

Len Harms
Jan Meinínghaus

sensus

Erklärung zur Archivierung

Bitte zutreffendes ankreuzen:

- ☐ Mit der Archivierung der gedruckten Abschlussarbeit in der Bibliothek **sind wir einverstanden.**
- ☐ Mit der Archivierung der gedruckten Abschlussarbeit in der Bibliothek **sind wir nicht einverstanden.**

Begründung:

- ☐ Die Arbeit ist gesperrt, da sie in einem Betrieb durchgeführt wurde und ihr Inhalt ausdrücklich durch diesen gesperrt ist. (Vgl. ABPO § 18 (9))
- ☐ Persönliche Gründe

Darmstadt, 11.08.2020

Unterschrift

Unterschrift

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit erklären wir, dass wir die vorliegende Arbeit selbständig erstellt und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel und Quellen verwendet haben. Soweit wir auf fremde Materialien, Texte oder Gedankengänge zurückgegriffen haben, enthalten unsere Ausführungen vollständige und eindeutige Verweise auf die Urheber und Quellen.

Alle weiteren Inhalte der vorgelegten Arbeit stammen von uns im urheberrechtlichen Sinn, soweit keine Verweise und Zitate erfolgen.

Uns ist bekannt, dass ein Täuschungsversuch vorliegt, wenn die vorstehende Erklärung sich als unrichtig erweist.

Darmstadt, 11.08.2020

Unterschrift

Unterschrift

Zitierstil

Zitiert wird nach den Richtlinien der American Psychological Association APA in der 7. Fassung. Im Text wird entweder indirekt oder direkt zitiert. Im Text werden die verwendeten Zitate in runden Klammern mit dem Nachnamen des Autors, der Jahreszahl und ggf. mit der Seitenzahl angegeben.

Indirektes Zitieren

Bei indirekten Zitaten werden die gelesenen Inhalte mit eigenen Worten zusammengefasst. Es werden die Quelle mit der Angabe des Nachnamens des Autors und der Jahreszahl angegeben.

Beispiel

Wut und Aggression können bei zu viel verfügbarer Zeit entstehen (Wittmann, S.75).

Direktes Zitieren

Wenn direkt zitiert wird – also Textteile wortwörtlich aus der Quelle entnommen werden – muss neben der Angabe des Nachnamens und der Quelle zusätzlich auch die Seite angegeben werden, auf der sich die zitierte Textstelle befindet.

Beispiel

„Summe erweiterter materieller und ideeller Lebenschancen“ (Wehler, 1980, S. 127)

Werke von mehreren Autoren: Bei zwei Autoren eines Textes werden beide zitiert.

Beispiel

Lippert & Ohl (2011)

Bei 3 bis 6 Autoren wird nur der erste Autor vermerkt und die Abkürzung et al. hinzugefügt.

Beispiel

(Werth et al., 2013, S. 200)

Bei mehr als 6 Autoren wird generell immer nur der erste Autor zitiert.

Beispiel

(Baschek et al., 2001)

Das Literaturverzeichnis ist alphabetisch nach den Nachnamen der Autoren geordnet.

Beispiel

Hirsch, W. (2017). Musik in öffentlichen Räumen. In G. Rötter (Hrsg.), Handbuch Funktionale Musik: Psychologie – Technik – Anwendungsgebiete (S. 203–230). Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-10219-7_7

Abbildungsverzeichnis

Die Abbildungsquellen stehen direkt unter den Abbildungen in Verbindung mit einer kurzen Beschreibung. Abbildungen ohne Quellenanmerkungen stammen von den Autoren. Das Abbildungsverzeichnis ist alphabetisch nach Nachnamen der Autoren oder der Herausgeber geordnet und numerisch nach Chronologie gekennzeichnet.

Geschlechtsform

In der vorliegenden Arbeit wird, im Gegensatz zur konservativen Vorgehensweise, das generische Femininum verwendet. Alle weiteren Geschlechteridentitäten werden dabei ausdrücklich mitgemeint.

Kürzel

Die Texte werden mit den Kürzel der jeweiligen Autoren gekennzeichnet:

LH – Len Harms

JM – Jan Meininghaus

Betreuer

Dieses Bachelorprojekt wurde durch Prof. Andrea Krajewski (Erstbetreuung) und Prof. Claudius Coenen (Zweitbetreuung) betreut.

Team



Jan Meininghaus
750999



Len Harms
752926

Abstract

Haltestellen und Bahnhöfe stellen wichtige Mobilitätspunkte im öffentlichen Verkehr dar. Trotz dessen werden sie als unbequeme Hindernisse in der Wegekette wahrgenommen. Diese Wahrnehmung entsteht durch verschiedene Aspekte, wie einem unzureichendem Verkehrsangebot, einer mangelhaften Infrastruktur oder fehlender Serviceangebote. Die Wahrnehmung von Menschen kann allerdings durch bestimmte Einflüsse verändert werden, wie Konzepte aus dem multisensorischen Marketing zeigen.

Diese Arbeit stellt ein Projekt dar, welches zum Ziel hat die Wahrnehmung der Menschen zu verändern. Die Literaturrecherche, Expertengespräche, eine Umfrage und Bahnhofsbesuche liefern die benötigten Informationen, um ein Konzept gestalterisch und technisch auszuarbeiten. Ein erster Versuch und ein betriebswirtschaftlicher Teil zeigen wie dieses Projekt umgesetzt werden kann.

Sensus ist ein multisensorisches ambientes System, dass die Wahrnehmung an Bahnhöfen verbessern und die Funktionalität optimieren soll. Durch äußere Reize wie verschiedene Lichtfarben und ausgewählte Geräuschkulissen soll Sensus die Menschen in verschiedenen Situationen unterstützen. Durch das Messen verschiedener Parameter wird ein Szenario erstellt, um eine bestimmte Wirkung zu erzeugen. Das System kann beispielsweise beruhigend oder belebend wirken und insgesamt das Wohlbefinden positiv beeinflussen. Durch den partiellen Einsatz der verschiedenen Einflussfaktoren wird der Raum um eine koordinierende Funktion erweitert.

LH

Stops and train stations are important mobility points in public transport. Despite this fact, they are perceived as uncomfortable obstacles in the chain of routes. This perception is caused by various aspects, such as inadequate transport services, a poor infrastructure or a lack of services. However, people's perception can be altered by certain influences, as concepts from multi-sensory marketing show.

This work is a project, which aims to change this perception of people. Literature research, expert interviews, a survey and station visits provide the necessary information to develop a concept creatively and technically. A first attempt and a business part show how this project can be implemented.

Sensus is a multisensory ambient system that aims to improve perception at railway stations and optimize functionality. Through external stimuli such as different light colours and selected soundscapes, Sensus is intended to support people in various situations. By measuring various parameters, a scenario is generated to create a specific effect. The system can have a calming or invigorating effect and increase overall well-being. Through the partial use of the various influencing factors, the room is enhanced by a coordinating function.

LH

Inhaltsverzeichnis

4	Erklärung zur Archivierung
5	Eigenständigkeitserklärung
6	Zitierstil
8	Geschlechtsform
8	Kürzel
8	Betreuer
9	Team
10	Abstract

Einführung

17	Problem
17	Idee
18	Projektfrage

Recherche

21	Wahrnehmung
27	Stress im öffentlichen Verkehr
27	Unterirdische Bahnhöfe
28	Besuch von U-Bahnhöfen
30	Allgemeines zu den Interviews
31	Umfrage

Konzept Einführung

35	Warum ein ambientes System?
35	Nahtstelle Frankfurt Ostendstraße
38	Nutzerinnengruppe

Sensus

41	Ziele
42	Parameter die das System beeinflussen
43	Einflussfaktoren
45	Ethische Grundlagen
45	Abgrenzung
46	Charakter des Systems
47	Interaktion
48	Szenarien

Technisches Konzept

59	Komponenten
62	Software
63	Reaktion im Fehlerfall
63	Datenschutz
64	Systemdiagramm

Prototypische Umsetzung

- 67 Anforderungen
- 67 Ziele
- 68 Versuchsaufbau
- 74 Zusammenfassung der Ergebnisse
- 76 Erkenntnisse
- 77 Empfehlungen für weitere Versuche

Management

- 79 Motivation
- 79 Zuständigkeit für die Entwicklung von Bahnhöfen
- 81 Rechtliche Rahmenbedingungen
- 82 Geschäftsmodell
- 83 Finanzierung
- 84 Kostenanalyse des Systems
- 84 Finanzplan
- 88 SWOT-Analyse
- 89 Mögliche Stakeholder
- 91 Alternative Anwendungsbereiche
- 92 Erweiterung des Teams

- 96 Danksagung
- 97 Literaturverzeichnis
- 102 Abbildungsverzeichnis
- 103 Abkürzungsverzeichnis
- 104 Glossar
- 105 Anhang

Problem

In der vorher geschriebenen Forschungsarbeit, in der die *Nahtstellen* als Faktor der Praktikabilität des intermodalen Verkehrs untersucht wurden, wurde klar, dass diese einen elementaren Teil in der Wegekette darstellen. Die Nahtstellen selber haben also Einfluss auf die Nutzung des öffentlichen oder intermodalen Verkehrs. Durch eine ergänzende Umfrage wurde die Wahrnehmung von Nahtstellen im öffentlichen Verkehrssystem abgefragt. Dabei stellte sich heraus, dass Nahtstellen eher als Hindernis im öffentlichen Verkehr wahrgenommen werden. Das zeigt sich vor allem daran, dass Routen ohne Umstieg klar bevorzugt werden. Es sind oft grundlegende Elemente, wie eine schlechte Sauberkeit, die Temperatur oder das Fehlen von Sitzgelegenheiten, die bei Nutzerinnen eine negative Wahrnehmung erzeugt. Durch diese Wahrnehmung von Nahtstellen als Hindernis, leidet die Nutzung des intermodalen oder auch öffentlichen Verkehrs.

LH

Idee

Damit eine Nahtstelle als Möglichkeit im öffentlichen Verkehrssystem gesehen wird, müssen mehrere Aspekte stimmen. Das Verkehrsangebot muss passend und zuverlässig sein, die Infrastruktur muss sich in einem akzeptablen Zustand befinden und es muss ein gewisses erweitertes Serviceangebot bestehen. Die Idee ist, diese drei Aspekte um eine ambientes System zu erweitern, das sich mit der Wahrnehmung und dem Gemütszustand der Nutzerinnen beschäftigt. Des weiteren soll die Funktiona-

lität in bestimmten Bereichen verbessert werden. Das System soll mittels verschiedener Parameter die Nutzerinnen multisensorisch beeinflussen, um bestimmte Ziele zu erreichen.

LH

Projektfrage

Die Frage, die sich also in diesem Projekt stellt lautet: Wie können wir mit einem ambienten System die Wahrnehmung oder die Funktionalität der Nahtstelle verbessern?

Da es wenige solcher Projekte gibt, sind die Orientierungsansätze eher gering. Es gibt keine Best Practices die man analysieren und auf das Vorhaben anwenden könnte. Dadurch entsteht ein eher experimentelles Projekt das auch im Konzept teilweise auf Annahmen beruht, die es zu verproben gilt.

LH

Wahrnehmung

Die Wahrnehmung ist der Teil des psychischen Geschehens, der sich auf die Sinne und den Kontext der Umwelt bezieht (Mausfeld, 2000). Der Mensch nimmt über fünf Sinne seine Umgebung wahr:

- Hören (auditiv)
- Sehen (visuell)
- Schmecken (gustatorisch)
- Riechen (olfaktorisch)
- Tasten (taktil)

JM

Multisensorische Wahrnehmung

Haben mehrere Sinne gleichzeitig Einfluss auf die Wahrnehmung, so wird von einer multisensorischen Wahrnehmung gesprochen. Je mehr Informationen über die Sinne generiert werden, desto besser kann das Gehirn die Umgebung identifizieren und daraus Handlungen ableiten. Nach Lippert & Ohl (2011) kann die Wahrnehmung eines Szenarios von anderen Stimuli beeinflusst werden. Der Kontext in dem man sich als Person befindet, ist ein essentieller Teil der Wahrnehmung (S. 8). Komplexe Situationen können durch mehrere Sinneswahrnehmungen schneller verarbeitet werden als nur durch eine. Ein Beispiel ist das akustische Warnsignal und der vibrierende Steuerknüppel von Piloten als Warnung vor einem drohenden Strömungsabriss (S. 10).

JM

Wahrnehmung von Veränderung

Das Konzept, welches im weiteren Verlauf beschrieben wird, versucht unter anderem Menschen durch Veränderung der Umgebung zu beeinflussen und sie dadurch zu steuern. Wichtig dafür ist es, dass die Veränderung wahrgenommen und im Unterbewusstsein eine Stimmungsänderung beim Menschen auslöst wird.

JM

Veränderungsblindheit

Unter einer Veränderungsblindheit wird der Effekt verstanden, dass Veränderungen in der Umgebung nicht wahrgenommen werden, welche während einer Unterbrechung der visuellen Wahrnehmung stattgefunden haben (Jüngst, 2004). So können ebenfalls große Veränderungen eines Objektes nach dem Wechsel eines Bildes übersehen werden. Es existiert aber auch die langsame Veränderungsblindheit, bei der Änderungen in einem Bild über eine Dauer von mindestens 12 Sekunden übersehen werden (Simons et al., 2016, S. 1050). Veränderungen in der Umgebung können somit keinen bzw. nur eine geringe Auswirkung auf einen Menschen haben, wenn sie kaum wahrgenommen werden.

JM

Zeitwahrnehmung

Die Wahrnehmung der Zeit ist im Kontext des öffentlichen Nahverkehrs ein wichtiger Punkt. An Haltestellen im öffentlichen Nahverkehr müssen Nutzerinnen auf ihre Verbindung warten. In dieser Zeit sind sie auf sich alleine gestellt und versuchen

sich zu beschäftigen. Menschen mögen es nicht zu warten. Zu lang empfundene Wartezeiten, auch wenn diese faktisch nur kurz sind, haben einen negativen Einfluss auf den Gemütszustand von Personen. So können Wut und Aggression bei zu viel verfügbarer Zeit entstehen (Wittmann, 2020, S. 75).

JM

Multisensorisches Marketing

Das Konzept der Multisensorik, und die damit auf den Menschen einwirkende Informationsflut, ist kein neues System. Gerade für die Werbeindustrie spielt die Wahrnehmung eine große Rolle. Viele Unternehmen erstellen Werbestrategien, die auf mehrere Sinne ausgerichtet sind, um möglichst viele Menschen im besten Fall über mehrere Sinne zu erreichen. Es wird dabei das ganze Spektrum der Sinne genutzt. Je mehr Sinne angesprochen werden, desto besser für das Verständnis einer Situation. Die Wahrnehmung der Marke über die Sinne darf aber auch nicht überlastet werden, denn so stellt sich schnell eine Sättigung ein, welche sich eher negativ auf das Markenimage auswirkt (Lindstrøm, 2009, S. 145).

Hollister hat das sensorische Marketing sehr stark verwendet. Sie haben in ihren Läden sehr starkes Parfüm verwendet und männliche Models, oberkörperfrei, an den Eingängen ihrer Läden positioniert (Stampler, 2014). Dabei wurde versucht möglichst viele Reize des Menschen zu beeinflussen, um im Gedächtnis der Konsumenten zu bleiben.

Forschungseinrichtungen, wie das Fraunhofer Institut, untersuchen mittels Multisensorik, wie Produkte auf Menschen wirken. Dabei wird jeder Sinn abgefragt und kontrolliert (*Multisensorik - Multisensorische Wahrnehmung*, o. J.).

JM

Wohlbefinden durch Farbe, Licht und Musik

Licht

Licht ist ein Faktor in der Wahrnehmung, der von vielen Menschen unterschiedlich empfunden wird. Lichtintensität und Farbe haben nachweislich Einfluss auf Stimmung und Wohlbefinden von Menschen (Werth et al., 2013, S. 198). Diese beiden Faktoren haben Einfluss auf zwischenmenschliches Verhalten, wie offen man miteinander umgeht oder auch wie hilfsbereit man ist (S. 200). Abgesehen davon können die Menschen auch einen psychologischen Vorteil durch den Einsatz von Licht mitnehmen. So können Lichttherapien, bei denen Menschen warmen Tageslicht ausgesetzt werden, eine saisonale Depression verringern (S. 198).

Im Kontext der Raum und Produktwahrnehmung sind ebenfalls Wahrnehmungsunterschiede zu erkennen, wenn Testpersonen unterschiedlichen Lichtstärken und Farben ausgesetzt sind. Gedimmte Lichter erzeugen in Räumen häufig ein Gefühl der Exklusivität und heben somit die Qualität des Raumes (Werth et al., 2013, S. 200).

Wichtig ist dabei zu beachten, dass all diese Faktoren nur dann entstehen können, wenn auch der Mensch diese als angemessen empfindet. Dieses Empfinden ändert sich von Person zu Person. Gerade im Alter sind hohe Unterschiede zu erkennen. Ältere Menschen können sich in einer Umgebung von kaltweißem Licht besser über eine längere Zeit konzentrieren als jüngere Menschen. Diese haben den selben Effekt jedoch in einer warmweißen Lichtumgebung (Werth et al., 2013, S. 198).

Daraus lässt sich schließen, dass es schwer ist für die Temperatur des Lichts und die Lichtstärke einen gemeinsamen Nenner zu finden, da jeder eine andere Einstellung als angenehm empfindet.

Musik

Auch Musik wird vom Menschen sehr individuell wahrgenommen, wenn es darum geht, ob diese als angenehm empfunden wird oder nicht. Bei Musik gibt es den Unterschied, dass sie einen äußerst negativen Einfluss haben kann, wenn sie dem Hörer nicht gefällt (Leichner, 2001, S. 221).

Sie hat aber den Vorteil, dass Menschen physiologisch beeinflusst werden können. Das bedeutet im Konkreten, dass der Körper des Menschen sich an das Tempo und den Rhythmus der Musik anpasst, was Einfluss auf motorische Aktivitäten, sowie Herz und Atemaktivität hat. Es ist also möglich Menschen mithilfe von Musik in der Geschwindigkeit ihres Gangs zu beeinflussen (Hirsch, 2017, S. 207).

Wichtig ist dennoch die korrekte Wahl der Musik im Kontext der Anwendung. Der Künstler Brian Eno hat in den 1970er Jahren ein neues Genre der Musik kreiert. Er hat sich über die Musik beschwert, welche an Flughäfen lief. Sie ist nun bekannt unter dem Namen der Ambient Music und definiert sich durch ihre geringe Dynamik und ist hauptsächlich instrumental (Hirsch, 2017, S. 224).

Farbe

Wie schon im Abschnitt Licht beschrieben, hat die Lichtfarbe einen großen Einfluss darauf, wie Menschen sich fühlen. In einer Studie von Kaya (2004) wurden Studierende darüber befragt, wie Farben auf sie wirken. Dabei ist herausgekommen, dass bestimmte Farben bei unterschiedlichen Betrachtern unterschiedliche Gefühle auslösen. Menschen nehmen Primärfarben eher positiv wahr. Eine Farbe wie Lila wird dabei jedoch auch bei vielen Befragten als negativ angesehen. Mischfarben haben ein breiteres Meinungsspektrum, dort gibt es kaum Einigkeit über die Bedeutung. Von einer allgemeinen Einigkeit kann nicht

gesprochen werden (2004, S. 403ff.).

Diese Studie wurde als Grundlage für die Konzeption der im weiteren Verlauf beschriebenen Lichtszenarien genutzt.

JM

Emotionen	Rot	Gelb	Grün	Blau	Lila	Gelb- Rot	Grün- Gelb	Blau- Grün	Lila- Blau	Rot- Lila	Weiß	Grau	Schwarz
Wütend	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	7
Genervt	0	0	0	0	0	5	8	7	0	2	0	0	0
Gelangweilt	0	0	0	0	5	4	2	0	0	2	5	14	0
Ruhig	4	0	29	60	28	0	0	16	38	13	8	5	0
Gemütlich	0	0	15	4	3	3	7	7	0	0	0	0	5
Vewirrt	0	0	0	0	0	0	2	6	0	0	0	6	0
Deprimiert	0	0	0	6	0	0	0	0	12	8	0	23	22
Angewidert	0	0	0	0	0	9	26	2	0	3	0	0	0
Leere	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0	0
Energisch	5	10	0	0	0	14	0	10	0	0	0	0	0
Aufgerregt	18	8	2	0	4	25	6	11	0	12	0	0	0
Ängstlich	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	3	17
Froh	21	74	28	10	21	31	11	36	13	26	0	0	0
Hoffnungsvoll	0	0	8	0	0	0	0	0	5	0	6	0	0
Unschuldig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	0	0
Einsam	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0	6	4	0
Liebend	15	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0
Friedlich	0	0	12	4	0	0	0	0	8	0	13	0	0
Kraftvoll	0	0	0	0	7	0	0	0	0	7	0	2	14
Traurig	4	0	0	8	13	0	0	0	10	0	0	30	24
Krank	0	0	0	0	0	0	32	0	0	0	0	0	0
Müde	0	6	0	0	9	0	0	0	5	0	0	5	7
Keine Emotion	3	0	4	3	3	7	4	3	4	8	2	3	2

Abb. 1: Anzahl der Reaktion zu jeder gegebenen Farbe.
Quelle: in Anlehnung an Kaya 2004, S. 404

Stress im öffentlichen Verkehr

Stress kann aus unterschiedlichen Gründen entstehen. Im öffentlichen Verkehr entsteht Stress, wie auch im MIV, durch lange Fahrtwege und eine lange Fahrtdauer (Sposato, 2010, S. 30). Menschen die viel und lange pendeln leiden eher unter Stress als andere. Auffällig ist dabei auch, dass Pendler, die mit dem Fahrrad fahren oder zu Fuß zur Arbeit gehen, eher weniger unter Stress leiden, als Menschen die mit dem Auto fahren oder mit dem ÖPNV (S.30). Stress wirkt sich außerdem auf die räumliche Wahrnehmung aus. Unter Stress können komplexe Informationen nicht richtig verarbeitet werden (Paul et al., 2016, S. 128).

Die Auswertung der durchgeführten Umfrage zeigt, dass das Umsteigen an Bahnhöfen und Haltestellen als stressig empfunden wird. Routen ohne Umstieg werden unter anderem deshalb bevorzugt. Im Bereich des Pendelns sind die Auswirkungen von Stress ein sinkendes Wohlbefinden und höhere körperliche Risiken wie Bluthochdruck oder Nacken- und Rückenschmerzen (Rüger et al., 2018, S. 3).

JM

Unterirdische Bahnhöfe

U-Bahnhöfe sind meist unterirdisch und dementsprechend abgeschottet von Tageslicht und Umweltbedingungen. Dadurch haben Faktoren wie Wetter keinen drastischen Einfluss auf das Befinden der Menschen, im Gegensatz zu überirdischen Bahnhöfen oder Haltestellen.

Aussagen wie: „Mir fehlt in einer U-Bahn einfach das Tageslicht.“, machen deutlich, wie wichtig Tageslicht für Menschen ist. Ein anderes Problem von U-Bahn-Stationen ist die Lautstärke. Einfahrende Züge verursachen viel Lärm und zusätzlich Wind, was zu einer unangenehmen Umgebung beiträgt. Außerdem werden U-Bahnhöfe oft als schmutzig angesehen, weshalb Nutzerinnen des ÖPNV es als unangenehm empfinden, diese zu verwenden. Entgegen der statistischen Ansicht, dass U-Bahnhöfe sicherer sind als die eigenen vier Wände haben, laut Dellmann (2009, S. 175), Frauen eher Angst nachts in einer U-Bahnstation zu warten als zu Hause fernzusehen. Es scheint also, dass die U-Bahnhöfe eher ein negatives Bild bei Menschen haben. Hier stellt sich die Frage wie man dieses Bild in eine positive Richtung lenken könnte, sodass sich Menschen dort wohler fühlen.

JM

Besuch von U-Bahnhöfen

Um herauszufinden, wie man Menschen beeinflussen kann, wurden zwei U-Bahnstationen, die Ostendstraße und der Lokalbahn- hof in Frankfurt, begutachtet. Dabei wurden große Unterschiede festgestellt. Der Lokalbahn- hof ist im Gegensatz zur Ostendstraße wesentlich moderner und geräumiger aufgebaut.

Ostendstraße

In der Ostendstraße sind die beiden Gleise durch eine große Mauer getrennt. Nur durch Durchgangsbögen ist es möglich auf das andere Gleis zu gelangen. Durch diese Mauer ist das Gleis

und der Wartebereich selbst nicht sonderlich breit. Während der Besichtigung ist auch aufgefallen, dass die Bögen von vielen Menschen als Rückzugsort genutzt werden, um sich an den Wänden an zu lehnen oder um sich dem Lärm zu entziehen. In diesen Bereichen ist es leiser als direkt an den Gleisen und die Ansagen an den Gleisen können trotzdem gehört werden. Die Lichtsituation ist durch die Mauer auch anders organisiert. Eine lange Röhre zieht sich jeweils über das gesamte Gleis. Darin befinden sich die Leuchtmittel sowie die Lautsprecher für die Gleisansagen. Die Wände sind mit einem großen Graffiti bemalt, was die Station interessanter für das Auge macht. Im Generellen ist die Station in rote, braune und vergilbte Fliesen eingekleidet und macht so einen eher schmutzigen Eindruck.

JM

Lokalbahn- hof

Der Lokalbahn- hof wirkt eher ruhiger, was zum einen durch die offenere Gleisgestaltung entsteht als auch durch den allgemeinen Gesamtzustand. Auch die Tatsache, dass dort nicht so viele Züge frequentieren sorgt für eine unaufgeregteres Empfinden als an der Ostendstraße. Der Lokalbahn- hof erweckt den Eindruck einer Station, die man auch überirdisch vorfinden würde. Er ist alle 10 Meter durch breitere Stützpfeiler unterteilt, welche jedoch keinen negativen Einfluss auf das Raumgefühl haben. Die Leuchtmittel sind in einem Quadrat zwischen den Pfeilern angeordnet, welches dafür sorgt, dass es sehr wenige dunkle Stellen gibt. Dies erzeugt ein freundliches Gesamtbild. Aufgrund dieser Erkenntnisse wurde die Ostendstraße als Ort für das System gewählt, da dort ein großes Potenzial vorhanden ist, um den Gesamteindruck zu verbessern. Auch die dort vorhandenen Bögen lassen sich gut in das System integrieren und

als Stilelement einsetzen.

JM

Allgemeines zu den Interviews

Um näheres zur Mobilität im Allgemeinen und im Besonderen zu Nahtstellen herauszufinden, wurden Interviews mit Personen durchgeführt, die sich in der Vergangenheit oder zum aktuellen Zeitpunkt mit dem öffentlichen Nahverkehr beschäftigen:

- Simon Bülow – Verkehrsplaner für Radverkehr in Darmstadt
- Anja Lüttmann – Masterstudentin Smart City Design
- Julian Schwarze – Promovend HFG Offenbach, Forschungsmitglied Projekt Mo
- Tim J. Peters – ehem. IMD Student, Masterarbeit über Haltestellen im Business Kontext
- Marten Wassmann – Architekt für Mobilitätspunkte wie Bahnhöfe

Aus diesen Interviews wurden Erkenntnisse gewonnen, die die Recherche unterstützt haben. Zudem wurde die These der vorangegangenen Forschungsarbeit von diesen Interviewpartnern bestätigt. Haltestellen sind ein essentieller Bestandteil des öffentlichen Verkehrs und es ist wichtig, diese in Zukunft zu verbessern, um die Reise angenehmer zu machen.

Außerdem sollten mehr *Pushing Faktoren* in den Städten genutzt werden, um das Autofahren ungemütlicher zu gestalten, denn nur auf diese Weise ließe sich die Stadt und deren Verkehr nach und nach verändern. Auch sollten *Pulling Faktoren* die Alternativen des Autos attraktiver werden lassen, indem in diesen Alternativen auch die Bedürfnisse von Autofahren abgedeckt

werden. Zudem wurde über Aspekte der Wahrnehmung an Nahtstellen gesprochen. Tim J. Peters hat im Interview gesagt, es könne sinnvoll sein an solchen Orten die wahrgenommene Zeit, anstelle der tatsächlichen Zeit zu verringern. Es ist leichter Menschen von ihrer derzeitigen Situation abzulenken, als ein komplettes System effektiver zu machen, um Zeit einzusparen. Laut Julian Schwarze ist es auch wichtig, eher gestalterische Änderungen an einem Bahnhof vorzunehmen, als komplett neu zu bauen. Kleine Änderungen, wie die von Lichttemperaturen, würden den Bahnhof angenehmer wirken lassen.

JM

Umfrage

Im Zuge der Recherche für dieses Projekt wurde auch eine Umfrage erstellt, mit dem Ziel Näheres über die Einstellung der Befragten im Bezug auf den öffentlichen Verkehr und im Speziellen über die Haltestellen herauszufinden. Dazu wurde das Online Tool „Umfrage Online“ verwendet. Die Antworten ließen vermuten, dass es nur sehr kleine Verbesserungen benötigt, um das Ansehen eines Bahnhofs zu ändern. Es sind dabei sowohl für Bahnhöfe als auch Haltestellen einfache Punkte gefallen, wie beispielsweise Sauberkeit, Sitzmöglichkeiten und Taktung der Verbindungen, durch die die Ansicht zu U-Bahnhöfen verbessert werden könnte. Wenn auf die Frage, was an einem Bahnhof stört, mit „Wenn es in der Unterführung nach Urin riecht“ geantwortet wird und auf die gegenteilige Frage, was an einem Bahnhof gefällt, mit: „Wenn es in der Unterführung mal nicht nach Urin riecht“ geantwortet wird, dann zeigt sich, dass die Erwartung an die Qualität des Ortes sehr gering sind. Die geringe wahrgenommene Qualität der Nahtstellen zeigt auch,

dass eine Verbesserung nötig ist, um von den Nutzerinnen auch in Zukunft genutzt zu werden. Es wurde auch gefragt, warum Nutzerinnen des ÖPNV keine Zwischenstopps auf ihrem Weg bevorzugen. Antworten wie „Es ist komfortabler“, „weniger Stress“ und „schneller“ zeigen, dass eine Nahtstelle für die Nutzenden eher als Hindernis wahrgenommen wird. Sie vermeiden das Umsteigen, um weniger anfällig für Verspätungen oder das Verpassen von Anschlüssen zu sein.

JM



Konzept Einführung

Warum ein ambientes System?

Ein ambientes System zeichnet sich durch die Tatsache aus, dass es in die Umgebung integriert wird und dass die Interaktion, im Gegensatz zu einer bildschirmbasierten Anwendung, auch mit der Umgebung stattfindet. Dazu kommt, dass es andere Arten der Interaktion ermöglicht und nicht auf den Bildschirm beschränkt ist. Wenn es darum geht, die Wahrnehmung zu verändern, bietet ein ambientes System einige Vorteile. Vor allem durch die Möglichkeit mehr oder weniger in den Vorder- oder Hintergrund zu treten. Eine herkömmliche Anwendung wird entweder verwendet und benötigt die Aufmerksamkeit der Nutzerinnen oder sie wird nicht verwendet. Durch ein ambientes System besteht die Möglichkeit, Nutzerinnen genau an dem Ort, an dem es benötigt wird, unterbewusst zu leiten oder zu beeinflussen. Dadurch können sie ihre Aufmerksamkeit anderen, für sie wichtigeren Dingen widmen. Zusätzlich kann das System in bestehende Nahtstellen integriert werden und erfordert keine Initiative der Nutzerinnen.

LH

Nahtstelle Frankfurt Ostendstraße

Das System wird für eine bestimmte Nahtstelle entwickelt. So kann expliziter auf die Gegebenheiten vor Ort reagiert werden. Die S-Bahn Haltestelle Frankfurt Ostendstraße ist unterirdisch und simpel aufgebaut. Unterirdische Nahtstellen haben den Vorteil, dass das System besser vor natürlichen Faktoren geschützt ist, die das System behindern würden. Der simple Aufbau und fehlende Serviceangebote, ermöglichen einen Fokus

auf das System und unverfälschte Erkenntnisse, die dann verwendet werden können, um sie auf andere Stationen zu übertragen. Der S-Bahnhof ist ein Durchfahrtsbahnhof in Frankfurt im Stadtteil Ostend. Acht verschiedene S-Bahnlinien auf zwei verschiedenen Gleisen bedienen den Bahnhof (Überirdisch ist er zusätzlich mit der Straßenbahn und einigen Buslinien angebunden). Er wird als zentraler Ein-, Aus- und Umsteigebahnhof verwendet.

Im durchgeführten Bodystorming wurde die aktuelle Wirkung des Bahnhofes untersucht. Auffällig ist die Frequenz der Züge. Um 18 Uhr an einem Werktag fährt etwa alle 3 Minuten ein Zug ein und aus. Während dieser Zugfahrten ist es laut und (vor allem am Ein- und Ausgang) windig. Des weiteren wirkt er durch viele Brauntöne und den baulichen Zustand eher alt, leicht renovierungsbedürftig und etwas schmutzig. Am Mittelbahnsteig selber kommt ein leicht beengendes Gefühl auf, das wahrscheinlich durch die mittlere wuchtige Trennwand ausgelöst wird. Dadurch lässt sich immer nur eine Seite des Bahnsteiges überblicken. Leicht aufgelockert wird das Ganze durch die Bögen, die auch als Durchgang auf das andere Gleis dienen. Durch den symmetrischen Aufbau ist es schwierig sowohl die beiden Gleise als auch die beiden Ausgänge zu unterscheiden.

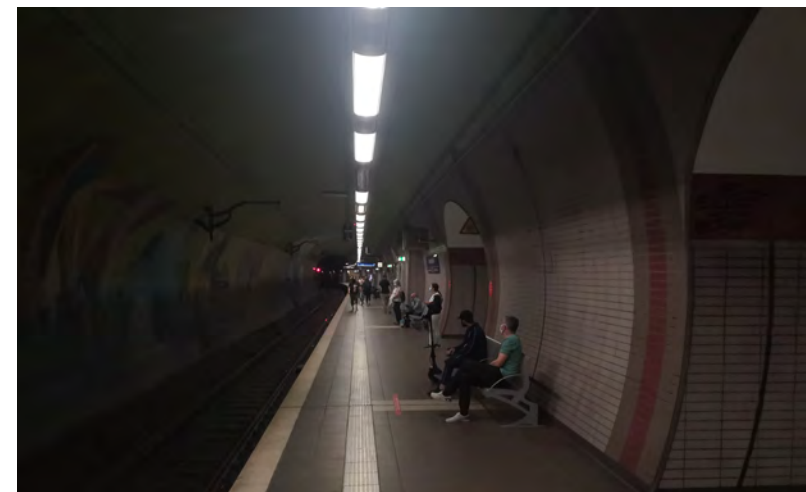
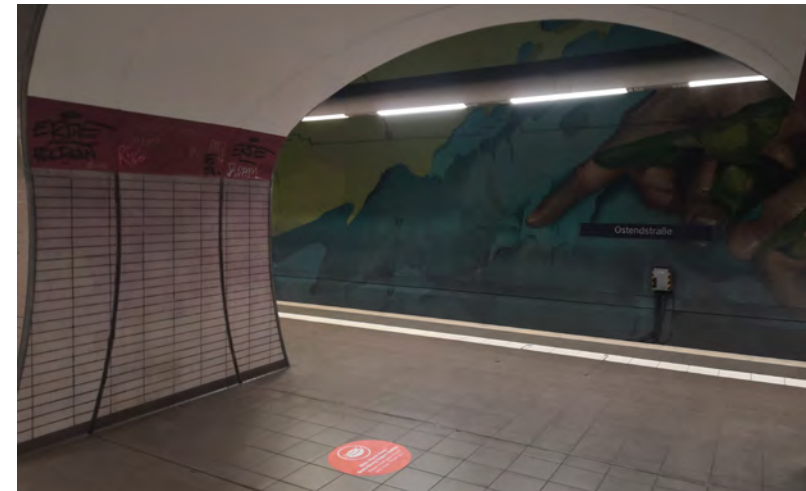


Abb. 2: Bögen und Gleis in der Ostendstraße. Quelle: Eigene Darstellung.

Der Hauptaufenthaltort ist gleichzeitig der Ankunfts- und Abfahrtsort an den Gleisen. Die Zwischenbereiche auf beiden Seite dienen lediglich dazu, dass Personen den Bahnhof an unterschiedlichen Orten betreten und verlassen können sowie zum Ticketkauf.

LH

Nutzerinnengruppe

In Vorbereitung auf das Konzept wurden Studien untersucht, welche sich mit Nutzerinnen im Kontext der Mobilität auseinandergesetzt haben. Dabei war die Studie von Fjord Design (Fjord Design, 2018) in Archetypen unterteilt. Die unterschiedlichen Persönlichkeitstypen von Nutzerinnen werden sowohl übersichtlich, als auch sinnvoll aufgeschlüsselt und beschrieben. Zu Beginn des Projekts wurde die Nutzergruppe der sogenannten Comfort Seeker (Fjord Design, 2018, S. 28–43) gewählt. Sie war für das Team geeignet, da von Anfang an das Ziel darin bestand die Nahtstelle komfortabler zu gestalten und somit auch attraktiver für die Comfort Seeker zu machen. In der Konzeption wurden Methoden des Human Centered Design verwendet. Beispielsweise kamen Iterationen in der Entwicklung und der Einbezug potentieller Nutzerinnen in der prototypischen Umsetzung zum Einsatz. Allerdings wurde das Konzept auf keine spezielle Nutzerinnengruppe bezogen, da das System sich an einem öffentlichen Ort befindet und dort der Design for All Ansatz passender ist. Deswegen sind die Kriterien, die das Design for All definieren, auch in das Konzept mit eingeflossen.

JM

Ziele

Es gibt zwei übergeordnete Ziele die mit dem System erreicht werden sollen. Zum einen soll der Wohlfühlfaktor an der Haltestelle erhöht werden. Dafür wurden drei untergeordnete Ziele definiert:

- Stresssituationen entgegenwirken
- Stimmung der Menschen positiv beeinflussen
- gefühlte Wartezeiten verringern oder angenehm gestalten

Zum anderen soll die Orientierung und die Positionierung der Menschen beeinflusst werden können, um die Auslastung an der Haltestelle auszugleichen.

Während der Entwicklung von Sensus kamen Überlegungen auf, das System noch für andere Zwecke zu nutzen. Eine dieser Überlegungen war die Verwendung als Sicherheitssystem. Je nach verwendeten Technologien könnte Sensus in der Lage sein, Vandalismus oder Übergriffe gegen Menschen zu erkennen und sich einzuschalten. Das ambiante System würde in diesem Fall stark in den Vordergrund treten, um den Tätern klar zu machen, dass sie gerade als solche erkannt wurden. Durch die abschreckende Wirkung könnten solche Situationen verhindert werden. Der Gedanke wird allerdings nicht weiter im Konzept ausgeführt und stellt nicht den Fokus dieser Arbeit dar.

Möglicherweise hätte die Station einen erhöhten Wiedererkennungswert, weil das System ihr einen gewissen Charakter verleihen würde. Allerdings soll auch das nicht den Mittelpunkt dieser Arbeit darstellen.

Parameter die das System beeinflussen

Damit das System im Kontext sensitiv reagieren kann, wird es von verschiedenen Parametern beeinflusst. Die Wahl resultiert aus den zu erreichenden Zielen.

Anzahl der Personen an der Nahtstelle

Es wird getrackt wie viele Personen sich an der Nahtstelle zu einem bestimmten Zeitpunkt befinden. Das System kann dann darauf reagieren. Je nachdem ob sich keine, wenige oder viele Menschen am Bahnhof befinden, kann das System entsprechend mit den Nutzerinnen interagieren, um Stresssituationen entgegenzuwirken und die Intensität der Einflussfaktoren zu steuern.

Positionierung der Menschen an der Nahtstelle

Um Gedränge an den Gleisen und in den Zügen zu vermeiden, wird die Auslastung der Nahtstelle an verschiedenen Stellen getrackt.

Tageszeit und Wetter

Die Tageszeit und das Wetter sind Indikatoren für den Gemütszustand der Pendler. Beispielsweise wird das System morgens eher Müdigkeit entgegenwirken müssen und nachmittags Erschöpfung. Außerdem lässt sich im Verlauf des Tages eine Prognose über die Frequenz der Züge und über Anzahl der Personen an der Nahtstelle ermitteln.

Störungen im Betriebsablauf

Störungen im Betriebsablauf führen dazu, dass Menschen länger warten müssen und dies ist ein Parameter der die Stimmung der Menschen beeinflusst. Auf diese Situation kann das System entsprechend reagieren.

Ankunft/Abfahrt eines Zuges

Durch das Tracken der Ankunft und der Abfahrt eines Zuges kann das System Menschen auf diese hinweisen. Zusätzlich entsteht bei der jeder Ankunft und Abfahrt Lärm und Wind. Darauf muss das System reagieren.

LH

Einflussfaktoren

Über die verschiedenen Sinne lassen sich Menschen beeinflussen. Sensus nutzt den Sehsinn und den Gehörsinn. Diese Sinne werden über die äußeren Reize Licht und Schallwellen (Sound) angesprochen. Das Licht hat drei Faktoren die verändert werden können, um bestimmte Ziele zu erreichen: Die Farbe, die Intensität und die Positionierung. Um diese Faktoren steuern zu können werden Lampen, mit der Fähigkeit Farbe und Intensität zu verändern, über den Bahnhof verteilt. Die Positionierung der Lampen selber verändert sich nicht, allerdings kann durch die Verteilung der Leuchten die Lichtverhältnisse verändert werden.

Bei Sound bzw. Musik können Lautstärke, Geschwindigkeit, Positionierung und die Art der Musik oder des Geräusches, das ausgegeben wird, verändert werden. Die Lautstärke und die Positionierung wird über Lautsprecher und deren Verteilung gesteuert. Die Geschwindigkeit und die Art der Musik bzw. des

Geräusches wird über die Auswahl der Musik oder des Geräusches gesteuert.

Durch eine bestimmte Festlegung und die Kombination dieser Faktoren sollen die beschriebenen Ziele erreicht werden.

Zwei weitere und sehr vielversprechende Einflussmöglichkeiten sind der Geruchssinn und der Temperatursinn des Menschen. Der Geruchssinn könnte durch die Art des Geruches, die Intensität und die Positionierung beeinflusst werden. Dafür wäre ein Gerät wie ein Aroma Diffuser nötig, der verschiedene Aromen in der Luft verteilen könnte. Der Temperatursinn des Menschen kann über die Positionierung und über die Temperatur (warm oder kalt) beeinflusst werden. Dafür wäre eine Klimaanlage nötig, die sowohl Luft erwärmen als auch abkühlen können müsste. Im fortlaufenden Projekt wurden allerdings zunehmend die Hindernisse für diese beiden Möglichkeiten deutlich. Vor allem der Wind, der durch die ein- und ausfahrenden Züge entsteht, stellt eine große technische Herausforderung dar. Dieser Wind wird aktuell für die Belüftung des unterirdischen Bahnhofes genutzt, weshalb er nicht einfach abgeschirmt werden kann. Zusätzlich sind diese Faktoren schwieriger zu steuern als Licht und Musik bzw. Sound. Die Temperatur und Gerüche lassen sich nur zeitversetzt einsetzen und können nicht einfach wieder abgeschaltet werden. Aus einer Kosten-Nutzen-Perspektive muss zusätzlich abgeschätzt werden welche Sinne angesprochen werden können. Aus den oben genannten Gründen entstand eine Fokussierung auf den Sehsinn und den Gehörsinn.

LH

Ethische Grundlagen

Dieses Projekt basiert auf einigen ethischen Grundlagen. Diese beeinflussen bestimmte Konzeptions- und Gestaltungsentscheidungen. Um Missbrauch zu vermeiden fällt beispielsweise das Tracking bestimmter Parameter weg, die eventuell zur Individualisierung beitragen könnten. Deshalb wurden folgende Grundsätze festgelegt:

- keine klare Identifizierung von Personen/keine personenbezogenen Daten
- Daten werden nur solange gespeichert, wie sie zur Verarbeitung vom System benötigt werden
- das System behandelt jeden Menschen gleich

Während der Nutzung des Bahnhofes soll niemand überwacht werden oder sich überwacht fühlen. Deshalb werden vom System keine Daten über einen längeren Zeitraum gespeichert. Es soll verhindert werden, ein klares Bewegungsprofil einer Person erstellen zu können.

LH

Abgrenzung

Generell soll sich das multisensorische ambiente System auf die Wahrnehmung der Menschen beschränken und die Orientierung und Positionierung unterstützen. Es hat nicht das Ziel Leitsysteme zu ersetzen, sondern ist als Ergänzung einer bestehenden Nahtstelle mit Leitsystem konzipiert. Es kann auch keine Renovierung ersetzen. Die bestehende Nahtstelle und auch der

bauliche Zustand werden immer im Zusammenspiel mit dem System stehen und einen Gesamteindruck hinterlassen.

LH

Charakter des Systems

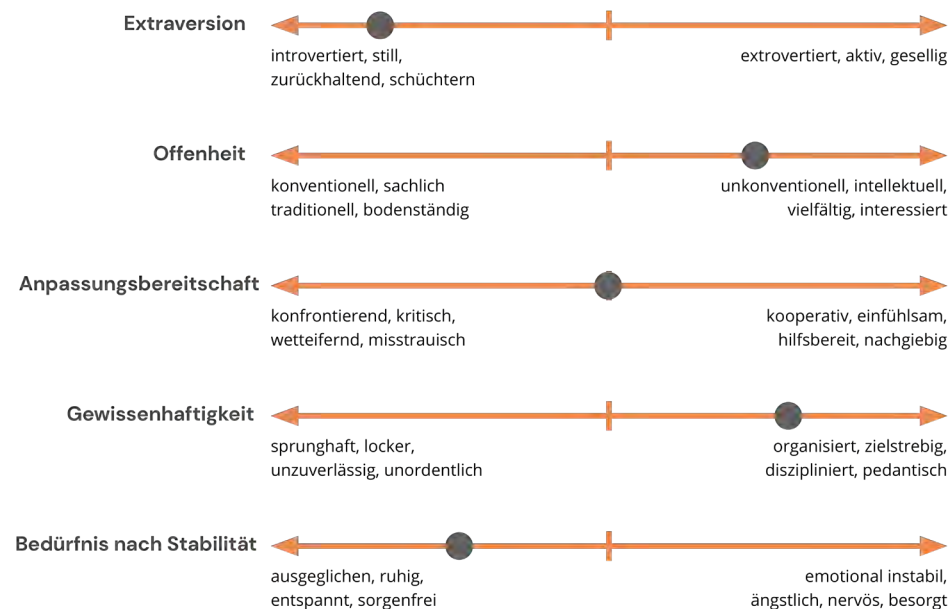


Abb. 3: Big 5. Quelle: Eigene Darstellung

Extraversion

Sensus verhält sich eher zurückhaltend und versucht nicht zu stark in das Bewusstsein der Nutzerin zu treten. Es soll beeinflussen, nicht aber die Hauptattraktion im Bahnhof darstellen.

Offenheit

Durch die Herangehensweise stellt sich das System eher vielfältig und interessiert dar. Allerdings interessiert es sich nicht für die Individualität einzelner Personen.

Anpassungsbereitschaft

Das System ist sowohl konfrontierend, indem es versucht die Menschen zu beeinflussen, aber auch kooperativ oder hilfsbereit, indem es versucht die insgesamt Situation am Bahnhof zu verbessern

Gewissenhaftigkeit

Bei der Gewissenhaftigkeit geht es klar in Richtung organisiert und zielstrebig. Allerdings ist das System nicht unbedingt pedantisch und lässt einen gewissen Spielraum zu.

Bedürfnis nach Stabilität

Sensus soll ein Wohlbefinden bei den Nutzerinnen erzeugen, und spiegelt sich auch in seinem Charakter wieder.

LH

Interaktion

Sensus besitzt für die Nutzerin keine direkten Interaktionswerkzeuge. Sie kann also durch keine Anwendung oder durch das Drücken eines Knopfes Einfluss auf das System nehmen. Die Interaktion verschiebt sich zu einer indirekten Interaktion, dadurch dass sie nur durch die An- oder Abwesenheit und durch die Position der Nutzerin am Bahnhof beeinflusst wird. Da sich größtenteils mehrere Menschen am Bahnhof befinden, hat sie meistens auch keine Möglichkeit das System alleine zu steuern. Ein fehlendes direktes Feedback lässt diese Steuerungsmöglichkeit zusätzlich in den Hintergrund treten. Jede einzelne Person an der Nahtstelle beeinflusst das System, ohne es direkt zu bemerken. Das eigentliche Szenario entsteht letztendlich aus der gesamten An- oder Abwesenheit, der Position und den weiteren

Parametern die nicht durch die Nutzerin gesteuert werden.

LH

Szenarien

Aus der Kombination von Zielen, Parametern und Einflussfaktoren entstehen Szenarien. Also welche Auswirkungen hat eine bestimmte Parametersituation und welches Ziel wird damit verfolgt. Da die Einflussfaktoren und deren Kombinationen in diesem Kontext noch weitestgehend unerforscht sind, stellen diese Szenarien, die auf einzelnen Erkenntnissen der Recherche basieren, Annahmen dar, die noch weiter verprobt werden müssen. Ein erster Test bestätigt bestimmte Szenarien und stellt andere in Frage.

Generell ist es das Ziel die Menschen durch immer gleiche Signale zu beeinflussen. Wenn der Effekt eines Einflussfaktors klar definiert ist, sollte dieser immer für genau dieses Ziel eingesetzt werden, damit die Funktionalität gewährleistet werden kann und Verwirrung bei Nutzerinnen vermieden wird. Trotzdem soll ein gewisser Spielraum genutzt werden können, um den Bahnhof auch über längere Dauer abwechslungsreich und interessant gestalten zu können.

Ausgangsszenario

Diese Einstellung wird in verschiedenen Situationen verwendet, in denen kein spezifisches Szenario erforderlich ist. Es dient als Ausgangspunkt und wird auch bei eventuellen Defekten verwendet. Insgesamt soll es ein angenehmes Gefühl bei den Nutzerinnen erzeugen und den Fokus in die Mitte des Bahnhofes setzen.

- insgesamt warm weißes Licht
- helleres Licht in der Mitte als Außen
- ambiente Musik die nicht zu stark in den Vordergrund tritt
- lautere Musik in der Mitte

Szenario: Wenige Person an der Nahtstelle:

In diesem Szenario ist es das Ziel die Nahtstelle belebter wirken zu lassen, ohne dabei chaotisch zu werden. Nutzerinnen sollen sich nicht alleine fühlen.

- leichtes Lichtspiel über die Länge der Nahtstelle hinweg (Wellen oder einzelne Lichtpunkte die sich bewegen)
- vorwiegend gelb - rote Lichtfarben
- Musik/Geräusche ein wenig lauter und schneller als normal

Szenario: Viele Personen an der Nahtstelle:

Die Nahtstelle soll ruhiger und weniger überfüllt wirken. Dazu soll das Stressempfinden gesenkt werden.

- Lichtfarben: blau, lila, grün
- wenig bis keine Lichtbewegung
- ruhige, langsame Musik

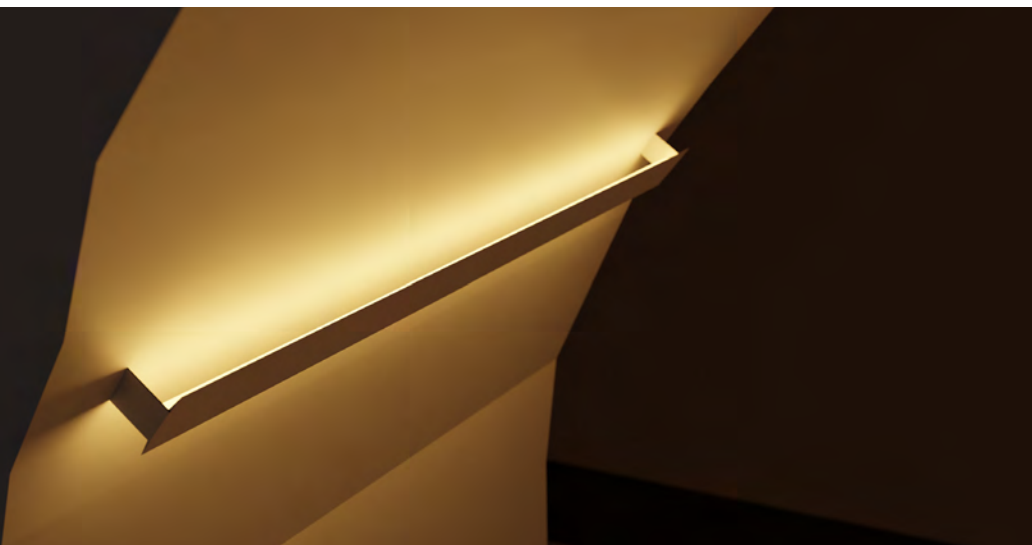


Abb. 4: Lampe in den Bögen.
Quelle: Eigene Darstellung

Szenario: Unausgeglichene Auslastung der Nahtstelle

Das Ziel in diesem Szenario ist es, die Aufteilung der Menschen auszugleichen und sie über den Bahnhof zu verteilen. Um das generelle Wohlbefinden zu erhalten wurde sich gegen den Einsatz von Störgeräuschen entschieden.

- Beleuchtung an vollen Stellen abschwächen
- Beleuchtung an leeren Stellen verstärken
- keine Musik an vollen Stellen

Szenario: Störung im Betriebsablauf

In dieser Situation gilt es, Ablenkung zu schaffen und mehr in den Vordergrund zu treten. Gleichzeitig soll Sensus eine beruhigende Wirkung ausstrahlen.

- System tritt mehr in den Vordergrund
- Lichtfarben: blau, lila
- leichte Lichtanimationen
- Musik wird lauter, langsame Musik

Szenario: Morgens

Es kann davon ausgegangen werden, dass Menschen sich zu den verschiedenen Tageszeiten in unterschiedlichen Gemütslagen befinden. Da die Menschen im Pendlerverkehr morgens meist müde und gestresst sind, soll zu dieser Tageszeit Stresssituationen entgegengewirkt und Müdigkeit vorgebeugt werden.

- Simulation des Sonnenaufgangs bis hin zur Tageslicht Imitation
- belebende Musik/Geräusche
- Vogelgezwitscher

Szenario: Nachmittags

Nachmittags soll der Erschöpfung von einem langen Tag entgegengewirkt werden, ohne die Menschen zu sehr zu fordern.

- Lichtfarben: gelb, rot
- belebende Musik/Geräusche
- leichte Lichtanimationen

Es ist möglich das bestimmte Szenarien gleichzeitig auftreten. In diesem Fall müsste abgeschätzt werden welches Szenario die höhere Priorität hat oder inwiefern diese beiden Szenarien miteinander kombiniert werden können.

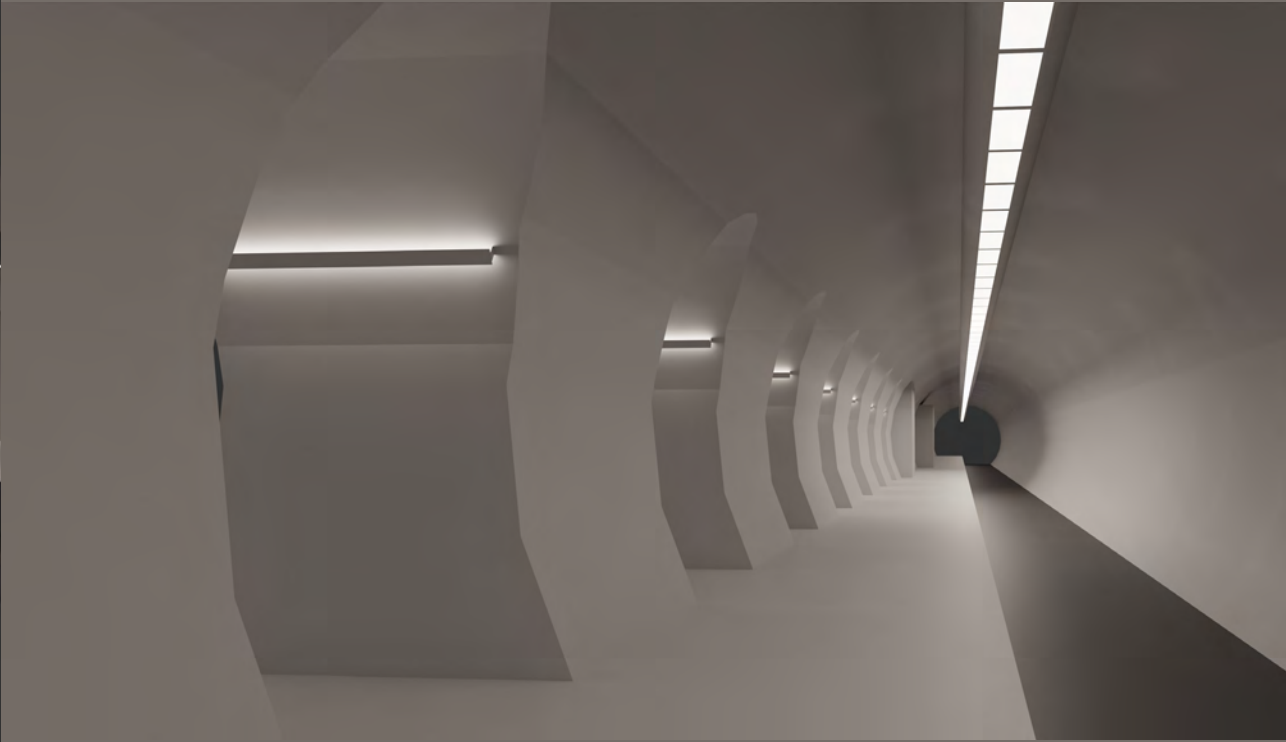
Erweiterung

Durch das System ergäbe sich die Möglichkeit Ankünfte und Abfahrten von Zügen klarer darzustellen. Sensus könnte durch einen Impuls, oder durch die Reduzierung von Lichtfarben und Musik oder Geräuschen, auf die Züge aufmerksam machen. Allerdings müsste dies sehr vorsichtig eingesetzt werden, damit durch die hohe Zugfrequenz die verschiedenen Szenarien nicht zu stark oder zu oft unterbrochen würden.

LH

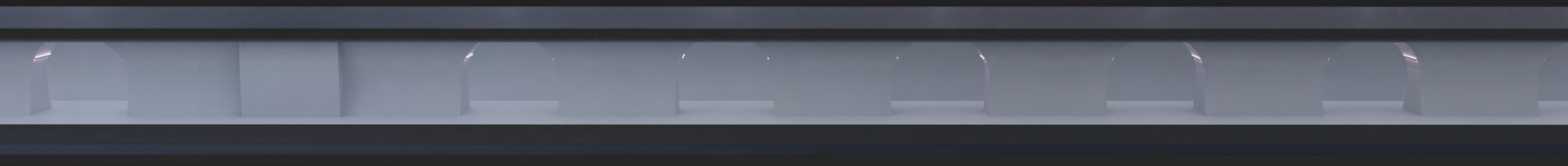
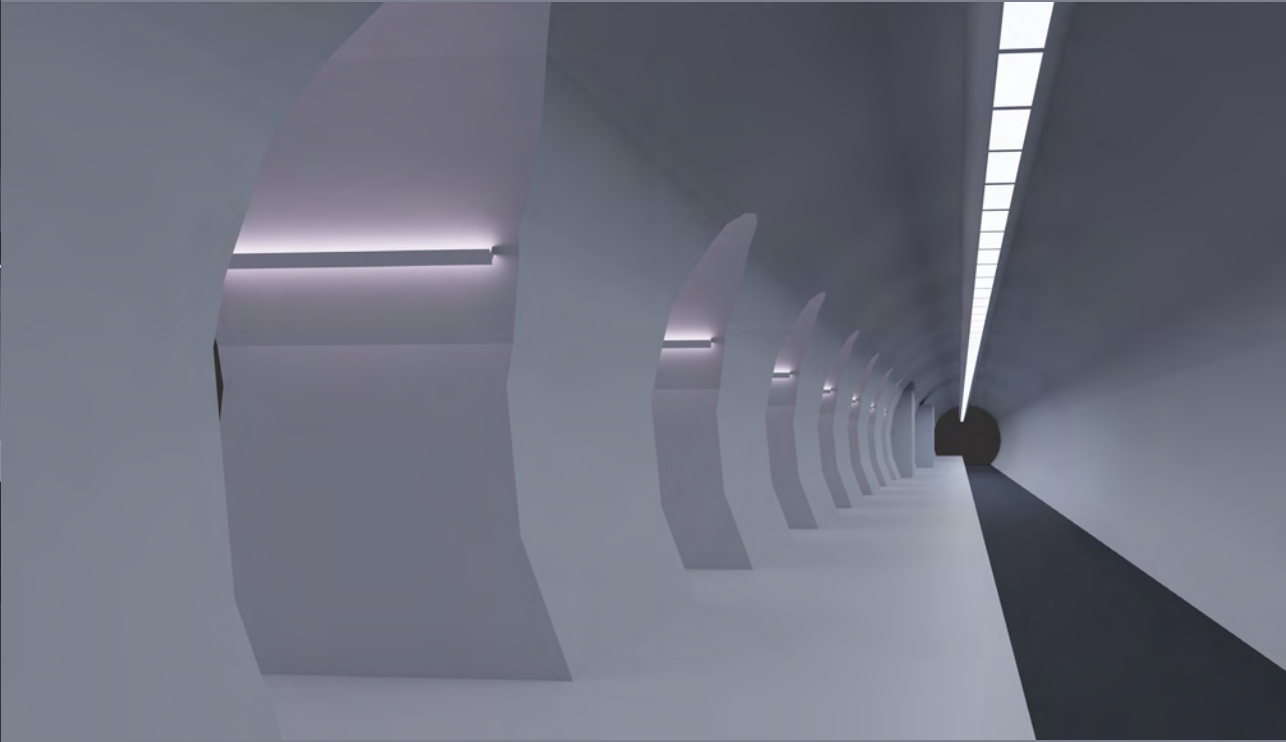
Ausgangsszenario

- insgesamt warm weißes Licht
- helleres Licht in der Mitte als Außen
- ambiente Musik die nicht zu stark in den Vordergrund tritt
- lautere Musik in der Mitte



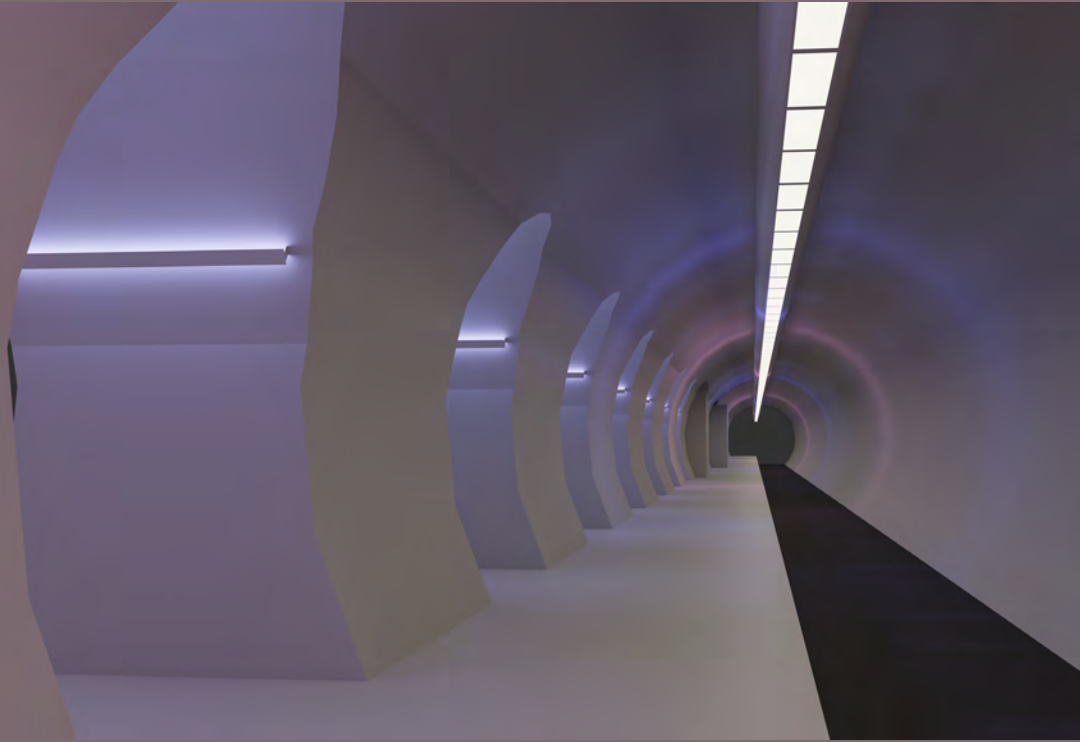
Szenario: Viele Personen an der Nahtstelle

- Lichtfarben: blau, lila, grün
- wenig bis keine Lichtbewegung
- ruhige, langsame Musik



Szenario: Störung im Betriebsablauf

- System tritt mehr in den Vordergrund
- Lichtfarben: blau, lila
- leichte Lichtanimationen
- Musik wird lauter, langsame Musik



Technisches Konzept

Das technische Konzept beschreibt wie das System von der technischen Seite aus aufgebaut ist. Dabei wird versucht deutlich zu machen, welche Komponenten verwendet werden, wie die Software funktioniert und wie sie aufgebaut ist. Des Weiteren zeigt das technische Konzept die effektive prototypische Umsetzung für das Projekt.

JM

Komponenten

Sensus besteht aus verschiedenen Zonen, die einzeln angesteuert werden können und aus Licht- und Sound-Komponenten besteht. Jede dieser Zonen ist von den Durchgangsbögen, mittig des Bahnhofs Ostendstraße, abhängig. Im System muss ein starkes Leuchtmittel verwendet werden, das auch in seiner Farbtemperatur wechseln kann. Für diesen Einsatzzweck eignen sich LED Lampen besonders gut. Sie müssen allerdings eine starke Lichtstärke aufweisen, um die große Fläche beleuchten zu können.

JM

Licht

In dem Bahnhof sind schon Leuchtmittel in langen Röhren über den Gleisen eingebaut. Die bestehenden Leuchtmittel würden durch LED-Streifen¹ ersetzt werden. Diese haben eine ungefähre Lebensdauer von 50.000 Stunden, bzw. 5 ½ Jahre. Der Chip für die LEDs ist ein LPD8806 mit SMD 5050 Dioden, die sowohl farbiges als auch weißes Licht erzeugen können. Darüber hinaus ist er von dem Licht-Steuerungssystem unterstützt, das die Lichtanimationen steuert. In den Röhren über dem Bahnsteig

¹<https://german.alibaba.com/product-detail/custom-length-5v-5050-lpd8806-digital-rgb-colorful-flexible-led-strip-62460218900.html>

werden jeweils zwei Lichtstreifen eingesetzt. Zum einen um ein Backup für den anderen Streifen zu bilden, zum anderen aber auch um die doppelte Lichtstärke erzeugen zu können.

Dieses Steuerungssystem ist das Madrix Nebula². Es ist ein LED Controller, der es ermöglicht, über *DMX* oder *Art-Net*, LED Streifen zu steuern und einzelne Pixel der Streifen zu verändern.

Diese Controller werden dann von einer Control Software³ gesteuert, welche die Signale an die einzelnen LED Controller sendet. Diese Software lässt sich von außen über eine HTTP Schnittstelle steuern, sodass die unterschiedlichen Szenarien aktiviert werden können.

Es wurde sich für das sogenannte Lichtsystem „Madrix“ entschieden, da es vor allem in der professionellen Veranstaltungstechnik Gebrauch findet. Das System gibt für die einzelnen Komponenten eine Ausfallrate von 0% an, was in einem solchen Einsatzgebiet sehr wichtig ist. Ein Lichtausfall wäre sehr verheerend und muss daher verhindert werden.

JM

Sound

Neben dem Licht ist auch ein flächendeckender Sound wichtig.

Es können dabei einfache Lautsprecher verwendet werden.

Es ist aber auch zu beachten, dass die Musik, wenn sie in allen Sektionen gleich sein soll, zum passenden Zeitpunkt abgespielt wird. Dies muss gegeben sein, da schon ein leichter Versatz genügen kann, dass sich die Nutzerinnen unwohl fühlen. Dafür sorgen drei Verstärker, welche die 19 Lautsprecher in der Station bedienen. Über moderne Verstärker lassen sich Kanäle auch von außen steuern. So können Licht- und Sound-Szenarien perfekt zusammen spielen.

JM

Erkennung der Personenzahl

Einer der Parameter des Systems ist es, eine Anzahl an Personen zu erkennen, welche sich derzeit in der Nahtstelle befinden. Hierbei ist es wichtig ein System zu haben, bei dem zum einen keine persönlichen Daten heraus generiert werden können, zum anderen aber auch eine Erkennung einer Fläche sichergestellt ist. Es wurde sich dabei auf einen thermalen Sensor⁴ geeinigt, welcher in der Lage ist Laufwege zu erkennen, und somit zu bestimmen wo sich wie viele Menschen aufhalten. Ein wichtiger Faktor dabei ist, dass diese Sensoren zu keinem Zeitpunkt persönliche Daten auswerten können, da sie nur über Temperaturunterschiede den Wegverlauf von Personen auswerten. Dieser Sensor ist über eine LAN Verbindung mit dem Netzwerk verbunden und bezieht über PoE (Power over Ethernet) auch den benötigten Strom. Sie lassen sich zudem über die Hersteller Software konfigurieren. Es ist geplant diese Sensoren in die gleiche Röhre einzubauen, wo sich auch das Licht befindet. So lassen sich Menschen zählen, die in einen Zug einsteigen aber auch aussteigen. Darüber hinaus sollen die Sensoren auch an den Bögen der Station angebracht werden, um ebenfalls die Menschen zu erkennen, die dort durch laufen.

JM

Zentrale Steuereinheit

Die zentrale Steuereinheit ist ein Server, auf dem die Software des ganzen Systems läuft. Von hier aus werden die Lichtelemente und die Musik gesteuert.

JM

²<https://www.steinigke.de/de/mpn51860360-madrix-nebula.html>

³ <https://www.steinigke.de/de/mpn51860454-madrix-software-5-lizenz-ultimate.html>

⁴<https://www.irisys.net/products/gazelle2-people-counter>

Software

Die Software ist das, was die Komponenten miteinander reden lässt. Sie ist so aufgebaut, dass es einzelne Sektionen gibt und diese auch beliebig erweitert werden können. Da die zentrale Steuereinheit der einzige Punkt ist, um mit den anderen Einheiten zu kommunizieren, ist sie also der Punkt, an dem alle Parameter, die für das gesamte System wichtig sind, zusammen laufen. So lassen sich von Wetterdiensten oder Sensoren an der Oberfläche Wetterdaten generieren. Dies ermöglicht es Sensus herausfinden, wie warm oder kalt es draußen ist, ob es regnet und sogar wie die Luftqualität ist. Neben Wetterdaten werden auch Daten von der Deutschen Bahn, wie die Ankünfte und Abfahrtszeiten der Züge, verarbeitet. Diese Werte können dann Szenarien auslösen und somit den Situationen auf den Bahnsteigen entgegenwirken. Andere Parameter sind zum Beispiel die Tageszeit, sowie die Anzahl der Personen in der Haltestelle. Das System sollte ein Frontend bekommen, da alle Daten über die zentrale Steuereinheit laufen und diese Daten auch gut über einem Frontend angepasst und gesteuert werden können. Verschiedene Szenarien lassen sich dort ebenfalls steuern. Ziel dieses Frontends ist es, Szenarien zu konfigurieren, und Schwellenwerte zu setzen, an denen diese dann ausgelöst werden. Wie schon zuvor erwähnt, kommuniziert die Control Software über das HTTP Protokoll mit der Control Software der LEDs, um die korrekten Szenarien zu steuern oder einzelne Zonen verändern zu können.

JM

Reaktion im Fehlerfall

Im Falle eines kritischen Fehlers, welches das System betrifft, würden die Lichter über eine weitere Stromzufuhr alle LEDs auf Weiß schalten. Somit ist sichergestellt, dass der Bahnhof nicht im Dunkeln stehen würde, wenn der Server mal ausfallen würde.

JM

Datenschutz

In der gesamten Konzeptionsphase war es wichtig, dass das System zu keinem Zeitpunkt persönliche Daten sammelt. Mit der korrekten Auswahl der Komponenten ist dies auch möglich gewesen. Trotz dessen, dass das Konzept vorsieht, dass gezählt wird wie viele Menschen sich wo aufhalten, werden dort keine Daten gesammelt, da es sich um thermale Bilder handelt welche keinen identifizierbaren Informationen enthalten. Generell werden keine persönlichen Informationen gespeichert.

JM

Systemdiagramm

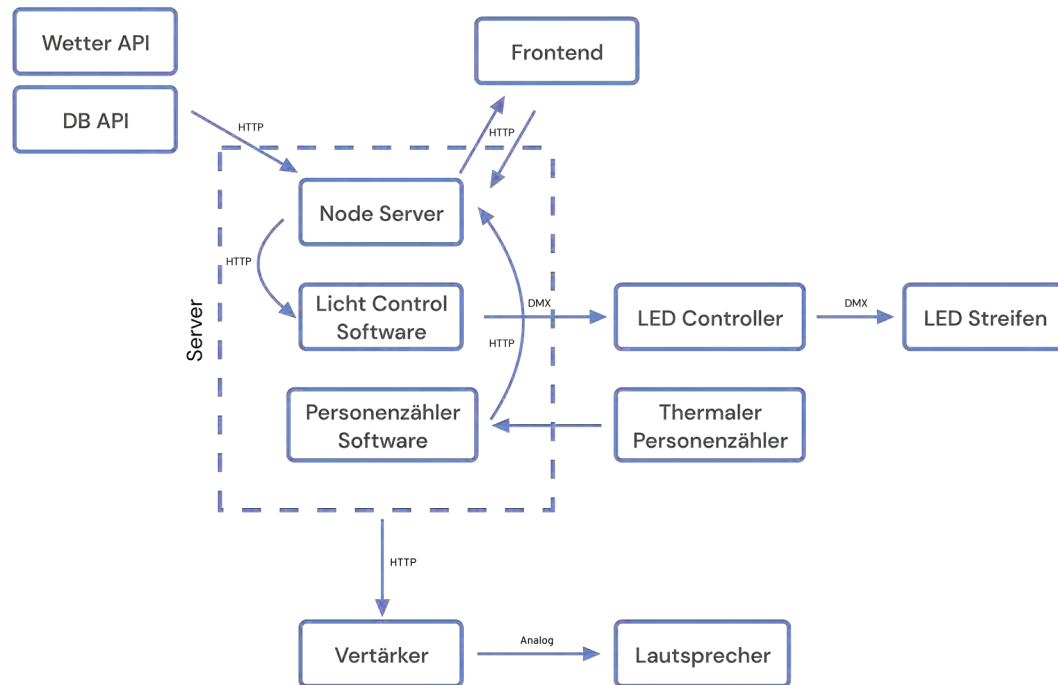


Abb. 8: Konzept Systemdiagramm.
Quelle: Eigene Darstellung

Prototypische Umsetzung

Um Sensus testen zu können und erste Erkenntnisse zu sammeln wurde eine prototypische Grundstruktur aufgesetzt.

Anforderungen

Die Hauptanforderung des Prototypen stellt die Simulation verschiedener Szenarien dar. Da vor allem die Wirkung der Einflussfaktoren getestet werden soll, muss die Möglichkeit bestehen, die beiden Einflussfaktoren Licht (Farbe, Intensität, Helligkeit, Position) und Sound (Lautstärke, Geschwindigkeit, Art der Musik/des Sounds) schnell in einem Testablauf zu verändern ohne diesen zu behindern. Zusätzlich sollen die Testpersonen einen tatsächlichen Raum betreten, um im Vergleich zu einer digitalen Anwendung, die Erfahrung intensiver und realistischer zu gestalten.

LH

Ziele

Die Ziele des Versuches sind es herauszufinden, wie bestimmte Szenarien auf die Menschen wirken und ob die Wahrnehmung überhaupt signifikant beeinflusst werden kann. Es gilt auch herauszufinden wie drastisch die beeinflussenden Faktoren eingesetzt werden müssen, um eine Wirkung zu erzeugen.

LH

Versuchsaufbau

Raum

Der Raum mit ungefähr 16m² dient als Schauplatz für das ambiente System. Er wurde so präpariert, dass er die geringst mögliche Verfälschung auf den Versuchsaufbau hat. Das heißt, störende Elemente wurden entfernt, äußere Einflussfaktoren wie Sonnenlicht oder Geräusche vom Straßenverkehr wurden abgeschirmt, und der Grundriss des Raumes wurde, durch das Abhängen bestimmter Bereiche, vereinfacht. Vier Sitzmöglichkeiten boten den Teilnehmerinnen, wie im Bahnhof, die Option sich an verschiedenen Stellen zu setzen.

LH

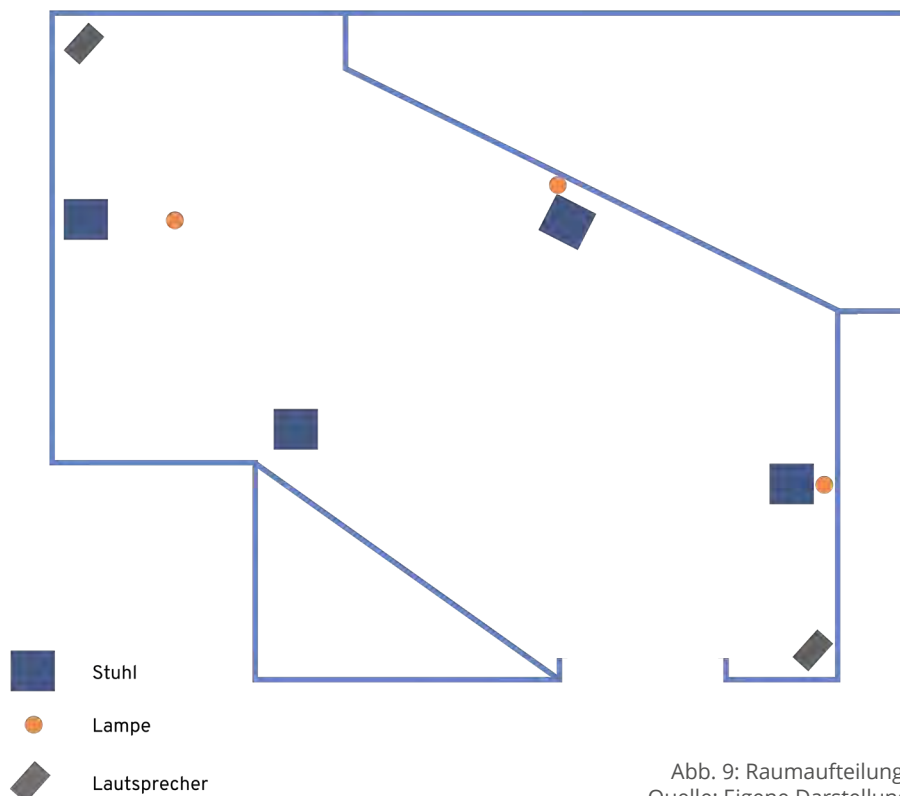


Abb. 9: Raumaufteilung.
Quelle: Eigene Darstellung



Abb. 10: Testvorbereitungen.
Quelle: Eigene Darstellung

Hardware

Das Licht wurde von drei, im Raum verteilten, RGB-LED-Lampen erzeugt. Dabei wurde auf Philips Hue Lampen zurückgegriffen, da diese sehr entwicklungsfreundlich sind und über eine HTTP-Schnittstelle gesteuert werden können. Die Musik und Geräusche wurden von zwei Lautsprechern ausgespielt.

JM

Software

Um die einzelnen Sektionen besser zu verdeutlichen, wurden Raspberry Pis eingesetzt, auf denen ein Python Script lief, welches sowohl Musik als auch die zur Sektion gehörenden Lampen gesteuert hat. Jeder Raspberry hat dabei eine Nummer bekommen, welche dann einer Lampe zugeordnet wurde. Diese Nummer ist wichtig um im Frontend die einzelnen Befehle besser den Raspberries zuzuordnen. Auf jedem Raspberry

lief das selbe Skript. Der einzige Unterschied ist die Device ID, welche sich aus dem Hostnamen zusammen gesetzt hat. Je nach Netzwerk haben die Endgeräte dabei neue Namen. Da das System jedoch mit dem selben Netzwerk getestet wurde, hat sich diese in diesem Fall aber nicht geändert.

Das Frontend wurde mittels Vue.js entwickelt. Vue.js bietet Funktionen an, die mit klassischem JavaScript zu lange gedauert hätten zu entwickeln. Außerdem ist es *Open Source* und wird nicht wie React, von einem großen Unternehmen, sondern von der Community und einem kleinen Team entwickelt. Ziel des Frontends ist es, die zentrale Steuereinheit und Speicherpunkt für Szenarien zu sein.

Anforderung dabei war es, aus den aktuellen Stadien der Sektionen ein Szenario heraus zu erstellen, die man dann an einem gemeinsamen Ort wieder aufrufen kann. Dies erforderte auch, dass alle Einstellungen, die man mit an dem Prototypen machen muss, auf der Oberfläche sehen sollte. Außerdem sollte man kleinere Anpassungen an den Szenarien machen können, um nicht immer neue Szenarien erstellen zu müssen.

Diese Anforderungen wurden dann in ein Frontend verpackt, über das der Prototyp gesteuert wurde.

Um die Szenarien zu speichern war der globale Speicher von Vue.js, vuex⁵, eine große Hilfe. Jeder Wert der einzelnen Sektionen wird in diesem globalen Speicher gesichert und kann dann auch in Szenarien geklont werden. Dabei war es wichtig, nicht mehr auf die vorherigen Daten zu referenzieren. Diese würden sonst geändert werden, wenn die Ursprungsdaten verändert wurden.

Jede dieser Änderung löst eine Socket Nachricht aus, die an einen lokalen Server geht, welcher dann den Payload der Nachricht per *MQTT* an die Raspberry Pis weiter schickt.

JM

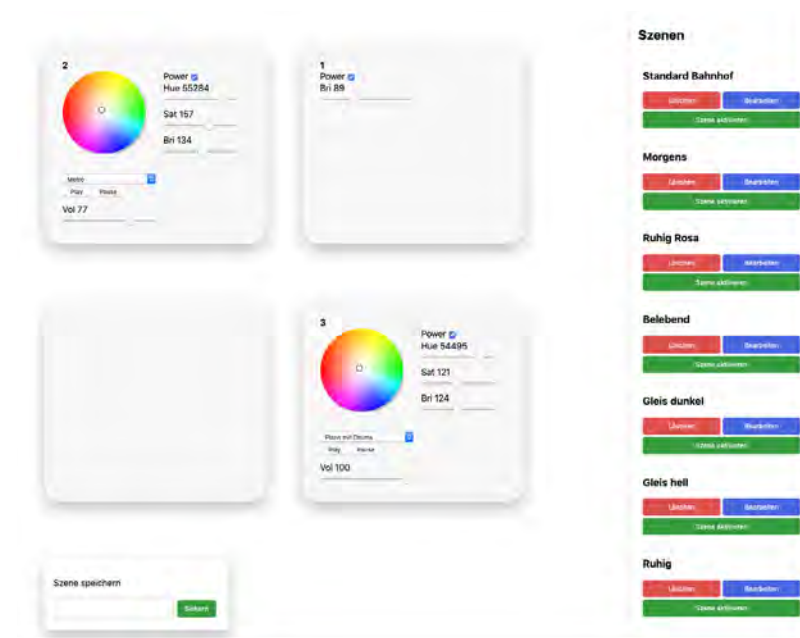


Abb. 11: Frontend.
Quelle Eigene Darstellung

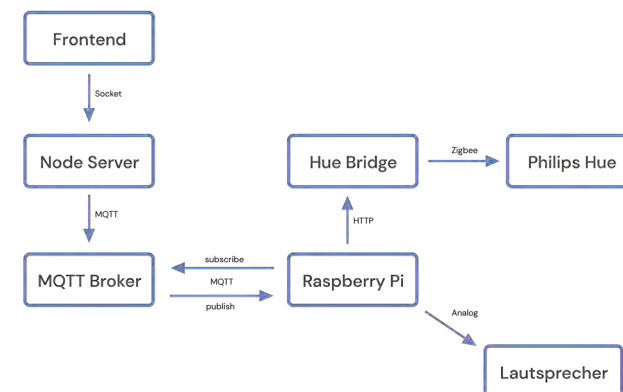


Abb. 12: Prototyp Systemdiagramm.
Quelle Eigene Darstellung

⁵<https://vuex.vuejs.org/>

Versuchsablauf

Für den Test selber wurden verschieden Szenarien erstellt, die unterschiedliche Licht- und Klangverhältnisse aufweisen. Ein Moderator, der gleichzeitig die verschiedenen Szenarien steuerte, führte die Teilnehmerinnen durch den Versuch. Von einer weiteren Person wurden die Aussagen schriftlich festgehalten. Zusätzlich wurden Videoaufnahmen gemacht um das Verhalten und die Aussagen nachträglich prüfen zu können.

Die Teilnehmerinnen konnten und sollten sich frei im Raum bewegen. Teilweise wurden sie gebeten sich zu dem Ort zu bewegen, wo sie sich am wohlsten fühlen. Die Szenarien wurden langsam nacheinander eingespielt und die Teilnehmerinnen wurden gebeten ihre Eindrücke zu schildern. Während des gesamten Versuchs wurden von einer Seite Geräusche abgespielt, die in einem unterirdischen Bahnhof zu hören sind (entfernt redende Menschen, ein- und ausfahrende Züge). Dies diente zur Unterstützung den passenden Kontext herzustellen.

Szenario Bahnhof

- Nur Bahnhofsgeräusche
- durchgehend weißes, klares Licht

Szenario Morgens

- Waldgeräusche (Vogelgezwitscher)
- gelb-rotes Licht, mittlere Intensität

Szenario Belebend

- Klaviermusik mit Schlagzeuguntermalung
- hell-rosa Licht, hohe Intensität

Szenario ruhig Rosa

- ruhiges ambientes Piano
- rosa Licht, geringe Intensität

Szenario Gleis dunkel

- Klaviermusik mit Schlagzeuguntermalung
- Wenig Licht auf der Seite der Bahnhofsgeräusche
- Gegenüber warmes, weißes Licht

Szenario Gleis Hell

- Klaviermusik mit Schlagzeuguntermalung
- warmes, weißes Licht auf Seite der Bahnhofsgeräusche
- Gegenüber wenig Licht

LH



Abb. 13: Testraum mit Szenario.
Quelle: Eigene Darstellung

Zusammenfassung der Ergebnisse

Szenario: Bahnhof

Wird einheitlich negativ wahrgenommen.

- unangenehm
- unwohl
- beengt

Szenario: Morgens

Wird einheitlich positiv wahrgenommen mit teilweise unpassender Assoziation.

- hat was von wach werden
- Wärme
- weniger hektisch im Vergleich zum Szenario Bahnhof
- weniger Beobachtungsgefühl
- angenehm / entspannt
- Rotlichtmilieu Feeling

Szenario: Belebend

Stark schwankende Aussagen in der Wahrnehmung. Bei den Teilnehmerinnen erzeugte es eine beruhigend-positiven Wirkung bis hin zu einer unangenehm klinisch-reinen Wirkung.

Szenario: Ruhig Rosa

Dunkles Szenario, das als entspannt wahrgenommen wird. Die meisten Teilnehmerinnen empfanden es als unpassend in einem Bahnhofskontext.

Szenario: Gleis dunkel

Die Teilnehmerinnen hielten sich an verschiedenen Positionen auf

- eher im Dunkeln mit Blick ins Helle (Sicherheitsgefühl)
- in der Mitte, nicht ganz nah am Geschehen, aber auch nicht ganz weit weg
- Eher in Richtung Licht aber nicht im Spotlight

Szenario: Gleis hell

Die Teilnehmerinnen hielten sich an verschiedenen Positionen auf

- eher im Dunkeln mit Blick ins Helle (Sicherheitsgefühl)
- in der Mitte, nicht ganz nah am Geschehen, aber auch nicht ganz weit weg
- im Hellen, wie die Motte im Licht, aber auch in Richtung dunkel

LH



Abb. 14: Testraum mit Szenario. Quelle: Eigene Darstellung

Erkenntnisse

Trotz geringer Teilnehmerzahl und Einschränkungen in der Raumwahl konnten erste Erkenntnisse gesammelt werden. Zum einen bestimmte technische Aspekte, die für die Planung des nächsten Versuchs hilfreich sind. Dazu gehört die Helligkeit und die Anzahl der Leuchtmittel die benötigt wird um eine bestimmte Fläche auszuleuchten. Die Relevanz von direktem zu indirektem Licht, die Anzahl der benötigten Audioquellen, um ein Szenario zu erstellen und einige softwarebedingte Einschränkungen gehören ebenfalls dazu. Zum anderen über das Verhalten und die Wahrnehmung der Menschen. Die Teilnehmerinnen hielten sich beispielsweise ungern direkt an der Stelle auf, aus der die Bahnhofsgeräusche kamen. Insgesamt erzeugten die verschiedenen Szenarien bei jeder Teilnehmerin sehr unterschiedliche Stimmungen und Gefühle. Das gleiche Szenario löste allerdings nicht immer das gleiche Empfinden bei den unterschiedlichen Teilnehmerinnen aus. Teilweise wurden bestimmte Assoziationen von einzelnen Elementen in den Szenarien hervorgerufen.

LH

Empfehlungen für weitere Versuche

Um eine klare Aussage über einzelne Szenarien treffen zu können müsste ein weiterer Versuch mit mehr Teilnehmerinnen durchgeführt werden. Zusätzlich wäre eine weitere Audioquelle hilfreich um mehr mit der Position der Audioquelle bestimmte Ziele zu erreichen. Ein insgesamt größerer Raum (optimal wäre direkt ein Bahnhof) wäre hilfreich, um besser verschiedene Bereiche definieren zu können die sich nicht so stark vermischen. Mehr oder hellere Lampen würden mehr Flexibilität in der Kombination aus Farbspektrum und Helligkeit bieten. Bestimmte Farbspektren erzeugen nicht die gleiche Helligkeit im Raum wie andere. Durch die Möglichkeit Lichtanimationen abzuspielen und diversere Musik- und Geräuschkulissen könnte der Versuchsaufbau weitgehend optimiert werden.

LH

Management

Motivation

Die Motivation für dieses Projekt stammt aus der Faszination für Mobilitätsprojekte und dem Wandel der aktuell stattfindet. Nach einer intensiven Beschäftigung mit dem intermodalen Verkehr und den Nahtstellen, die das Bindeglied bilden, wuchs das Interesse in diesem Bereich etwas zu verbessern und auch der Glaube daran, dass der multi- und intermodale Verkehr und Mobility as a Service eine wichtige Rolle in unserer zukünftigen Fortbewegung spielen wird. Dafür müssen Nahtstellen neuen Anforderungen gewachsen sein. Dieses Projekt soll seinen Beitrag dazu leisten. Es soll Inspiration für Innovation im Bereich Nahtstellen des öffentlichen Verkehrs bieten.

Dazu kommt ein Nachhaltigkeitsaspekt, der für das Team eine große Rolle spielt. Durch die Förderung des öffentlichen Verkehrs wird die Nachhaltigkeit im Verkehrssektor unterstützt.

LH

Zuständigkeit für die Entwicklung von Bahnhöfen

Die DB Station&Service AG ist in Deutschland für die meisten Bahnhöfe und Bahnhofselemente zuständig. Dazu gehört der Bau, der Betrieb, die Instandhaltung und die Entwicklung von Personenbahnhöfen. Sie wird dabei finanziell vom Bund, den Ländern, den Kommunen und privaten Investoren unterstützt. Nach der Deutschen Bahn sind Bahnhöfe auch Aushängeschilder für Städte und Gemeinden. Sie nehmen eine Schlüsselrolle in der Stadtentwicklung ein. Aktuell sind einige Bahnhofprojekte in der Planung, Umsetzung oder wurden bereits umgesetzt.

Ziel ist es der heutigen Nutzung, unter anderem mit intelligenten Konzepten, gerecht zu werden (Bahnhöfe und Bahnhofsanlagen | Deutsche Bahn AG, o. J.).

Beispielsweise läuft aktuell ein Revitalisierungsprogramm für unterirdische Personenverkehrsanlagen. Zwischen 2016 und 2022 sollen in vier Städten (Hamburg, München, Frankfurt und Stuttgart) 31 S-Bahnstationen modernisiert werden. Auf das Erscheinungsbild der Bahnhöfe wird dabei ein besonderes Augenmerk gelegt. Im Falle der Ostendstraße bedeutet das, dass die beiden Wände hinter den Gleisen künstlerisch ausgestaltet wurden, dass ein taktils Leitsystem für blinde und sehbehinderte Menschen eingebaut wurde und dass aktuell die Planung für einen barrierefreien Zugang läuft, dieser ist allerdings nicht Teil des Projektes Revitalisierung (Bauprojekt Frankfurt (Main) Unterirdische S-Bahnhöfe | BaulInfoPortal der Deutschen Bahn, o. J.; Das Revitalisierungsprogramm für unterirdische Personenverkehrsanlagen | Deutsche Bahn AG, o. J.).

Zusätzlich kümmert sich die DB Station&Service AG in Kooperation mit Herstellern der freien Wirtschaft um die Ausstattung von Bahnhöfen. Die Deutsche Bahn kümmert sich vor allem um die Definition und Standardisierung von Elementen der Bahnhofsausstattung. Die Akteure der freien Wirtschaft entwickeln und stellen verschiedene Produkte bereit. Diese Produkte werden während der Entwicklung einer einjährigen Pilotierungsphase unterzogen, bevor sie in die Ausstattungskataloge der DB Station&Service AG aufgenommen werden (Produktentwicklung | Deutsche Bahn AG, o. J.).

Es gibt ein Innovationsprojekt der Deutschen Bahn namens Zukunftsbahnhof. Dieses Team hat sich zur Aufgabe gemacht an

16 verschiedenen Bahnhöfen in Deutschland neue Ideen und Konzepte zu testen. Die Bereiche umfassen Anschlussmobilität, Einkaufsmöglichkeiten, Kurzarbeitsplätze und Services sowie Maßnahmen, die die Arbeitsabläufe im Bahnhof verbessern bis hin zur Orientierung und Information. Die Ostendstraße ist keiner dieser 16 Bahnhöfe, das Team Zukunftsbahnhof könnte allerdings trotzdem ein Anknüpfungspunkt sein. Vor allem durch die offene Arbeitsweise und der Festlegung des Schwerpunkts auf Innovation scheint das Team ein vielversprechender Ansprechpartner zu sein (Zukunftsbahnhof, o. J.).

LH

Rechtliche Rahmenbedingungen bei der Entwicklung von Bahnhöfen

Es gibt verschiedene rechtliche Rahmenbedingungen die es bei der Entwicklung eines Bahnhofes zu beachten gilt. Beispielsweise gibt es eine Reihe von teilweise verpflichtenden Normen oder Regeln, die im Bereich der Barrierefreiheit beachten werden müssen oder sollten (Rahmenbedingungen Barrierefreiheit | Deutsche Bahn AG, o. J.).

Dazu kommen Regelwerke die allgemein für den Bau und die Planung von Personenbahnhöfen gelten. Diese sind in einzelne Module unterteilt, wie zum Beispiel „Bahnsteige und Zugänge“ oder „Wegeleit- und Informationssysteme“. In diesen Modulen sind also Normen für die einzelnen Bereiche festgehalten (Bau- und Planungsregelwerke | Deutsche Bahn AG, o. J.).

Bei der Integration dieses Systems muss also darauf geachtet werden, dass die Barrierefreiheit nicht gestört und bestimmte Normen beachtet werden. Alternativ besteht beispielsweise die Möglichkeit das System als künstlerische Installation anstatt als

Wegeleit- und Informationssystem in den Bahnhof zu integrieren. Hierbei müssen zwar nicht dieselben Normen beachtet werden, es wird aber dennoch darauf geachtet, dass die Barrierefreiheit nicht behindert wird.

Für Wegeleit- und Informationssysteme gilt die Richtlinie „Bahnhöfe planen – Wegeleit- und Informationssysteme“ (Ril 81303). Dazu gibt es ein Ausführungshandbuch namens „Ausführungshandbuch 81393 (Design Manual) Wegeleit- und Informationssystem“. Relevant ist auch die Richtlinie „Personenbahnhöfe planen - Beleuchtungsanlagen“ (81305) (Produktentwicklung | Deutsche Bahn AG, o. J.).

LH

Geschäftsmodell

Das Thema Geschäftsmodell wurde im Team intensiv besprochen, da die Grundmotivation hinter dem Projekt nie finanziell veranlagt war. Das Ziel war und ist es, neue Möglichkeiten der Nahtstellengestaltung aufzuzeigen und den öffentlichen Verkehr als System zu unterstützen.

Wünschenswert ist es, dass sich die Deutsche Bahn dieses Projekt annimmt, es weiterverfolgt und weiterentwickelt mit oder auch ohne dem Projektteam. Damit würde sie auch die Finanzierung übernehmen. Das Konzept würde in diesem Fall kostenlos zu Verfügung gestellt werden.

Alternativ besteht die Möglichkeit einer Unternehmensgründung um als externer Dienstleister der Deutschen Bahn dieses System in deutschen Bahnhöfen zu installieren, weiterzuentwickeln, zu betreuen und zu warten.

Die Kosten, um das Innovationsprojekt als externer Dienstleister umzusetzen, werden in der folgenden Kostenanalyse

aufgezeigt. Sollte die Deutsche Bahn dieses System auf andere Bahnhöfe übertragen wollen, entfallen nach dem ersten System ein Großteil der Entwicklungskosten.

Falls die Deutsche Bahn kein Interesse an einem solchen Projekt zeigt, besteht die Möglichkeit Sensus in Verbindung mit einem Verkehrsunternehmen aus einem anderen Land umzusetzen.

LH

Finanzierung

Da es sich nicht um ein Produkt handelt, das direkt an einen Endkunden verkauft wird, müsste die Finanzierung von Sensus von der Deutschen Bahn und eventuellen Förderprogrammen getragen werden. Förderprogramme die für diese Vorhaben infrage kämen sind beispielsweise „KMU-innovativ“ (KMU-innovativ – Förderberatung „Forschung und Innovation“ des Bundes, o. J.) vom Bundesministerium für Bildung und Forschung, „Horizont 2020“ (Horizont 2020 – Förderberatung „Forschung und Innovation“ des Bundes, o. J.) von der Europäischen Union, das „KMU-Verbundvorhaben“ (KMU-Verbundvorhaben | Hessisches Ministerium für Wissenschaft und Kunst, o. J.) oder das „LOE-WE-Programm“ (Stärkung der hessischen Forschungslandschaft | Hessisches Ministerium für Wissenschaft und Kunst, o. J.) vom Hessischen Ministerium für Wissenschaft und Kunst.

LH

Kostenanalyse des Systems

Die Kosten für das System betragen etwa 75.000€ (s. Anhang 1). Diese Kosten entstehen durch die Leuchtmittel in den Bögen (ca. 370€), den Leuchtmitteln für die Hauptbeleuchtung (ca. 3350€), den Einbaulautsprechern (ca. 7.600€), den Steuerungseinheiten inklusive Software für die Leuchtmittel (ca. 27.500€) und Lautsprecher (ca. 1840€), dem Computer zur Hauptsteuerung und Datenverarbeitung (ca. 2.000€), den Sensoren zum Tracken der Menschen (ca. 27.000€) und den benötigten Kabeln (ca. 5000€).

LH

Finanzplan

Der Finanzplan deckt einen Zeitraum von 2,5 Jahren ab. Diese Zeit wird benötigt um das Pilotprojekt in einem Bahnhof abzuschließen. Der Plan ist in sechs verschiedene Phasen unterteilt. In der Aufbauphase werden organisatorische Dinge geklärt, das Team wird erweitert und ein Büro ausgestattet. Danach startet die Entwicklungsphase, in der das System iterativ ausgearbeitet wird. Nach der Abnahme kann die Produktion von benötigten Bauteilen beginnen. Die Installation des Systems in den Bahnhof stellt die letzte Phase vor dem Beginn der einjährigen Testphase dar.

Die monatlichen Kosten entstehen aus den Personalkosten des vierköpfigen Teams, den externen Dienstleisterinnen, sonstigen Betriebsausgaben, der Produktion und den Materialkosten. Die Gesamtkosten belaufen sich auf ca. 690.000€

LH

Aufbauphase Entwicklung (iterative Ausarbeitung des Systems)

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
Personalkosten												
Len	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €
Jan	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €
Lichtgestalterin			3.000,00 €		3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €
Sound-Designerin			3.000,00 €		3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €
Externe Dienstleistungen												
Industrie-Designerin												
Elektronikerin (Firma)								10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €		
Sonstige Betriebsausgaben												
Büromiete + Nebenkosten	1.000,00 €	1.000,00 €	1.000,00 €	1.000,00 €	1.000,00 €	1.000,00 €	1.000,00 €	1.000,00 €	1.000,00 €	1.000,00 €	1.000,00 €	1.000,00 €
Hardware	6.000,00 €		6.000,00 €									
Software	100,00 €	100,00 €	200,00 €	200,00 €	200,00 €	200,00 €	200,00 €	200,00 €	200,00 €	200,00 €	200,00 €	200,00 €
Büroausstattung, Büromaterial	5.000,00 €	100,00 €	100,00 €	100,00 €	100,00 €	100,00 €	100,00 €	100,00 €	100,00 €	100,00 €	100,00 €	100,00 €
Reisekosten	250,00 €	250,00 €	400,00 €	400,00 €	400,00 €	400,00 €	400,00 €	400,00 €	400,00 €	400,00 €	400,00 €	400,00 €
Internet und Mobilverträge	100,00 €	100,00 €	150,00 €	150,00 €	150,00 €	150,00 €	150,00 €	150,00 €	150,00 €	150,00 €	150,00 €	150,00 €
Produktion und Material												
Testmaterialien					500,00 €	500,00 €	500,00 €	500,00 €	500,00 €	500,00 €	500,00 €	500,00 €
Materialkosten System												
Produktionskosten Bauteile												
Lampenelemente, Lautsprecher-elemente												
Ausgaben Gesamt	19.450,00 €	8.550,00 €	20.850,00 €	15.350,00 €	15.350,00 €	15.350,00 €	25.350,00 €	25.350,00 €	25.350,00 €	15.350,00 €	15.350,00 €	15.350,00 €

Jahr 2

Abnahme Produktion Installation Beginn der 1jährigen Testphase, Weiterentwicklung, Wartung

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
Personalkosten												
Len	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €
Jan	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €
Lichtgestalterin	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €
Sound-Designerin	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €
Externe Dienstleistungen												
Industrie-Designerin												
Elektronikerin (Firma)						60.000,00 €	1.800,00 €	1.800,00 €	1.800,00 €	1.800,00 €	1.800,00 €	1.800,00 €
Sonstige Betriebsausgaben												
Büromiete + Nebenkosten	1.000,00 €	1.000,00 €	1.000,00 €	1.000,00 €	1.000,00 €	1.000,00 €	1.000,00 €	1.000,00 €	1.000,00 €	1.000,00 €	1.000,00 €	1.000,00 €
Hardware												
Software	200,00 €	200,00 €	200,00 €	200,00 €	200,00 €	200,00 €	200,00 €	200,00 €	200,00 €	200,00 €	200,00 €	200,00 €
Büroausstattung, Bürobedarf	100,00 €	100,00 €	100,00 €	100,00 €	100,00 €	100,00 €	100,00 €	100,00 €	100,00 €	100,00 €	100,00 €	100,00 €
Reisekosten	400,00 €	400,00 €	400,00 €	400,00 €	400,00 €	400,00 €	400,00 €	400,00 €	400,00 €	400,00 €	400,00 €	400,00 €
Internet und Mobilverträge	150,00 €	150,00 €	150,00 €	150,00 €	150,00 €	150,00 €	150,00 €	150,00 €	150,00 €	150,00 €	150,00 €	150,00 €
Produktion und Material												
Testmaterialien												
Materialkosten System			25.000,00 €	25.000,00 €								
Produktionskosten Bauteile			15.000,00 €	15.000,00 €	15.000,00 €							
Ausgaben Gesamt												
	15.350,00 €	39.850,00 €	54.850,00 €	54.850,00 €	29.850,00 €	74.850,00 €	16.650,00 €	16.650,00 €	16.650,00 €	16.650,00 €	16.650,00 €	16.650,00 €

Jahr 3

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni
Personalkosten						
Len	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €
Jan	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €
Lichtgestalterin	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €
Sound-Designerin	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €
Externe Dienstleistungen						
Industrie-Designerin						
Elektronikerin (Firma)	1.800,00 €	1.800,00 €	1.800,00 €	1.800,00 €	1.800,00 €	1.800,00 €
Sonstige Betriebsausgaben						
Büromiete + Nebenkosten	1.000,00 €	1.000,00 €	1.000,00 €	1.000,00 €	1.000,00 €	1.000,00 €
Hardware						
Software	200,00 €	200,00 €	200,00 €	200,00 €	200,00 €	200,00 €
Büroausstattung, Bürobedarf	100,00 €	100,00 €	100,00 €	100,00 €	100,00 €	100,00 €
Reisekosten	400,00 €	400,00 €	400,00 €	400,00 €	400,00 €	400,00 €
Internet und Mobilverträge	150,00 €	150,00 €	150,00 €	150,00 €	150,00 €	150,00 €
Produktion und Material						
Testmaterialien						
Materialkosten System						
Produktionskosten Bauteile						
Ausgaben Gesamt						
	16.650,00 €	16.650,00 €	16.650,00 €	16.650,00 €	16.650,00 €	16.650,00 €

Gesamtkosten
686.400€

Abb. 15: Finanzplan.
Quelle: Eigene Darstellung

SWOT-Analyse

Stärken

Sensus verbessert die Wahrnehmung und die Funktionalität von Nahtstellen im öffentlichen Verkehr. Dadurch dass diese wichtigen Orte optimiert werden, steigt deren Nutzung. Dazu kommt, dass der innovative Ansatz in dieser Branche ein Alleinstellungsmerkmal bietet.

Schwächen

Das System hat zwei Nachteile die sich allerdings mit der Zeit relativieren. Zum einen ist es kostenintensiv und muss auch für jeden weiteren Bahnhof neu geplant werden. Zum anderen ist Sensus kein erprobtes System das schon viele Jahre im Einsatz ist und getestet wurde. Das erhöht die Fehleranfälligkeit. Nach der Durchführung eines Pilotprojektes sinken allerdings die Entwicklungskosten und es können Erfahrungen gesammelt werden.

Chancen

Die Chance eines solchen Systems besteht ganz klar in der Skalierbarkeit auf weitere Nahtstellen. Nach der Entwicklung von Sensus muss das System nur noch auf die verschiedenen Gegebenheiten der Bahnhöfe angepasst und installiert werden.

Risiken

Die Umsetzung dieses Projektes hängt von der Finanzierung der Deutschen Bahn und eventuellen Förderprogrammen ab. Dazu kommt, dass der Mobilitätssektor durch viele verschiedene Stakeholder beeinflusst wird, die aus der Gesellschaft, der Politik und der Wirtschaft stammen. Die vielen verschiedenen

Interessengruppen erschweren eine schnelle Projektplanung und Umsetzung. Dazu kommt, dass der Mehrwert eines solchen Systems nicht unbedingt direkt erkannt wird. Ein experimentelles Pilotprojekt ist kostspielig und erzeugt keine direkten Einnahmen.

LH

Mögliche Stakeholder

Um Klarheit darüber zu schaffen wer alles in diesem Projekt beteiligt wäre, werden mögliche Stakeholder aufgezeigt und ihre Rolle beschrieben.

Nutzerinnen (Reisende)

Die Nutzerinnen verwenden das System und profitieren in erster Linie davon. Personen aus anderen Stakeholdergruppen können in diesem Fall auch Nutzerinnen sein. Außerdem ist das Team während der Entwicklung und der Testphase auf ihr Feedback angewiesen.

Deutsche Bahn (DB Station&Service AG)

Die Deutsche Bahn ist der Auftraggeber in diesem Projekt. Sie übernimmt einen großen Teil der Kosten. Sie ist damit Investor und gleichzeitig Profiteur des Systems.

Stadt Frankfurt

Die Stadt hat ein Interesse daran einen funktionierenden, öffentlichen Nahverkehr bereit zu stellen. Zusätzlich helfen beliebte Mobilitätszentren dem Stadtbild.

RMV

Der Rhein-Main-Verkehrsverbund (RMV) ist der aktuelle regionale Verkehrsdienstleister der die Nahtstelle hauptsächlich nutzt. Der RMV trägt das Verkehrsangebot und die teilweise die benötigte Infrastruktur bei.

traffiQ

Die lokale Nahverkehrsgesellschaft für die Stadt Frankfurt am Main ist traffiQ. Sie organisiert die das lokale Verkehrsangebot (Bus und Straßenbahn).

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) ist die politische Anlaufstelle wenn es um Mobilitätsthemen geht. Sie erarbeiten die Rahmenbedingungen für den Verkehr in Deutschland. Zusätzlich tätigen sie Investition in verschiedene Sektoren. Sensus könnte als Innovationsprojekt interessant für den BMVI sein.

Forschungseinrichtungen für Mobilität

Forschungseinrichtung, wie z.B. das Fraunhofer Institut, die sich mit der Mobilitätsthematik auseinander setzen, könnten an den Projektergebnissen interessiert sein um sie für weitere Zwecke zu nutzen.

Förderer

Förderer die in das Projekt investieren sind darin interessiert das es zu einem erfolgreichen Abschluss kommt. Sie setzen bestimmte Rahmenbedingungen, die es einzuhalten gilt.

LH

Alternative Anwendungsbereiche

Das System ist dafür konzipiert die Nutzung des öffentlichen Verkehrs angenehmer zu gestalten und zu steigern. Allerdings gibt es auch andere Bereiche die durch ein ambientes System unterstützt werden könnten. In Frage kommen hier vor allem Orte an denen sich mehrere Menschen befinden, an denen eine gewisse Koordination stattfindet und Menschen eventuell warten müssen. Bereiche die eher negativ wahrgenommen werden, bieten hier das meiste Potential.

Öffentliche Ämter und Behörden

Die Rezensionen von öffentlichen Ämtern und Behörden zeigen klar, dass die insgesamte Wahrnehmung schlecht ist. Dies bedeutet, dass eine Anwendung, die darauf spezialisiert ist die Wahrnehmung und Stimmung der Menschen zu verbessern, hier viel Potential hätte. Es ist eher eine ethische Frage ob diese Anwendung in einem solchen Kontext gewünscht ist.

Messen

Durch große Räumlichkeiten und die Anzahl der Besucherinnen bieten Messen das Potential die Koordinationselemente des Konzeptes zu nutzen. Die Erfahrung der Besucher könnte durch das multisensorische System positiv beeinflusst werden.

Museen

Museen bieten zwei verschiedene Möglichkeiten. Einmal der übergreifende Ansatz der die Wahrnehmung des Besuches verbessern, eventuell einen Fokus auf bestimmte Exponate legen und die Koordination der Menschen optimieren kann. Der andere Anwendungsbereich wäre, den Ambient Space selber

als interaktives Exponat auszustellen.

Einkaufszentren/Einzelhandel

Vor allem im Marketingbereich und für verkaufssteigernde Maßnahmen wird Multisensorik bereits in diesen Bereichen verwendet, da diese Branche den größten finanziellen Mehrwert bietet. Hier ist es wieder eine ethische Frage ob das Team einen Anwendungsbereich erschließen möchte um den Konsum zu fördern, denn zusätzlich ist hier das größte Missbrauchspotential erkennbar.

LH

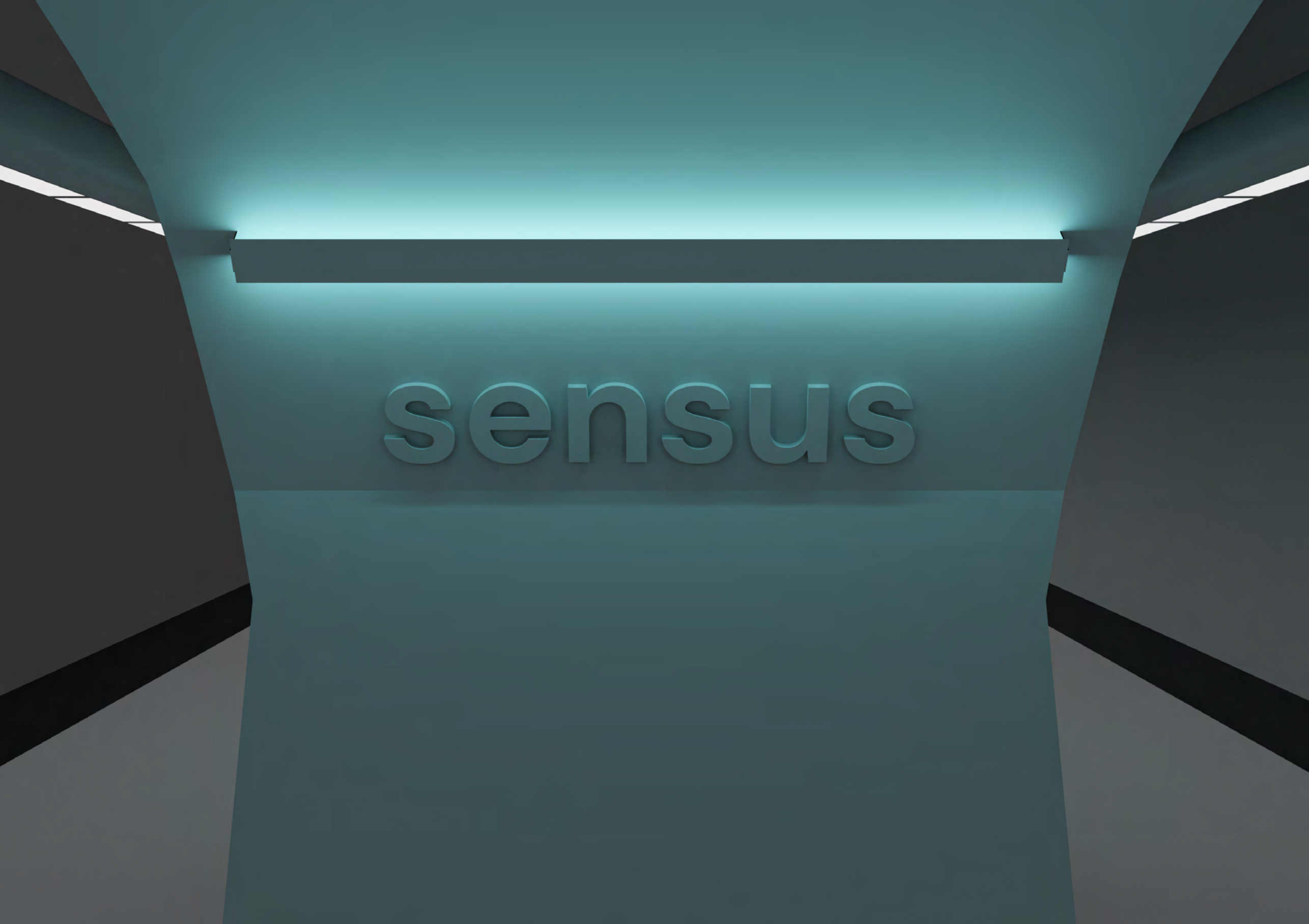
Erweiterung des Teams

Das Team soll in zwei Bereichen erweitert werden. Zum einen aus Gründern der Expertise und zum anderen um die Arbeitskapazität zu erhöhen. Eine Sound-Designerin soll für die Gestaltung und Umsetzung unterschiedlicher Musik und Geräuschkulissen verantwortlich sein. Um in bestimmten Szenarien unterstützend zu wirken, wird außerdem weitere Forschung und einhergehende Beratung zur Musikwirkung benötigt. Ähnlich wie die Sound-Designerin soll eine Licht-Designerin die nötigen Kenntnisse im Bezug auf Lichtwirkung mit einbringen. Das Team soll von der Entwicklung, über die Umsetzung, bis hin zur Weiterentwicklung und Wartung gemeinsam das Projekt entwickeln, umsetzen und betreuen.

Für bestimmte Arbeiten, die nicht direkt in Verbindung mit der Entwicklung stehen oder die nur kleine Teile des Projektes abbilden, sollen externe Dienstleister beauftragt werden. Für die Gestaltung der neu benötigten Leuchtmittel wird eine Industriedesignerin beauftragt. Insgesamt wird die Produktion bestimm-

ter Bauteile bei verschiedenen Firmen in Auftrag gegeben. Auch wenn die Systemwartung vom Team selber durchgeführt wird, soll aus Sicherheitsgründen und rechtlichen Aspekten die Installation und die Wartung der elektrischen Bauteile von einer Firma mit den benötigten Fachkenntnissen durchgeführt werden.

LH

A 3D architectural rendering of a modern interior space. The walls are a vibrant teal color. A long, horizontal, rectangular light fixture is mounted on the wall, emitting a bright, cool-toned light. The word "sensus" is displayed in a large, bold, sans-serif font, rendered in a slightly lighter shade of teal than the walls, giving it a subtle 3D appearance. The floor is a dark, solid color. The overall aesthetic is clean, minimalist, and futuristic.

sensus

Danksagung

Zuerst wollen wir unseren Betreuern Prof. Andrea Krajewski und Prof. Claudius Coenen danken. Die kritische Betrachtungsweise und vielen Denkanstöße halfen diesem Projekt eine klare Richtung zu finden und das Konzept zu formen. Bei betriebswirtschaftlichen und strukturellen Fragen stand uns vor allem Dr. Stefan Voigt zur Seite.

Auch wollen wir Simon Bülow, Anja Lüttmann, Julian Schwarze, Tim Peters und Marten Wassmann danken. Als Gesprächspartner halfen sie mit ihrer Expertise im Thema Mobilität und verhalfen zu neuen Blickwinkeln.

Natürlich sind wir dankbar für jede Teilnehmerin die uns durch die Teilnahme an der Umfrage neue Erkenntnisse zu spezifischen Fragen geliefert hat. Dank den Teilnehmerinnen des Versuches konnten erste Erkenntnisse bezüglich der Wahrnehmung verschiedener Szenarien gesammelt werden.

Außerdem blieben wir durch den wöchentlichen Austausch mit unseren Kommilitoninnen auf dem neuesten Stand.

Zuletzt wollen wir Romina Gedigk, Joana Harms und Alicia Kaiser für konzeptionelle und gestalterische Anmerkungen, als auch für die Revision der Texte, danken.

Literaturverzeichnis

Bahnhöfe und Bahnhofsanlagen | Deutsche Bahn AG.

(o. J.). Abgerufen 5. August 2020, von https://www.deutschebahn.com/de/bahnwelt/bauen_bahn/Bauen_an_Personenbahnhöfen/Bauaktivitäten_DB_Station_und_Service__AG_-1185532

Bauprojekt Frankfurt (Main) Unterirdische S-Bahnhöfe |

BauInfoPortal der Deutschen Bahn. (o. J.). Abgerufen 5. August 2020, von <https://bauprojekte.deutschebahn.com/p/frankfurt-m-s-bahnhöfe>

Bau-und Planungsregelwerke | Deutsche Bahn AG. (o. J.).

Abgerufen 5. August 2020, von <https://www.deutschebahn.com/de/geschaeft/infrastruktur/bahnhof/Bau-und-Betrieb-Personenbahnhöfe/Bauregelwerke-1193006>

Das Revitalisierungsprogramm für unterirdische

Personenverkehrsanlagen | Deutsche Bahn AG.

(o. J.). Abgerufen 5. August 2020, von https://www.deutschebahn.com/de/bahnwelt/bauen_bahn/Bauen_an_Personenbahnhöfen/Bauprogramme_an_Personenbahnhöfen/uPVA-4091662

Fjord Design. (2018). *The future of mobility*. <https://mobilitystudy.fjordnet.com/static/media/Fjord%20and%20Volkswagen%20Future%20of%20mobility%20study.pdf>

Hirsch, W. (2017). Musik in öffentlichen Räumen. In G. Rötter (Hrsg.), *Handbuch Funktionale Musik: Psychologie – Technik – Anwendungsgebiete* (S. 203–230). Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-10219-7_7

Horizont 2020 – Förderberatung „Forschung und Innovation“ des Bundes. (o. J.). Abgerufen 5. August 2020, von <https://www.foerderinfo.bund.de/de/horizont-2020-233.php>

Jüngst, J. (2004, Dezember 15). *Change Blindness*. http://www.medien.ifi.lmu.de/fileadmin/mimuc/mmi_ws0405/uebung/essays/Johannes.Juengst/Johannes.Juengst.html

Kaya, N. (2004). RELATIONSHIP BETWEEN COLOR AND EMOTION: A STUDY OF COLLEGE STUDENTS. *Coll Stud J*. https://www.academia.edu/3880952/RELATIONSHIP_BETWEEN_COLOR_AND_EMOTION_A_STUDY_OF_COLLEGE_STUDENTS

KMU-innovativ – Förderberatung „Forschung und Innovation“ des Bundes. (o. J.). Abgerufen 5. August 2020, von <https://www.foerderinfo.bund.de/de/kmu-innovativ-761.php>

KMU-Verbundvorhaben | Hessisches Ministerium für Wissenschaft und Kunst. (o. J.). Abgerufen 5. August 2020, von <https://wissenschaft.hessen.de/wissenschaft/landesprogramm-loewe/kmu-verbundvorhaben>

Lechner, R. (2001). IST DER EINFLUSS VON MUSIK IM ARBEITSLEBEN RELEVANT? *Wirtschaftspsychologie*, 4, 195–205.

Lindstrøm, M. (2009). *Buy-ology: Warum wir kaufen, was wir kaufen*. Campus-Verl.

Lippert, M. T., & Ohl, F. W. (2011). *Mechanismen multisensorischer Verarbeitung im Gehirn: Modellsystem Parietalcortex der Ratte*. Universitätsbibliothek.

Mausfeld, R. (2000). *Wahrnehmung*. <https://www.spektrum.de/lexikon/psychologie/wahrnehmung/16602>

Multisensorik—Multisensorische Wahrnehmung. (o. J.). Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV. Abgerufen 5. August 2020, von <https://www.ivv.fraunhofer.de/de/produktwirkung/multisensorik.html>

Paul, M., Lech, R. K., Scheil, J., Dierolf, A. M., Suchan, B., & Wolf, O. T. (2016). Acute stress influences the discrimination of complex scenes and complex faces in young healthy men. *Psychoneuroendocrinology*, 66, 125–129. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2016.01.007>

Produktentwicklung | Deutsche Bahn AG. (o. J.). Abgerufen 5. August 2020, von <https://www.deutschebahn.com/de/geschaefte/infrastruktur/bahnhof/Bau-und-Betrieb-Personenbahnhoeft/Produktentwicklung-1193036>

Rahmenbedingungen Barrierefreiheit | Deutsche Bahn AG. (o. J.). Abgerufen 5. August 2020, von <https://www.deutschebahn.com/de/geschaefte/infrastruktur/bahnhof/barrierefreiheit/Rechtsgrundlagen-1192918>

Rüger, P. Dr. H., Sander, Dr. N., & Skora, Dr. T. (2018). *Pendelmobilität in Deutschland – Potenziale nutzen – Belastungen reduzieren* (Policy Brief). Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung. https://www.bib.bund.de/Publikation/2018/pdf/Policy-Brief-Pendelmobilitaet-in-Deutschland.pdf?__blob=publicationFile&v=3

Sarah Dellmann. (2009). Was ist heute noch sicher? Frauen im Sicherheitsdiskurs. In M. Arzt & Leipziger Kamera - Initiative gegen Überwachung (Hrsg.), *Kontrollverluste: Interventionen gegen Überwachung* (1. Aufl, S. 174–179). Unrast.

Simons, D. J., Franconeri, S. L., & Reimer, R. L. (2016). Change Blindness in the Absence of a Visual Disruption: *Perception*. <https://doi.org/10.1068/p3104>

Sposato, R. G. (2010). *Stress und Lebensqualität bei PendlerInnen* [Dipl, uniwienn]. <http://othes.univie.ac.at/9989/>

Stampler, L. (2014, Mai 30). *This Is the Reason Going Into Abercrombie & Fitch Gives You Anxiety*. Time. <https://time.com/2799621/abercrombie-fitch-cologne-anxiety-study/>

Stärkung der hessischen Forschungslandschaft | Hessisches Ministerium für Wissenschaft und Kunst. (o. J.). Abgerufen 5. August 2020, von <https://wissenschaft.hessen.de/wissenschaft/landesprogramm-loewe/staerkung-der-hessischen-forschungslandschaft>

Werth, L., Steidle, A., Hubschneider, C., Boer, J. de, & Sedlbauer, K. (2013). Psychologische Befunde zu Licht und seiner Wirkung auf den Menschen – ein Überblick. *Bauphysik*, 35(3), 193–204. <https://doi.org/10.1002/bapi.201310058>

Wittmann, M. (2020). Gefühlte Zeit und Körperzeit: Wie Zeitbewusstsein entsteht. In *Der Mensch in der Zeit – die Zeit im Menschen. ‚Zukunft – Vergangenheit – Jetzt‘ im Verständnis der Wissenschaften: VII. Regensburger Symposium, 19. Bis 21. März 2014 ; Kausalität: Die Frage nach dem ‚Wie, Warum und Wozu‘ in Wissenschaften und Gesellschaft. Anwendungsbeispiel: Gewaltbereitschaft – Gewaltbekämpfung: VIII. Regensburger Symposium, 25. Bis 27. März 2015* (S. 71–87).

Zukunftsbahnhof. (o. J.). Abgerufen 5. August 2020, von <https://www.bahnhof.de/bahnhof-de/bahnhoferleben/Zukunftsbahnhof-4476510>

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Anzahl der Reaktion zu jeder gegebenen Farbe	26
Abbildung 2 Bögen und Gleis in der Ostendstraße	36f.
Abbildung 3 Big 5	46
Abbildung 4 Lampe in den Bögen	48
Abbildung 5 Darstellung des Ausgangsszenario aus verschiedenen Perspektiven	52f.
Abbildung 6 Darstellung des Szenarios: Viele Personen an der Nahtstelle aus verschiedenen Perspektiven	54f.
Abbildung 7 Darstellung des Szenarios: Störung im Betriebsablauf aus verschiedenen Perspektiven.	56f.
Abbildung 8 Konzept Systemdiagramm	64
Abbildung 9 Raumaufteilung	68
Abbildung 10 Testvorbereitungen	69
Abbildung 11 Frontend	71
Abbildung 12 Prototyp Systemdiagramm	71
Abbildung 13 Testraum mit Szenario.	73
Abbildung 14 Testraum mit Szenario.	74
Abbildung 15 Finanzplan	85ff.

Abkürzungsverzeichnis

AG	Aktiengesellschaft
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und Infrastruktur
DB	Deutsche Bahn
DMX	Digital Multiplex
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
LAN	Local Area Network
LED	Light Emitting Diode
LOEWE	Landes-Offensive zur Entwicklung Wissenschaftlich-ökonomischer Exzellenz
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport
MIV	Motorisierter Individualverkehr
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
RGB	Rot Grün Blau
RMV	Rhein Main Verkehrsverbund
SMD	Surface Mounted Device

Glossar

Art-Net

Kommunikationsprotokoll um DMX Lichtsignale über das Netzwerk zu versenden.

MQTT

Netzwerkprotokoll, dass die Kommunikation zwischen Maschinen durch das Übertragen kleine Nachrichten ermöglicht.

Nahtstelle

Ort an der mindestens zwei Mobilitätsangebote aufeinander treffen.

Open Source

Software deren Quellcode öffentlich einsehbar ist, geändert und genutzt werden kann.

DMX

Steuerungsprotokoll zur Steuerung von Bühnen und Veranstaltungstechnik.

Pushing Faktoren

Negative Faktoren, um z.B. das Autofahren für Menschen unquemer zu machen.

Pulling Faktoren

Positive Faktoren, die einen Grund dafür bieten z.B. mehr den ÖPNV zu nutzen.

Anhang

Aufschlüsselung der Systemkosten

LEDs in den Bögen

<https://german.alibaba.com/product-detail/custom-length-5v-5050-lpd8806-digital-rgb-colorful-flexible-led-strip-62460218900.html>

- Es gibt 17 Bögen in denen jeweils 2 Lampen angebracht sind
- Zusätzlich 2 Lampen vorne und Hinten
- Für eine Lampe wird 2m LED Band benötigt
- Kosten für 1m RGB LED Band: ca. 3,8€
- Es gibt 17 Bögen in denen jeweils 2 Lampen angebracht sind

18x4m=72m

72x3,8€=373,6€

Leds in der Hauptbeleuchtung

<https://german.alibaba.com/product-detail/custom-length-5v-5050-lpd8806-digital-rgb-colorful-flexible-led-strip-62460218900.html>

Es wird zwei mal für 220 Meter RGB LED Beleuchtung benötigt (rechter und linker Bahnsteig)

- Kosten für 1m RGB LED Band: ca. 3,8€
- Um Ausfälle vorzubeugen und damit die LED Bänder nicht konstant mit voller Leistung laufen müssen, werden sie doppelt verlegt

880mx3,8€=3.344€

Lautsprecher

<https://www.casaio.de/shop/einbaulautsprecher>

- Hochwertige Einbaulautsprecher kosten 300-500€
- Dazu kommt eventuell ein Gehäuse um die Haltbarkeit der Lautsprecher an den Bahnhöfen zu Erhöhen
- Für den Teil am Gleis werden pro Bogen einer benötigt (17 Stück). Zusätzlich jeweils einen für den Ein- und Ausgangsbereich am Gleis (2 Stück)

400€x19=7600€

Steuerungseinheit Beleuchtung

<https://www.steinigke.de/de/mpn51860454-madrix-software-5-lizenz-ultimate.html>

Licht Control Software

7435€

LED Controller

<https://www.steinigke.de/de/mpn51860360-madrix-nebula.html>

- 1 LED Controller kann 17m RGBW LEDs abdecken
- Insgesamt etwa 950m LEDW LEDs

950/17≈56

56x359€=20.062€

Tonverteilung

https://www.huss-licht-ton.de/product_info.php/Mona-cor-STA-1508-Endstufe/info/14293.html

- Um alle Lautsprecher anzusteuern werden 3 Mehrkanal Endstufen verwendet
 - Eine Endstufe kann jeweils 8 Lautsprecher versorgen
- 3x613€ = 1839,42€

Computer zur Steuerung

[https://www.thomas-krenn.com/de/produkte/industrie-pcs/alle-industrie-pcs.html?tksf_e_hdd_size_s=191&tksf_e_hdd_size_e=201&tksf_e_hdd_s=173&tksf_e_hdd_e=176&tksf_e_he\[valueFrom\]=0&tksf_e_he\[valueTo\]=4&tksf_e_ram\[valueFrom\]=1&tksf_e_ram\[valueTo\]=13&tksf_e_additional_cards\[valueFrom\]=0&tksf_e_additional_cards\[valueTo\]=4&tksf_e_chassis_depth\[valueFrom\]=100&tksf_e_chassis_depth\[valueTo\]=500](https://www.thomas-krenn.com/de/produkte/industrie-pcs/alle-industrie-pcs.html?tksf_e_hdd_size_s=191&tksf_e_hdd_size_e=201&tksf_e_hdd_s=173&tksf_e_hdd_e=176&tksf_e_he[valueFrom]=0&tksf_e_he[valueTo]=4&tksf_e_ram[valueFrom]=1&tksf_e_ram[valueTo]=13&tksf_e_additional_cards[valueFrom]=0&tksf_e_additional_cards[valueTo]=4&tksf_e_chassis_depth[valueFrom]=100&tksf_e_chassis_depth[valueTo]=500)

- Server in Industrie Qualität
- 2000€

Kabel

- Schätzungsweise 4000 Meter unterschiedlicher Arten von Kabel die verlegt werden müssen
 - Durchschnittlichen ein Preis von 1€ pro Meter
- 5000x1€=5000€

Sensoren

<https://www.imas.no/product-page/irisys-gazelle-2-thermal>

- Zum Tracken der Leute
 - Thermalsensor ca 60 Stk a 450€
 - Je nach Genauigkeit mehr oder weniger
- 60x450€=27000€



