

Psychologische Effekte von Beleuchtung im städtischen Umfeld

Zumtobel Research

Prof. Dr.-Ing. Roland Greule, Lichtplanungsbüro Greule (LiG), Schlehenweg 36, 24556 Henstedt-Ulzburg

Dipl.-Psychologe Torsten Braun, Die Lichtplaner, Hans-Wolf-Straße 19, 65556 Limburg an der Lahn

HAW-Hamburg, Fakultät DMI, Department Medientechnik, Finkenau 35, 22081 Hamburg

Stand: 22.01.2017



Inhalt

Zumtobel Research

Psychologische Effekte von Beleuchtung im städtischen Umfeld

1. Hintergrund	6
1.1 Research Study: Ludwigsplatz Darmstadt	7
2. „Versuchsdesign“ der Research Study	9
2.1 Darstellungsformen von Lichtsituationen (1. Versuch)	9
2.1.1 Visualisierung des Lichtkonzepts mittels Photoshop	10
2.1.2 Visualisierung des Lichtkonzepts mittels Relux Suite	10
2.1.3 Visualisierung des Lichtkonzepts in Unity 3D	11
2.2 Eingesetzte Leuchtensysteme	12
2.3. Versuchspersonen	14
2.4 Semantisches Differenzial – Adjektivpaare	15
2.4.1 Weitere Fragen	16
3. Ergebnisse der 1. Versuchsreihe	17
3.1 Gesamtbewertung aller Adjektivpaare	19
3.2 Ergebnisse Fragen zu den Lichtsystemen	20
3.3 Bemerkungen der Versuchspersonen	21
3.4 Fazit zur 1. Versuchsreihe	21

4. Psychologische Bewertung verschiedener Lichtsituationen mit einer VR-Brille	22
(Hauptversuch)	
4.1 Virtual Reality	22
4.1.1 Oculus Rift-Brille	23
4.1.2 Game-Engine Unity 3D	23
4.1.3 Blickwinkel und Varianten	24
4.1.4 Instruktion	26
4.1.5 Varianten	27
4.2. Ergebnisse Hauptversuch	34
4.2.1 Versuchsreihe 2: Adjektivpaar beruhigend – aktivierend	34
4.2.2 Versuchsreihe 2: Adjektivpaar freundlich – unfreundlich	35
4.2.3 Versuchsreihe 2: Adjektivpaar hell – dunkel	35
4.2.4 Vergleich aller Adjektivpaare über alle Zentralperspektiven	36
4.2.5 Variante 1.1 zentral (SUPERSYSTEM outdoor) vs. 5.1 zentral (Nightsight längs)	36
4.2.6 Variante 1.1 zentral (6,5% Fassade) vs. 1.2 zentral (30% Fassade)	38
4.2.7 Variante 1.1 zentral vs. 2.1 zentral (Bäume 0%) vs. 2.2 zentral (Bäume seitlich 20%)	39
4.2.8 Variante 1.1 zentral vs. 3.1 zentral (Würfel 0%)	40
4.2.9 Variante 1.1 Seite vs. 5.1 Seite (Nightsight längs) vs. 5.2 Seite (Nightsight komplett)	41
4.3 Bewertung der Lichtsysteme	42
4.4 Bemerkungen der Versuchspersonen	43
4.5 Fragen zu Virtual Reality und Immersion	44
4.6 Fragen zu Motion Sickness	45
5. Fazit	46
5.1 Ergebnisse – Methodik	46
5.2 Ergebnisse – Bewertung von Lichtsituationen	46
6. Nächste Schritte / Versuche	50
6.1 Versuchsaufbau: Technische Weiterentwicklung	50
6.2 Lichtforschung: Lichttechnisch-psychologische Elaboration	50

Zusammenfassung

Diese Studie basiert auf einem psychologischen Zugang zum Licht im urbanen Raum, um die nächtliche Wahrnehmungs- und Aufenthaltsqualität in Innenstädten verbessern zu können. Aufgrund zahlreicher Störvariablen, die sich bei Felduntersuchungen im realen Raum ergeben, wurde eine Studienmethodik über VR-Technologie gewählt, die von Prof. Greule, HAW Hamburg, und dem Lichtplaner und Psychologen Torsten Braun umgesetzt wurde.

Vier Leitfragen wurden formuliert:

1. Bietet der aufwendigere Aufbau der VR-Szenen einen Mehrwert für die Lichtbeurteilung im Vergleich zu klassischen Visualisierungsmethoden, z. B. im Vergleich zu Photoshop oder Relux Suite?
2. Ist die VR-Technologie geeignet, psychologische Konstrukte zuverlässig zu erfassen, um so auch in Zukunft Lichtstudien mittels dieser Methodik zu forcieren?
3. Haben unterschiedliche Planungsansätze (z. B. Fassadenaufhellungen) einen Einfluss auf die emotionale Bewertung?
4. Welche Planungsempfehlungen können abgeleitet werden?

21 Probanden haben im ersten Teil der Untersuchung die Bewertung einer Szene in drei unterschiedlichen Visualisierungsqualitäten vorgenommen. Die Darstellung hatte keinen Einfluss auf die emotionale Bewertung der Szene. Jedoch ergaben die qualitativen Aussagen der Teilnehmer eine klare Präferenz für eine hohe Visualisierungsqualität, um Leuchtdichteunterschiede, Texturen und die architektonische Qualität besser wahrnehmen zu können.

Im zweiten Teil der Studie, dem Hauptversuch, wurden den Probanden mittels einer Oculus Rift-Brille insgesamt 19 verschiedene Lichtsituationen vorgeführt, deren emotionale Wirkungen mittels semantischen Differenzials erfasst wurde. Nebenbei wurden auch produktbasierte Beurteilungen zu Design und Lichtwirkung der Produktfamilien Nightsight und SUPERSYSTEM outdoor über vier Items erfasst.

Als Ergebnis konnte unter anderem festgehalten werden: Mit Hilfe einer VR-Simulation lassen sich Lichtsituationen detailliert bewerten. Lichtexperten können eine VR-Simulation detaillierter analysieren, aber eine unterschiedliche psychologische Bewertung der Lichtsituationen war in dieser Versuchsreihe nicht feststellbar. Das bedeutet, dass VR-Simulationen einen Vergleich unterschiedlicher Lichtsysteme ermöglichen.

Es ist möglich, die Aufenthaltsqualität auf einem Platz zu planen und damit vorherzusagen. Lichtqualität und gute Lichttechnik werden von den Versuchspersonen unmittelbar wahrgenommen. Einfache, simple Lichtlösungen haben schlechtere psychologische Bewertungen. Die Flächen und Objekte, die bei Tag sichtbar und wichtig sind, sollten auch in der Dunkelheit wahrnehmbar bleiben, um die Identität des Ortes zu wahren.

Es sollte eine Wahrnehmungshierarchie hinsichtlich ihrer Bedeutung und Wertigkeit festgelegt werden. In dieser Untersuchung war dies:

- Grundhelligkeit Platz
- Helligkeit Fassaden
- Helligkeit Bismarck-Denkmal und dessen unmittelbarer Umgebung
- Helligkeit Bäume
- Helligkeit Sitzwürfel

Das Ergebnis der Untersuchung und der alternativen Gestaltungsmöglichkeiten hinsichtlich Fassadenhelligkeiten, Anstrahlung von Bäumen, Sitzmöbeln und Denkmälern zeigt, dass Eindeutigkeit und Klarheit des gestalterischen Willens für ein angemessenes Erscheinungsbild und dessen Wertigkeit zielführend sind. Der Detaillierungsgrad einzelner Lichtlösungen sollte nicht übertrieben werden. In diesem Fall galt dies für das Bismarck-Denkmal. Eine hoch differenzierte Ausleuchtung der Statue wurde wahrgenommen, aber nicht wertgeschätzt.

1. Hintergrund

Städte werden durch eine monotone Bauweise für die Menschen immer weniger attraktiv. Der Umweltpsychologe Prof. Colin Ellard (University of Waterloo, Ontario, Canada) stellte fest, dass Menschen in einer Stadt etwas Interessantes, Lebhaftes suchen, und dass sie dann langsamer gehen und länger verweilen. Detaillierte Ausführungen sind in seinem Buch „Places of the Heart“ ausgeführt.

„Our surroundings can powerfully affect our thoughts, emotions, and physical responses“ ... (Colin Ellard)

Das bedeutet auch, dass zu einer interessanten Innenstadt auch eine interessante Beleuchtung gehört, um mehr Lebensgefühl und Emotionen in den Stadtzentren zu erreichen und das Lebensniveau zu steigern.

Um diese These von Prof. Ellard genauer zu untersuchen, wurde eine Untersuchung der psychologischen Effekte von Beleuchtung im städtischen Umfeld gestartet, und zwar in Zusammenarbeit mit Zumtobel, mit dem Spezialisten für Lichtsimulationen, Prof. Roland Greule (Lichtplanungsbüro Greule), dem Psychologen Torsten Braun (Die Lichtplaner), dem Masterstudiengang Architektur, Konstruieren und Entwerfen an der TU Darmstadt bei Prof. Annett-Maude Joppien, und der HAW-Hamburg, Fakultät DMI, Department Medientechnik (Prof. Greule).

Neu an dieser Untersuchung war, dass die Visualisierung der Innenstadt bzw. der Außenbeleuchtung mittels VR-Technik durchgeführt wurde, speziell mittels der Oculus Rift-Brille. Somit besaßen die Versuchspersonen die Möglichkeit, sich auf dem Platz „umzuschauen“, die Beleuchtung zu bemustern und via Fragebogen ihre Bewertung abzugeben. Durch den Einsatz der Virtual-Reality-Technik konnten den Versuchspersonen sehr viele Lichtvarianten präsentiert werden, was in einer echten Bemusterung so nie der Fall sein könnte. Die Versuchsperson hat damit die Möglichkeit, durch die VR-Brille eine Lichtsituation zu erleben, als wäre die Versuchsperson wirklich vor Ort (perception of being there).

1.1 Research Study: Ludwigsplatz Darmstadt

Damit die Untersuchungsbedingungen valide und nachvollziehbar waren, wurde nach verschiedenen Überlegungen eine Research Study gestartet, die aus zwei Versuchsteilen bestand, in denen die psychologischen Effekte von Licht und ausgewählter Beleuchtung in einer urbanen Umgebung untersucht wurden. Dabei wurde ein realer Platz (Ludwigsplatz in Darmstadt) ausgewählt.

Der Ludwigsplatz ist einer der markanten Plätze in Darmstadt, jedoch nicht der bekannteste und am meisten frequentierte Platz. Auf dem Platz befindet sich repräsentativ eine Brunnenanlage mit einem Bismarck-Denkmal. Das Bismarck-Denkmal (auch: Bismarck-Brunnen genannt) wurde im Jahre 1906 fertiggestellt. In direkter Umgebung des Bismarck-Denkmal sind klassische, mittelstädtische Geschäfte (Banken, Apotheke, Bäckerei u.a.), aber auch eine sehr große Saturn-Filiale.

Dieser Platz wurde mit dem Simulationsprogramm Relux Suite und dem Programm Unity 3D komplett nachgebaut. Im Hauptversuch wurde er mittels VR-Technik (Virtual Reality) und der Game-Engine Unity 3D den 21 Versuchspersonen mit einer Oculus Rift (Head Mounted Display) präsentiert und mit Hilfe eines extra entwickelten psychologischen Fragebogens bewertet. So konnte das beste Beleuchtungsszenario herauskristallisiert werden.



Bild 1: Blick auf den ausgewählten Ludwigsplatz in Darmstadt (Quelle: Google Earth)



**Bild 2: Blick auf das Bismarck-Denkmal auf dem Ludwigsplatz in Darmstadt
(Quelle: Kevin Kornprobst)**



**Bild 3: Bisherige nächtliche Beleuchtung des Ludwigsplatzes in Darmstadt
(Quelle: Die Lichtplaner)**

2. „Versuchsdesign“ der Research Study

Die durchgeführte Research Study befasste sich mit den wahrnehmungspsychologischen Bewertungen von Lichtsituationen am Beispiel des Ludwigsplatzes in Darmstadt. Das Versuchsdesign bestand aus zwei experimentellen Untersuchungen:

- Darstellungsformen von Lichtsituationen (1. Versuch)
- Psychologische Bewertung verschiedener Lichtsituationen mit einer VR-Brille (Hauptversuch)

Dabei lautete die These: „Je realitätsnäher die Darstellung ist, desto homogener werden die Urteile der Versuchspersonen und dadurch die Kommunikationsgrundlage deutlich eindeutiger sein.“

2.1 Darstellungsformen von Lichtsituationen (1. Versuch)

Um die Beurteilung der Lichtwirkungen auf dem Ludwigsplatz in Abhängigkeit der gewählten Darstellungsformen systematisch unterscheiden zu können, wurden verschiedene Darstellungsformen einer 3-D-Ansicht der Lichtwirkung des Ludwigsplatzes gegenübergestellt:

- mittels Photoshop
- mittels Relux Suite 2016
- mittels „Virtueller Realität“ (Unity 3D)

Dabei war auch eine Fragestellung, welche der Darstellungsformen den größten Vorhersagewert auf die spätere visuelle Realität nach der technischen Umsetzung hat.

Diese 3 verschiedenen Darstellungsformen wurden den 21 Versuchspersonen an einem LCD-Bildschirm (Panasonic, 56 Zoll) im VR-Raum der HAW-Hamburg, Fakultät DMI, Department Medientechnik, Lichtlabor präsentiert.

2.1.1 Visualisierung des Lichtkonzepts mittels Photoshop

Um die bisherige Aufenthaltsqualität des Ludwigsplatzes zu erhöhen, und dies mit einer neuen, anderen Beleuchtung zu ermöglichen, haben im ersten Schritt Studierende in Zusammenarbeit mit Peter Dehoff (Zumtobel), Torsten Braun (Die Lichtplaner) und weiteren Lichtspezialisten im Masterstudiengang Architektur, Konstruieren und Entwerfen an der TU Darmstadt bei Prof. Annett-Maude Joppien verschiedene Lichtkonzepte entwickelt und mit der ihnen gebräuchlichen Methodik (Photoshop) visualisiert, siehe Abb. 4.



Bild 4: Neues Lichtkonzept für die nächtliche Beleuchtung des Ludwigsplatzes in Darmstadt, erstellt von Masterstudierenden der TU Darmstadt (Quelle: TU Darmstadt)

2.1.2 Visualisierung des Lichtkonzepts mittels Relux Suite

Auf der Basis des Lichtkonzepts der Masterstudierenden wurde dieses Lichtkonzept von Torsten Braun (Die Lichtplaner) dahingehend weiterentwickelt, dass vorwiegend nur Zumtobel-Leuchten eingesetzt wurden. Dieses weiterentwickelte Lichtkonzept wurde in dem Lichtsimulationsprogramm Relux Suite (Version 2016) mit einfachen Gebäudegeometrien, aber „echten“ Lichtstärkeverteilungskurven (LVK) umgesetzt und visualisiert.



Bild 5: Lichtkonzept, entwickelt von Torsten Braun, visualisiert mit Relux Suite und umgesetzt mit Leuchten der Zumtobel Group (Quelle: Dennis Flügge)

2.1.3 Visualisierung des Lichtkonzepts in Unity 3D

Dieses weiterentwickelte Lichtkonzept von Torsten Braun wurde detailliert in 3dsMax moduliert und in der Game-Engine Unity 3D implementiert, um die Lichtszenarien mit einer VR-Brille (Oculus Rift) zu präsentieren. Das Programm Relux unterstützt zum gegenwärtigen Zeitpunkt keine VR-Brille.



Bild 6: Lichtsimulation mit dem Programm Unity 3D (Quelle: Thomas Fischer)

2.2 Eingesetzte Leuchtensysteme

Als Platzbeleuchtung wurde das neue Lichtsystem SUPERSYSTEM outdoor eingesetzt. Die bisherigen Lichtpositionen der vorhandenen Leuchten auf dem Ludwigsplatz wurden beibehalten. Verwendet wurde SUPERSYSTEM outdoor 30P mit einer Bestückung von ca. 4500 lm, warmweiß, und SUPERSYSTEM outdoor 12P (ca. 2000 lm, warmweiß). Die Masthöhe betrug 10 m. Das 30P-System beleuchtete den Marktplatz, das 12P-System die Bereiche in Richtung Gebäude.

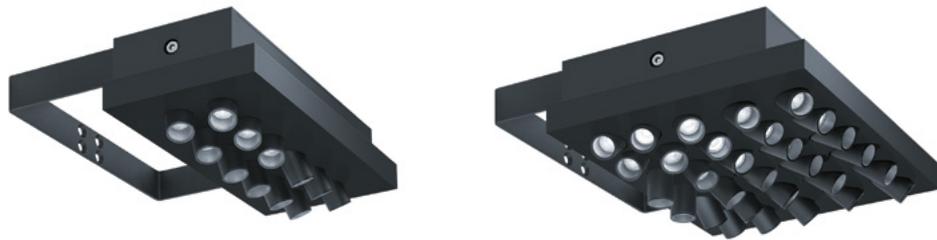


Bild 7: Dargestellt ist hier das Lichtsystem SUPERSYSTEM outdoor 12P und 30P (Quelle: Zumtobel Lighting)

Als Alternativsystem wurde für Vergleichsmöglichkeiten Nightsight verwendet (ca. 2000 lm, warmweiß).



Bild 8: Lichtsystem Nightsight 4/8 und 2/8 (Quelle: Zumtobel Lighting)

Zur Beleuchtung der Fassaden der umliegenden Gebäude wurde in Traufhöhe das Lichtsystem ELEVO line warmweiß in einem Abstand von 1 m und einer möglichen Bestückung von 950 bis 2850 lm eingesetzt.



Bild 9: Zu sehen ist das Lichtsystem ELEVO line (Quelle: Zumtobel Lighting)

Zur Beleuchtung der Bäume wurde die Leuchte EFACT R2 (Thorn) als Uplight verwendet, um die relativ vielen Bäume auf dem Ludwigsplatz zu beleuchten. Bestückung: 186 lm, warmweiß. Die Inszenierung der Sitzwürfel konnte über das Viso System gelöst werden, um zusätzliche Lichtpunkt-Akzente auf dem Marktplatz zu setzen. Bestückung: 750 lm, warmweiß.

Das Lichtsystem Wibre fand am Brunnen Einsatz. Bestückung: 660 lm, Farbtemperatur 4500 K.

2.3 Versuchspersonen

An dem Versuch haben 21 Versuchspersonen (12 Männer, 9 Frauen) teilgenommen (Alter von 21 bis 53 Jahren). Als Kontrollvariable wurde der Wissensstand vor Beginn des Versuches abgefragt.

Ergebnis: 10 Laien, 6 Lichtexperten und 5 VR-Experten. Am Ende des Versuches wurde noch ein Präsenzfragebogen bzgl. Virtual Reality und Motion Sickness abgefragt.

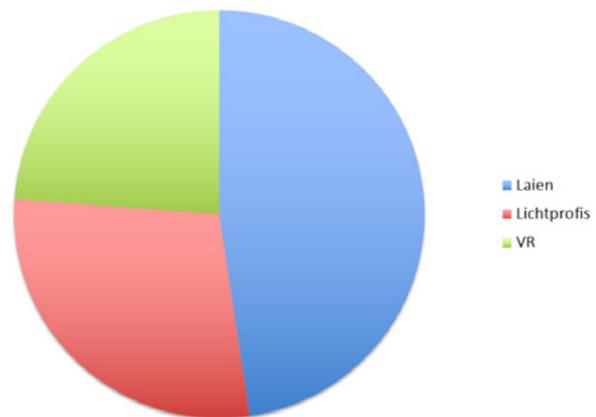


Bild 10: Dargestellt ist der Wissensstand der Versuchspersonen
(Quelle: Thomas Fischer)

2.4 Semantisches Differenzial – Adjektivpaare

Neben der Wahrnehmung durch den sogenannten visuellen Pfad gibt es auch den Aspekt der Erzeugung/Beeinflussung von Emotionen und Stimmungen. Das bedeutet: Bei statischen und vor allem dynamischen Lichtszenarien muss der psychologische Aspekt berücksichtigt werden, da der Mensch die ihn umgebende Lichtsituation nicht nur durch perzeptive (wahrnehmende) Prozesse evaluiert, sondern sein Urteil immer auch unter emotionalem Einfluss fällt.

Um Emotionen wissenschaftlich untersuchen zu können, werden so genannte Adjektivpaare (semantisches Differenzial) eingesetzt, die aus Gegensatzpaaren bestehen. Der Psychologe Torsten Braun verwendete für diese Untersuchung zehn unterschiedliche Adjektivpaare, um die Lichtwirkung zu bewerten, siehe Abb. 11. Der Versuchsablauf wurde randomisiert, d.h. die Präsentation der Lichtszenarien mit Photoshop, Relux und Unity wurde nach dem Zufallsprinzip gewechselt.

<input type="checkbox"/> beruhigend	<input type="checkbox"/> eher beruhigend	<input type="checkbox"/> neutral	<input type="checkbox"/> eher aktivierend	<input type="checkbox"/> aktivierend
<input type="checkbox"/> freundlich	<input type="checkbox"/> eher freundlich	<input type="checkbox"/> neutral	<input type="checkbox"/> eher unfreundlich	<input type="checkbox"/> unfreundlich
<input type="checkbox"/> hässlich	<input type="checkbox"/> eher hässlich	<input type="checkbox"/> neutral	<input type="checkbox"/> eher schön	<input type="checkbox"/> schön
<input type="checkbox"/> hell	<input type="checkbox"/> eher hell	<input type="checkbox"/> neutral	<input type="checkbox"/> eher dunkel	<input type="checkbox"/> dunkel
<input type="checkbox"/> positiv	<input type="checkbox"/> eher positiv	<input type="checkbox"/> neutral	<input type="checkbox"/> eher negativ	<input type="checkbox"/> eher negativ
<input type="checkbox"/> neuartig	<input type="checkbox"/> eher neuartig	<input type="checkbox"/> neutral	<input type="checkbox"/> eher gewöhnlich	<input type="checkbox"/> gewöhnlich
<input type="checkbox"/> gemütlich	<input type="checkbox"/> eher gemütlich	<input type="checkbox"/> neutral	<input type="checkbox"/> eher ungemütlich	<input type="checkbox"/> ungemütlich
<input type="checkbox"/> strahlend	<input type="checkbox"/> eher strahlend	<input type="checkbox"/> neutral	<input type="checkbox"/> eher matt	<input type="checkbox"/> matt
<input type="checkbox"/> gut ausgeleuchtet	<input type="checkbox"/> eher gut ausgeleuchtet	<input type="checkbox"/> neutral	<input type="checkbox"/> eher finster	<input type="checkbox"/> finster
<input type="checkbox"/> gestaltet	<input type="checkbox"/> eher gestaltet	<input type="checkbox"/> neutral	<input type="checkbox"/> eher ungestaltet	<input type="checkbox"/> ungestaltet

Bild 11: Auflistung der im Versuch verwendeten Adjektivpaare (Quelle: Torsten Braun)

2.4.1 Weitere Fragen

Neben der Abfrage der 10 Adjektivpaare bei jedem Lichtszenario wurden von der Versuchsleitung weitere Fragen an die Versuchsperson gestellt:

Was fällt Ihnen besonders positiv auf:

1.) _____

2.) _____

Was fällt Ihnen besonders negativ auf:

1.) _____

2.) _____

Neben der Abfrage der Lichtszenarien wurden am Ende jeweils auch Fragen zu dem Lichtsystem, der Masthöhe etc. gestellt.

Wie bewerten Sie das Aussehen der eingesetzten Lichtsysteme insgesamt?

positiv eher positiv neutral eher negativ negativ

Wie bewerten Sie die gewählte Anordnung der Leuchten insgesamt?

positiv eher positiv neutral eher negativ negativ

Wie bewerten Sie die sichtbaren Aufhellungen auf den Bodenflächen und den Fassaden?

positiv eher positiv neutral eher negativ negativ

Wie bewerten Sie die Mast- und Leuchtenhöhen der Platzbeleuchtung ?

positiv eher positiv neutral eher negativ negativ

Bild 12: Abfrage zum Aussehen der eingesetzten Lichtsysteme mit Adjektivpaaren
(Quelle: Torsten Braun)

3. Ergebnisse der 1. Versuchsreihe

Aus der 1. Versuchsreihe ergaben sich die nachfolgenden Ergebnisse. Zum Beispiel wurde bei dem Adjektivpaar beruhigend – aktivierend die Darstellung der Lichtszene mit Photoshop und Unity 3D als beruhigend bewertet. Die Darstellung mit Relux eher aktivierend. Dieses Ergebnis besitzt auch die gleiche Aussagekraft, wenn die Auswertung differenziert erfolgt und die Versuchspersonen in Lichtexperten und Laien unterteilt werden, siehe Abb. 13. Bei dem Adjektivpaar freundlich – unfreundlich wird die Darstellung der Lichtszene mit Unity als besonders freundlich bewertet, siehe Abb. 14, das Gleiche gilt für das Adjektivpaar hässlich – schön. Hier wird von allen Versuchspersonen die Darstellung mit Unity 3D als besonders schön bezeichnet, die Darstellung der Lichtwirkung mit Photoshop als eher neutral bewertet.

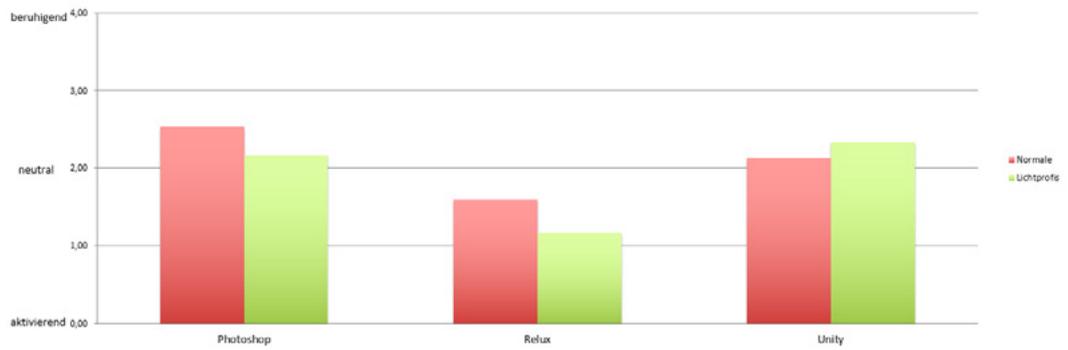


Bild 13: Ergebnisse des Adjektivpaars beruhigend – aktivierend, unterschieden in Lichtexperten und Laien

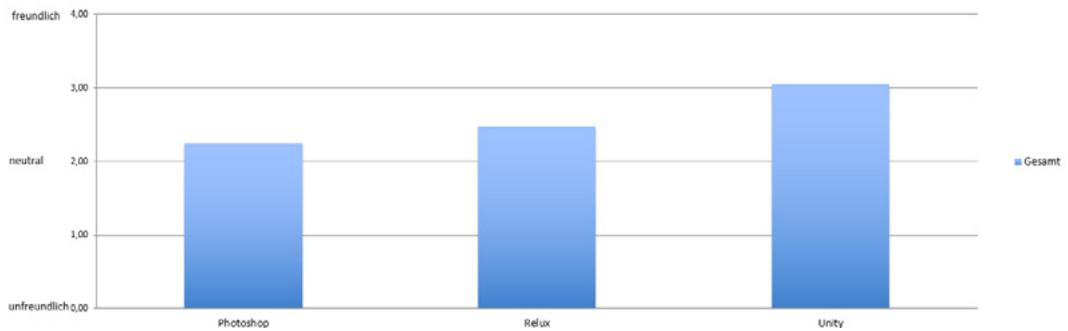


Bild 14: Ergebnisse des Adjektivpaars freundlich – unfreundlich

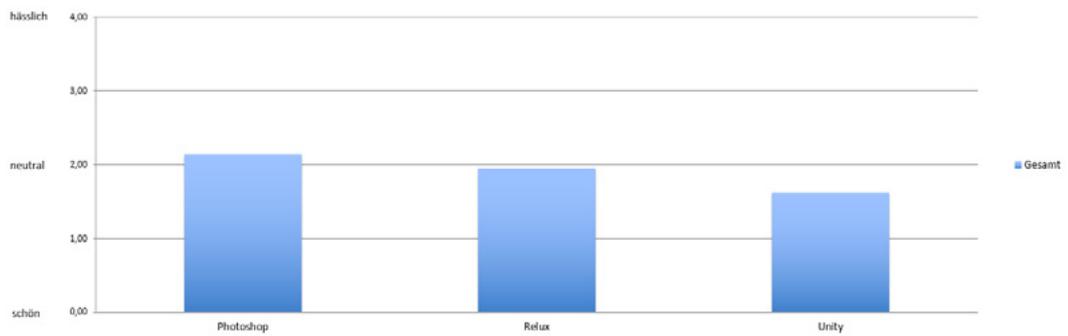


Bild 15: Ergebnisse des Adjektivpaars hässlich – schön

3.1 Gesamtbewertung aller Adjektivpaare

In Abbildung 16 ist die Gesamtbewertung aller Adjektivpaare dargestellt. Wie man erkennen kann, haben Relux und Unity etwa vergleichbare Bewertungen. Die Visualisierung des Lichtszenarios mit Photoshop wird eher nicht so gut bewertet.

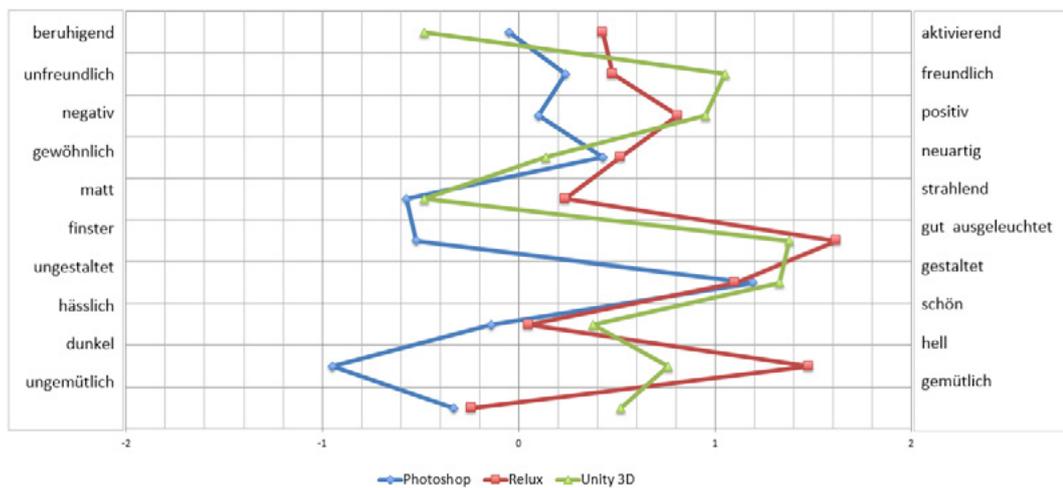


Bild 16: Gesamtbewertung aller Adjektivpaare

3.2 Ergebnisse Fragen zu den Lichtsystemen

In Abbildung 17 sind die Gesamtergebnisse zu der Abfrage der Lichtsysteme insgesamt, der Anordnung der Leuchten, der sichtbaren Aufhellungen am Boden, der Fassaden und der Masthöhe dargestellt. Wie man erkennen kann, haben Relux und Unity etwa vergleichbare positive Bewertungen. Photoshop wird eher neutral bewertet.

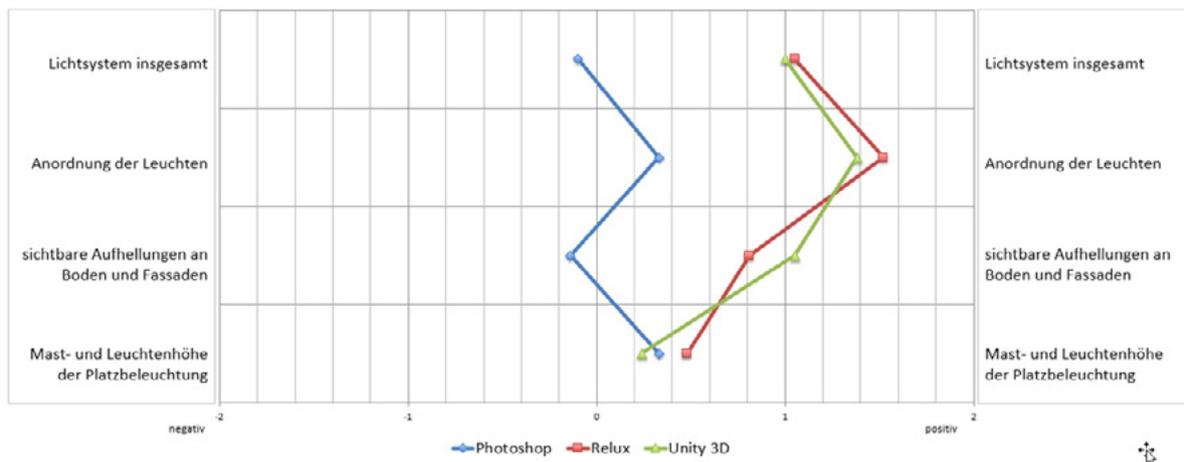


Bild 17: Gesamtergebnis zu der Abfrage des Lichtsystems insgesamt, der Anordnung der Leuchten, der sichtbaren Aufhellungen am Boden, an den Fassaden und zur Masthöhe

3.3 Bemerkungen der Versuchspersonen

Nachfolgend Bemerkungen der Versuchspersonen zu Photoshop, Relux und Unity.

Photoshop:

- Bild wird in der Raamtiefe zu dunkel
- Statue kommt nicht zur Geltung
- Dunkelzone in der Platzmitte
- Kirchturm zu dunkel (dieser wird als Teil des Platzes gesehen, was nicht stimmt)
- Lampen haben schönen Lichtkegel

Relux:

- Lichtmasten zu hoch
- Fassaden zu abstrakt
- Unnatürliche Schatten
- Texturen fehlen
- Gebäude zu ungestaltet

Unity:

- Alles gut einsehbar
- Begrünung
- Mastleuchten treten in den Hintergrund
- Akzente und Strukturen wirken positiv
- Natürlich, nicht so grell

3.4 Fazit zur 1. Versuchsreihe

Als ein Fazit zum 1. Versuch kann man festhalten, dass das Photoshop-Bild nicht so gut bewertet wird wie die Darstellung mit Relux Suite oder Unity 3D. Die Relux-Darstellung wirkt insgesamt aktivierend und gut ausgeleuchtet. Die Unity 3D-Darstellung wirkt freundlich. Das bedeutet, dass man für zukünftige Präsentationen von Lichtwirkungen am Rechner die immersive Visualisierung mittels Unity 3D-Lichtsimulationen präsentieren kann. Diese Urteile sind valider als die bisher üblichen Photoshop-Präsentationen. So eindeutig hat bisher niemand diese Präsentationsmethode erforscht und dargestellt.

4. Psychologische Bewertung verschiedener Lichtsituationen mit einer VR-Brille (Hauptversuch)

Auf der Basis des 1. Versuches wurden daraufhin im Hauptversuch insgesamt 19 verschiedene Lichtsituationen vorbereitet und die psychologische Bewertung mit einer VR-Brille (Oculus Rift-Brille DK2) durchgeführt. Dabei bestand die Möglichkeit, dass sich die Versuchsperson im Raum umblicken konnte. Eine Bewegung im Raum war zu diesem Zeitpunkt noch nicht geplant, bzw. nicht umsetzbar.

4.1 Virtual Reality

Virtual Reality wird in Zukunft eine große Rolle spielen: im Architekturbau, im Flugzeugbau und insgesamt bei der Planung. Es wird angestrebt, zukünftig komplette, auskonstruierte Gebäude, Flugzeuge u.a. in einem virtuellen interaktiven Computermodell vorab zu realisieren. Der Vorteil dieser völlig neuartigen Möglichkeit ist, einen Platz, ein Gebäude etc. vollständig in einem 360-Grad-Raum zu betrachten und in dieses Szenario „einzutauchen“. Das Problem daran war bisher, dass die Computergrafikmodelle zu groß waren, um sie in Echtzeit betrachten zu können. Auch die physikalisch korrekte Lichtsimulation war nicht möglich, da die klassischen Lichtsimulationsprogramme, die auf LVKs beruhen, zu lange Rechenzeiten benötigten, um die Ergebnisse in Echtzeit visualisieren zu können. Dies ist durch den Einsatz von Game-Engines wie Unity 3D oder Unreal 3D jetzt möglich. Des Weiteren waren die VR-Brillen bis vor einigen Jahren extrem teuer, so dass sie außer in Forschungsinstituten kaum jemand einsetzen konnte. Mit der Oculus Rift-Brille und der HTC-Vive sind nun auch VR-Brillen auf den Markt gekommen, die preiswerter sind.

4.1.1 Oculus Rift-Brille

Die Oculus Rift ist ein Head-Mounted Display (HMD) zur Visualisierung von virtuellen, aber auch realen Bildern, Videos und Filmen. Die Oculus Rift besitzt ein Sehfeld von 110 Grad horizontal und 90 Grad vertikal. Im Innern der Brille befindet sich ein Display aus OLED mit einer Bildauflösung von 1980x1080 (HD) und zwei Linsen zur Akkommodation der Augen. Die im Versuch verwendete Version CV1 verfügt über ein zusätzliches Head-Tracking-System.



Bild 18: Oculus Rift-Brille CV1 (Quelle: Oculus Rift)

4.1.2 Game-Engine Unity 3D

Um Lichtwirkungen in Echtzeit darstellen und simulieren zu können, sind im Moment noch Game-Engines wie Unity 3D oder Unreal 3D notwendig. Diese Programme sind das Herzstück von Games. Mit ihnen können relativ schnell ganze Szenen/Welten entwickelt, aufgebaut und in Echtzeit simuliert werden. Diese Programme arbeiten in der Zwischenzeit auch mit IES-Files, d.h., es können die korrekten photometrisch vermessenen Lichtstärkeverteilungskurven (LVK) verwendet werden. Im Hauptversuch kam die Game-Engine Unity 3D zum Einsatz.

4.1.3 Blickwinkel und Varianten

Um die Möglichkeit zu erhalten, einen Platz wie den Ludwigplatz in Darmstadt und dessen Beleuchtung zu bewerten, wurden insgesamt 19 verschiedene Varianten an Lichtsituationen und Blickwinkeln eingesetzt. Es wären weitere Lichtsituationen und Blickwinkel möglich gewesen, jedoch sollte der Versuch nicht länger als 60 Minuten dauern. Abbildung 19 zeigt die verschiedenen Varianten auf. Die Variante 1.1-Zentral (ein Zentralblick, ca. 40 m von dem Bismarck-Brunnen entfernt) war dabei die Grundbasis, die im Lauf der Zeit entwickelt wurde. Das Leuchtensystem SUPERSYSTEM outdoor war auf 100% Dimm-niveau eingestellt, die Fassadenbeleuchtung auf 6,5%, die Beleuchtung der Bäume auf 20%, die Beleuchtung der Sitzwürfel auf 40% und die Beleuchtung des Brunnens auf 50%. Von dieser Zentralperspektive gab es 8 Varianten mit verschiedenen Lichtszenarien, wobei pro Variante immer nur eine Komponente der Szene verändert wurde, die anderen Komponenten blieben gleich. Daneben gab es eine Blicksituation, bei der sich die Versuchsperson näher am Brunnen befand (z. B. 1.1-Seiten), in einem Abstand ca. 20 m entfernt. Von dieser Blicksituation gab es 6 Varianten mit unterschiedlicher Beleuchtung. Und es gab eine Blicksituation, bei der sich die Versuchsperson nahe am Brunnen befand (z. B. 1.1-Brunnen). Von dieser Brunnen-Blicksituation gab es 5 Varianten mit unterschiedlicher Beleuchtung.

Diese 19 Varianten wurden den 21 Versuchspersonen im Laufe der Versuches, der rund 1 Stunde dauerte, präsentiert. Bei jeder Variante wurden 10 Adjektivpaare zur lichttechnischen bzw. emotionalen Bewertung und 4 Adjektivpaare zu den eingesetzten Lichtsystemen abgefragt. Zusätzlich konnten die Versuchspersonen dem/der VersuchsleiterIn positive und negative Äußerungen mitteilen.

Bild 20 stellt die Situation während des Versuches dar. Der Bildschirm diente im Hauptversuch lediglich dazu, dass der/die VersuchsleiterIn sehen konnte, was die Versuchsperson im aktuellen Moment mit der Oculus Rift-Brille betrachtete.

Varia.-Nr	System	Fassade	Bäume	Würfel	Brunnen
1.1-Zentral	Supers. Outd.	6,5%	20%	40%	50%
1.1-Seiten.	Supers. Outd.	6,5%	20%	40%	50%
1.1-Brunn.	Supers. Outd.	6,5%	20%	40%	50%
1.2-Zentral	Supers. Outd.	30%	20%	40%	50%
1.2-Seiten	Supers. Outd.	30%	20%	40%	50%
1.2-Brunn.	Supers. Outd.	30%	20%	40%	50%
2.1-Zentral	Supers. Outd.	6,5%	0%	40%	50%
2.2-Zentral	Supers. Outd.	6,5%	Seitlich 20%	40%	50%
3.1-Zentral	Supers. Outd.	6,5%	20%	0%	50%
4.1-Zentral	Supers. Outd.	6,5%	20%	40%	0%
4.1-Seiten.	Supers. Outd.	6,5%	20%	40%	0%
4.2-Zentral	Supers. Outd.	6,5%	20%	40%	Nur Bismarck
4.2-Seiten.	Supers. Outd.	6,5%	20%	40%	Nur Bismarck
4.2-Brunn.	Supers. Outd.	6,5%	20%	40%	Nur Bismarck
4.3-Brunn.	Supers. Outd.	6,5%	20%	40%	Gesicht schön
5.1-Zentral	Nights.-längs	6,5%	20%	40%	50%
5.1-Seiten	Nights.-längs	6,5%	20%	40%	50%
5.2-Seiten	Nights.-kompl	6,5%	20%	40%	50%
5.2-Brunn.	Nights.-kompl.	6,5%	20%	40%	50%

Bild 19: Auflistung der Lichtvarianten

4.1.4 Instruktion

Zu Beginn des Versuches wurde der Versuchsperson die Wirkungsweise einer Oculus Rift-Brille erklärt, wie man diese aufsetzt und sich mit ihr bewegen kann. Danach erfolgte die nächste Instruktion: „Es ist 20:00 Uhr. Sie sind ohne Begleitung auf dem Weg zu einem Restaurant und müssen diesen Platz durchschreiten: Wie wirkt dieser Platz insgesamt auf Sie?“

Weitere Instruktionen während des Versuches waren: „Es wurde die Intensität der Beleuchtung für ein Objekt bzw. einer Objektgruppe geändert. Wissen Sie, um welches Objekt bzw. Objektgruppe es sich handelt?“ Die Versuchsperson konnte mit Ja/Nein antworten, danach wurde ihr erklärt, was sich in der neuen Variante verändert hat.



Bild 20: Versuchssituation der Versuchsperson mit der Oculus Rift-Brille CV1
(Quelle: Kevin Kornprobst)

4.1.5 Varianten

Nachfolgend sind die 19 Varianten mit den unterschiedlichen Lichtsituationen und Blicksituationen dargestellt.



Bild 21: Grundvariante 1.1 zentral mit SUPERSYSTEM outdoor 100%, Fassade 6,5%, Bäume 20%, Würfel 40%, Brunnen 50%



Bild 22: Variante 1.2 zentral mit SUPERSYSTEM outdoor 100%, Fassade 30%, Bäume 20%, Würfel 40%, Brunnen 50%



**Bild 23: Variante 2.1 zentral mit SUPERSYSTEM outdoor 100%, Fassade 6,5%,
Bäume 0%, Würfel 40%, Brunnen 50%**



**Bild 24: Variante 2.2 zentral mit SUPERSYSTEM outdoor 100%, Fassade 6,5%,
Bäume seitlich 20%, Würfel 40%, Brunnen 50%**



**Bild 25: Variante 3.1 zentral mit SUPERSYSTEM outdoor 100%, Fassade 6,5%,
Bäume 20%, Würfel 0%, Brunnen 50%**



**Bild 26: Variante 4.1 zentral mit SUPERSYSTEM outdoor 100%, Fassade 6,5%,
Bäume 20%, Würfel 40%, Brunnen 0%**



**Bild 27: Variante 4.2 zentral mit SUPERSYSTEM outdoor 100%, Fassade 6,5%,
Bäume 20%, Würfel 40%, nur Bismarck**



**Bild 28: Variante 5.1 zentral mit Nightsight-längs, Fassade 6,5%, Bäume 20%,
Würfel 20%, Brunnen 50%**



**Bild 29: Variante 1.1 seitlich mit SUPERSYSTEM outdoor 100%, Fassade 6,5%,
Bäume 20%, Würfel 40%, Brunnen 50%**



**Bild 30: Variante 1.2 seitlich mit SUPERSYSTEM outdoor 100%, Fassade 30%,
Bäume 20%, Würfel 40%, Brunnen 50%**



**Bild 31: Variante 4.1 seitlich mit SUPERSYSTEM outdoor 100%, Fassade 30%,
Bäume 20%, Würfel 40%, Brunnen 0%**



**Bild 32: Variante 4.2 seitlich mit SUPERSYSTEM outdoor 100%, Fassade 30%,
Bäume 20%, Würfel 40%, nur Bismarck**



**Bild 33: Variante 5.1 seitlich mit Nightsight-längs, Fassade 6,5%, Bäume 20%,
Würfel 40%, Brunnen 50%**



**Bild 34: Variante 5.2 seitlich mit Nightsight-komplett, Fassade 6,5%, Bäume 20%,
Würfel 40%, Brunnen 50%**



Bild 35: Variante 1.1 Brunnen mit SUPERSYSTEM outdoor, Fassade 6,5%, Bäume 20%, Würfel 40%, Brunnen 50%



Bild 36: Variante 1.2 Brunnen mit SUPERSYSTEM outdoor, Fassade 30%, Bäume 20%, Würfel 40%, Brunnen 50%



Bild 37: Variante 4.1 Brunnen mit SUPERSYSTEM outdoor, Fassade 6,5%, Bäume 20%, Würfel 40%, nur Bismarck



Bild 38: Variante 4.3 Brunnen mit SUPERSYSTEM outdoor, Fassade 6,5%, Bäume 20%, Würfel 40%, Gesicht Bismarck schön inszeniert



Bild 39: Variante 5.2 Brunnen mit Nightsight-komplett, Fassade 6,5%, Bäume 20%, Würfel 40%, Brunnen 50%

4.2. Ergebnisse Hauptversuch

4.2.1 Versuchsreihe 2: Adjektivpaar beruhigend – aktivierend

Bei dem Adjektivpaar beruhigend – aktivierend wirkte die Variante 1.2 zentral besonders aktivierend, siehe Bild 40. Bei dieser Variante lag die Fassadenbeleuchtung bei 30% und nicht wie üblich bei 6,5%. Die Variante 4.2 (in der Situation ist nur die Bismarck-Statue beleuchtet) wirkte besonders beruhigend. Betrachtet man die differenzierten Ergebnisse der Lichtexperten im Vergleich mit den Laien, so ergeben sich ähnliche Aussagen.

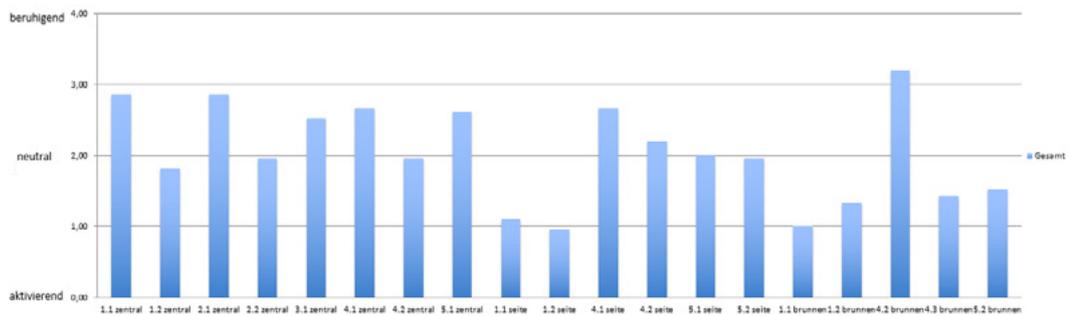


Bild 40: Ergebnis Adjektivpaar beruhigend – aktivierend über alle 19 Varianten

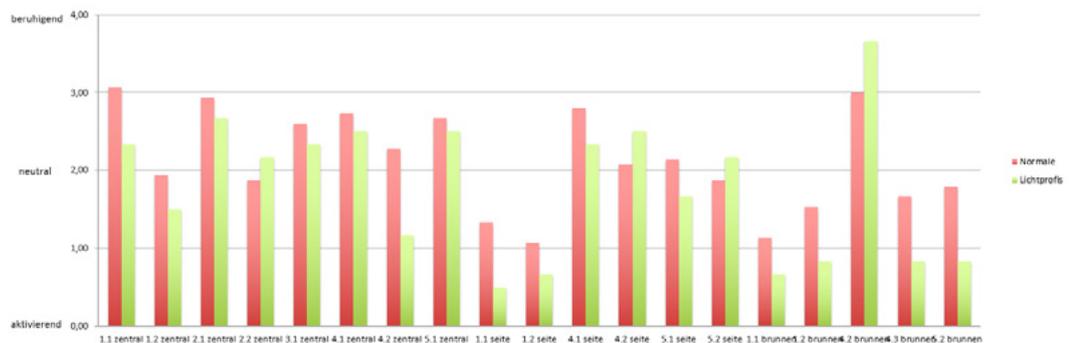


Bild 41: Ergebnis Adjektivpaar beruhigend – aktivierend, aufgelistet in Laien und Lichtexperten

4.2.2 Versuchsreihe 2: Adjektivpaar freundlich – unfreundlich

Bei dem Adjektivpaar freundlich – unfreundlich wirkt Variante 4.1 seitlich (Brunnen aus) besonders unfreundlich. Das bedeutet, alle Versuchspersonen empfinden die ausgeschaltete Beleuchtung des Brunnens als unfreundlich.

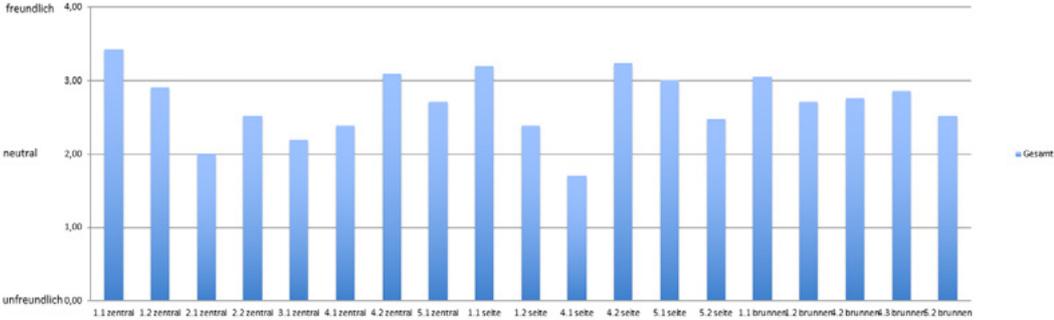


Bild 42: Ergebnis Adjektivpaar freundlich – unfreundlich über alle 19 Varianten

4.2.3 Versuchsreihe 2: Adjektivpaar hell – dunkel

Bei dem Adjektivpaar hell – dunkel wirkt Variante 4.1 seitlich (Brunnen aus) besonders dunkel. Aus diesem Ergebnis kann man sehr deutlich ablesen, dass der unbeleuchtete Brunnen von allen Versuchspersonen als zu dunkel bewertet wurde.

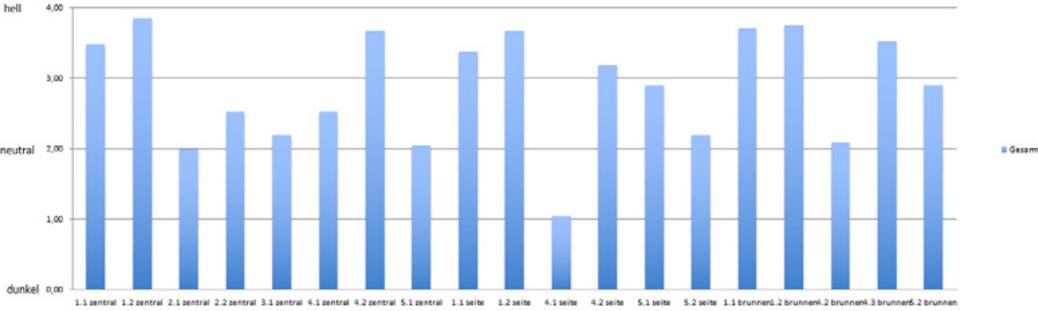


Bild 43: Ergebnis Adjektivpaar hell – dunkel über alle 19 Varianten

4.2.4 Vergleich aller Adjektivpaare über alle Zentralperspektiven

In Abbildung 44 sind die Ergebnisse aller acht Zentralperspektiven dargestellt. Man erkennt, dass die Versuchspersonen die einzelnen Lichtsituationen sehr unterschiedlich bewerten. Nachfolgend sind die einzelnen Bewertungen etwas genauer aufgelistet.

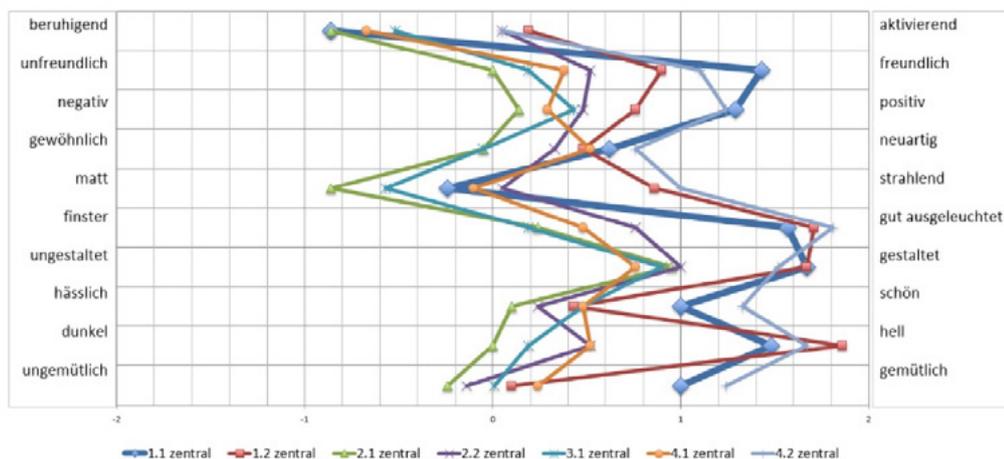


Bild 44: Ergebnis aller Adjektivpaare über die Varianten 1.1 zentral vs. 1.2 / 2.1 / 2.2 / 3.1 / 4.1 / 4.2 zentral

4.2.5 Variante 1.1 zentral (SUPERSYSTEM outdoor) vs. 5.1 zentral (Nightsight längs)

Abbildung 44 stellt das Ergebnis der Variante 1.1 zentral (Lichtsystem SUPERSYSTEM outdoor) vs. 5.1 zentral (Lichtsystem Nightsight längs) dar. Wie man erkennen kann, gibt es keine großen Unterschiede zwischen dem Lichtsystem SUPERSYSTEM outdoor und dem von Nightsight, bis auf einen markanten Unterschied. Das Nightsightsystem wird als deutlich dunkler bewertet. In Bild 46 sind die Ergebnisse mit den Angaben der Standardabweichungen aufgeführt. Hier erkennt man bei dem Adjektivpaar dunkel – hell eine eindeutige Signifikanz.

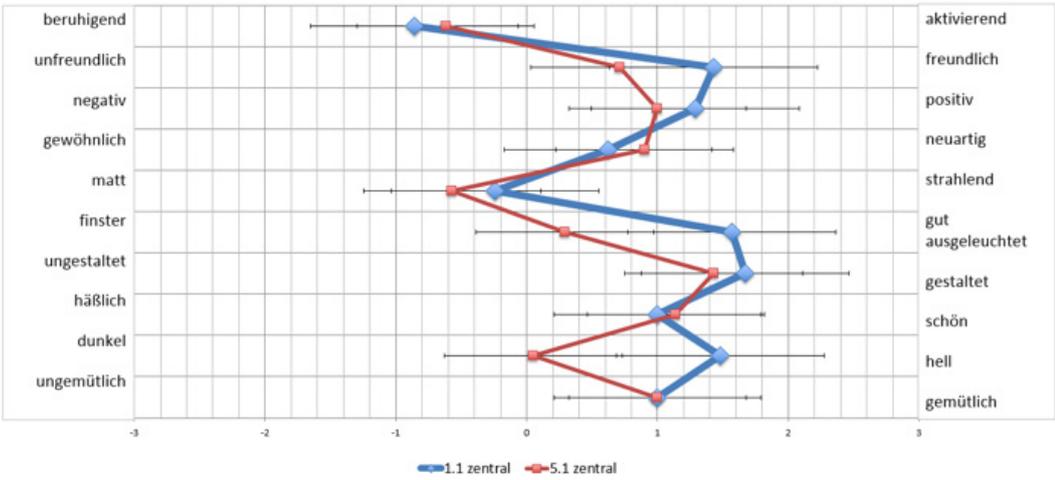


Bild 45: Ergebnis der Variante 1.1 zentral (SUPERSYSTEM outdoor) vs. 5.1 zentral (Nightsight längs)

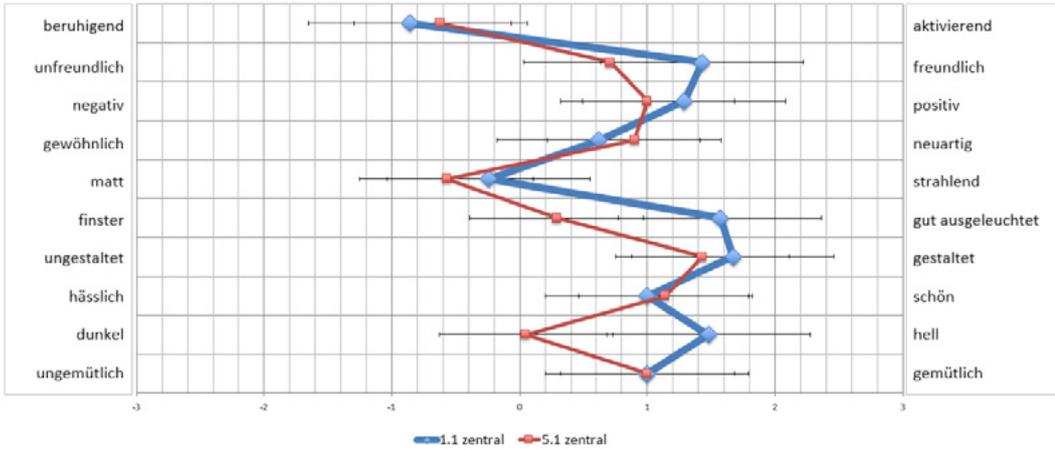


Bild 46: Ergebnis der Variante 1.1 zentral (SUPERSYSTEM outdoor) vs. 5.1 zentral (Nightsight längs) mit Angaben der Standardabweichungen

4.2.6 Variante 1.1 zentral (6,5% Fassade) vs. 1.2 zentral (30% Fassade)

Abbildung 47 stellt das Ergebnis zwischen einer leicht aufgehellten und einer relativ hellen Fassade dar: Variante 1.1 zentral (6,5% Fassade) vs. 1.2 zentral (30% Fassade). Wie man erkennen kann, wird die helle Fassade (1.2 zentral) als hell bewertet, wirkt jedoch ungemütlich. Das bedeutet, dass einerseits die sehr helle Fassadenbeleuchtung durch die hohe vertikale Beleuchtung auf die Versuchspersonen aktivierend wirkt, aber gleichzeitig einen ungemütlichen Eindruck hinterlässt. Das bedeutet auch, die Verweilqualität wäre in diesem Fall sehr gering. Die Personen würden sich über den Platz bewegen, aber mit Sicherheit nicht stehen oder sitzen bleiben.

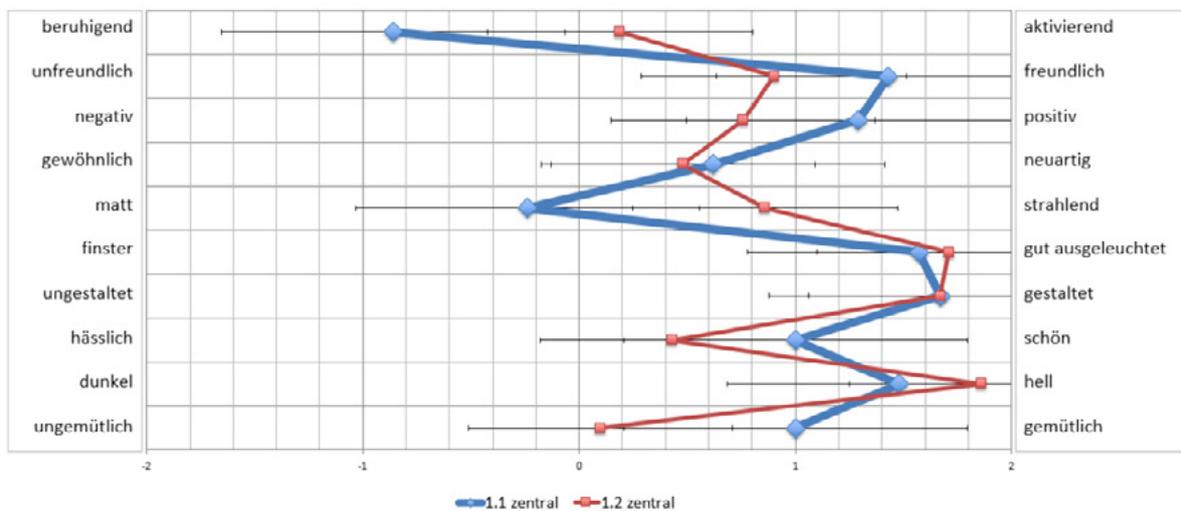


Bild 47: Variante 1.1 zentral (6,5% Fassade) vs. 1.2 zentral (30% Fassade)

4.2.7 Variante 1.1 zentral vs. 2.1 zentral (Bäume 0%) vs. 2.2 zentral (Bäume seitlich 20%)

In Abbildung 48 wird das Ergebnis der Variante 1.1 zentral (Bäume 20%) vs. 2.1 zentral (Bäume 0%) vs. 2.2 zentral (Bäume seitlich 20%) dargestellt. Das bedeutet, es wird verglichen, wie stark sich die Beleuchtung der Bäume bzw. Baumstämme auf die Bewertung auswirkt. Bei Variante 2.2 zentral wurden die Bäume nicht von unten, sondern von der Seite beleuchtet. Wie man erkennen kann, wird 2.1 zentral (Bäume 0%) – hier als grüne Kurve dargestellt – negativ bewertet. Das bedeutet, die meisten Versuchspersonen finden eine Beleuchtung der auf dem Platz vorhandenen Bäume, oder generell die Sichtbarmachung der Baumstämme als freundlich, positiv, gestaltet und hell.

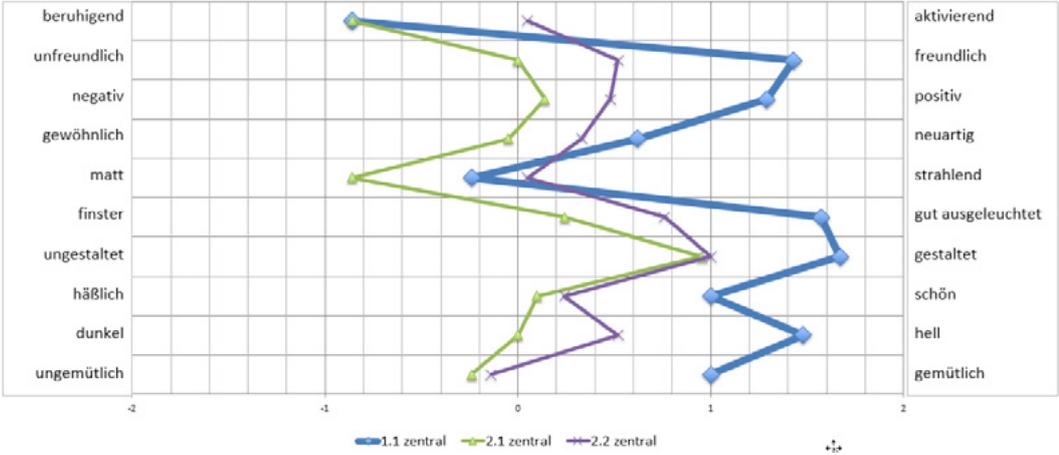


Bild 48: Variante 1.1 zentral vs. 2.1 zentral (Bäume 0%) vs. 2.2 zentral (Bäume seitlich 20%)

4.2.8 Variante 1.1 zentral vs. 3.1 zentral (Würfel 0%)

Abbildung 49 stellt das Ergebnis der Variante 1.1 zentral (Würfel 50%) vs. 3.1 zentral (Würfel 0%) dar. Wie man erkennen kann, wird die Variante 3.1 zentral, bei der die Sitzwürfel keine Beleuchtung besitzen, insgesamt negativer bewertet.

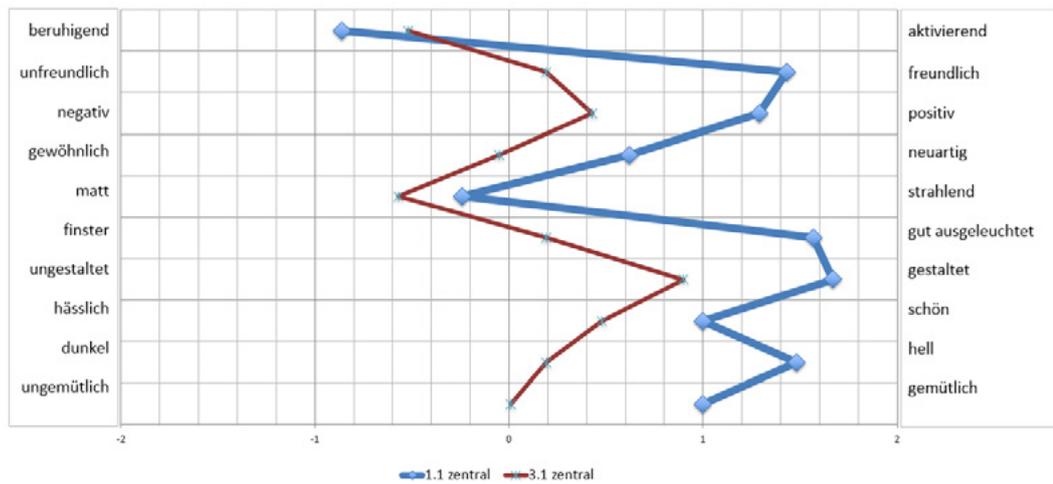


Bild 49: Variante 1.1 zentral vs. 3.1 zentral (Würfel 0%)

4.2.9 Variante 1.1 Seite vs. 5.1 Seite (Nightsight längs) vs. 5.2 Seite (Nightsight komplett)

Abbildung 50 stellt das Ergebnis der Variante 1.1 Seite (SUPERSYSTEM outdoor) vs. 5.1 Seite (Nightsight längs) vs. 5.2 Seite (Nightsight komplett) dar. Die Ergebnisse verbildlichen die Beleuchtung des Platzes mit drei verschiedenen Lichtsituationen. Der Blickwinkel ist dabei seitlich auf den Platz und auf den Brunnen gerichtet. Bei Variante 1.1 wurde der gesamte Platz mit SUPERSYSTEM outdoor beleuchtet. Bei Variante 5.1 war die Beleuchtung längs der Häuserfassaden mit dem Lichtsystem Nightsight angeordnet, bei der Beleuchtung um den Brunnen kam weiterhin SUPERSYSTEM outdoor zur Anwendung. Bei Variante 5.2 stammten alle Leuchten aus der Systemfamilie Nightsight. Wie man aus den Bewertungen der Versuchspersonen erkennen kann, wird die Variante 5.2 seitlich (Nightsight komplett – grüne Kurve) negativer bewertet. Diese Beleuchtung wirkt durch die nicht gleichmäßige Ausleuchtung mit eher spot-artigem Charakter nicht gut.

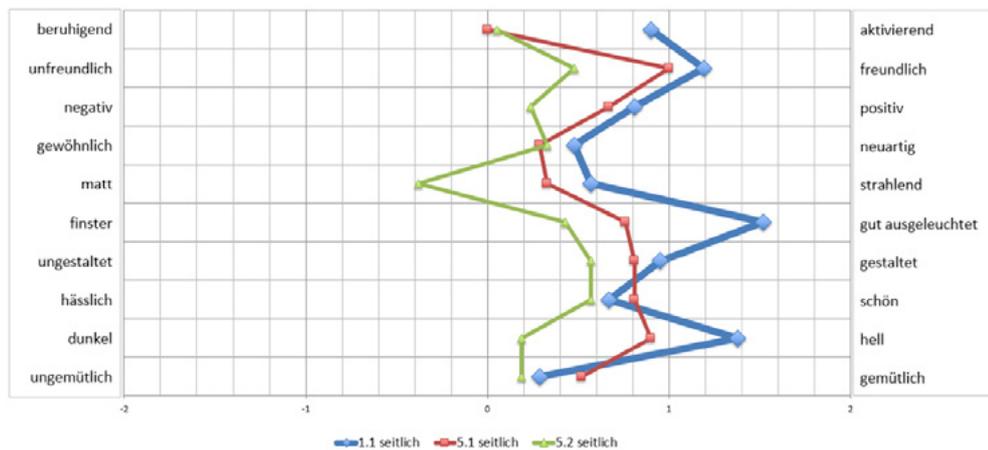


Bild 50: Variante 1.1 Seite vs. 5.1 Seite (Nightsight längs) vs. 5.2 Seite (Nightsight komplett)

4.3 Bewertung der Lichtsysteme

In Abbildung 51 ist das Gesamtergebnis zu der Abfrage des Lichtsystems aufgeführt. Wie man erkennen kann, werden die Varianten 1.1 zentral, 1.2 zentral (30% Fassade), 4.2 zentral (nur Bismarck) und 4.2 Seite positiv bewertet. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt man bei der Anordnung der Leuchten sowie bei den sichtbaren Aufhellungen. Mast- und Leuchtenhöhe machen keinen großen Unterschied, siehe Abbildung 52.

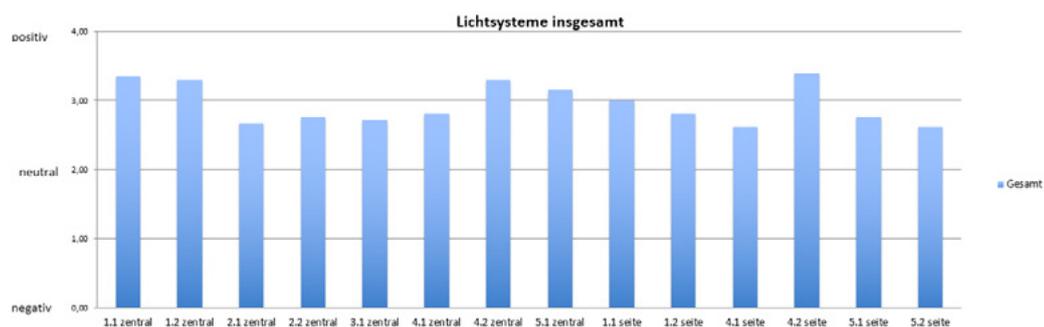


Bild 51: Bewertung der Lichtsysteme insgesamt

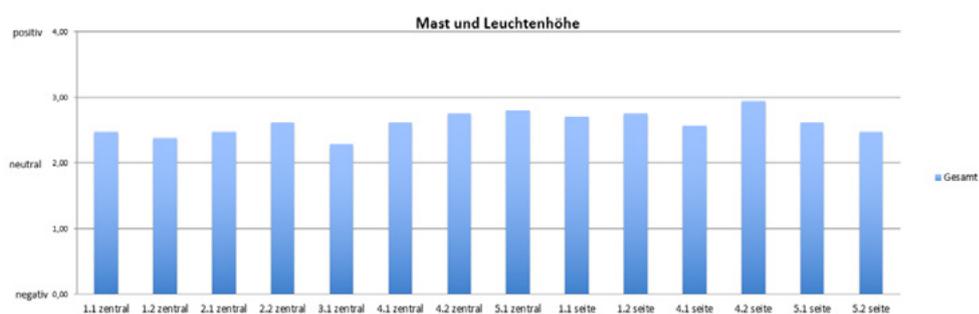


Bild 52: Bewertung der Mast- und Leuchtenhöhe

4.4 Bemerkungen der Versuchspersonen

Nachfolgend einige Bemerkungen der Versuchspersonen.

Was fällt Ihnen besonders positiv auf:

- „Leuchten sehen gut aus“
- „Brunnen sehr schön gestaltet“
- „keine Leuchtreklame“
- „alles gut differenzierbar“
- „Bäume sehen schön aus“

Was fällt Ihnen negativ auf:

- „Lichtinseln zu hell“
- „zu wenig Sitzmöglichkeiten“ (wurde mehrmals genannt)
- „leuchtende Würfel“ überflüssig (wurde mehrmals genannt)
- Wenn die Baumbeleuchtung ausgeschaltet war, wurde dies häufig verbal beanstandet.

Mehrfachnennungen

- Alles zu erkennen
- Leuchten gut ausgewählt
- Lichtwirkung Bäume und Grünflächen
- gute Akzente
- schöne Kontraste
- psychologische Wertungen, wie „Platz wirkt groß und sympathisch“
- häufige positive Erwähnung der „Aufhellung der Fassade“
- Änderung der Fassadenhelligkeit wird von 19 der 21 Versuchspersonen unmittelbar bemerkt
- Leuchtreklame wird Thema
- viele negative Urteile, wenn Brunnenbeleuchtung und Baumbeleuchtung fehlt
- wenn nur die Statue im Brunnen beleuchtet ist, nehmen das nur 7 Versuchspersonen unmittelbar wahr.

4.5 Fragen zu Virtual Reality und Immersion

Um zu erfahren, wie immersiv die Versuchspersonen die Situation mit der VR-Brille erleben, wurden am Ende des Versuches sieben Fragen nach der Umsetzung der virtuellen Realität gestellt. Wie man aus den Ergebnissen erkennen kann, hat die Mehrzahl der Versuchspersonen das Gefühl: „Ich dachte in der Simulation, ich sei tatsächlich dort und nirgendwo anders.“ Und eine große Anzahl gab an: „Die Simulation war mit der Realität vergleichbar.“ Dies zeigt, dass mit Hilfe der VR-Brillen eine Bewertung von Lichtsituationen möglich ist und ein großes Potential für die Auswahl von Beleuchtungssituationen möglich ist.

Umsetzung der virtuellen Realität		überhaupt nicht	etwas	mittelmäßig	ziemlich	sehr
1.	Die Simulation war mit der Realität vergleichbar.	1	2	8	8	0
2.	Ich habe mich während der Simulation wie in der Realität gefühlt.	0	7	5	4	0
3.	Die Erinnerungen an die Simulation ist mit der Erinnerung an den realen Ort vergleichbar.	1	4	2	2	2
4.	Ich dachte in der Simulation, ich sei tatsächlich dort und nirgendwo anders.	2	2	10	2	1
5.	Ich denke der Raum in der Simulation, war mit dem Raum in der Realität vergleichbar.	0	4	5	1	1
6.	Während der Simulation, dachte ich die meiste Zeit ich sei in der Realität.	2	4	7	1	1
7.	Was war förderlich für Ihren Eindruck während der Simulation in der Realität zu sein und was nicht?					

Bild 53: Antworten zur Virtual Reality und Immersion

4.6 Fragen zu Motion Sickness

Da VR-Brillen aber auch bewirken können, dass einigen Personen während des Gebrauchs und des Umherblickens übel wird (Motion Sickness), weil der Kopf und die Bewegungssensoren des Menschen unterschiedliche Signale an das Gehirn senden, wurden am Ende des Versuches vierzehn Fragen nach Symptomen von Motion Sickness gestellt. Wie man aus den Ergebnissen ableiten kann, hat die überwiegende Mehrzahl der Versuchspersonen keine Probleme mit Motion Sickness, ihnen wurde während des Versuches und des Gebrauchs der Oculus Rift-Brille nicht übel.

Wie stark sind die folgenden Symptome im Moment bei Ihnen ausgeprägt?		überhaupt nicht	etwas	mittelmäßig	ziemlich	sehr
1.	überanstrengte Augen	4	5	3	3	0
2.	Schwierigkeiten mit Sehschärfe	2	10	3	1	0
3.	erhöhte Speichelbildung	19	0	0	1	0
4.	Schwitzen	19	4	1	0	0
5.	Übelkeit/Erbrechen	19	1	0	0	1
6.	Konzentrationschwierigkeiten	1	10	5	0	1
7.	Druckgefühl im Kopfbereich	5	8	3	5	0
8.	verschwommene Sicht	4	8	1	2	0
9.	Schwindel bei geöffneten Augen	19	6	0	1	0
10.	Schwindel bei geschlossenen Augen	18	3	3	0	0
11.	Gleichgewichtsstörungen	20	1	1	1	0
12.	Magenbeschwerden	20	0	1	0	0
13.	Aufstoßen	21	2	0	0	0
14.	Kopfschmerzen	8	5	2	1	0

Bild 54: Antworten zu Motion Sickness

5. Fazit

5.1 Ergebnisse – Methodik

Mit Hilfe einer VR-Simulation lassen sich Lichtsituationen detailliert bewerten. Lichtexperten können eine VR-Simulation detaillierter analysieren, aber eine unterschiedliche psychologische Bewertung der Lichtsituationen war in dieser Versuchsreihe nicht feststellbar. Das bedeutet, dass VR-Simulationen einen Vergleich unterschiedlicher Lichtsysteme ermöglichen.

5.2 Ergebnisse – Bewertung von Lichtsituationen

Es ist möglich, die Aufenthaltsqualität auf einem Platz zu planen und damit vorherzubestimmen. Lichtqualität und gute Lichttechnik werden von den Versuchspersonen unmittelbar wahrgenommen. Einfache Lichtlösungen haben schlechtere psychologische Bewertungen. Die Flächen und Objekte, die bei Tag sichtbar und wichtig sind, sollten auch in der Dunkelheit wahrnehmbar bleiben.

Man bezeichnet dies als die Bewahrung der Identität des Ortes. Umweltpsychologen sprechen hier von einem Setting. Es handelt sich um die objektive, physische Umgebung einer handelnden Person und die persönliche Bewertung ihrer Handlungen in diesem gegebenen Kontext. Der Ludwigsplatz in Darmstadt ist kein herausragender Ort in dieser Stadt. Er ist kein Wahrzeichen oder Denkmal. Das Gleiche gilt für das Bismarck-Denkmal. Viele halten die dargestellte Person dieses Denkmals, weil auf dem Ludwigsplatz stehend, irrtümlich für den Großherzog Ernst Ludwig, den Begründer der Jugendstil-Künstlerkolonie.

Plätze wie diesen gibt es unzählige in Deutschland. Man wählte hier die folgende Herangehensweise bei der Lichtgestaltung unter der Annahme, sie könne prototypisch für viele derartige Aufgabenstellungen sein. Ausgangspunkt war die Semesterarbeit von über 20 Studenten, die sich mit Platzgestaltung und ihrer nächtlichen Wirkung systematisch auseinandergesetzt haben.

Der Platz sollte am Abend und in der Nacht alle psychologischen Qualitäten eines Raumes haben. Dieser Raum sollte differenziert werden und diese Differenzierung sollte sich dem Betrachter unmittelbar vermitteln. Die subjektive psychologische Bewertung dieses Ortes sollte tendenziell hell, visuell klar und eindeutig sein.

Die Differenzierung kann mittels Licht und somit Helligkeitszuordnungen geschehen. Die Helligkeitszuordnungen haben alle eine Materialität, das heißt, man arbeitet nicht grafisch zum Beispiel mittels Lichtstrukturen, sondern es werden Flächen und Objekte beleuchtet, die auch am Tag vorhanden sind und diesen Ort kennzeichnen. Es gilt, eine Wahrnehmungshierarchie festzulegen und zwar hinsichtlich ihrer Bedeutung und Wertigkeit. In dieser Untersuchung waren dies:

- Grundhelligkeit Platz
- Helligkeit Fassaden
- Helligkeit Bismarck-Denkmal und dessen unmittelbare Umgebung
- Helligkeit Bäume
- Helligkeit Sitzwürfel

Wir glauben, dass im Allgemeinen an Orten wie dem Bismarckplatz in Darmstadt die Wahrnehmungserwartungen an die künstliche Beleuchtung eher klassisch konservativ sind, zum Beispiel eine Baumanstrahlung mittels klassischer Up-Lights im Boden.

Um die Lichtmengen und die Bedeutungshaltigkeit der Flächen und Objekte abzustimmen, sind Leuchtdichtemodelle eine relativ einfache Methode, um die Helligkeitswirkungen zu differenzieren. Die Leuchtdichte ist das Produkt aus auftreffender Lichtmenge (Lux) und dem Reflexionsgrad der Oberfläche des Objekts, dieser Wert ist dann durch π zu teilen.

Der mittlere Reflexionsgrad aller sichtbaren Oberflächen im Gesichtsfeld eines Betrachters liegt bei ca. 30%, die mittlere Beleuchtungsstärke der angestrahlten Flächen und Objekte bei ca. 15 Lux. Unter Berücksichtigung der Himmelhelligkeit im Gesichtsfeld (ca. 0,2 cd/m²) ergibt sich eine Adaptationsleuchtdichte des visuellen Systems von ca. 1 cd/m² für das gesamte Gesichtsfeld. Die Leuchtdichten der einzelnen Objekte sind dann ins Verhältnis zur Adaptationsleuchtdichte zu setzen (L/L_a).

Die in der Standardbedingung gewählte Helligkeit der angestrahlten Fassaden (1–3 cd/m²) war geringer als die des Platzes (3–5 cd/m²). Dies ist eine notwendige Bedingung, um überhaupt einen Platz hell wirken zu lassen.

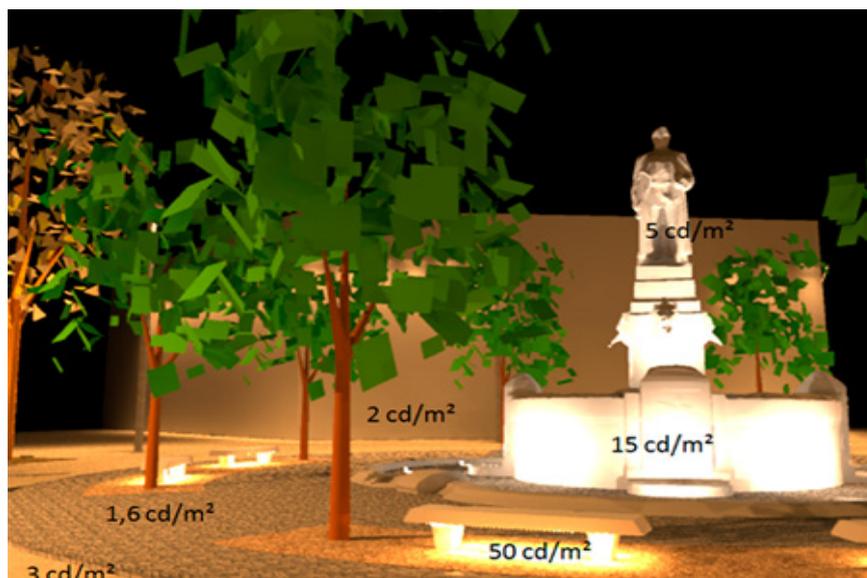


Bild 55: Leuchtdichteverteilung des Bismarck-Brunnen und der Umgebung
(Quelle: Roland Greule)

Das Bismarck-Denkmal ist das hellste Objekt auf dem Platz. Die Kupferplatten an den äußeren Wandungen des Brunnens sind mit Akzentstrahlern betont. Die Leuchtdichten der vertikalen Flächen betragen zwischen 5 und 10 cd/m^2 und eng zonierte 15 cd/m^2 auf den Kupferplatten. Diese sind Highlights in der gesamten Szenerie. Die Bäume in der Basisvariante haben Leuchtdichten von 2 bis 4 cd/m^2 . Die Lichtzonierung befindet sich an den Flanken der Baumstämme.

Die sichtbaren Flächen der Sitzwürfel sind auf der Platzbeleuchtung seitens der Mastleuchten beleuchtet, deren Sockel werden hingegen durch eine indirekt auf den Boden strahlende Lichtlinie betont. Dies ist ein deutlich sichtbarer Akzent mit eng begrenzten Leuchtdichtewerten bis zu 50 cd/m^2 , auch hier handelt es sich um Highlights.

Das nachfolgend dargestellte Diagramm (Abb. 56) zeigt die oben genannte Abfolge bzw. Hierarchie der Helligkeitszuordnungen. Keine für die psychologische Wahrnehmung relevante Fläche und kein bedeutsames Objekt befinden sich im Bereich der Finsternis oder „schwarzer Schatten“. Alle für die Helligkeitsempfindung relevanten Flächen und Objekte sind in der „hellen“ Übergangszone oberhalb der Adaptationsleuchtdichte, blenden aber nicht. Die bewusst gesetzten Glanzpunkte fallen auf, führen aber nicht zu einer Adaptationsblendung. Dies wäre der Fall, wenn deren Leuchtdichten über 100 cd/m^2 liegen würden.

Ein direkter Einblick in die Leuchten wurde seitens der Lichtplanung und der Auswahl und Anordnung der Lichtsysteme ganz bewusst vermieden.

Ludwigsplatz Darmstadt

Relative Helligkeit

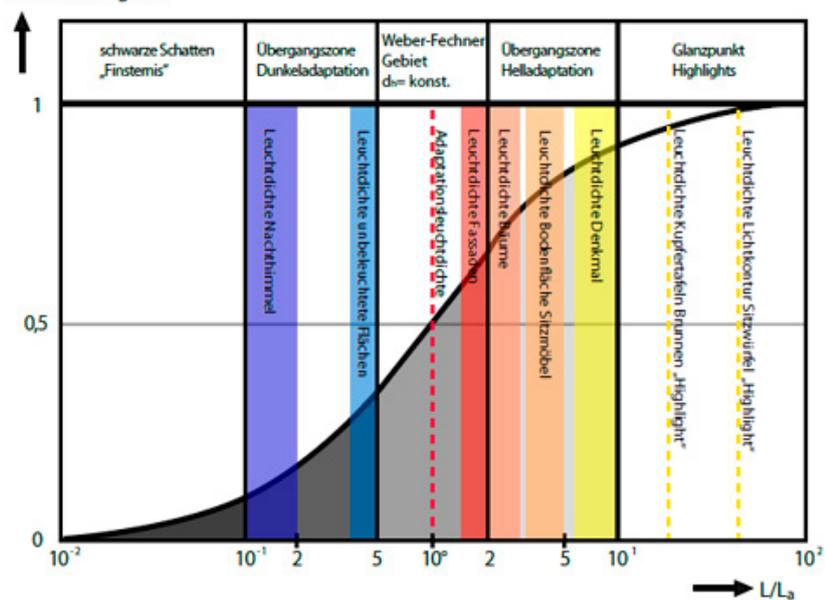


Bild 56: Helligkeitswirkungen der Objekteleuchtdichten (L) im Verhältnis zur Adaptations-leuchtdichte (L_a) (Quelle: Torsten Braun)

Das Ergebnis der Untersuchung und der alternativen Gestaltungsmöglichkeiten hinsichtlich Fassadenhelligkeiten, Anstrahlung von Bäumen, Sitzmöbeln und Denkmälern zeigt, dass Eindeutigkeit und Klarheit des gestalterischen Willens für ein angemessenes Erscheinungsbild und dessen Wertigkeit zielführend sind. Der Detaillierungsgrad einzelner Lichtlösungen sollte nicht übertrieben werden. In diesem Fall galt dies für das Bismarck-Denkmal. Eine hoch differenzierte Ausleuchtung der Statue wurde wahrgenommen, aber nicht wertgeschätzt.

6. Nächste Schritte / Versuche

6.1 Versuchsaufbau: Technische Weiterentwicklung

Einstellung von verschiedenen Lichtsituationen durch die Probanden. Aktives Durchschreiten der Szenerie mit Aufzeichnung der Blickfolge (Eyetracking).

6.2 Lichtforschung: Lichttechnisch-psychologische Elaboration

Feldversuche: Validierung der ermittelten Leuchtenauswahl, Leuchtenanordnungen und Leuchtdichten der Flächen und Objekte durch 1:1 Bemusterungen und Befragungen.

Henstedt-Ulzburg, 22.01.2017

Limburg an der Lahn, 22.01.2017

Prof. Dr.-Ing. Roland Greule

Dipl.-Psychologe Torsten Braun