



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Projektbericht

Kai Bielenberg

Eyetracker im Kontext der Compañiontechnologie

*Fakultät Technik und Informatik
Studiendepartment Informatik*

*Faculty of Engineering and Computer Science
Department of Computer Science*

Kai Bielenberg

**Eyetracker im Kontext der
Companionentechnologie**

Projektbericht eingereicht im Rahmen der PO1 Prüfungsleistung

im Studiengang Master of Science Angewandte Informatik
am Department Informatik
der Fakultät Technik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Betreuender Prüfer: Prof. Dr. Kai von Luck

Eingereicht am: 15. August 2015

Kai Bielenberg

Thema der Arbeit

Eyetracker im Kontext der Compañiontechnologie

Stichworte

Companion Technologie, Eyetracking, Emotion Detection, Multimodale Systeme

Kurzzusammenfassung

Diese Projektarbeit beschreibt die Nutzung eines Eyetrackers im Rahmen der Companion Technologie. In diesem Zusammenhang wird der Eyetracker im EmoBike Projekt genutzt. Es wird herausgearbeitet, welche Indikatoren für den emotionalen Zustand des Nutzers durch den Eyetracker geliefert werden und wie diese im Rahmen des Projektes genutzt werden können. Die Umsetzung erfolgt als Proof of Concept.

Kai Bielenberg

Title of the paper

Eyetrackers and companions

Keywords

Companion Technology, Eyetracking, Emotion Detection, Multimodale Systems

Abstract

This paper describes the usage of an eyetracker in the context of the companion technology. It will be examined which indicators can be extracted

from the collected eyetracker data to get information about the emotional state of the user. This project will be a proof of concept.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1. Zielsetzung	1
1.2. Gliederung	2
2. Projektaufbau	2
2.1. EmoBike	3
2.2. Eyetracker	5
2.2.1. Spezifikation des Eyetrackers	5
3. Analyse	8
3.1. Indikatoren	9
3.2. Datenerhebung	10
3.3. Datenanalyse	12
4. Fazit/Ausblick	12
A. Anhang	14

1. Einleitung

Die Companion Technologie umfasst Softwareagenten, die in der Lage sind einen Nutzer individuell zu unterstützen. Hierbei werden nicht nur unterschiedliche Nutzer berücksichtigt, sondern auch Ihre jeweiligen emotionalen Zustände. Ein Companion ist in der Lage einen emotionalen Dialog mit dem Nutzer einzugehen.[6, 1]. Die Erfassung des emotionalen Zustandes des Nutzers ist somit essentiell für einen Companion.

Dieses Projekt dient der Untersuchung von Möglichkeiten der Emotionserkennung mittels eines Eyetrackers. Es wurde bereits gezeigt, dass die von Eyetracker gelieferten Information geeignet sind, um Aufschluss über den emotionalen Zustand eines Nutzers zu erlangen[2, 3]. Es gilt die untersuchten Möglichkeiten zu verifizieren und zu bewerten.

Dieses Projekt ist im Kontext des EmoBike-Projektes der HAW Hamburg angesiedelt (für Informationen über das Projekt siehe 2.1).

1.1. Zielsetzung

Ziel dieses Projektes ist, einen Versuchsaufbau als *Proof of Concept* zu gestalten. Dies beinhaltet, dass die Daten des Eyetrackers innerhalb der Umgebung des EmoBike Projektes gespeichert und verarbeitet werden können. Der Versuchsaufbau soll es ermöglicht in späteren Arbeiten fol-

gende Fragen zu beantworten, die in den Vorarbeiten[2, 3] aufgeworfen wurden:

- Ist es möglich mit einem Eyetracker Informationen über einen emotionalen Zustand zu erhalten?
- Wie gut ist die Qualität dieser Informationen?

Um diese Fragen genauer zu untersuchen, wird der Eyetracker in den Versuchsaufbau des EmoBikes integriert und die so gesammelten Daten werden im Hinblick auf die Fragestellung ausgewertet. Ein besonderes Augenmerk wird auf die Änderungsrate der Pupillengröße als Indikator gelegt[4].

1.2. Gliederung

Die Kapitel 1 und 1.1 beschreiben den Kontext und die Ziele dieser Projektarbeit.

Im Kapitel 2 Projektaufbau wird der Versuchsaufbau genauer erleutert. Zuerst wird das bestehende EmoBike Projekt beschrieben und danach wie der Eyetracker in diesen Aufbau integriert wird.

Das Kapitel 3.2 Datenerhebung erläutert, welche Daten ausgewertet werden und warum diese Daten erhoben werden. Danach werden diese Daten im Kapitel 3 analysiert und im Hinblick auf die in der Zielsetzung genannten Fragen ausgewertet.

Abschließend wird im 4. Kapitel ein Fazit gezogen und ein Ausblick auf zukünftige Arbeiten gegeben.

2. Projektaufbau

Diese Projektarbeit ist ein Teilprojekt des EmoBike der HAW-Hamburg. Ziel ist die Integration eines Eyetrackers zur Erweiterung der Sensorik des EmoBikes.

2.1. EmoBike

Das EmoBike Projekt ist in den Forschungsbereichen der Companion Technologie und der Human Computer Interaction angesiedelt. Es wird untersucht wie ein Nutzer mit der Maschine interagiert und wie der Nutzer auf die verschiedenen Szenarien reagiert. Insbesondere die emotionale Reaktion des Nutzers wird untersucht. Auch physische Reaktionen werden berücksichtigt.

Im Hinblick auf die Companion Technologie soll das System in der Lage sein auf die emotionalen Reaktion des Nutzers Einfluss zu nehmen. Das System ist in einer *Publish and Subscribe* Architektur aufgebaut, wobei die Sensoren als Publisher und die Aktoren als Subscriber agieren. Eine logische Übersicht über das EmoBike Projekt mit seinen Komponenten erweitert um den Eyetracker (rot markiert) ist im Anhang [A.6](#) abgebildet.

Momentan werden die Reaktionen des Nutzers mit folgenden Sensoren erfasst:

2. Projektaufbau

- **Biopack:** Das Biopack umfasst eine Ansammlung von Sensoren zur Erfassung des Biologischen Zustands des Nutzers. Es wird der *Puls*, die *Körpertemperatur*, die *elektrodermale Aktivität* und die *elektrischen Aktivität des Gehirns* gemessen.
- **Kinect¹:** Mithilfe einer Kinect wird die Mimik des Nutzers aufgezeichnet und ausgewertet. Dies dient der Erfassung des emotionalen Zustandes des Nutzers.

Zur Erfassung des emotionalem Zustands des Nutzers, wird diesem ein bestimmtes Szenario vorgespielt. Das Ergometer wurde um folgende Komponenten erweitert um dies zu ermöglichen:

- **Virtuelle Umgebung:** Das Ergometer steht vor einem Bildschirm der eine virtuelle Umgebung zeigt. Der Nutzer ist in der Lage sich mithilfe des Ergometers durch diese Umgebung zu bewegen.
- **Lenkung:** Das Ergometer wurde durch einen beweglichen Lenker (inklusive Sensoren für den Lenkwinkel) erweitert, damit dem Nutzer mithilfe des Lenkers eine natürlichere Steuerung innerhalb der virtuellen Umgebung möglich ist.
- **Gangschaltung:** Um die Steuerung weiter zu verbessern und natürlicher zu gestalten wurde eine Gangschaltung mit den zugehörigen Sensoren an das Ergometer angeschlossen. Die Schaltung wirkt sich sowohl auf die Geschwindigkeit in der virtuellen Umgebung als auch auf den Tretwiderstand des Ergometers aus.

¹Kinect: <https://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/>

2. Projektaufbau

Mithilfe dieser Komponenten kann der Nutzer auf natürliche Weise mit dem EmoBike interagieren. Dies vereinfacht die Steuerung des EmoBikes und verhindert, dass zum Beispiel der Frust über eine schwierige Steuerung die Messergebnisse beeinflusst. Durch die virtuelle Umgebung kann der Nutzer in verschiedene Szenarien gebracht werden, die unterschiedliche emotionale Reaktionen begünstigen.

2.2. Eyetracker

Zusätzlich zu den genannten Sensoren für die Emotionserkennung wird dem EmoBike im Rahmen dieser Projektarbeit ein Eyetracker² hinzugefügt. Dieser wird in der gegebenen Architektur als Publisher agieren. Der Eyetracker wird frontal zwischen Ergometer und Bildschirm am unteren Rand des Bildschirms platziert. So stört der Eyetracker die Wahrnehmung der virtuellen Umgebung nicht.

2.2.1. Spezifikation des Eyetrackers

Der verwendete Eyetracker ist ein Tobii X120. Dieser Eyetracker ist in der Lage Daten mit einer Frequenz von bis zu 120Hz zu erheben.

Es werden drei unterschiedliche Software Development Kits (SDK) zur Steuerung des Eyetrackers angeboten. Zur Auswahl stehen das Tobii Gaze SDK³, das Tobii EyeX SDK und das Tobii Analytics SDK. Diese lassen sich wie folgt zusammenfassen:

²Eyetracker Tobii X120: <http://www.tobii.com/de/eye-tracking-research/germany/produkte/hardware/tobii-x60-x120-eyetracker/>

³<http://developer.tobii.com/differences-between-tobii-gaze-sdk-and-tobii-eyex>

2. Projektaufbau

1. **Tobii Gaze SDK:** Dieses SDK bieten eine hardwernahe Steuerung des Eyetrackers. Der Nutzer hat direkte Kontrolle über die Daten, muss sich allerdings um Konfiguration und Kalibrierung des Eyetracker selber kümmern. Systeme lassen sich leicht auf unterschiedliche Hardware portieren.
2. **Tobii EyeX SDK:** Dieses SDK bieten einen Einsteig auf höherer Ebene. Dem Nutzer wird mehr Arbeit abgenommen, dies geht zu lasten der Portierbarkeit. Dieses SDK eignet sich gut, wenn der Eyetracker zur Steuerung von Systemen eingesetzt wird.
3. **Tobii Analytics SDK:** Mithilfe dieses SDKs lassen sich auf einfache Weise rohe Messdaten auslesen, die später zur Analyse genutzt werden können.

Für dieses Projekt eignet sich das Tobii Analytics SDK⁴, da der Eyetracker als Sensor verwendet wird um später das Verhalten des Nutzers in gewissen Szenarien auszuwerten.

Die gemessenen Daten des Eyetrackers werden in bis zu drei unterschiedlichen Koordinatensystemen angegeben:

1. **User Coordinate System (UCS):** Das UCS ist ein dreidimensionales Koordinatensystem mit dem Ursprung in der Mitte des Eyetrackers. Die Einheit für dieses System ist Millimeter. Siehe Abbildung A.1 für eine beispielhafte Darstellung

⁴<http://www.tobii.com/de/eye-tracking-research/germany/produkte/eyetracking-software/tobii-software-development-kit-sdk/>

2. Projektaufbau

2. **Track Box Coordinate System (TBCS):** Das TBCS beschreibt die Position innerhalb der Tracking Box. Die Tracking Box ist der Bereich, in dem der Eyetracker Augenbewegungen erfassen und auswerten kann. Das Koordinatensystem ist ebenfalls dreidimensional und zusätzlich auf 1 normiert. Der Ursprung liegt in der vorderen oberen rechten Ecke der Tracking Box. Ein Beispiel ist in [Abbildung A.2](#) zu finden.
3. **Display Area Coordinate System (DACS)** Das DACS ist zweidimensional und gibt einem Punkt auf dem betrachteten Bildschirm an, der sogenannten Active Display Area. Der Ursprung des DACS liegt in der oberen linken Ecke des Bildschirms und ist wie das TBCS auf 1 normiert. Somit hat die rechte untere Ecke des Bildschirms die Koordinaten (1/1).

Mithilfe des Tobii Analytics SDKs können folgende Daten erhoben werden:

- **Timestamp:** Der Timestamp beschreibt den Zeitpunkt an dem der Eyetracker die Daten gemessen hat. Hierfür wird die interne Uhr des Eyetrackers verwendet.
- **Augenposition:** Die Augenposition beschreibt die Position der Augen zum gemessenen Zeitpunkt. Es gibt separate Werte für das linke und rechte Auge. Die Informationen wird im UCS angegeben.
- **Relative Augenposition:** Hiermit wird die Position der Augen innerhalb der Trackbox angegeben. Die Augenposition wird separat für jedes Auge angegeben. Es wird das TBCS genutzt.

- **3D Blickpunkt:** Dies beschreibt die Position des Blickpunktes als Schnittpunkt zwischen Blickrichtung und dem Display. Genutzt wird das UCS. Es wird der Blickpunkt von jedem Auge einzeln angegeben.
- **2D Blickpunkt:** Der 2D Blickpunkt wird im DACS angegeben und beschreibt den Punkt der auf dem Display angeschaut wird. Auch hier wird zwischen dem linken und rechten Auge unterschieden.
- **Validierungscode:** Dieser Code gibt an, ob der Eyetracker beide Augen ausmachen konnte. Es wird ein Wert von 0 (beide Augen gefunden) bis 4 (kein Auge gefunden) angegeben.
- **Pupillendurchmesser:** Die gemessene Pupillengröße wird in *mm* und für jedes Auge einzeln angegeben.

Diese Daten können wahlweise mit 60 Hz oder 120 Hz gemessen werden.

Es hat sich gezeigt, dass der Datenerhebung mit dem Eyetracker robuster gegenüber schnellen Bewegungen ist, wenn eine langsamere Datenrate gewählt wird. Daher wird für den Versuch eine Rate von 60 Hz gewählt. Unter den oben genannten Bedingungen wird ein Programm entwickelt um die Daten des Eyetrackers in einem geeigneten Format zu speichern, so dass diese mit geeigneten Programmen weiterverarbeitet werden können.

3. Analyse

Diese Kapitel befasst sich mit der Erhebung und der Analyse der Daten. Es wird erläutert welche Indikatoren zur Emotionserkennung ausgewählt werden und unter welchen Vorgaben diese gesammelt werden. Hierbei wird insbesondere auf die Verwendung des Eyetrackers eingegangen. Des weiteren wird gezeigt unter welchen Gesichtspunkten die Daten ausgewertet werden.

3.1. Indikatoren

Wie bereits in den Vorarbeiten [2, 3] beschrieben, können unter anderem folgende Indikatoren zur Emotionserkennung beitragen:

- **Blickrichtung:** Von Zhao et al. [7] wurde gezeigt, dass eine Aufspaltung der Grundemotionen in gerichtete und ungerichtete Emotionen die Klassifikation verbessern kann. Mithilfe des Eyetrackers kann herausgefunden werden, ob der Nutzer seine Aufmerksamkeit auf das Display gerichtet hat oder nicht.
- **Pupillengröße:** Die Änderungsrate der Pupillengröße ist ein Indikator für Stress oder Aufregung. Kawai et al. [4] haben gezeigt, dass die Pupillenänderungsrate mit positiven und negativen Emotionen in Verbindung gebracht werden kann.

3. Analyse

Für die weiteren Untersuchungen in dieser Arbeit wird die **Pupillengröße** beziehungsweise die **Pupillenänderungsrate** als Indikator verwendet.

Für die Speicherung und Auswertung dieser Indikatoren wird ein Programm entwickelt. Dieses Programm nimmt in der vorgegebenen Architektur die Rolle eines Subscribers ein. Es ist in der Lage die Daten des Eyetrackers zu erfassen und diese in einem lesbaren Format abzuspeichern. Die so gespeicherten Daten können darauf hin mit Matlab¹ weiterverarbeitet werden.

3.2. Datenerhebung

Für die Datenerhebung ist es wichtig ein gleichmäßiges Versuchsumfeld herzustellen. Nur so ist ein Vergleich unterschiedlicher Probanden möglich. Folgende Punkte sind bei der Versuchsdurchführung zu beachten:

1. **Beleuchtung:** Es muss dafür gesorgt werden, dass der Versuchsraum gleichmäßig ausgeleuchtet wird. Dies verhindert eine Änderung der Pupillengröße durch unterschiedliche Helligkeiten. Es muss untersucht werden inwieweit die genutzte virtuelle Umgebung ebenfalls Einfluss auf die Pupillengröße nimmt. Direktes Sonnenlicht ist zu vermeiden, da die Genauigkeit des Eyetrackers bei Sonnenlicht abnimmt.
2. **Probanden:** Brillen und Kontaktlinsen wirken sich negativ auf die Messungen aus. Wenn ein Proband ohne Sehhilfe ausreichend sehen kann, ist dies in Ordnung. Auch zu starkes Make-up kann sich negativ auf die Messgenauigkeit auswirken.

¹Matlab: <http://de.mathworks.com/products/matlab/>

3. Analyse

3. **Eyetracker:** Ein genaues Ausrichten und Konfigurieren des Eyetracker ist unerlässlich. Nur wenn die Position im Verhältnis zum Bildschirm exakt ausgemessen wird, können genaue Messwerte erzeugt werden. Wichtig ist hier ein ausreichender Abstand zum Bildschirm. Hierbei dient der *Configuration Guide* [5] als Unterstützung. Mithilfe dieser Datei lässt sich der Mindestabstand zum Display berechnen um ein gutes Tracking zu gewährleisten.

Wegen der relativ kleinen Trackbox und der Nutzung innerhalb des EmoBike Projektes ist ein genaues Ausrichten des Eyetrackers zum Probanden wichtig, damit dieser während des Versuches nicht die Trackbox verlässt. Der Eyetracker muss für jeden Probanden neu kalibriert werden.

Für die Konfiguration und Kalibrierung des Eyetrackers können vorhandene Tools von Tobii verwendet werden. Diese werden zusammen mit dem SDK ausgeliefert.

Die Versuche innerhalb dieser Projektarbeit dienen als *Proof of Concept* um zu zeigen, dass mithilfe des Eyetrackers sinnvolle Daten erhoben werden können. Daher beschränken sich die Datenerhebung auf die folgenden zwei Level des EmoBike Projektes:

- **Level 1:** In diesem Level muss der Proband eine gerade Strecke entlang fahren. Der Proband ist in der Lage sich an des EmoBike und die Steuerung zu gewöhnen und es können Grundwerte für den Pupillendurchmesser gemessen werden. Eine Übersicht ist im Anhang [A.3](#) zu finden.

- **Level 2:** Dieses Level dient der Erzeugung von Stress und Frustration. Es beinhaltet eine schmale Strecke inklusive Kurve und einen beschleunigten Sprung über eine kleine Rampe. Es ist schwer nach der Beschleunigung die Kontrolle zu behalten und die schmale Rampe so zu treffen, dass das Ziel erreicht werden kann. Nach mehreren Versuchen wird die Rampe immer breiter, damit der Proband irgendwann das Ziel erreichen kann. Das Level ist im Anhang [A.4](#) abgebildet. Es soll gezeigt werden, dass die Änderungsrate der Pupillengröße mit stressigen Situation in Zusammenhang gebracht werden kann. Die Zeitpunkte der Beschleunigung und des Sprunges werden zur Analyse verwendet.

3.3. Datenanalyse

Dieses Kapitel beschreibt die Durchführung des Versuches zur Datenerhebung. Unter den oben genannten Gesichtspunkten wurden zwei Probanden gebeten die beiden Level ([A.3](#), [A.4](#)) zu durchfahren. Dabei wurde die Pupillengröße der Probanden aufgenommen. Zusätzlich wurden die Zeitpunkte der Beschleunigung und Sprunges aufgenommen. Die Abbildung [A.5](#) zeigt die Pupillengröße eines Probanden während das Level 2 ([A.4](#)) mehrmals durchfahren wird. Die horizontalen Linien zeigen die missglückten Sprünge über die Rampe.

Dies zeigt, dass die entwickelte Toolchain in der Lage ist Daten innerhalb eines Versuches im EmoBike Projekt aufzuzeichnen und anzuzeigen. Da die Daten in einem Format vorliegen, dass mit Matlab eingelesen werden kann, können die Daten in späteren Arbeiten ohne Probleme weiterverarbeitet und ausgewertet werden.

4. Fazit/Ausblick

In diesem Projekt wurde gezeigt, dass es möglich ist, den Eyetracker in die bestehende *Publish and Subscribe* Architektur des EmoBike Projektes einzubinden. Die Eyetrackerdaten können aufgezeichnet und weiterverarbeitet werden. In nachfolgenden Arbeiten wird ein genaueres Augenmerk auf die Verarbeitung und Analyse der gesammelten Daten gelegt. Im Vordergrund liegt die Analyse der in dieser Arbeit vorgestellten Indikatoren. Dies beinhaltet die Pupillengröße, die Änderungsrate der Pupillengröße und die Blickrichtung des Probanden.

A. Anhang

A. Anhang

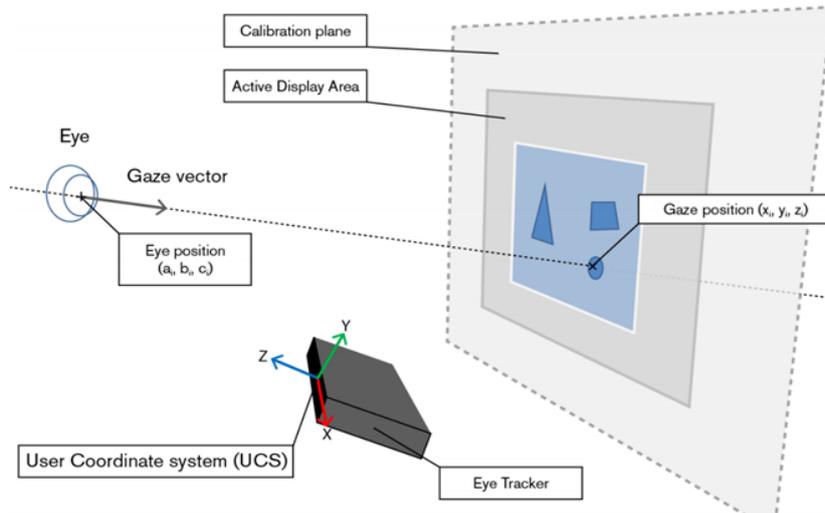


Abbildung A.1.: UCS Beispiel

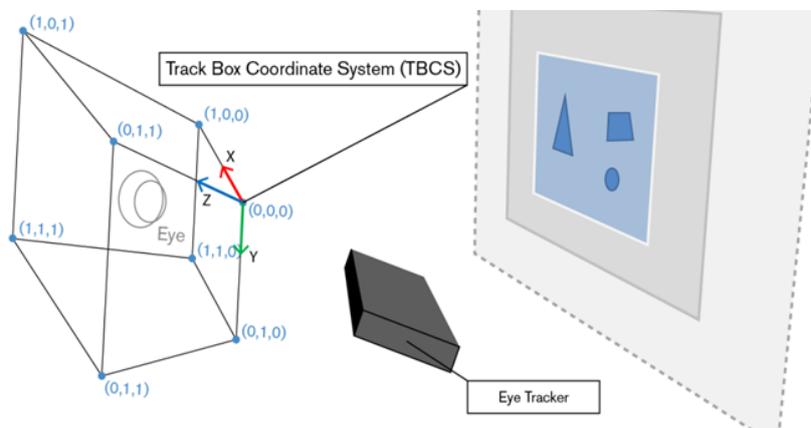


Abbildung A.2.: TBCS Beispiel

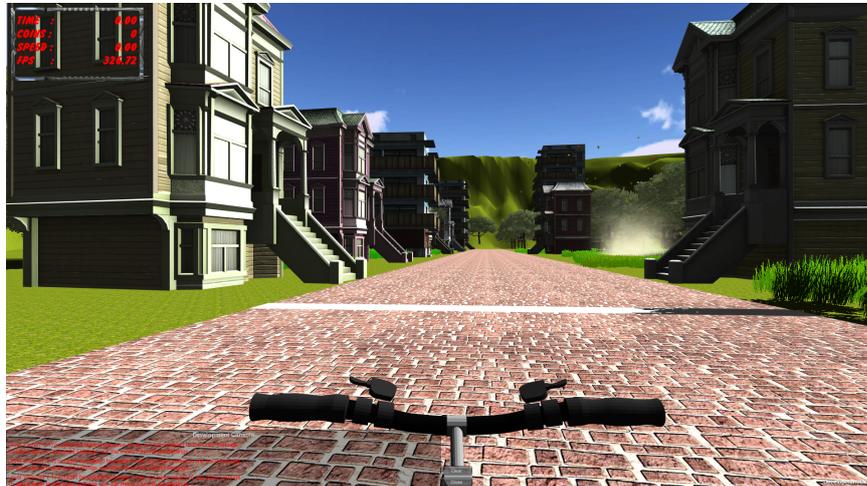


Abbildung A.3.: EmoBike Level 1: Einleitung

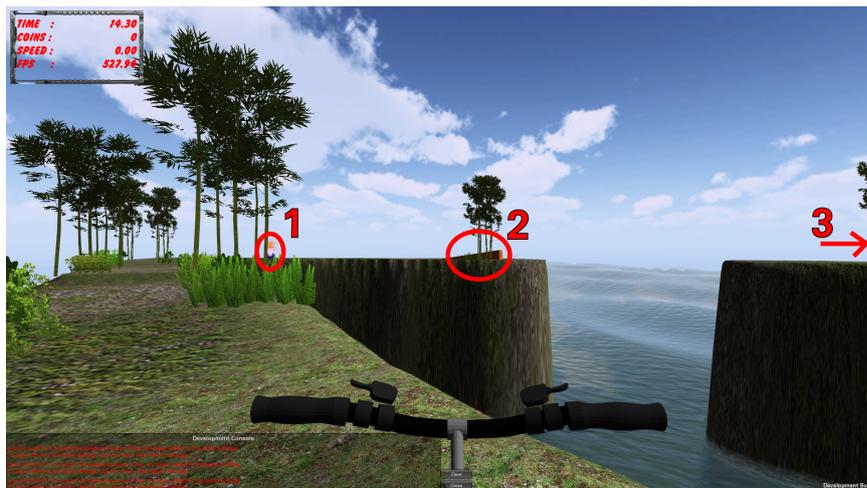


Abbildung A.4.: EmoBike Level 2: Stress/Frustration mit (1) Beschleuniger, (2) Rampe und (3) Zieleinfahrt

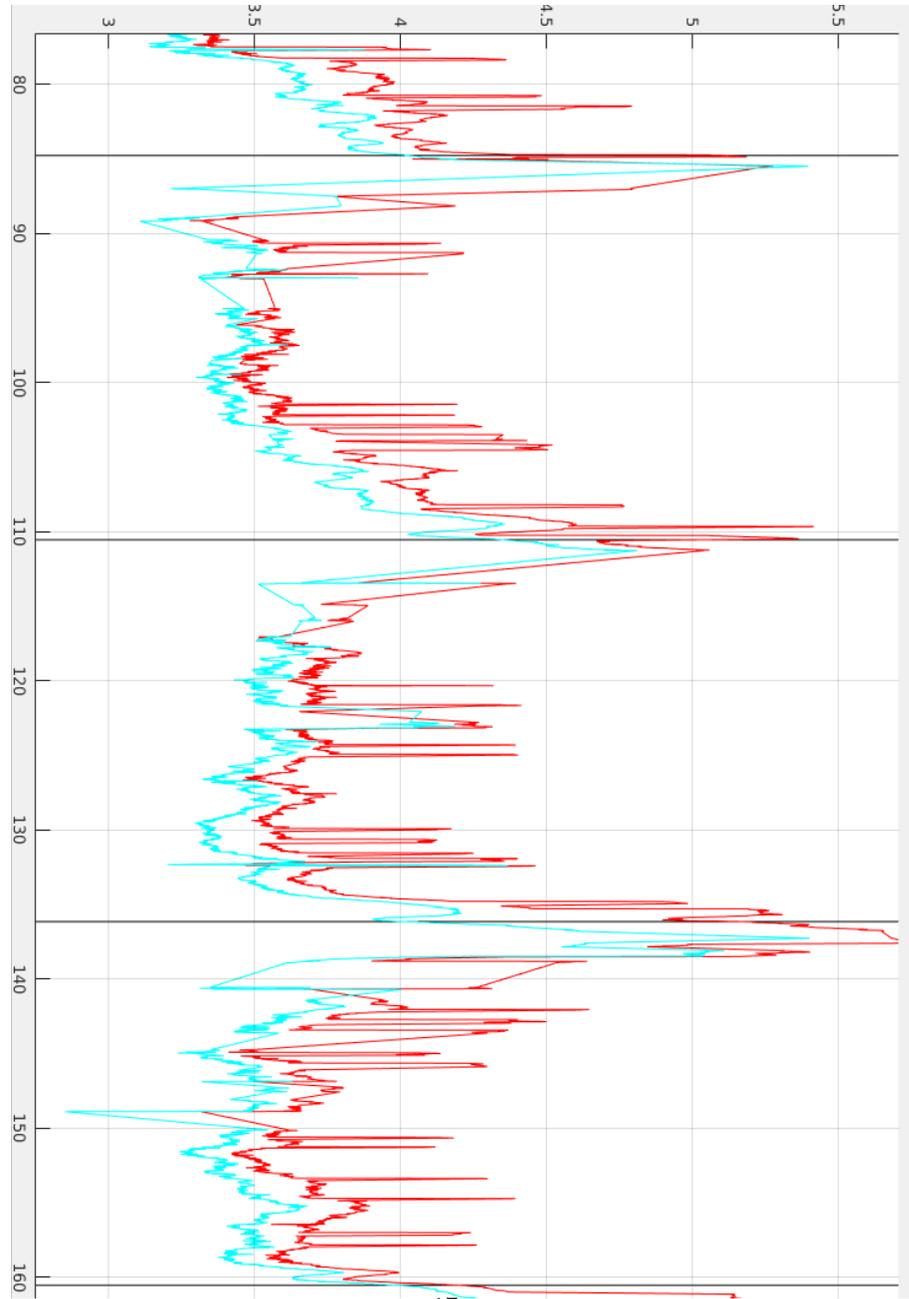


Abbildung A.5.: Analyse Pupillengröße: Größe in mm, Zeit in s, linke Pupille = rot, rechte Pupille = blau

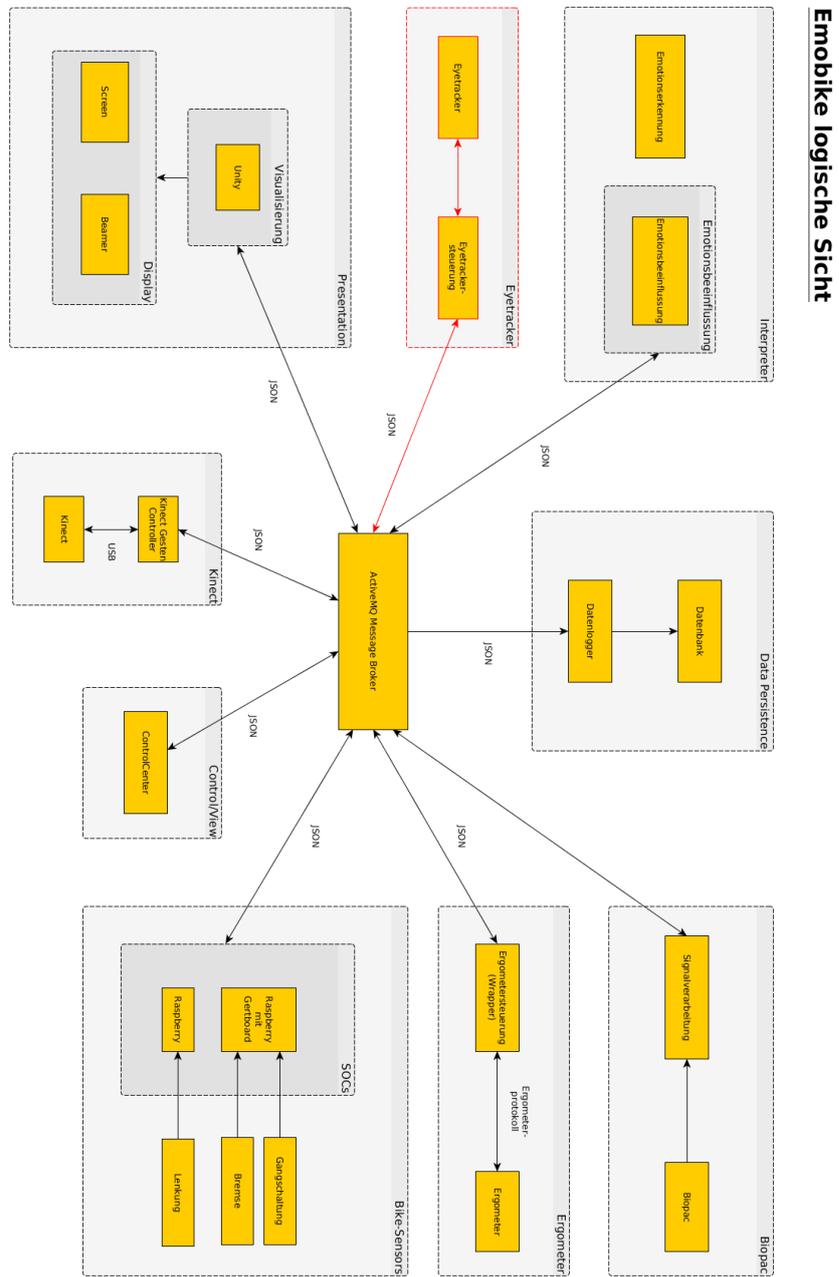


Abbildung A.6.: logische Sicht des EmoBike Projektes erweitert um den Eyetracker. (Quelle Ursprungsbild: Jonas Hornschuh)

Literaturverzeichnis

- [1] SFB Transregio 62. Eine companion-technologie für kognitive technische systeme. URL <http://www.sfb-trr-62.de/>.
- [2] Kai Bielenberg. Companion technologie - emotionen erkennen, verstehen und verarbeiten, . URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master2014-aw2/bielenberg/bericht.pdf>.
- [3] Kai Bielenberg. Companion technologie - eyetracker und emotionen, . URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master2014-sem/bielenberg/bericht.pdf>.
- [4] S. Kawai, H. Takano, and K. Nakamura. Pupil diameter variation in positive and negative emotions with visual stimulus. In *Systems, Man, and Cybernetics (SMC), 2013 IEEE International Conference on*, pages 4179–4183, Oct 2013. doi: 10.1109/SMC.2013.712.
- [5] Tobii. Tobii_x-series_configurationguide. URL http://www.tobii.com/Global/Analysis/Downloads/User_Manuals_and_Guides/Tobii_X-Series_ConfigurationGuide.xlsx.

- [6] Yorick Wilks. *Close engagements with artificial companions: key social, psychological, ethical and design issues*, volume 8. John Benjamins Publishing, 2010.
- [7] Yisu Zhao, Xin Wang, and E.M. Petriu. Facial expression analysis using eye gaze information. In *Computational Intelligence for Measurement Systems and Applications (CIMSAs), 2011 IEEE International Conference on*, pages 1–4, Sept 2011. doi: 10.1109/CIMSAs.2011.6059936.