

# Thermalbilder im Kontext von Companion Systemen

## Hauptseminar Ausarbeitung

Florian Kletz

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
Fakultät Technik und Informatik, Department Informatik  
Berliner Tor 7, 20099 Hamburg, Germany  
[florian.kletz@haw-hamburg.de](mailto:florian.kletz@haw-hamburg.de)  
<http://www.haw-hamburg.de>

**Zusammenfassung** In dieser Ausarbeitung werden technische Rahmenbedingungen benannt, durchgeführte Experimente vorgestellt und noch durchzuführende Schritte analysiert und präsentiert, um eine Thermalkamera als eine Komponente in ein Companion System zu integrieren. Darüber hinaus werden verwandte Arbeiten betrachtet, sowie die Vision als Fragestellungen einer anschließende Masterthesis benannt.

**Keywords:** Thermalkamera, Companion System, Face Tracking, Pecha Kucha, Emotionserkennung, mental States, Fahrassistenzsysteme, Emo-Bike

## 1 Einleitung

Technische Systeme werden immer allgegenwärtiger, aber auch immer komplexer zu Bedienen.[12] Um diesen Trend entgegen zu wirken gibt es den Forschungsbereich der *Human-computer interaction* (HCI) der an neue Technologien und Verfahren forscht die eine Bedienung von Systemen vereinfacht, verändert und revolutioniert. Ein Ansatz hiervon ist es sog. *Companion Systeme*<sup>1</sup> zu entwickeln, welche individuell auf den Benutzer eingehen und hierzu sich beispielsweise auf die emotionalen Befindlichkeiten des jeweiligen Nutzers einstellen.

Diese Ausarbeitung beschreibt dabei den aktuellen Stand – was für Arbeiten schon geleistet wurden – und gibt einen Ausblick für noch anstehende Arbeiten und Aufgaben um ein Companion System mit Thermalinformationen einer Person anzureichern, die mittels einer Thermalkamera aufgezeichnet werden.

### 1.1 Zielformulierung

Diese Ausarbeitung sowie eine anschließende Masterthesis beruht grundsätzlich auf zwei Fakten die unter anderem von [10, 5] und vielen weiteren belegt wurden:

---

<sup>1</sup> vgl. Definition in Kapitel 2.1

- Psychische und physische Einflüsse und Reaktionen bei Lebewesen korrelieren mit der Gesichtstemperatur.
- Erhöhter Blutdurchfluss in hautnahen Schichten und das dadurch entstehende Wärmemuster kann mittels einer Thermalkamera sichtbar gemacht werden.

Mit der Erkenntnis dieser beiden Fakten lassen sich Systeme entwickeln, die einerseits den Temperaturwert auf der Hautoberfläche ermitteln und andererseits daraus den sog. *mental state* der Person bestimmen können, wie in [11] gezeigt. Durch den Einsatz von hoch präziser Messinstrumenten können hierdurch genauere Ergebnisse erzielt als es bisher möglich war. Mit dieser Ausarbeitung soll ein Überblick gegeben werden ob und in wie weit ein solches System zur präzisen Messung der Temperatur ein Companion System unterstützen kann und welche technischen Rahmenbedingungen dafür geschaffen werden müssen.

Als proof of concept soll das zu entwickelnde System im Rahmen des „EmoBike“ Projekts eingesetzt werden, das im nächsten Kapitel beschrieben wird. Die Implementierung soll dabei jedoch so lose gekoppelt sein, dass die gewonnenen Informationen auch für andere Einsatzzwecke genutzt werden können.

## 2 EmoBike Projekt

Das Forschungsprojekt EmotionBike (EmoBike)<sup>2</sup> der HAW Hamburg ist im Kontext der Human Computer Interaction sowie der Companion Technologie (die im nachfolgenden Abschnitt näher kategorisiert wird) angesiedelt.[9] Das Projekt dient in seiner aktuellen Ausprägung als prototypische Implementierung, zur Unterstützung eines Arztes bei therapeutischen Maßnahmen. Technisch ist das EmoBike ein Ergometer das mit einer Vielzahl von zusätzlichen Sensoren und Aktoren ausgestattet wurde. Eine technische Übersicht sowie eine Auflistung und Beschreibung der bereits vorhandenen Komponenten findet sich in [9, 3].

Ziel ist es, dass durch die generierten und aufgezeichneten Werte, autonom auf den Nutzer einzuwirken und dadurch ein Arzt bei Rehabilitationsmaßnahmen von Patienten zu entlasten und zu unterstützen. Erreicht werden soll dies einerseits dadurch, dass kein ständiges Überwachen durch den behandelnde Arzt nötig ist und er dadurch mehrere Patienten gleichzeitig betreuen kann. Andererseits reagiert das System durch die Sensoren und den daraus ermittelten emotionalen und körperlichen Zustand aktiv auf den Patienten was zu einem besser abgestimmten und individuelleren Training führt.[3]

Als ein weiterer Aspekt dieses Forschungsprojekts können einige der Komponenten ein Fahrassistenzsystem für Fahrzeuge des Motorisierter Individualverkehr bilden bzw. solche Assistenzsystem unterstützen. Hierzu kann auf Basis der ermittelten und ausgewerteten Daten – ebenso wie beim Rehabilitationsaspekt – der emotionale Zustand des Fahrers ermittelt werden. Mit diesen Informationen

<sup>2</sup> <http://www.emotionbike.org>

können Entscheidungen getroffen werden ob Fahrassistenzsystem aktiviert werden, um den Fahrer beispielsweise bei Überforderung zu unterstützen oder auch je nach körperlicher Verfassung ein Anhalten vorgeschlagen oder gar erzwungen werden. Ansätze mit herkömmlichen Kamerasystemen finden sich bereits in [17].

## 2.1 Companion

Das EmoBike Projekt ist ein Forschungsprojekt das Companion-Technologie verkörpert. Der Begriff Companion-Technologie wird vom Sonderforschungsbereich Transregio 62 in [1] wie folgt definiert:

*„Companion-Systeme sind kognitive technische Systeme, die ihre Funktionalität konsequent und vollständig auf den individuellen Nutzer ausrichten, indem sie sich an seinen Fähigkeiten, Vorlieben, Anforderungen und aktuellen Bedürfnissen orientieren, sich auf seine Situation und emotionale Befindlichkeit einstellen, stets verfügbar, kooperativ und vertrauenswürdig sind und ihrem jeweiligen Nutzer als kompetente, partnerschaftliche Dienstleister gegenüber treten.“*

Das EmoBike Projekt versucht dabei diesen Ansprüchen gerecht zu werden. Der Aspekt des vollständigen Ausrichten auf den individuellen Nutzer, besonders im Hinblick auf die emotionale Befindlichkeiten dieses, ist dabei eine Kerneigenschaft die versucht wird zu erreichen. Aber auch sämtliche anderen Eigenschaften nehmen einen hohen Stellenwert bei diesem System ein. Bereits durch [14] wurde herausgearbeitet, dass ein Companion Besitzer eines emotionalen Modells seines Nutzers sein muss um die Intention und die Stimmung dieses zu erkennen und entsprechend handeln zu können. Das Model kann über Sensoren selbstständig gebildet werden oder auch dem System vorgegeben werden. Vorgegeben werden können hierzu beispielsweise Muster die in explizite Handlungen resultieren.

## 3 Thermalkamera

Dieses Kapitel beschreibt das einzusetzende System der Thermalkamera und geht hier vornehmlich auf die Art des Systems, sowie die zur Verfügung stehende Hard- und Software Eigenschaften dieses Systems ein. Grundlagen der Thermografie werden für diese Ausarbeitung vorausgesetzt und daher die Funktionsweise von Thermalkameras nicht erläutert. Diese findet sich beispielsweise in [2].

### 3.1 Vorteile und Nachteile von kontaktlosen nichtinvasiven System zur Temperaturmessung

Die Temperatur eines Objekts lässt sich auf verschiedenste Wege ermitteln. Das für diesen Anwendungsfall gewählte System arbeitet mit der Oberflächentemperatur was die Wahl auf ein nichtinvasives und kontaktloses System falle

lassen hat. Die Vorteile – wie auch die Nachteile – solcher Systeme werden nachfolgend beschrieben.

Ein Vorteil dieser Art von System besteht darin das ein Nutzer/Proband nicht durch das System beeinflusst wird. Besonderes Augenmerk liegt dabei in der psychologischen wie auch physikalischen Beeinflussung die ein System beispielsweise durch Sensoren und Kabelverbindungen auf der Haut verursachen kann. Ebenso kann ein System das mit direkten Hautkontakt arbeitet die Bewegungsfreiheit und/oder das Sichtfeld der Person einschränken. Bei der Temperaturmessung können Messvorrichtungen ebenso Messwerte verfälschen. Dies kann beispielsweise durch Eigenwärme von Sensoren wie auch durch Stauung von Wärme verursacht werden.

Dennoch hat diese Art von System auch einige Nachteile. So ist es für das kontinuierliche Aufzeichnen von Messwerten an einem Messpunkt entweder nötig den Proband bzw. den Messpunkt zu fixieren oder es muss mit sog. Tracking Verfahren gearbeitet werden um den Messpunkt auch bei Bewegungen verfolgen zu können. Um diesen Nachteil zu kompensieren wird in Abschnitt 5.1 ein Trackingverfahren vorgeschlagen um Bewegungen der Person ausgleichen zu können und somit valide Ergebnisse zu erhalten.

### 3.2 InfraTec VarioCam HD

In diesem Kapitel wird kurz auf die, durch die HAW Hamburg beschaffte, Thermalkamera aus dem Hause InfraTec<sup>3</sup> eingegangen. Es handelt sich um das Modell VARIOCAM HD die zur Gruppe der qualitativ hochwertigen Geräte gezählt werden kann. Bedingt wird dies durch eine mögliche Auflösung 1.024 x 768 IR-Pixeln<sup>4</sup> und einer Aufnahmegeschwindigkeit von 30 Hz im Vollbild Modus. Als Detektor nutzt die Kamera eine ungekühlten Mikrobolometer-*Focal Plane Array* Detektor. Die Messgenauigkeit dieser Kamera beträgt  $\pm 1$  K im Temperaturbereich zwischen (0 – 100) °C und ist daher ideal für die Messung von Körpertemperaturen geeignet. Eine vollständige Auflistung der technischen Spezifikationen finden sind in [8].

Als Schnittstelle verfügt die Kamera über einen GigE Vision Interface-Standard Anschluss, der auf dem Gigabit-Ethernet-Standards arbeitet. Diese Schnittstelle ermöglicht es mittels einer zusätzlichen Netzwerkkarte auf die Daten der Kamera via proprietärer Software, als auch über ein SDK zuzugreifen.

## 4 Erste Experimente und Messungen

Im Rahmen der bereits durchgeführten Projektarbeiten wurden in diesem Kontext bereits prototypische Experimente durchgeführt, aus denen wiederum erste wichtige Erkenntnisse, Ergebnisse und Vorgehensweisen ermitteln wurden. Hauptaugenmerk in dieser Ausarbeitung wird dabei auf die Fallstudie bzw. das Laborexperiment *Peach Kucha* gelegt, das im nächsten Abschnitt erläutert wird.

<sup>3</sup> <http://www.infratec.de/>

<sup>4</sup> Infrarot-Pixeln

#### 4.1 Laborversuch *Pecha Kucha*

Pecha Kucha ist eine Vortragstechnik aus dem japanischen Raum bei der ein Redner eine Präsentation bestehend aus 20 Folien vorträgt. Jede dieser Folien wird dabei nur genau 20 Sekunden eingeblendet (was nicht beeinflusst werden kann). In der daraus entstehenden Gesamtpräsentationszeit von 6:40 min soll nach Möglichkeit ein Thema umfassend erläutert werden. Ziel ist es hierdurch kurzweiligen, prägnanten und einprägsame Präsentationen zu schaffen.

In der traditionellen Pecha Kucha Darbietungsform kennt der Vortragende die Inhalte der Folien bereits vor dem eigentlichen Vortrag, da er diese zumeist selber erstellt. Um eine höhere Stressbelastung zu provozieren wurde in dieser Fallstudie dem Probanden ein Foliensatz vorgegeben den er vorab nicht kannte.

Während ihrer improvisierten Vorträge wurden die Probanden aus einiger Entfernung mit der oben genannten Thermalkamera vom Typ VARIOCAM HD aufgezeichnet um eine Erhöhung der Körpertemperatur besonders in den Gesichtsbereichen aufzuzeichnen, mit dem Ziel diese zu analysieren und auszuwerten.

Neben der Validierung der in Kapitel 1.1 genannten Fakten, konnten weitergehende Erkenntnisse gewonnen und Anforderungen identifiziert werden, die vorherrschen müssen, um ein solches System als Erweiterung eines Companion Systems nutzen zu können. Diese Aspekte, allem voran eine geeignete Möglichkeit des Trackings auf den Thermalbildern, werden im nächsten Kapitel genauer betrachtet.

## 5 Schlussfolgerung der Experimente

Als Schlussfolgerung des zuvor genannten Experiments geht als wichtige Erkenntnis hervor, dass die Temperaturverteilung in den Bereichen des Gesichts (die sog. Regions of Interest, kurz RoI) sehr inhomogen auftritt. Um bei kontinuierlichen Messungen (beispielsweise den Temperaturverlauf über die Zeit) für eine RoI valide Werte zu ermitteln bieten sich zwei Möglichkeiten an. Eine Variante ist es den Kopf des Probanden zu fixieren. Hierdurch kann die RoI pixelgenau über die Aufnahmen gelegt werden um den entsprechenden Bereich an der Hautoberfläche des Probanden zu überwachen.

In der Praxis erscheint dieser Ansatz allerdings nicht als praktikabel. Zudem werden die Vorteile der kontaktlosen und nichtinvasiven Systeme<sup>5</sup> zunichte gemacht. Als logische Konsequenz fällt die Wahl daher auf Trackingverfahren, welche es ermöglichen unabhängig von der Kopfposition stetig die selbe RoI zu analysieren.

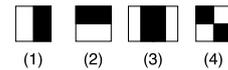
In den beiden nachfolgenden Abschnitten wird ein erstes Verfahren demonstriert wie die Kopfposition auf einem Thermalbild detektiert kann und wie ein solches Verfahren besonders für Thermalbilder verbessert werden kann.

<sup>5</sup> Vgl. Kapitel 3.1

## 5.1 Trackingverfahren auf Thermalbildern

Tracking- und Bilderkennungsverfahren sind für reguläre statische Bildern und Videos bereits sehr fortgeschritten, wenn gleich dieses Gebiet auch weiterhin noch ein aktuelles Forschungsgebiet darstellt und stetig neue Verfahren hierfür entwickelt werden. Im aktuellen Projektstatus wurden mehrere Open Source Trackingverfahren evaluiert und sich in der jetzigen Entwicklungsstufe für die Programmbibliothek OPENCV<sup>6</sup> entschieden.

OPENCV arbeitet im Gesichtserkennungsbereich mit der *Viola-Jones-Methode* zur Mustererkennung in digitalen Bildern, welche ausführlich in [16] beschreiben ist. In dieser Methode werden sog. *Haar-like features* verwendet, welche mit vorab trainierten Bilderdatenbanken arbeiten. In diesen Datenbanken sind – vereinfacht gesagt – Informa-



**Abb. 1.** Feature types

tionen die typischerweise bei dem Objekt was gesucht werden soll vorkommt, gespeichert. Bei Fotografien von menschlichen Gesichtern beispielsweise die Information, dass der Bereich um die Augen typischerweise dunkler ist als die darunterliegenden Wangenpartien. Dazu werden die in Abb. 1 gezeigten feature types in verschiedenen Skalierungen und Rotationen über das zu durchsuchende Bild gelegt, wodurch je nach Zutreffen dieser heller/dunkler Eigenschaft der Region Werte zugewiesen werden. Zwischen benachbarten Regionen wird dann die Differenz gebildet wodurch der Teil des Bildes kategorisiert wird.

Für dieses System gibt es bereits eine Vielzahl angelernter Datenbanken, die im XML Format vorliegenden sog. *haarcascade* Dateien. Die wahrscheinlich am häufigsten genutzte Variante hiervon ist die „*haarcascade\_frontalface\_default.xml*“ die speziell für frontal Aufnahmen von Menschlichen Gesichtern konzipiert wurde. Die Aufnahmen des Pecha Kucha Experiments sowie der Einsatz am EmoBike erfolgt ebenfalls mit frontal Aufnahmen der Gesichter, wodurch sich diese Variante besonders eignet. Thermalbilder haben jedoch besonders im Hinblick auf auf eine Mustererkennung elementare Unterschiede zu Bildern herkömmlicher Kameras. So ist auf Thermalbildern nur der Temperaturunterschied zu erkennen aber unter anderem kein Lichteinfall oder Schatten. Daher ist das im Absatz oben genannte Beispiel nicht mehr valide durch den Algorithmus zu erkennen.

Dennoch liefert bereits diese Variante auch auf Thermalbildern erstaunlich valide Ergebnisse über die Position des Kopfes innerhalb des Bildes, wie exemplarisch in Abb. 2 dargestellt. Neben der *haarcascade* Datenbankdatei für frontal Portrait Aufnahmen von Personen gibt es noch weitere für Körperteile und Sinnesorgane. Besonders Hilfreich in diesem Kontext ist dabei die ebenfalls häufig genutzte Variante „*haarcascade\_eye.xml*“ die für die Erkennung von Augen in einem zuvor erkannten Gesicht ausgelegt ist. Mit dieser können zwar sehr gut Augen in Bildern herkömmlicher Kameras erkannt werden, leider jedoch keine Augen in Thermalbildern. Grund hierfür ist das die Datenbankdateien nicht auf diese besondere Anforderung getrimmt sind. Generell ist jedoch auch ein erkennen von

<sup>6</sup> Open Source Computer Vision <http://opencv.org>



**Abb. 2.** Thermalbild Tracking mit „haarcascade\_frontalface\_default.xml“

Augen in Thermalbildern möglich wie [13] zeigt.

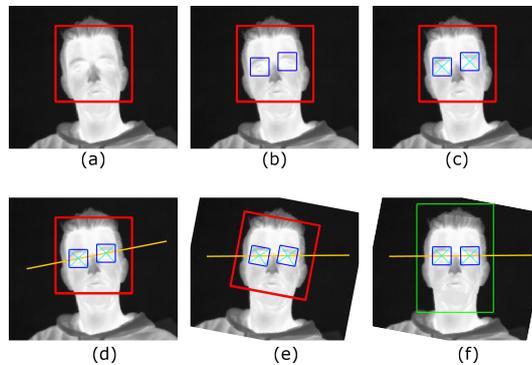
Hauptziel, welches in diesem Vorhaben mit dem Erkennen von Augen verfolgt wird, ist die Festlegung von RoI auf dem Kopf, um dort Messungen bestimmter Kopfreionen vornehmen zu können. Hilfreich ist hierzu neben den Kopfproportionen ebenfalls die Position der Augen, um von diesen die Position beispielsweise die Lage der Stirn zu ermitteln.

## 5.2 Anlernen von Trackingverfahren

Da die frei verfügbaren Varianten zum Erkennen von Augen kein befriedigendes Ergebnis auf Thermalbildern liefern, wird in diesem Abschnitt erklärt, wie mit der Technik des *Cascade Classifier Training* das Erkennen von Thermalbildern mittels Maschinenlernen erhofft wird zu verbessern. Beschrieben wird das Verfahren u. a. in [15].

Um ein Trainieren zu ermöglichen werden sog. *positive samples* benötigt. Dies sind Aufnahmen einer Thermalkamera die das zu identifizierende Objekt – in diesem Fall frontale Aufnahmen von Augen einer Person – enthalten. Um das spätere Identifizieren robuster zu machen, werden hierbei Aufnahmen von möglichst vielen verschiedenen Personen unterschiedlichem Geschlecht, Alter, Größe, unterschiedlicher thermaler Aktivität im Kopfbereich sowie verschiedener Kopfhaltungen benötigt. Generiert bzw. produziert werden diese Daten im Rahmen einer Studie, die mit dem EmoBike in den nächsten Wochen durchgeführt wird. Hierbei bietet sich die Möglichkeit Aufnahmen verschiedenster Personen unter Realbedingungen bei der Nutzung des EmoBikes zu sammeln, wodurch die genannten Anforderungen abgedeckt werden, die für ein späteres valides Identifizieren unter gleichen Bedingungen nötig sind. Als weiterer Prozessschritt ist es hierbei nötig, die zu identifizierenden Objekte auf den Aufnahmen freizustellen. Neben den *positive samples* werden auch noch *negative samples* benötigt. Dies sind Aufnahmen auf denen das später zu identifizierende Objekt nicht enthalten sein darf. Mit diesen beiden Kategorien von Bildern kann das System

selbstständig trainiert werden, indem es hierauf die in Abschnitt 5.1 erläuterten *Haar-like features* wie anwendet.



**Abb. 3.** Ausrichten des Kopfes anhand der Augenpositionen

Nachdem die Augen in den Thermalbildern valide erkannt werden, können basierend auf diesen Informationen eine Ausrichtung (Rotation) des Kopfes vorgenommen wie in Abb. 3 visualisiert. Hierbei lässt sich von den detektierten Rechteck über den Augen einfach der Mittelpunkt jedes Auge bestimmen. Verbindet man diese Mittelpunkte mittels einer Geraden, kann diese Gerade dazu verwendet werden um den Kopf zu rotieren. Hierdurch kann die sog. „Roll“-Bewegung des Kopfes ausgeglichen werden und auf den Bildern (nachdem diese auf die Kopfgröße zugeschnitten wurden) pixelgenau für jeden Probanden eine festgelegte RoI beobachtet und ausgewertet werden. Eine andere Möglichkeit bietet sich aus der Eigenschaft das die Nase – die als eine Extremität des Kopfes – eine abweichende Temperatur vom Rest des Gesichts hat.<sup>7</sup> Legt man über die Nase eine vertikale Linie ist an dieser ebenfalls eine Rotation und dadurch eine Begradigung des Kopfes möglich. Hierzu kann mit dem beschriebenen Verfahren des *Cascade Classifier Training* das Erkennen der Nase angelernt werden.

Mit den hier beschriebenen Verfahren kann dabei allerdings nur wie bereits erwähnt die „Roll“-Bewegung ausgeglichen werden. Das Ausgleichen der sog. „Yaw“- und „Pitch“-Bewegung, d. h. das horizontale und vertikale Abwenden des Blickfelds von der Kamera, bzw. von der Visualisierungskomponente des EmoBikes, kann mit diesen Verfahren nicht ausgeglichen werden. Grund hierfür ist, dass bei diesen Bewegungen Bereiche des Kopfes von anderen Bereichen des Gesichts überdeckt werden. Blickt also eine Person extrem zu einer Seite, sind die Gesichtspartien die von der Kamera aus gesehen dann hinter der Nase liegen, für optische Systeme nicht mehr erkennbar. Dieses Problem tritt jedoch bei allen kamerabasierten Systemen auf, die nur von einer Position betrieben werden. Eine Möglichkeit um diesem Problem zu begegnen, ist der Einsatz von

<sup>7</sup> Vgl. dazu Abb. 2

mehreren Kameras von unterschiedlichen Blickwinkeln. Bei der Nutzung von nur einer Kamera müssen Aufnahmen von einer zu starken Kopfneigung während des Messprozesses ignoriert werden.

## 6 Vision

Bereits in dieser Ausarbeitung zeigte sich an vielen Stellen, dass eine Erkennung der Oberflächentemperatur besonders im Bereich des Kopfes viele interessante Fragestellungen eröffnet. Besonders dann, wenn diese Technologie für den Einsatz in einem Companion System genutzt werden soll. Dieses Kapitel zeigt daher welche wissenschaftlichen Fragestellungen in der Masterthesis bearbeitet, erläutert und beantwortet werden sollen. Dabei wird neben den eigentlichen Zielen, in dem nachfolgendem Abschnitt auch auf verwandte Arbeiten eingegangen, die für dieses Vorhaben interessante Aspekte eröffnen.

Als eine offene Fragestellung ist dabei zu erforschen, in wieweit die erhobenen Temperaturdaten aussagekräftig sind. Hierzu soll untersucht werden, wie äußere Einflüsse zu Temperaturveränderungen im Bereich des Gesichts führen. Aufgezeichnet werden die Daten im Rahmen des EmoBike Projekts, sodass die Temperaturkurve direkt mit möglichen Ereignissen innerhalb des EmoBike Ökosystems in Beziehung gestellt werden können. Als eine Erweiterung dazu sollen die Informationen der anderen Komponenten des EmoBikes mit den aufgezeichneten Temperaturdaten korreliert werden um durch diese Sensor Fusion genauere Informationen zu erlangen. Gleichwohl sollen die analysierten Daten auch allen anderen Komponenten zur Verfügung gestellt werden um dabei das Hauptziel von Companion Systemen – nämlich dem Einwirken auf die Person – gerecht zu werden.

Die hier aufgeführten Aspekte sind dabei nötige Zwischenergebnisse um die Hauptfragestellung, inwieweit es Sinnvoll ist ein Companion System mit Temperaturinformationen (hierbei besonders im Bezug auf kontaktlose, nichtinvasive Systeme) anzureichern, zu beantworten.

Durch die qualitativ hochwertige Thermalkamera und deren Aufnahmen bieten sich dabei die besonderen Vorteile, dass einerseits detailliertere RoI festgelegt werden können, was zu detaillierter und validieren Messwerten führen kann und andererseits hierdurch ein präziseres Tracking des Kopfes oder der Sinnesorgane ermöglicht wird.

### 6.1 Verwandte Arbeiten

Zu den bisher in dieser Ausarbeitung geschriebenen Aspekten gibt es mehrere verwandte Arbeiten von denen nachfolgend Einige kurz vorgestellt werden.

*Einsatz eines Eyetracker basierten Miningverfahrens für ein Companionsystem [3]* ist der Titel der Masterarbeit von Kai Bielenberg aus dem Jahre 2016. Diese bildet die artverwandteste Arbeit. In dieser untersucht der

Autor inwieweit man technisch und konzeptionell ein Companion System mit einem Eyetracker ausstatten kann und ob diese Erweiterung sinnvoll ist.

***Thermografische Erfassung von Stress in simulierten Vorstellungsgesprächen*** [7] ist eine Studie von Sascha Datkiewicz et al. der Bergischen Universität Wuppertal bzw. Universität zu Köln in der bewusst eine Stresssituation (durch ein Simuliertes Vorstellungsgespräch) provoziert wurde. Hierbei wurde der Proband mit einer Thermalkamera aufgezeichnet. Bei der Auswertung der Aufnahmen konnte nachgewiesen werden, dass 78.3 % der Probanden in dieser Situation eine erhöhte Temperatur hatten als vor dem Vorstellungsgespräch.

***Infrared 3D scanning system*** [6] ist ein durch Liang-Chien Chu et al. patentiertes System mit dem ein 3D Körpermodell erstellt wird, das rein auf der Wärmestrahlung die ein menschlicher Körper abstrahlt arbeitet. Dieses System ermöglicht es den kompletten biologischen Zustand des Körpers zu analysieren indem es die Wärmeverteilung sichtbar macht woraus Rückschlüsse über die Person gezogen werden können.

***Camera based Human Localization and Recognition in Smart Environments*** [4] ist der Titel der Dissertation von Henrik Siebo Peter Brauer in der er u. a. neue Tracking- und Detektionsalgorithmen untersucht und hierfür ein Framework veröffentlicht hat, mit dem neben Aufnahmen von handelsüblichen Kameras auch Aufnahmen von Fisheye Kameras erkannt werden können.

## 7 Zusammenfassung

In dieser Ausarbeitung wurde neben einer Definition des Begriffs Companion im Abschnitt 2.1, kurz das EmoBike Projekt im Kapitel 2 vorgestellt. Dieses Projekt soll um eine zusätzliche Komponente – die der Temperaturmessung mittels Thermalkamera – erweitert werden. Dazu wurde im Abschnitt 3 die einzusetzende Thermalkamera und dort besonders die Vorzüge vom kontaktlosen nichtinvasiven System zur Temperaturmessung im Abschnitt 3.1 vorgestellt. Im Kapitel 4 wurde exemplarisch ein Experiment vorgestellt, bei dem physiologische Reaktionen von Personen mittels Temperaturmessung aufgezeichnet werden konnte. Das Kapitel 5 befasst sich mit Schlussfolgerungen die aus diesem Experiment hervorgegangen sind. Abgeschlossen wird in Kapitel 6 mit einer Vision für eine anstehende Masterthesis. Dabei wurden zudem verwandte Arbeiten betrachtet.

## Literatur

1. Sonderforschungsbereich Transregio 62. *Sonderforschungsbereich zur Innovation im Mensch-Technik Dialog: Companion-Systeme.*
2. Frank Bernhard. Thermografie. In *Handbuch der Technischen Temperaturmessung*, pages 1395–1463. Springer, 2014.

3. Kai Bielenberg. Einsatz eines eyetracker basierten miningverfahrens für ein companionsystem, 2016.
4. Henrik Siebo Peter Brauer. Camera based human localization and recognition in smart environments. 2014.
5. Nisha Charkoudian. Skin blood flow in adult human thermoregulation: How it works, when it does not, and why. *Mayo Clinic Proceedings*, 78(5):603 – 612, 2003.
6. L.C. Chu and C.C. Chang. Infrared 3d scanning system, August 27 2002. US Patent 6,442,419.
7. Sascha Datkiewicz et al. Thermografische erfassung von stress in simulierten vorstellungsgesprächen.
8. InfraTec GmbH. *Technische Daten VarioCam HD*. InfraTec GmbH Infratotsensorik und Messtechnik, Gostritzer Straße 61-61, 01217 Dresden, dec 2015.
9. Larissa Müller, Sebastian Zagaria, Arne Bernin, Abbas Amira, Naeem Ramzan, Christos Grecos, and Florian Vogt. *Entertainment Computing - ICEC 2015: 14th International Conference, ICEC 2015, Trondheim, Norway, September 29 - October 2, 2015, Proceedings*, chapter EmotionBike: A Study of Provoking Emotions in Cycling Exergames, pages 155–168. Springer International Publishing, Cham, 2015.
10. Dean A. Pollina, Andrew B. Dollins, Stuart M. Senter, Troy E. Brown, Ioannis Pavlidis, James A. Levine, and Andrew H. Ryan. Facial skin surface temperature changes during a “concealed information” test. *Annals of Biomedical Engineering*, 34(7):1182–1189, 2006.
11. E. Salazar-López, E. Domínguez, V. Juárez Ramos, J. de la Fuente, A. Meins, O. Iborra, G. Gálvez, M.A. Rodríguez-Artacho, and E. Gómez-Milán. The mental and subjective skin: Emotion, empathy, feelings and thermography. *Consciousness and Cognition*, 34:149 – 162, 2015.
12. Geschäftsführerin des Scherbaum. Beyond computing-forschungszentren, gruppen und seminare.
13. A. Selinger and D. A. Socolinsky. Face recognition in the dark. In *Computer Vision and Pattern Recognition Workshop, 2004. CVPRW '04. Conference on*, pages 129–129, June 2004.
14. Oliver Steenbuck. Companions und emotionaler dialog, 2011.
15. OpenCV Developers Team. Cascade classifier training, 2015.
16. OpenCV Developers Team. Face detection using haar cascades, 2015.
17. M. M. Trivedi, T. Gandhi, and J. McCall. Looking-in and looking-out of a vehicle: Computer-vision-based enhanced vehicle safety. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 8(1):108–120, March 2007.