktiven Tieren eingerichtet werden.

Zur Messung und Beurteilung der tatsächlichen Helligkeiten einer LED-Installation sollte eine Leuchtdichtemessgerät mit hoher Präzession und am besten unterschiedlichen gleichzeitig gemessenen Werten genutzt werden, um bestmögliche Ergebnisse mit geringen Abweichungen und umfangreichen lichttechnischen Informationen über das System zu erhalten und es entsprechend der Beurteilung und Einschätzung durch Fachpersonal für die Außeninstallation einrichten zu können.



Abbildung 110: Messgerät Beispiel: JETI spectrava 1511 VIS Spectroradiometer¹⁹²

Durch die Anpassung der Helligkeit in niedrige Werte kann es durch die elektronische Ansteuerung mittels PWM der einzelnen Pixel zu einem Verlust von Graustufen und einem deutlich verstärkten, sichtbaren Flackern in dunklen Bereichen des Contents auf der LED-Wand führen.

¹⁹² Bildquelle: JETI spectraval 1511 / <https://www.jeti.com/Products/Spectroradiometer/spectraval1511> (zuletzt abgerufen am 29.08.2023)

9.1.3 Grey Scale und Refresh Rate

Bei der Auswahl des gewünschten LED-Systems gibt es neben der maximalen Leuchtdichte noch zwei weitere Werte zur Beurteilung der Qualität der Cabinets auf die man in den Datenblätter achten sollte. Das ist zum einen die Angabe über die Bittiefe, welche für die saubere Darstellung der Grauwerte und Helligkeitsabstufungen verantwortlich ist. Angegeben wird diese in Bit und hat im Regelfall einen Wert von 16, was mit Hilfe der Formel umgerechnet bedeutet, dass eine Abstufung des Grauverlaufs mit insgesamt 65.536 Stufen möglich ist.

$$\text{Darstellbare Graustufen} = 2^{16 \text{ Bit}} = 65.536$$

Formel 6: Berechnung darstellbarer Graustufen bei 16 Bit

Das Auge selbst ist nicht in der Lage so viele Abstufungen wahrnehmen zu können, vor allem bei zusätzlich durch die Umgebungshelligkeit beeinflusste Darstellung und Wirkungsweise des zu sehende Bildes bei Außenanlagen und auf das Sehorgan an sich und dem Abstand des Betrachters zur bildgebenden Fläche. Sollten jedoch die Graustufen nicht korrekt angesteuert werden, kann es zu unschönen Fehlern in der Anzeige von dunklen Bereichen und zu Problemen bei der Darstellung von Abstufungen sowohl im Grau- als auch im Farbverlauf, was wiederum im schlimmsten Fall zur verstärkten Ablenkung der Konzentration von Verkehrsteilnehmern und damit zu einer Steigerung des Gefahrenpotenzials ausgehend von LED-Außenanlagen führen kann.

Ähnlich verhält es sich zum anderen mit der Angabe der Refresh Rate in Hz für LED-Geräte. Sie gibt die Frequenz des Bildaufbaus an und kann in einem Bereich von mehreren Tausend Herz liegen. Solch hohe Werte sind notwendig, um ein mit dem bloßen Augen zu sehendes, durch die PWM erzeugtes Flackern der LED-Wand zu minimieren bzw. für den Betrachter nicht mehr wahrnehmbar zu machen. Sollte der Refresh Rate Wert zu niedrig sein und das angezeigte Bild auf der LED-Wand sichtbar flimmern, kann es auch hierbei sowohl zu Ablenkung und erhöhtem Unfallrisiko im Straßenverkehr aber auch zur verstärkten Störung und Blendung von Tieren und Insekten führen und damit negative Auswirkungen auf die Umwelt haben. Dies ist dringendst durch Überprüfung der vom Hersteller angegebenen Werte bei der Auswahl des LED-Systems im Vorwege und ein potenzielles Flackern vor der Installation durch Sichtprüfung zu vermeiden.

9.1.4 Strom und FI-Sicherung

Aufgrund der Einschalt- und Fehlerströme der in LED-Geräte verbauten Netzteile und dem Summieren dieser Ströme beim Zusammenschließen mehrerer Cabinets an eine Stromleitung ist es ratsam die Phasen nicht voll auszulasten. Somit verhindert man eventuelle Schäden an den LED-Geräten, fehlerhafte Ansteuerung der LEDs durch zu wenig ankommenden Strom oder das Auslösen der Leitungsschutzschalter oder Fehlerstromschutzschalter und damit den Ausfall einzelner Geräte oder der ganzen LED-Wand. Zusätzlich können je auf einer Phase steckende Strom-Zuleitungskabel, also pro Kette miteinander verkabelter LED-Geräte, einen eigenen RCD oder FI Schutzschalter bekommen und damit auch bei spontan auftretenden erhöhten Fehlerströmen durch einen Defekt oder ein Problem mit einem der verbauten Netzteile Präventivmaßnahmen ergriffen und ein Ausfall der LED-Anlage vermieden werden.

9.1.5 Beispiele möglicher auftretender Fehlerbilder und Defekte

Im Folgenden werden Bilder von möglichen auftretenden Fehlern und Defekten bei LED-Systemen gezeigt, um beispielhaft auf zu behobende Störungen mit negativen Auswirkungen auf die Umwelt aufmerksam zu machen.



Abbildung 111: Beispiel-Fehlerbild durch defekte ICs (Mitte) und Teilausfall der LED-Geräte (rechts)¹⁹³

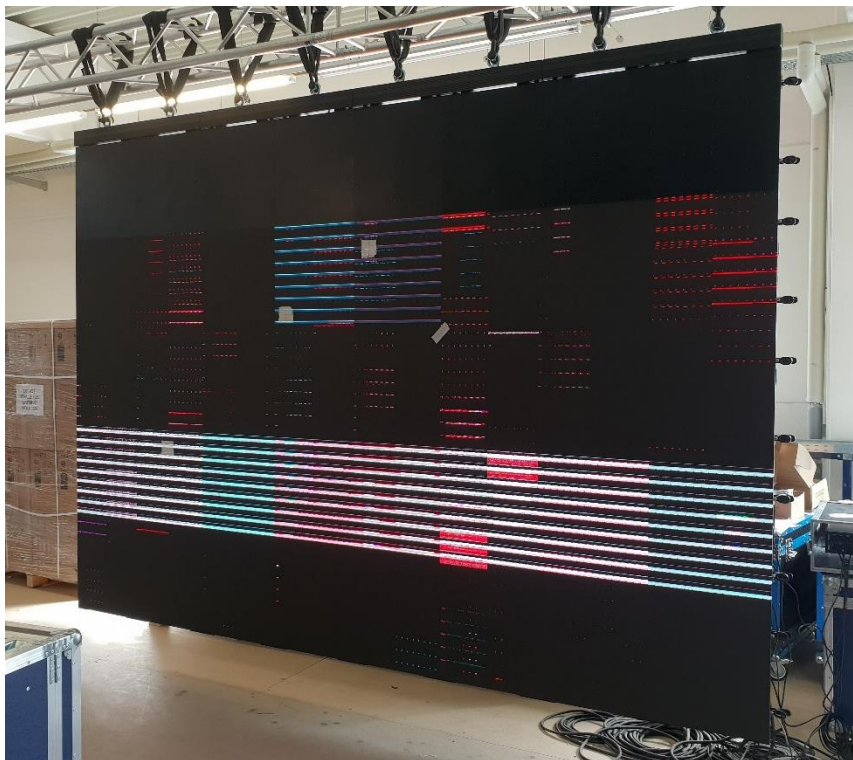


Abbildung 112: Beispiel-Fehlerbild bei nicht zugehöriger oder defekter Config Datei¹⁹⁴

¹⁹³ Bildquelle: Eigene Aufnahme / Hamburg Steindamm

¹⁹⁴ Bildquelle: Eigene Aufnahme aus Bestand vision tools rental and distributions gmbh

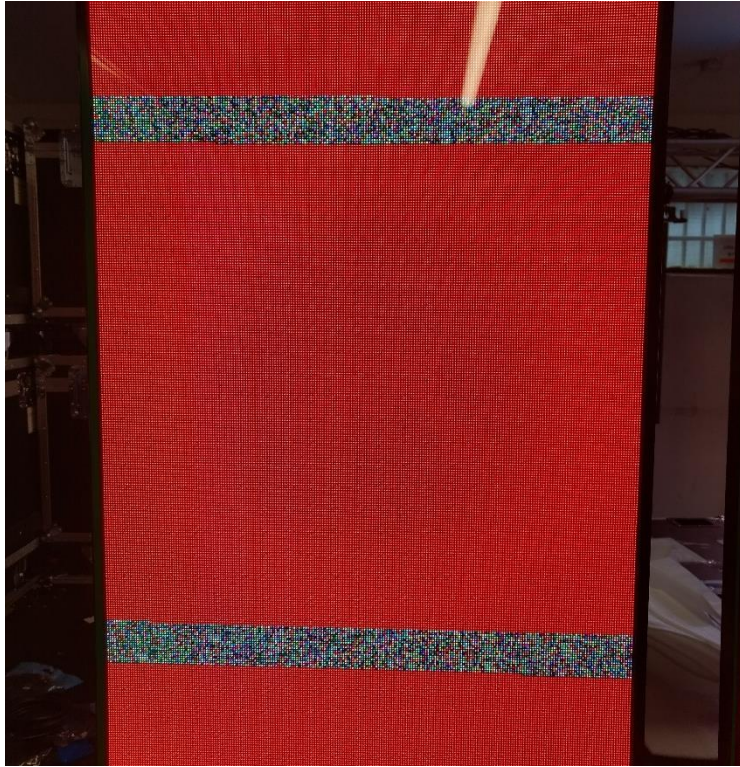


Abbildung 113: Beispiel-Fehlerbild nicht korrekte Ansteuerung oder falsche Konfiguration der Receiving Cards¹⁹⁵



Abbildung 114: Beispiel-Fehlerbild zu hell konfigurierte LED-Werbefläche an vierspuriger Straße bei Dämmerung¹⁹⁶

¹⁹⁵ Bildquelle: Eigene Aufnahme aus Bestand vision tools rental and distributions gmbh

¹⁹⁶ Bildquelle: Eigene Aufnahme / Hamburg Wandsbek

9.2 Zuspielung und Content abhängige Kriterien und Ansprüche

9.2.1 Auflösung

Wie schon in Abschnitt 6.3 und 10.1. in Bezug auf den Pixelpitch und die daraus resultierende, physikalische Auflösung der LED-Installation, sollte der abzuspielende Content optimalerweise von vornherein in der nativen LED-Wand Auflösung angelegt und zugespielt werden. Auf diese Weise kann zum einen ein zusätzlich zwischengeschaltetes Peripherie Gerät in Form eines Scalers zur Anpassung des eingehender Videosignals auf die tatsächlich zu sehende Auflösung und damit auf eine mögliche Fehlerquelle verzichtet werden. Zum anderen kann es durch das Ausbleiben einer Korrektur der ursprünglichen Auflösung des Contents nicht zu einer falschen Darstellung durch zum Beispiel Verzerrung, zu ungenutzter LED-Fläche in Form von schwarzen Balken oder anderen Anzeigefehlern kommen. Demnach sollte projektspezifisch geguckt werden, ob ein Scaler dringend von Nöten ist oder ob die Möglichkeit gegeben ist, der Firma, die den Content produziert, die native Auflösung der LED-Installation als Vorgabe der Größe des auszuspielen den Signals zu geben. Jedoch muss bei untypischen, sehr speziellen Auflösungen berücksichtigt werden, dass nicht jedes Zuspielsystem diese ausspielen kann. Es ist also dringend erforderlich bei der Auswahl des Content Management und Zuspielsystems die benötigte Auflösung zu kennen und zu überprüfen, ob das System diese verarbeiten kann. Auch die Stecker, Anschlüsse und Kabel zur Übertragung des Videosignals haben Standards und Limitierungen, die bei der Planung bedacht werden sollten.

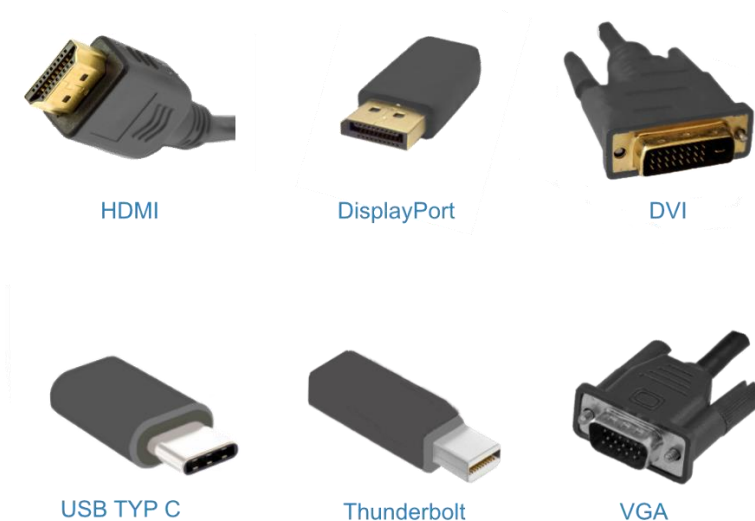


Abbildung 115: Übersicht gängiger Video-Anschlüsse¹⁹⁷

¹⁹⁷ Bildquelle Hardware Journal /: <https://www.hardwarejournal.de/monitor-anschluesse-schnittstellen-uebersicht/> (zuletzt abgerufen am 29.08.2023)

9.2.2 Farben und Motive im Content

Insbesondere in der Content Erstellung für Werbung spielen grelle, auffällige Farben und provokative Motive eine große Rolle, die dem vorbei gehenden oder fahrenden Betrachter sofort ins Auge springen und den Fokus auf die Werbung und das beworbene Produkt oder die angebotene Dienstleistung zieht. Frei nach dem Motto „Bunt und Laut“ bekommt die Werbung schnell Aufmerksamkeit im öffentlichen Raum, einen deutlichen Wiedererkennungswert und bleibt prägend in Erinnerung. Dies fördert den Bekanntheitsgrad und beeinflusst das Kaufverhalten der Bevölkerung, doch gerade sehr helle, kunterbunte und provokative Inhalte können aufgrund des starken Ablenkungspotentials zunehmend negativen Einfluss auf die Sicherheit im Straßenverkehr haben. Die Konzentration der Verkehrsteilnehmer wird dadurch massiv von der Straße, anderen Verkehrsteilnehmern, Verkehrsschildern und Warnsignalen abgelenkt und kann im schlimmsten Fall durch Übersehen oder stark verzögerten bzw. verspäteten Reaktionszeiten zu Unfällen mit schweren Sach- und Personenschaden führen. Doch auch Kunstinstallationen haben das Potential schrille Farben und kontroverse Motive in den Content einzubauen, umso mehr Aufmerksamkeit auf ihre Werke zu lenken und mir ihrer Kunst aufzufallen.

Zum Schutz der Verkehrssicherheit und zur Eindämmung einer potenziellen Gefährdung durch den Einsatz von extremen Farben und Motiven in den Bereichen des Marketing und der Kunst, muss den Werbeagenturen oder Künstlern, je nach Standort und einer entsprechenden Beurteilung der möglichen negativen Auswirkungen auf die Umwelt, Vorgaben eines erlaubten Rahmens gemacht werden und der abzuspielende Content vor dem Aufspielen auf die LED-Installation kontrolliert und eingeschätzt werden.

9.2.3 Übergänge und Bewegungen in dynamischen Content

Ähnlich wie bei bunten, grellen Farben und provokativen Motiven können auch zu schnelle oder aufblitzende Übergänge zwischen den unterschiedlichen Inhalten oder zu hektische und ruckartige Bewegungen in dynamischen Content eine starke Ablenkung von Verkehrsteilnehmern und negative Auswirkungen die um die LED-Installation lebenden Tiere mit sich bringen.

Gerade bei sehr kurzen Übergangszeiten, zu schnellen Bewegungen oder Überblendungen im Zusammenspiel mit vollflächigen, ganz kurz sichtbaren Weiß erzeugen Hektik und Unwohlsein. Außerdem kann es bei Tieren zu Orientierungslosigkeit und Verhaltensänderung führen, was ein Aussterben oder Vertreiben der Tiere aus ihrem Lebensraum nach sich ziehen kann.

Deshalb sollten alle Arten von dynamischen Inhalten in Bewegtbildern keine Bewegung von zu vielen Objekten gleichzeitig in einem Bild beinhalten und eine natürliche oder verlangsamte Bewegungsgeschwindigkeit haben. So kann der Vorteil der möglichen Bewegungen in Videocontent zur Aufmerksamkeitsgewinnung genutzt werden und gleichzeitig wird sichergestellt, dass diese durch übermäßigen Gebrauch und künstlich erzeugter Hektik keinen Stress oder Ablenkung von Menschen und Tieren erzeugen.

9.2.4 Fernzugriff und Fehlerbehebung

Um bei auftretenden Problemen oder Defekten mit der LED-Wand oder eines der Peripherie Geräte eine erste Diagnose der Ursache oder eine z.B. softwareseitige Fehlerbehebung möglich zu machen, bedarf es bei jeder LED-Außenanlage einen zusätzlichen Computer oder Laptop, der an das Internet angeschlossen und auf dem ein Fernzugriff eingerichtet ist und über den alle anderen Geräte des LED-Controllings, Content Managements und Zuspielsystems angesprochen, gesteuert und konfiguriert werden können. So kann schnell auf eine gemeldete Störung reagiert und eventuelle Falschdarstellung des Videosignals und damit länger anhaltende, negative Auswirkungen auf die Umwelt schnellstmöglich eingedämmt oder sogar behoben werden, bevor ein Techniker zur entsprechenden LED-Installation geschickt werden muss.

9.2.5 Informationsumfang und Abspiellänge

Ein weiterer ausschlaggebender Aspekt bei der Gestaltung des Contents für LED-Außeninstallationen ist der Umfang an gleichzeitig zu sehenden Informationen und die Menge an verwendeten Motiven und beweglichen Elementen innerhalb der Abspieldauer eines Werbespots oder einer künstlerischen oder mediatektonischen Sequenz. Im Bereich der Kunst und der Mediatektur hängt die Länge einer Sequenz stark von den gezeigten Inhalten und der Message, die der Künstler an den Betrachter vermitteln möchte, ab. Spots bei LED-Außenwerbeanlagen hingegen sind im Regelfall von dem Betreiber der jeweiligen Anlage begrenzt. Durch die Vorgabe der Abspielzeit pro buchbaren Spot muss sich die Werbeagentur vermehrt auf die relevantesten Inhalte beschränken und mit so wenig Elementen wie möglich, dem vorbeifahrenden Betrachter innerhalb weniger Sekunden die wichtigsten Informationen in ansprechender Art und Weise vermittelt bekommen.

9.3 Städtische und baurechtliche Kriterien und Ansprüche

9.3.1 Stadtbild und Ästhetik

Zum Erhalt der Ästhetik und des architektonischen, städtebaulichen und naturprägenden Stadtbildes muss insbesondere auf die Unzulässigkeiten für Werbeanlagen als auch auf die gebietsbezogenen Regelungen Rücksicht genommen werden. Diese sind von den jeweiligen Städten ganzheitlich oder Stadtteil spezifisch geregelt und, wie in Hamburg in zusätzlichen, erweiterten Gestaltungsverordnungen, genauer definiert. Im Allgemeinen gilt aber, in beispielhafter Betrachtung von Hamburg, durch die mögliche Beeinträchtigung und Veränderung des Erscheinungsbilds des Bauortes, dass die Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt bei der Planung dazu geholt wird, um den Umgebungsschutz und die Stadtbildpflege zu bewahren. Die Bauaufsichtsbehörde darf gemäß §12 Abs. 2 HBauO zusätzlich je nach Ort und Umgebung der geplanten Werbeanlage besondere Anforderungen zur harmonischen Einfügung in das Erscheinungsbild und den Erhalt des Straßen- und Ortsbilds bezüglich der äußeren Gestaltung der Anlage stellen.¹⁹⁸

Je nach baurechtlichen Gebietstypen (Kleinsiedlung, Misch- / Gewerbegebiet, Industriegebiet, Hafen / Bahn) gelten zum Schutz des Gebietes und der Umwelt unterschiedliche Regelungen, die im Beispiel Hamburg in der HBauO abgestuft und separat voneinander betrachtet werden. Jedoch gibt es in Bezug der Unzulässigkeit von Werbung gemäß §13 Abs. 3 HBauO keine Ausnahmen und sind in allen Baugebieten gleichermaßen zu beachten.¹⁹⁹

Eine Unzulässigkeit für Werbeanlagen liegt in Hamburg vor, wenn sie eine Gefährdung der Sicherheit des Verkehrs darstellen, eine störende Häufung von mehreren Anlagen als konzentrierte Werbung auf kleinem Raum abhängig von der Schutzwürdigkeit der Umgebung vorliegt, bei geplanter Anbringung von Werbeanlagen an oder unmittelbar in der Nähe von Böschungen und Bäumen, an allen Bestandteilen eines Brückenbauwerks und an natürlichen oder künstlich angelegten an Wasser angrenzenden Ufern bzw. Gewässereinfassungen (z.B: Kaimauern). Zudem dürfen keine Werbeanlagen an öffentliche Gebäude von juristischen Personen des öffentlichen Rechts und Gebäuden, die als repräsentativ und städtebaulich hervorragend für den Charakter des Stadtbildes gelten, installiert werden.²⁰⁰

Ein zusätzlicher zu bedenkender Aspekt ist der Verträge über das Recht zur Werbung im öffentlichen Raum und auf öffentlichen Wegen. In Hamburg haben die beiden Firmen Ströer und JCDecaux *das ausschließliche Recht zum Betrieb von Werbeträgern auf Staatsgrund*.²⁰¹ Allerdings gibt es Ausnahmefälle, die von diesen Werberechtsverträgen nicht betroffen sind und nach Prüfung auch von anderen Anbietern mit Werbeanlagen bebaut werden dürfen.

¹⁹⁸ vgl. Bauprüfdienst (BPD) 5/2013 - Werbeanlagen (2023) - Seite 9 und 10

¹⁹⁹ vgl. Bauprüfdienst (BPD) 5/2013 - Werbeanlagen (2023) - Seite 10 bis 12

²⁰⁰ vgl. Bauprüfdienst (BPD) 5/2013 - Werbeanlagen (2023) - Seite 12 und 13

²⁰¹ vgl. Bauprüfdienst (BPD) 5/2013 - Werbeanlagen (2023) - Seite 14 Abs. 10.3

Dies ist der Fall, wenn es sich zum Beispiel nicht um Werbung handelt, die auf Staatsgrund stehen und sich an die allgemeine Öffentlichkeit richtet, sondern ausschließlich zu wissenschaftlichen, kulturelle, schulischen oder sportlichen Zwecken genutzt werden und an die Besucher der entsprechenden Einrichtungen kommuniziert werden.²⁰²

Spezifisch Werbeanlagen mit LED-Technik betreffend gibt es aktuell nur wenige Vorgaben. Ansätze, Bestimmungen und Beurteilungen für Baugenehmigungen orientieren sich an den allgemeinen Regularien für Werbeanlagen im öffentlichen Raum und sind immer individuell abhängig vom betroffenen Bundesland, dem zuständigen Bezirksämter und dem geplanten Bauvorhaben.

9.3.2 Straßenverkehrssicherheit

Für den Straßenverkehr ist bei einer vorab Einschätzung für eine Baugenehmigung oder bei der Beurteilung einer schon bestehenden LED-Außeninstallation stets darauf zu achten, dass die Anlagen keine potenzielle Gefahr für den Straßenverkehr und allen Verkehrsteilnehmern darstellt. Eine Gefährdung der Verkehrssicherheit ist gegeben, wenn die entsprechende LED-Anlage durch zu helle oder hektische Inhalte eine starke Ablenkung insbesondere an Knotenpunkten und viel befahrenen Straßen mit unterschiedlichen Verkehrsteilnehmern erzeugt, die Konzentration von anderen Verkehrsteilnehmern oder Verkehrszeichen abzieht und die Reaktionszeit in Gefahrensituationen stark verlangsamt oder gar ausbleibt.

Dies kann verhindert werden, indem Vorgaben bezüglich der Gestaltung und des Aufbaus der gezeigten Inhalte an die jeweilige Produktionsfirmen gemacht werden und durch Einrichten einer an die Umgebungshelligkeit und nach der Beurteilung der Lichtimmission angepasste, automatischen Helligkeitsregelung der LED-Fläche. Außerdem sollten die LED-Anlage mit ausreichend Abstand zu allen verkehrssicherheitsrelevanten (Ampel-) Anlagen und Straßen- bzw. Warnschildern errichtet werden, um die Sicht und volle Konzentration ausschließlich für diese gewährleisten zu können. Zudem sollte auf das Einbauen verkehrsbezogener Signalzeichen im Content muss zur Vermeidung einer Verwechslung oder Verwirrung gänzlich verzichtet werden.

Zum Bau einer Werbeanlage in unmittelbarer Nähe von Bundesautobahnen oder Bundesfernstraßen muss eine Ausnahmegenehmigung gemäß des §9 des Bundesfernstraßengesetzes beantragt werden, da dieses besagt, dass in einer Entfernung von bis 40m bei Autobahnen und bis zu 20m bei Fernstraßen keine Werbeanlagen errichtet werden dürfen und es einer Zustimmung durch die oberste Landesstraßenbaubehörde für den Bau in einer Entfernung von 40m bis 100m zu Bundesautobahnen und im Bereich von 20m bis 40m bei Bundesfernstraßen bedarf.²⁰³

²⁰² vgl. Bauprüfdienst (BPD) 5/2013 - Werbeanlagen (2023) - Seite 15

²⁰³ vgl. Bauprüfdienst (BPD) 5/2013 - Werbeanlagen (2023) - Seite 7 und 8

9.3.3 Denkmal-, Natur- und Landschaftsschutz

Es ist grundsätzlich durch die §§ 8 und 9 des Denkmalschutzgesetzes (DschG) untersagt ein rechtskräftig in die Denkmalliste eingetragenes Denkmal oder sein unmittelbare Umgebung durch Errichtung, Änderung oder Beseitigung baulicher Anlagen zu verändern. Demzufolge ist es ein sehr schwieriges Vorhaben, sollte man die Baugenehmigung einer Werbeanlage an die Gebäudefassade oder auf das Dach eines denkmalgeschützten Gebäudes oder als freistehende Anlage an denkmalgeschützten Orten oder Plätzen durch hinzuziehen der Denkmalschutzbehörde beantragen wollen.²⁰⁴

Ähnlich verhält es sich in der Rechtslage auch mit dem Natur- und Landschaftsschutz. So sind Werbeanlagen in öffentliche Grün- und Erholungsanlagen grundsätzlich verboten. Jedoch können in Einzelfällen nach §1 Abs. 4 der „Verordnung zum Schutz von öffentlichen Grün- und Erholungsanlagen“ Ausnahmezulassungen durch die Bezirksämter erteilt werden.

In Naturschutzgebieten herrscht ein generelles Verbot von Werbeanlagen jeglicher Art.

Für Bereiche, die zu den Landschaftsschutzgebieten zählen, gelten die Bundesnaturschutzgesetzte (BNatschG) in Kombination mit den jeweils geltenden Landschaftsschutzverordnungen und beispielsweise in Hamburg dem „Hamburgischen Gesetzte zur Ausführung des Bundesnaturschutzgesetzes“. Diese Regelungen ermöglichen es theoretisch, auch in einem Landschaftsschutzgebiet eine Zulassung für den Bau einer Werbeanlage zu erhalten.²⁰⁵

9.3.4 Infotainment und Katastrophenschutz

Gerade in der heutigen, schnelllebigen Zeit und der Möglichkeit des rasanten Informationsaustausches über das Internet ist es umso wichtiger, dass LED-Außenanlagen im öffentlichen Raum nicht nur zu Werbezwecken oder Kunst und Kultur genutzt wird, sondern seitens der öffentlichen Hand (Kommunen, Städte, Länder) in Zusammenarbeit mit den Anbietern und Betreibern von LED-Installationen diese Anlage dazu genutzt werden, der Bevölkerung schnellstmöglich tagesaktuelle, relevante Informationen zu teilen und damit so viele Menschen wie möglich gleichzeitig zu erreichen. Die letzten Jahre, während der Corona Pandemie, haben gezeigt, dass es wichtig und sinnvoll ist, mehr digitale Wechselbildanlagen im öffentlich Raum zu bauen, um bei gesundheitlichen Gefährdungen, Krisen und Katastrophen, von denen alle betroffen sind, möglichst jeden über Informationen zur aktuelle Lage, festgelegten Verhaltensweisen und neusten Entwicklungen der Situation in Kenntnis zu setzten. Um diese Möglichkeit der Kommunikation zwischen Stadt und Bevölkerung sicherstellen zu können, sollte jeder Betreiber einer LED-Außeninstallation in enger Zusammenarbeit mit dem Amt für Gesundheit, Krisen- und Katastrophenschutz und den öffentlichen Behörden zum Schutz der allgemeinen Bevölkerung agieren und die zur Verfügung stehenden Systeme an das allgemeine Warnsystem koppeln.

²⁰⁴ vgl. Bauprüfdienst (BPD) 5/2013 - Werbeanlagen (2023) - Seite 7

²⁰⁵ vgl. Bauprüfdienst (BPD) 5/2013 - Werbeanlagen (2023) - Seite 8

9.4 Antworten von Firmen auf technischen Fragenkatalog

Um einen Überblick über die von Firmen und Personen genutzten Vorgaben der Kommunen, Städte und des Bundes, eigene Richtlinien für die Auswahl des richtigen LED-Systems, deren Zuspielung und Konfiguration und relevante Angaben für abzuspielende Inhalte an die Content Erstellung und Produktion zu bekommen, wurden vorwiegend technische Fragen zu spezifischen Teilbereichen und wichtigen Aspekten für Planung, Umsetzung und Vorbeugen von negativen Auswirkungen formuliert.

Der Fragenkatalog umfasste insgesamt 17 Fragen. Im Folgenden werden die Fragen und eine Zusammenfassung der jeweiligen Antworten der befragten Unternehmen aufgeführt:

1. Mit welchen Kriterien und unter welchen technischen Voraussetzungen treffen Sie die Auswahl der zu verwendenden LED-Systeme für eine Außenwerbe- und / oder Kunstinstitution?
 - a. *„Baugenehmigung, Größe, Betrachtungsabstand, Geforderte Helligkeit, Anforderung System (IC, LED etc.), Anforderung vom Kunden“*
 - b. *Helligkeit, Auflösung, Zuverlässigkeit und Preis*
 - c. *Für die jeweilige Installation definiert man am besten zuerst mit dem Kunden die Zielsetzung, was er an welchem Ort mit der Installation erreichen will. Daraus ergeben sich dann die äußeren Rahmenbedingungen sowie technischen Installationsrahmenbedingungen. Dann erstellt man für das Projekte bzw. Installationen einen technischen Leistungskatalog für die LED-Systeme der neben mechanischen auch elektronische Kriterien definiert. Dazu zählen z.B. Bildpunktgröße, Bildhelligkeit, Bildfrequenzen, Farbtiefen, Stromverbrauch, LED-Typ, LED-Hersteller, LED-Größe, Driver-Chip, Kabelquerschnitte, Steuersystem, u.v.m. Über eine im Vorfeld definierte Bewertungsgröße kann dann das entsprechende LED-Produkt aus der Vielzahl der verfügbaren Produkte definiert werden.*

2. Welche Steuerungs- und Zuspielsysteme werden für solche Installationen von Ihnen genutzt und warum diese?
 - a. *Bei den meisten Controllern im Outdoor, werden Novastar Controller eingesetzt. Die Zuspielung wird von den Integratoren oder Endkunden selbst gewählt. Beispielsweise Industrie PC + Software.*
 - b. *Zumeist Novastar mit Helligkeitssensor*
 - c. *Da gibt es eine große Vielfalt wobei die gängigen Steuersysteme NOVA, BROMPTON, MEGAPIXEL sind – Bei der Zuspielung werden verschiedene Medienserver oder Festplattensysteme verwendet.*

3. Haben Sie technische Vorgaben, Gesetzgebungen oder Richtlinien seitens der Stadt, dem Bundesland oder Deutschland im Allgemeinen für den Bau bzw. die Baugenehmigung einer Außenwerbe- und / oder Kunstinstallation mit LED-Geräten im öffentlichen Raum, die zu berücksichtigen sind? Wenn ja, welche sind das?
 - a. *Ja, in vielen Gebieten, ist eine LED-Wechselbildanlage nicht möglich. Es gibt Richtlinien, die von Stadt zu Stadt unterschiedlich sind. Hierzu gehören zb. Lichtemission, Abstand zur Straße, Wie oft gewechselt wird, wann die LED-Wand ausgeschaltet werden muss, wird der Verkehr gestört, Baufenster.*
 - b. *<https://www.hamburg.de/contentblob/153024/551e72d0c8ea-eddb38712b3ba758e4da/data/bpd-werbeanlagen.pdf>*
 - c. *Ja, Diese von Bundesland zu Bundesland unterschiedlich und von Stadt zu Stadt. Somit sehr schwer greifbar, da man sich immer mit dem jeweiligen kommunalen Baurichtlinien befassen muss. Was in Hamburg geht und genehmigt, bekommt möglicherweise in München keine Zustimmung.*

4. Unter welchen Kritikpunkten wird ein Standort für eine LED-Wand im öffentlichen Raum ausgewählt und welche Vorgaben machen die Städte zur Integrierung solcher Systeme ins Stadtbild?
 - a. *Der Standort ist das Allerwichtigste. Die LED-Wand sollte an einer Stelle installiert sein, an der viel Verkehr herrscht. Es gibt A Standorte mit zb. über 100.000 Autos.*
 - b. *Keine Erfahrung*
 - c. *Da können wir nicht so viel zu sagen, weil wir eigentlich kein solche Installationen nicht nutzen. Daher ist das eher eine Frage an die Fa. Stroer oder eben den Endnutzer. Städte sind daran interessiert das Stadtbild möglichst wenig über die digitale Medien zu verunstalten. Zusätzlich stellen diese Lichtsysteme eine Beeinträchtigung und Ablenkung in der Nacht dar (Helligkeit). Lichtemission ist ein großes Thema in den Kommunen und daher ist die Bereitschaft für derartige Installationen eher zurückhaltend.*

5. Gibt es staatliche Richtlinien in Bezug auf die zu sehenden Inhalte? Wenn ja, wie lauten diese und wie sehen die Vorgaben von Ihnen an Ihre Kunden für die Herstellung des Contents aus?
 - a. *Ja, es gibt Gewisse Inhalte (Werbung) die nicht mehr zulässig ist. Zb. Zigarettenwerbung etc. Die Ausstrahlung muss von den Unternehmen geprüft werden, die nachher die Werbung auf Ihren LED-Wänden veröffentlichen.*
 - b. *Keine Erfahrung*
 - c. *Ja und nein – auch dies ist über die jeweilige Werberechtlinien der Kommunen und des Bundes geregelt. Wir haben keine Vorgaben, aber der entsprechende Endnutzer hat dann zusätzlich noch eigene Richtlinien.*

6. Hat Ihre Firma, abweichend von staatlichen oder städtischen Vorgaben, eigene Richtwerte oder Vorgaben, nach welchen Kunst- und/oder Werbeanlagen installiert werden?
- Keine Angaben
 - Nein*
 - Nein*
7. Wie werden bei Bewegtbildern Probleme wie Hektik und Irritation durch z.B. zu schnellen Bewegungen / Übergängen, zu hellen Farben und flackernden Elementen verhindert?
- Fließende Übergänge, Helligkeitssensor, Vorgaben für Inhalte*
 - Keine Erfahrung*
 - Das ist Thema der Erstellung der Bildinhalte. Also wie werden die Bildinhalte produziert und welcher Bildauflösung, mit welchem System und Frequenz auf welchem Medium usw. Je besser die Aufnahmen und die Erstellung ist und dann auch die dazugehörigen Abspielsysteme, desto besser die Bildqualität und Wahrnehmung.*
8. Wird bei der Auswahl der LED-Systeme auch auf den darauf abzuspielenden Content, wie z.B. Werbung, Infotainment oder Kunstwerke, geachtet, wie differenzieren Sie zwischen den drei Typen und wie unterscheidet sich die Auswahl der Geräte und die Vorgaben bzgl. Des abzuspielenden Inhalts zu den jeweiligen Inhalten?
- Keine Angaben
 - Werbung und Infotainment hat starken Fokus auf Skalierbarkeit. Gänge Formate sollen meist nicht verlassen werden. Auflösung / Pixelabstand gut genug, um keine Einschränkungen bei Bildwahrnehmung zu haben. Kunstwerke sind oft frei in Form und Format. Pixelabstand auch durchaus bewusst groß gewählt für Pixeleffekt.*
 - Ja sollte der Fall sein. Infotainment und Werbung sind i.d.R großflächig und werden nur oberflächlich von den Betrachtern wahrgenommen. Kunst wird vom Betrachter genauer wahrgenommen und präziser angeschaut auch über eine längere Zeit. Somit wird hier i.d.R. eine höhere Wertigkeit auf die Bildwiedergabe gegenüber der Werbung gelegt. Das spiegelt sich dann auch in allen technischen Aspekten.*

9. Werden für jede einzelne Installation spezifische Gutachten oder Beurteilungen zur Baugenehmigung und Berücksichtigung der Auswirkungen auf die Umwelt (Sicherheit für Menschen, Tiere, Flora und Fauna sowie dem Straßenverkehr und der Atmosphäre) erstellt? Wenn ja, welche, wie sehen solche Gutachten oder Beurteilungen aus und von wem werde diese durchgeführt?
- a. *Ja, die Gutachten werden von der Stadt, meisten den Bauämtern ausgestellt. Bzw. dies ist dann in der Baugenehmigung enthalten mit den Anforderungen zb. nur Standbilder, Abschalten ab 23 Uhr etc.*
 - b. *Ja, Ich weiß von einem Lichtgutachten welches für ein spezifisches Projekt erstellt wurde. Roland Greule ist der Gutachter in diesem Fall.*
 - c. *Das hängt von dem Projekt, dem Ort, dem Kunden, der Genehmigungsbehörde ab. Das kann manchmal sehr umfangreich und langwierig sein oder eben kurz und schmerzlos. Aber es werden schon oftmals Lichtgutachten und technischen TÜV-Gutachten benötigt. Diese werden von den entsprechenden Gutachtern oder Organisationen durchgeführt.*
10. Werden alle Außenwerbe- und/oder Kunstinstallationen mit einem Helligkeitssensor zur automatischen Anpassung der Helligkeit der LED-Wand an die Umgebungshelligkeit gesteuert und an welchen (gesetzlich vorgeschrieben oder eigens bestimmte) Grenzwerten und Abstufungen orientieren Sie sich zur Einrichtung der automatischen Helligkeitsregulierung
- a. *Im Normalfall ja. In einigen Fällen wird die Helligkeit in Abstimmung mit dem Bauamt eingestellt. Es gibt hier keine wirklichen Vorgaben. Dies variiert.*
 - b. *Alle mir bekannten Outdoor-Installationen werden gesteuert. Die Vorgaben sind meist unrealistisch und werden auch durch empirische Wahrnehmung während eines Ortstermins festgelegt.*
 - c. *Keine Angaben*
11. Was passiert bei einem Ausfall oder Defekt des Helligkeitssensors?
- a. *Verschiedene Systeme bieten unterschiedliche Sicherheitsszenarien*
 - b. *Keine Redundanz*
 - c. *Die automatische Helligkeitsregulierung fällt dann aus. Der wird repariert oder ausgetauscht.*

12. Gibt es neben der automatischen Anpassung der Helligkeit die Möglichkeit ebenso automatisch die Farbtemperatur der LED-Wände an die ortsspezifische Farbtemperatur der umliegenden Straßenbeleuchtung / Gebäude / Läden oder je nach Uhrzeit und Jahreszeit der generellen Umgebungsfarbtemperatur anzugleichen, um z.B. die Augen oder den natürlichen Tag-Nacht-Rhythmus von Menschen und Tieren nicht zu gefährden?
- Nein, der Farbraum muss manuell eingestellt werden.*
 - Es gibt Möglichkeiten diese erfordern aber eine individuelle Integration. Problematisch ist vor allem, die Messwerte aufzunehmen.*
 - So wie bei der Bildhelligkeit nicht, es sei denn man würde das über zusätzliche Spezialekameras überprüfen und mittels eines Auswertungsprogramms dann mit dem Steuersystem automatisch koppeln. So ist dies nur manuell steuerbar.*
13. Werden die LED-Geräte zur Nutzung im öffentlichen Raum speziell eingestellt / kalibriert in Bezug auf Farbspektrum und Farbintensitäten und wenn ja, spezifizieren Sie bitte?
- Ja, die LED-Wände werden von Werk aus kalibriert gegebenenfalls vor Ort kalibriert*
 - Wenn, dann werden die Geräte nach REC709 oder der spezifischen Corporate Identity Anforderungen eingestellt.*
 - Je nach Kundenwunsch – aber eigentlich nicht.*
14. Wie wird ein Defekt oder Problem erkannt (Fernwartung? Warnmeldesystem?) und wie schnell wird dieses im Normalfall behoben (Reaktionszeit), um durch z.B. Anzeigefehler oder schnelles Flackern ein Sicherheitsrisiko zu verhindern?
- Das hängt vom jeweiligen Unternehmen ab. Es gibt einmal die Möglichkeit zur Fernwartung, aber auch Systeme, die einem sogar einen Pixelfehler anzeigen. Die Reaktionszeit in gewissen Firmen beträgt 24 Std. in anderen 48 Std. Das ist je nach Firma unterschiedlich.*
 - Es gibt keine überall angewandte Frühwarnmethodik. Diese Reaktionszeiten sind üblicherweise 48 oder 72h*
 - Kann heute über die Steuersystem fernabgefragt werden und über zusätzliche Kameras überwacht werden. Reaktionszeiten bei fernwartbaren Fehlern ist sehr kurz.*

15. Gibt es von Stadt oder Staat vorgegebene Zeiten, in denen die LED-Wände angeschaltet sein dürfen und wann diese schwarz bzw. abgeschaltet sein müssen?
- Ja, dies ist von Stadt zu Stadt unterschiedlich.*
 - Keine Erfahrung*
 - JA und NEIN – abhängig von den Kommunen und der bundesweiten Gesetzregelung wie z.B. derzeit im Zuge der Gasknappheit.*
16. Gab es in der Vergangenheit Probleme, dass die LED-Wand nicht als ästhetisches Element beurteilt wurde, obwohl als ein solches geplant war, sondern vielmehr als Werbefläche deklariert wurde? Wenn ja, wie wurde dies durch die Stadt, Staat oder dem Gutachter argumentiert?
- Ja das kommt immer wieder vor. Viele heben dann Einspruch ein. Es kommt zu einem Verfahren und beiden Parteien müssen zb. vor einen Stadtrechtsausschuss. Dort wird es dann neutral bewertet.*
 - Keine Erfahrung.*
 - Haben wir keine Anhaltspunkte.*
17. Gibt es aus Ihrer Praxiserfahrung in der Planung und Durchführung noch etwas, das in Bezug auf selbstleuchtende, digitale LED-Wechselbildanlagen im urbanen Kontext eine große Relevanz hat und die zwingend bei der Planung, Vorbereitung und Installation solcher LED-Systeme im öffentlichen Raum in Zukunft berücksichtigt werden sollten?
- Keine Angaben*
 - Die Leistungsaufnahme wird eine immer größere Rolle einnehmen und ist meiner Meinung nach noch nicht relevant genug. Es gibt technische Möglichkeiten die hier deutliche Verbesserungen bringen. Die damit verbundenen Mehrkosten schrecken aber aktuell noch die meisten Kunden ab.*
 - Nein*

9.5 Leitfragebogen zur Planung und Beurteilung von LED-Außeninstallationen

In diesem finalen Abschnitt werden die wichtigsten Leitfragen und mögliche Bewertungsrichtlinien für selbstleuchtende, digitale LED-Wechselbildanlagen als Außenwerbe- und Kunstinstitution im urbanen Kontext aus den vorangegangenen Abschnitten zusammengefasst:

Hierzu werden zusätzlich der „Fragebogen für Merkmale und Bewertungskriterien digitaler LED-Werbeanlagen“ von Dr.-Ing. Arch. Karolina M. Zielinska-Dabkowska und Dipl.-Ing. Julia Hartmann aus dem Artikel „LED-Werbeflächen im urbanen Kontext“²⁰⁶ und das „Datenblatt zur Beurteilung der Genehmigungsfähigkeit von LED Werbeanlagen“ aus der Anlage 1 des Bauprüfdienst 5/2013 „Werbeanlage“ als Orientierungshilfe hinzugezogen.

Baurechtliche und ortsabhängige Leitfragen:

1. Um welche Art von LED-Installation handelt es sich?
 - a. Werbeanlage
 - b. Kunst und Kultur
 - c. Mediatektur

2. Ist die genannte Installation dauerhaft oder temporär gedacht?

3. Wie groß soll die LED-Anlage gebaut werden?

4. Welche Montageart ist für die LED-Wand vorgesehen?
 - a. Gebäudefassade
 - b. Dach eines Gebäudes
 - c. Hinter Glas (z.B: in Schaufenster / Glasfassade / Schaukasten)
 - d. Freistehend

5. Liegt ein statischer Nachweis über die Tragfähigkeit der Montagefläche und des LED-Systems vor?

²⁰⁶ vgl. „LED-Werbeflächen im urbanen Kontext“ von Dr.-Ing. Arch. Karolina M. Zielinska-Dabkowska und Dipl.-Ing. Julia Hartmann

6. In welchem Gebietstyp soll die LED-Anlage gebaut werden oder befindet sie sich aktuell?
 - a. Kleinsiedlungs-, Wohn- und Dorfgebiet
 - b. Misch-, Kern-, Gewerbe- und Sondergebiet
 - c. Industriegebiet
 - d. Hafengebiet
 - e. Bus- und Bahnflächen

7. Fällt der geplante Baubereich in einen der folgenden Sondergebiete?
 - a. Naturschutzgebiet
 - b. Landschaftsschutzgebiet
 - c. Grün- und Erholungsanlagen

8. Bedarf es aufgrund der Ortsbestimmungen zur geplanten Baufläche eine Sondergenehmigung oder liegt eine Unzulässigkeit vor?
 - a. An oder in der Nähe von denkmalgeschützten Gebäuden und Flächen
 - b. An repräsentative und juristische Gebäuden
 - c. Sondernutzung nach städtischer Bauverordnung gemäß z.B. Wegegesetz
 - d. Bei Bau innerhalb der laut §9 FStrG zulässigen Entfernung an Bundesautobahnen und -fernstraßen
 - e. Städtische Sonderverträge mit Werbeanlagenbetreiber

9. Liegt ein Konzept zur äußeren Gestaltung der LED-Anlage mit Bezug auf die örtlichen Sonderverordnungen vor und wurde diese in Absprache mit der zuständigen Bauaufsichtsbehörde im Sinne des Erhalts des Stadtbildes konzipiert?

10. Sind aufgrund der Positionierung der LED-Anlage negative Auswirkungen auf folgende Aspekte zu erwarten und wurde anhand des BImSchG und der Hinweise zur Lichtimmission der LAI und der LiTG eine Beurteilung und Einschätzung erstellt?
 - a. Verkehrssicherheit
 - b. Störende Häufung auf kleinem Raum
 - c. Platzierung an oder in der Nähe von Flora und Fauna
 - d. Platzierung an oder in der Nähe von Gewässer
 - e. Aufhellung des Himmels
 - f. Raumaufhellung umliegender Gebäude
 - g. Gefährdung und Irritation von Tieren und Insekten
 - h. Psychische und physische Blendung bei Menschen

Technische Leitfragen:

1. Welches LED-System wird für die Anlage verwendet und ist dieses vollständig für den Außenbetrieb geeignet
2. Welchen LED und IC Typ besitzt dieses System?
3. Welchen Pixelpitch in mm hat das System und welche Auflösung ergibt sich daraus?
4. Welcher Processing Hersteller wird genutzt und welche Receiving Cards sind verbaut?
5. Liegt die benötigt Config Datei vor und wurde diese auf einwandfreie Funktionalität getestet?
6. Welche und wie viele Sending Cards werden aufgrund der Gesamtpixelanzahl der LED-Wand und des zusätzlich, gewünschten Funktionsumfangs benötigt?
7. Ist eine Redundanz gefordert oder geplant? Wenn ja, welche Form der Redundanz?
8. Welchen minimalen Betrachtungsabstand hat die LED-Fläche zum Betrachter?
9. Mit welchen Betrachtungswinkeln und den damit einhergehenden Farbverschiebungen ist zu rechnen?
10. Welche maximal Helligkeit bzw. Leuchtdichte kann das System erreichen?
11. Wird die Helligkeit mittels Helligkeitssensor der Umgebungshelligkeit automatisch angepasst?
12. Zu welchen Zeiten wird Content auf der LED-Installation angezeigt und wann wird zum Schutz der Umwelt die LED-Wand ausgeschaltet?
13. Mit welcher Bittiefe stellt das System Graustufen und Farbverläufe dar und wurden diese auf korrekte Anzeige überprüft?
14. Welche Refresh Rate gibt der Hersteller für das LED-System an und wurde kontrolliert, dass diese zur Vermeidung von sichtbarem Flackern hoch genug konfiguriert ist?

15. Wieviel Leistung in W (Watt) gibt der Hersteller für die LED-Geräte an?
16. Wie viele LED-Geräte sind pro Stromzuleitung geplant und sind die Phase einzeln mit einem Fehlerstromschutzschalter abgesichert?
17. Sind die LED-Geräte farbkalibriert und wenn ja, wird diese korrekt angezeigt?
18. Besitzt das LED-System einen Module Flash auf dem die Kalibrierungsdaten der jeweiligen IM gespeichert sind und funktionieren diese einwandfrei?

Zuspielung und Content Technische Leitfragen:

1. Was für Content soll auf der LED-Außeninstallation gezeigt werden?
2. Sollen die Inhalte von mehreren Signalquellen kommen oder nur von einem Abspielgerät?
3. Welches Content Management System und welches Abspielsystem soll auf Basis des Umfangs und der Art der zu zeigenden Inhalte zum Einsatz kommen?
4. Welche Auflösung und welche Bildwiederholrate hat der Content?
5. Welche Peripherie Geräte werden aufgrund der nativen Auflösung der LED-Wand im Verhältnis zur Auflösung des Contents benötigt und welche Anschlüsse müssen vorhanden sein?
6. Gibt es für den geplanten oder zu sehenden Content ein Farbkonzept oder Vorgaben in Bezug auf sehr grelle und helle Farben?
7. Werden ausschließlich statische oder auch dynamische Inhalte gezeigt?
8. Wird bei Bewegtbildern auf die Menge der bewegten Objekte und die Geschwindigkeit der Bewegung im Content und den Übergängen zwischen den Sequenzen auf Hektik und flackernde Elemente geprüft?
9. Ist ein zusätzlicher PC oder Notebook für den Zugriff und die Bedienung der verbauten Systeme per Fernwartung bei möglichen Ausfällen und zur Erstanalyse eines Problems eingerichtet?
10. Ist die LED-Außenanlage dem örtlichen Informations- und Warnsystem verbunden?

10 Fazit

Im Rahmen dieser Abschlussarbeit ist es gelungen einen Überblick über die relevanten Teilbereiche zur Planung und Umsetzung einer selbstleuchtenden, digitalen LED-Wechselbildanlage als Außenwerbe- oder Kunstinstallation zu geben und aus den sich daraus ergebenden Umständen, mechanischen und elektronischen Eigenschaften, softwareseitige Konfigurationsmöglichkeiten, eventuell auftretende technische Problematiken, sowie zu berücksichtigende negative Auswirkungen auf die Umwelt, mögliche Bewertungsrichtlinien und Kriterien für die Planung und Geräteauswahl herauszuarbeiten.

Aufgrund des leider sehr gering ausgefallenen Feedbacks von Firmen und Personen aus den einzelnen Teilbereichen zum Fragenkatalog in Bezug auf die Installation und Nutzung von LED-Systemen im öffentlichen Raum, war es nur bedingt möglich die aktuell genutzten Kriterien und Richtlinien zusammen zu tragen und mit in das Ergebnis einfließen zu lassen.

Zudem erweist es sich als schwierig jeden Teilbereich ausreichend und mit allen Aspekten detailliert zu betrachten, sodass es sinnvoll wäre eine Arbeitsgruppe oder ein Gremium mit Experten aus den jeweiligen Fachbereichen aufzustellen, um Bewertungsrichtlinien und eventuelle Grenzwert so genau wie möglich absprechen, bestimmen und vorgeben zu können.

Hilfreich wären außerdem die weitere Kontaktaufnahme und Zusammenarbeit mit mehr Personen und Firmen aus den unterschiedlichen Bereichen der Planung und Umsetzung von LED-Außeninstallationen, um so praxisnah wie möglich beurteilen und die aufgestellten Bewertungsrichtlinien testen zu können. Auch die Einbindung des Feedbacks der Stadtbevölkerung würde, durch Befragungen, Tests und Feldstudien in Bezug auf die subjektive Wahrnehmung verschiedener digitaler Medien im Stadtleben, dabei helfen, nicht nur die technischen und rechtlichen Bedingungen, sondern auch den Durchschnitt der Wirkung auf die Menschen zu berücksichtigen.

Der erarbeitete Fragenkatalog zur Beurteilung von LED-Außeninstallation kann dabei als Basis und Leitfaden dienen und sowohl Firmen als auch Ämtern und Gutachtern in der Planungsphase, bei der Beantragung und Beurteilung für eine Baugenehmigung und bei der Auswahl der benötigten Geräte und Systeme unterstützen.

Die individuellen Vorstellungen, Vorgaben und Richtlinien der einzelnen Kommunen, Städte und Bundesländer, in Bezug auf die Ästhetik und den Wandel des öffentlichen Raums und somit des Stadtbildes, machen landesweit allgemeingültige Bewertungsrichtlinien zur Zulassung und Umsetzung des Baus einer LED-Außeninstallation nahezu unmöglich und sind immer mit einer projektspezifischen Beurteilung der Rahmenbedingungen verbunden.

Auch stellt sich die kritische Frage der Berücksichtigung und möglichen Einschränkung der künstlerischen Freiheit bei Kunstinstallation, die aus LED-Systemen in den urbanen Kontext eingebracht werden

sollen, durch technische Beschränkungen, welche zum Schutz der Umwelt, der allgemeinen Sicherheit des Stadtlebens und der Gesundheit der Bevölkerung aufgestellt werden.

Weitere kritisch zu betrachtende Aspekte in der Findung und Definition von Bewertungsrichtlinien sind die mögliche Nutzung von Kunstinstallationen oder Mediatektur Fassaden als Werbeflächen, die Reizüberflutung der Bevölkerung durch ansteigende, sich anhäufende Werbung im Stadtbild und den damit einhergehenden Verlust eines typischen, ästhetischen Stadtbildes als solches, bestimmt durch die spezifisch prägende Architektur und der Flora und Fauna.

Des Weiteren sollten schon vorhandene Berichte, Dokumente, Vorgaben und Richtlinien der Städte, Behörden und Ämter, wie zum Beispiel den Hamburger Bauprüfdienst zu Werbeanlagen und die Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der LAI von vor zehn Jahren, auf Basis der weiter voranschreitenden technologischen Entwicklung, der sich damit wandelnden Ansprüche von Gewerbetreibenden und Marketingfirmen und der stetigen Weiterentwicklung von Kunst und Kultur durch landesweite Experten, Fachkräfte, Gremien und Arbeitsgruppen auf Aktualität geprüft, überarbeitet oder erweitert und den neuen Gegebenheiten und dem aktuellen technischen Stand entsprechend angepasst werden. Zu diesem Schritt gehört auch die genaue Betrachtung, Beurteilung und Ausarbeitung möglicher Abgrenzungen von LED-Kunstinstallation und Mediatektur im Vergleich zur ausschließlich behandelten und erwähnten LED-Außenwerbeanlagen in bisherigen Regelungen.

Gleichzeitig wäre ein Zusammenfassen und Vergleichen von deutlich mehr aktuell geltender Rechtsgrundlagen und Regularien zu LED-Außeninstallationen unterschiedlicher Bundesländer, Städten und Kommunen in einer gesamtheitlichen, strukturierten Übersicht notwendig und hilfreich, um Ähnlichkeiten und Gemeinsamkeiten für mögliche landesweit geltende Bewertungsrichtlinien zusammenzutragen und verallgemeinert formulieren zu können.

Literaturverzeichnis

Advidera (2023) / <https://www.advidera.com/glossar/werbung/> (zuletzt abgerufen am 13.07.2023)

Advidera (2023) / <https://www.advidera.com/glossar/aussenwerbung/> (zuletzt abgerufen am 13.07.2023)

Akademie Gesundes Leben (2023) – So wirkt blaues Licht / <https://www.akademie-gesundes-leben.de/blog/blogeintrag/so-wirkt-blaues-licht> (zuletzt abgerufen am 05.08.2023)

Akademie Kraatz (2023) / <https://akademie-kraatz.de/de/was-ist-kunst-und-was-nicht.htm#:~:text=Der%20Begriff%20der%20Kunst%20kann,individuelle%20Komponente%20des%20jeweiligen%20Künstlers> (zuletzt abgerufen am 16.07.2023)

Art Affair (2023) <https://art-affair.net> / Abgerufen am 16.07.2023 <https://art-affair.net/was-ist-kunst/>

AVI SPL (2023) <https://avispl.ca/resource/canada-science-and-technology-museum/> (abgerufen am 30.07.2023)

Barco - Pixel Pitch and Viewing Distance (2023) / <https://www.barco.com/en/residential/creating-the-experience/the-architectural-digital-canvas/technology-ingredients/pixel-pitch-and-viewing-distance> (zuletzt abgerufen am 23.08.2023)

Barco LiveDots - Viewing angle measurement on LED displays / Author: Bas van Heek

Bauprüfdienst (BPD) 5/2013 - Werbeanlagen (2023) / <https://www.hamburg.de/content-blob/153024/551e72d0c8eaeddb38712b3ba758e4da/data/bpd-werbeanlagen.pdf> (zuletzt abgerufen am 28.08.2023)

Bundesamt der Justiz - Gesetze im Internet (2023) / https://www.gesetze-im-internet.de/fstrg/_9.html (zuletzt abgerufen am 28.08.2023)

Bundeszentrale für politische Bildung (2023) / <https://www.bpb.de/kurz-knapp/lexika/lexikon-der-wirtschaft/21204/werbung/> (zuletzt abgerufen am 13.07.2023)

Colorlight-LED - LED Display Driving Scan Way (2023) / <https://www.colorlight-led.com/new/led-display-driving-scan-way.html> (abgerufen am 23.08.2023)

DETAIL Business Information GmbH (2023) / https://www.detail.de/de_de/mediaarchitektur-und-transformative-fassaden-32162 (zuletzt abgerufen am 30.07.2023)

Deutscher Bundestag – Wissenschaftliche Dienste -Sachstand: „Lichtverschmutzung - Rechtliche Regelungen zur Beschränkung von Beleuchtung in Deutschland und ausgewählten europäischen Staaten“ vom 25.Januar 2019 / Aktenzeichen: WD 7 - 3000 - 009/19

Digital AV Magazine (2023) <https://www.digitalavmagazine.com/de/2020/08/25/la-pantalla-led-eco-dot-convierte-la-fachada-del-gold-house-en-un-gran-lienzo-de-arte-digital/> (zuletzt abgerufen am 30.07.2023)

Fachverband Aussenwerbung e.V. (2023) / <https://faw-ev.de/fakten-die-aussenwerbung-in-deutschland/> (zuletzt abgerufen am 16.07.2023)

Gabler Wirtschaftslexikon – Außenwerbung (2023) / <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/aussenwerbung-30974/version-254545> (zuletzt abgerufen am 07.07.2023)

„Handbuch Mediatektur - Medien, Raum und Interaktion als Einheit gestalten.“ von Andrea Rostásy und Tobias Sievers im transcript Verlag, Bielefeld / ISBN: 9783839425176, 3839425174 / Veröffentlicht: 31. Oktober 2018

Handelskammer Hamburg - Außenwerbung (2023) <https://www.ihk.de/hamburg/produktmarken/beratung-service/recht-und-steuern/wirtschaftsrecht/gewerberecht/aussenwerbung-1156810?print=true&printsrc=button> (zuletzt abgerufen am 16.07.2023)

HBauO §13 „Werbeanlagen“ (2023) / <https://www.landesrecht-hamburg.de/bsha/document/jlr-BauOHA2005V6P13> (zuletzt abgerufen am 28.08.2023)

Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der LAI (2023) / https://www.lai-immissionsschutz.de/documents/lichthinweise-2015-11-03mit-formelkorrektur_aus_03_2018_1520588339.pdf (zuletzt abgerufen am 28.08.2023)

HubSpot - Außenwerbung (2023) / <https://blog.hubspot.de/marketing/aussenwerbung> (zuletzt abgerufen am 15.07.2023)

Invidis - LED-Wall in Seoul (2023) / <https://invidis.de/2021/01/led-wall-in-seoul-verrueckte-video-kunst-macht-objekte-weich/> (zuletzt abgerufen am 30.07.2023)

Invidis - Public Art Kunst im öffentlichen Raum / <https://invidis.de/2022/05/public-art-kunst-im-oeffentlichen-raum/> (zuletzt abgerufen am 30.07.2023)

Karlsruhe - UNESCO City of Media Arts (2023) / <https://www.cityofmediaarts.de/de/profil/medienkunst/> (zuletzt abgerufen am 22.07.2023)

Karlsruhe - UNESCO City of Media Arts (2023) / <https://www.cityofmediaarts.de/de/2023-02-07/pop-up-ausstellung-zeigt-junge-medienkunst-am-badischen-staatstheater-karlsruhe/> (zuletzt abgerufen am 22.07.2023)

LEDsolution - Advantages of Blackbody SMD LED (2023) / <https://www.iledsolution.com/advantages-of-blackbody-smd-led/> (zuletzt abgerufen am 23.08.2023)

LEDtek - Alles rund um die Baugenehmigung (2023) / <https://www.led-tek.de/2021/02/alles-rund-um-die-baugenehmigung-ihrer-led-wand/> (zuletzt abgerufen am 28.08.2023)

LEDtek - LED Wand FAQs / Baugenehmigung 1x1 (2023) / <https://www.led-tek.de/led-wand-faq/> (zuletzt abgerufen am 28.08.2023)

LEDTek - Wie viele Pixel überträgt ein Datenkabel? (2023) / <https://www.led-tek.de/2022/07/no-vastar-led-controller-netzwerkkabel-pixel/> (zuletzt abgerufen am 29.08.2023)

„LED-Werbeflächen im urbanen Kontext“ von Dr.-Ing. Arch. Karolina M. Zielinska-Dabkowska und Dipl.-Ing. Julia Hartmann / Erschienen: April/Mai 2016 im Professional Lighting Design Magazin / https://www.researchgate.net/publication/304540257_LED-Werbeflaechen_im_urbanen_Kontext_Fallstudie_Walk_Fassadenintegrierte_Videoinstallation_eines_Shops_in_ZurichCH (zuletzt besucht am 28.08.2023)

Licht.de (2023) - Die innere Uhr / <https://www.licht.de/de/grundlagen/nicht-visuelle-lichtwirkungen/die-innere-uhr> (zuletzt abgerufen am 05.08.2023)

Licht.de (2023) - Ganglienzellen/ipRGC / <https://www.licht.de/de/grundlagen/lichtlexikon/details-lichtlexikon/ganglienzellen/iprgc> (zuletzt abgerufen am 05.08.2023)

Licht.de (2023) - Unser Schlaf-Wach-Rhythmus / <https://www.licht.de/de/grundlagen/nicht-visuelle-lichtwirkungen/unser-schlaf-wach-rhythmus> (zuletzt abgerufen am 05.08.2023)

Neutrik etherCON Einbaubuchse (2023) / <https://www.neutrik.de/de-de/product/ne8fdx-p6-w> (zuletzt abgerufen am 21.08.2023)

Neutrik etherCON Steckverbinder (2023) / <https://www.neutrik.de/de-de/produkt/ne8mx6> (zuletzt abgerufen am 21.08.2023)

Neutrik powerCON Einbausteckverbinder (2023) / <https://www.neutrik.de/de-de/neutrik/produkte/powercon/powercon-true1-top/powercon-true1-top-einbausteckverbinder> (zuletzt abgerufen am 21.08.2023)

Neutrik powerCON Kabelsteckverbinder (2023) / <https://www.neutrik.de/de-de/neutrik/produkte/powercon/powercon-true1-top/powercon-true1-top-kabelsteckverbinder> (zuletzt abgerufen am 21.08.2023)

Novastar Online Workshops (2023) / <https://www.novastar.tech/support/novastar-free-training-workshops> (zuletzt abgerufen am 19.08.2023)

pilot Hamburg - Quarree Wandsbek (2023) / <https://www.pilot.de/neuigkeiten/digitale-aussenfassaden-fuer-quarree-wandsbek/> (zuletzt abgerufen am 27.08.2023)

pilot Hamburg - Spielbudenplatz St. Pauli (2023) / <https://www.pilot.de/neuigkeiten/pilot-screentime-digitalisiert-spielbudenplatz-auf-der-reeperbahn/> (zuletzt abgerufen am 27.08.2023)

Professional System - Architektur wird zur Zeitkunst (2023) / <https://www.professional-system.de/kommunikationsraum/architektur-wird-zur-zeitkunst/> (zuletzt abgerufen am 24.07.2023)

Sehenswürdigkeiten Online (2023) / https://hongkong.sehenswuerdigkeiten-online.de/sehenswuerdigkeiten/symphony_of_lights.html (zuletzt abgerufen am 27.08.2023)

tennagels Medientechnik Facebook Post vom 07.Dezember 2020 (2023) / <https://www.facebook.com/132026403556662/posts/3660161410743126/> (zuletzt abgerufen am 28.08.2023)

tennagels Medientechnik - Projekt Wilo (2023) / <https://tennagels.com/Projekte/wilo/> (zuletzt abgerufen am 28.08.2023)

Verordnung über Werbung mit Wechsellicht (2023) / <https://www.landesrecht-hamburg.de/bsha/document/jlr-WechsellichtVHArahmen/part/X> (zuletzt abgerufen am 28.08.2023)

Vincent Stüdemann - Bachelorthesis (2016) / Titel: „Funktionalitäts- und Wirtschaftlichkeitsanalyse verschiedener Ausführungsvarianten der Komponenten eines LED-Displays in der Veranstaltungstechnik“ / Erscheinungsdatum: 20.08.2016

VisionPi - What is led display scan mode (2023) / <https://vision-pi.net/what-is-led-display-scan-mode/> (zuletzt abgerufen am 23.08.2023)

Werberat - Aufgaben und Ziele (2023) / <https://www.werberat.de/aufgaben-und-ziele> (zuletzt abgerufen am 10.07.2023)

Werberat - Häufige Fragen (2023) / <https://www.werberat.de/haeufige-fragen> (zuletzt abgerufen am 10.07.2023)

Westdeutsche Zeitung - Kö-Bogen II (2023) / https://www.wz.de/nrw/duesseldorf/koe-bogen-ii-neu-bau-soll-112-meter-langes-led-werbeband-bekommen_aid-36962453 (zuletzt abgerufen am 28.08.2023)

Wildstone Capital (2023) / <https://www.wildstonecapital.de/wildstone-tritt-in-den-deutschen-oohtmarkt-ein-mit-der-ubernahme-von-advertower> (zuletzt abgerufen am 27.08.2023)

Wirtschaftslexikon24 - Werberecht (2023) / <https://www.wirtschaftslexikon24.com/d/werberecht/werberecht.htm> (zuletzt abgerufen am 10.07.2023)

Eigenständigkeitserklärung

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

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