

# **Intelligent Tutoring System (ITS) zur emotionalen Lernunterstützung**

Forschungsprojekt A

an der

Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin  
Fachbereich Wirtschaftswissenschaften II  
Studiengang Angewandte Informatik

Prüfer

Prof. Dr. Albrecht Fortenbacher

***Eingereicht von Max Oehme***

11. November 2020

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Intelligent Tutoring Systems (ITS)</b>	<b>2</b>
2.1	Einführung . . . . .	2
2.2	Übersicht ITS . . . . .	2
2.3	Betty's Brain . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Emotionale Lernunterstützung</b>	<b>7</b>
3.1	Affect Recognition . . . . .	7
3.2	Affective Computing . . . . .	9
3.3	Affective Learning Support . . . . .	11
<b>4</b>	<b>Emotionale Lernunterstützung mit Betty's Brain</b>	<b>13</b>
4.1	Erkennung emotionaler Lernzustände . . . . .	13
4.2	Emotionales Feedback . . . . .	14
<b>5</b>	<b>Diskussion</b>	<b>17</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>18</b>

# 1 Einleitung

Durch Maßnahmen zur Prävention der Ausbreitung von COVID-19 sind viele Schüler und Studenten im *distance learning* und werden über Video Konferenzen mit dem Lehrer und Online Lernplattformen unterrichtet. Die Lernenden müssen sich dadurch viel von dem Wissen im Selbststudium aneignen, was eine höhere Selbstdisziplin erfordert als im Klassenraum mit dem Lehrer [1]. Softwaresysteme wie *Massive Open Online Courses (MOOC)* und *Intelligent Tutoring System (ITS)* sollen dem Lernenden helfen im eigenständigen Lernen bessere Ergebnisse zu erzielen. Studenten werden durch den Lehrstoff mit verschiedenen Aufgaben geleitet und erhalten Unterstützung und Feedback. In den letzten Jahren zogen aber Emotionen die Aufmerksamkeit von Forschern, die sich mit ITS beschäftigen, auf sich. Emotionen sind beeinflussen direkt die menschliche Kognition und damit Aufmerksamkeit, Langzeit Gedächtnis und Entscheidungsfindung, Eigenschaften essentiell für Lernprozesse [2]. In traditionellen Lernumgebungen übernimmt der Lehrer die Aufgabe als emotionaler Support, dagegen in Computer-Lernumgebungen muss dies vom Computer übernommen werden. Einem ITS muss dazu der emotionale Zustand des Lernenden bewusst sein. Dem entsprechend kann es dem Nutzer Support geben, z.B. durch Feedback, um den emotionales Lernzustand so zu beeinflussen, dass Emotionen die hinderlich sind gemindert und Emotionen die sich positiv auf das Lernen auswirken gefördert werden [1]. ITS die den Lernenden emotional unterstützen werden auch *Affective Intelligent Tutoring Systems* genannt.

In dieser Arbeit sollen die Möglichkeiten von *Affective Intelligent Tutoring Systems* untersucht werden. Um einem Lernenden emotionalen Support zu geben muss geklärt werden: Welche Methoden sind zur Erkennung von Emotionen in Lernumgebungen geeignet? Wie kann der Lernende mit Feedback emotional unterstützt werden?

## 2 Intelligent Tutoring Systems (ITS)

### 2.1 Einführung

Der Lehrer in einem Klassenraum oder der eigene Tutor sind die wichtigsten Personen für den Lernfortschritt. Ein ITS ist ein Softwaresystem das einen solchen Lehrer/Tutor simuliert. Die Systeme haben Fachwissen in einem bestimmten Thema und auch geeignete Lehrmethoden die auf dieses Thema ausgerichtet sind. Der Tutor vermittelt nicht nur das Wissen sondern hilft dem Lernenden beim Verstehen des Wissens und Lösen von Problemen [3].

ITS sind interaktive und adaptive Lernumgebungen die sich individuell an den Lernenden anpassen [4]. Es wird individuell auf die Eigenschaften eines Studenten eingegangen, sei es Fachwissen, Stimmung, Emotionen oder Lernstil [3]. Anhand dessen kann die Lernunterstützung individuell auf jeden Lernenden angepasst werden. Das ITS hilft dem Nutzer mit kontextabhängigen Hinweisen, z.B. zum Lösen von Aufgaben, und personalisiertem Feedback. Es wird ein menschlicher Tutor nachgebildet der persönliche Anleitung im Lernprozess gibt, dabei werden adaptive, interaktive und pädagogische Prinzipien im Zusammenhang mit Unterrichten und Lernsupport nachgebildet [5]. ITS bedienen sich Methoden und Prinzipien aus der *learning science, cognitive science, mathematics, computational linguistics, artificial intelligence* und weiteren Feldern [3].

### 2.2 Übersicht ITS

Forschung zum Thema Intelligent Tutoring Systems nahm bis 2015 stark zu [3], dem entsprechend gibt es viele verschiedene ITS die entwickelt wurden. Eine kleine Auswahl davon sind *Cognitive Tutor, AutoTutor, Ms. Lindquist* und *Betty's Brain*. Der von

Anderon [6] und seinem Forschungsteam entwickelte *Cognitive Tutor* ist eines der ältesten ITS. Es unterstützt beim Lernen von Mathematik in dem es dem Schüler bei den Aufgaben hilft und Feedback bereitstellt. Dieses Feedback kommt zum Beispiel in Form von Unterstützung beim lösen von Problemen oder auch das Aufzeigen von Fehlern. Anderson führten Studien zur Effektivität von ITS im Klassenraum durch mit Varianten von *Cognitive Tutor* zum unterrichten von Algebra, Geometrie und Programmieren. Die Studien zeigten das das Schüler durchweg bessere Ergebnisse erbrachten und beim Programmieren die Aufgaben schneller bearbeiteten [6].

*Ms. Lindquist*, entwickelt von Heffernan [7], wird ebenfalls zum unterrichten von Mathematik genutzt. Das ITS bietet dem Lernenden die Möglichkeit Konversationen mit dem Tutor zu führen. Dem Tutor kann man Fragen zu den Aufgaben stellen, erhält Feedback (positiv und negativ), stellen Folgefragen und man kann genaue Erläuterungen zu den Lösungen verlangen. Die Evaluation dieses ITS das einen menschlichen Tutor nachbilden soll hat gezeigt, dass das Einbinden von Konversationen in den Lernprozess die Lernerfolge verbessert [7].

Mit dem *AutoTutor* haben Graesser [8] ein ITS entwickelt, das die Interaktionsmöglichkeiten mit dem Tutor noch weiter verbessert. *AutoTutor* ist auf das Unterrichten von Physik, speziell newtonische Physik, spezialisiert. Die Besonderheit dabei ist das der Lernende mit dem Tutor in natürlicher Sprache interagieren kann. Dies umfasst unter anderem die Aufgaben zu denen man Fragen stellen kann und die eigenen Lösung angibt. Daraufhin kann der Tutor dem Lernenden Feedback geben, sowohl positiv als auch negativ, oder nach weiteren Aspekten in der Aufgabe nachfragen. Das Interface des ITS bietet dem Nutzer auch Visualisierungen zu den Aufgabenstellungen und eine 3-D Darstellung des Tutors. Die Studie von Graesser ergab signifikante Verbesserung der Lernergebnisse sowohl für den Einsatz des Dialogs in natürlicher Sprache als auch die Nutzung von 3-D Visualisierungen [8].

Das von Biswas und Leelawong [9, 10] entwickelte ITS *Betty's Brain* ist dagegen ein System, das nicht auf ein bestimmtes Fachgebiet spezialisiert ist. Aktuelle Versionen der Anwendung unterrichten die Thematik des Klimawandels und des Ökosystems. Eine weitere Besonderheit ist, das in *Betty's Brain* das Prinzip des *learning-by-teaching* als Methode zum Unterrichten eingesetzt wird.

*Betty's Brain* ist in laufender Forschung und es gibt aktive Untersuchungen und Studien an der Vanderbilt University und der University of Pennsylvania im Bereich

des Emotion Support. Für das Thema dieser Arbeit eignet sich Betty's Brain daher gut und wird weiter betrachtet.

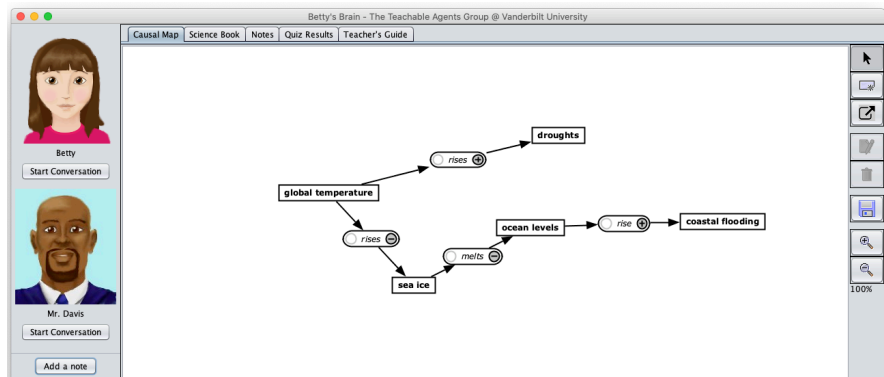
## 2.3 Betty's Brain

Durch das pädagogische Prinzip des *learning-by-teaching* verfolgt man in Betty's Brain einen anderen Ansatz als anderen ITS [3]. Der Lernende wird in die Situation des Lehrers bzw. Tutors versetzt, der einen Studenten über ein bestimmtes Thema zu unterrichten hat. Der Nutzer erhält nur den Eindruck den Studenten zu unterrichten, während durch das Befassen mit dem Thema dieser selbst lernt [9].

Die Benutzeroberfläche von Betty's Brain enthält mehrere Bereiche, die dem Nutzer zu jeder Zeit zur Verfügung stehen. Die Grundlage zur Lösung der Aufgaben befindet ist im *science book*, das Fachbuch, in dem sich die Informationen die zu lernen sind befinden. Die *casual map* ist der Bereich in dem Lösung der Aufgaben angegeben werden. Sollte man Probleme haben mit dem Umgang dieser oder anderen Teilen der Anwendung gibt es im Bereich *teachers guide* eine Anleitung und Hilfe zu Betty's Brain. Während der Bearbeitung der Aufgaben kann sich der Nutzer auch Notizen machen, die aber keinen direkten Einfluss auf Betty's Brain haben. Am Rand des Anwendungsfensters werden die beiden Avatare Betty und Mr. Davis angezeigt, mit denen man jederzeit eine Konversation beginnen kann. Hierzu wird ein Teil der Anwendung zu einer Dialogbox. Über den Dialog mit Betty's lässt sich zudem ein Quiz starten mit dem die Richtigkeit der *casual map* geprüft wird. Die Ergebnisse des letzten Quizes lassen sich auch während der Bearbeitung der nächsten Aufgaben noch einsehen.

Das Quiz wird jedoch nicht an den Nutzer gestellt sondern an Betty, diese erhält ihr Wissen zum Lösen der Aufgabe über die *casual map*. Man unterrichtet Betty über diese *casual map* in der man Verknüpfungen zwischen verschiedenen Konzepten erstellt, auf Basis des genesenden Themas aus dem *science book*. Der Lernende zuerst das entsprechende Kapitel der Wissensbasis lesen und daraufhin eine *casual map* erstellen. In der Map wählt man aus den vordefinierten Konzepten die Benötigten aus und verbindet diese durch kausale Verknüpfungen [10] (Abbildung 2.1). Ein solcher Zusammenhang könne dann heißen "Globale Erwärmung steigert die globale Temperatur, worauf das Polar Eis schmilzt, das wiederum den Meeresspiegel anstei-

Abbildung 2.1: Erstellung einer Casual Map in Betty's Brain



gen lässt“ (siehe Abbildung 2.1). In diesem Beispiel sind “Globale Erwärmung” und “Temperatur” Konzepte die mit dem Wort “steigert” kausal miteinander verknüpft werden.

Interaktion mit Betty's Brain erfolgt unter anderem auch mit den beiden Avaten Betty und Mr. Davis. Diese Avatare sind Darstellungen von Personen mit denen der Nutzer interagieren kann, sie vermitteln dem Lernenden den Eindruck das dieser mit einer Person kommuniziert. Durch das bestätigen der Konversations-Schaltfläche bei einem der beiden Avatare erscheint eine Dialogbox und es kann mit dem entsprechenden Avatar interagiert werden. Betty übernimmt die Aufgabe des Studenten den man zu unterrichten hat. Der Nutzer interagiert mit ihr wie mit einer echten Schülerin, indem man sie bittet ein Quiz zu machen, ihr Wissen zu einem bestimmten Konzept befragt oder ihr eine Ursache-Effekt Frage stellt. Zur Beantwortung dieser Fragen wird immer die *casual map* genutzt. Zum Beispiel wenn man sie nach der Ursache-Effekt zwischen “drouths” und “costal flooding” aus Abbildung 2.1 fragt wird sie die Antwort nicht wissen, da es keine Verbindung zwischen diesen gibt. Wenn man Hilfe bei der Erstellung der *casual map* benötigt, kann man Mr. Davis fragen. Dieser dient als Supervisor für den Nutzer, er beantwortet Fragen im Umgang mit der Software und wie man die *casual map* erstellt. Wenn man bestimmte Methoden nicht verstanden hat, wie zum Beispiel Ursache-Effekt Fragen, erläutert er diese im Detail.

Beide Avatare sind ebenfalls dafür Zuständig dem Nutzer Feedback zu geben. Betty gibt einem zum einen Feedback zu den Fragen die man ihr gestellt hat, z.B. indiziert

sie wenn sie etwas noch nicht weis. Zum anderen prüft sie auch ob man auch noch an den Aufgaben arbeitet, wenn der Nutzer eine Zeit lang nichts macht, fragt sie ob man Abgelenkt ist. Mr. Davis gibt nach jedem Quiz Feedback zu der *casual map* die man angefertigt hat und was man besser machen kann. Im regelmäßigen Abstand fragt er auch nach dem emotionalen Zustand des Lernenden. Auf diesen *emotional intelligence questionnaire* kann man mit 6 verschiedenen Emotionen antworten: *anxious, bored, confused, excited, focused, frustrated*. Je nachdem welche Emotion man gewählt hat antwortet Mr. Davis mit einem zufälligen motivierenden Satz.



## 3 Emotionale Lernunterstützung

### 3.1 Affect Recognition

Die Methoden zum Feststellen von Emotionen sind zahlreich und reichen dabei von der Analyse von Nutzerverhalten bis hin zur Verarbeitung von Sensordaten wie den Herzschlag.

Die bisher am weitesten verbreitetste Methode Affekt zu beschreiben ist mit Hilfe von diskreten Kategorien. Häufig werden dafür die Prototypischen Basis-Emotionen happiness, sadness, fear, anger, disgust und surprise (Freude, Trauer, Angst, Wut, Ekel, Überraschung) verwendet. Die meisten Studien die Automatischen Affect Recognition betrachten, fokussieren sich auf diese Kategorisierung. Darunter auch Ekman et al. [11, 12] die in einer Cross-Culture Studie herausfanden, dass Menschen, bei Betrachtung des Gesichtsausdrucks, diese Basis-Emotionen ähnlich interpretieren, unabhängig vom kulturellen Hintergrund. Diese Methode der Kategorisierung wird viel angewandt, da sie einfach verständlich und intuitiv ist.

Im Gegensatz zur kategorischen Repräsentation von Affekt steht die Beschreibung mittels Dimensionen [12, 13, 14]. Diese Dimensionen umfassen Evaluation/Valence, Activation/Arousal, Control, Power/Dominance und weitere. Dabei haben besonders Arousal und Valence eine große Bedeutung, da sie die Hauptaspekte von Emotionen wiedergeben. Diese Dimensionen werden auf einer Skala angegeben, bei Arousal von passiv/aktiv und Valence negativ/positiv. Diese Werte bedeuten beim ersteren wie bereit ein Mensch ist zu handeln unter Einfluss seiner Emotionen (aktiv/passiv) und im letzteren wie die Person fühlt von negativ bis positiv. Diese Art der Repräsentation ermöglicht es eine große Bandbreite an Emotionen zu bestimmen. Emotions Erkennung lässt sich dadurch sehr gut als 4 Klassen Klassifizierungs Problem darstellen, bei der Verwendung von Arousal und Valence [15]. Problematisch kann hier aber werden, dass einige Emotionen (wie Angst und Wut) in ihren Arousal/Valence

Werten sehr nah beieinander liegen können und schwer unterscheidbar werden.

Emotionen können auf verschiedenste Weise vom Menschen bewusst und unterbewusst dargestellt werden [13]. In zwischenmenschlicher Kommunikation spielen die Audiovisuellen Features Gesichtsausdruck, Lautäußerung und Linguistische Ausdrucksweise den meisten Einfluss [13, 16]. Das Gesicht spielt dabei die größte Rolle vor allen wenn es um non-verbale Kommunikation geht [17]. Sprache ist ein weiterer wichtiger Teil, besonders in der verbalen Kommunikation, um seinen Affective State zu teilen. Dies kann explizit durch bestimmte Wörter, ganze Sätze oder dem semantischen Inhalt geschehen oder implizit durch prosodische und akustische Informationen in der Sprache [13, 18]. Die Kombination von Visuellen (Gesichts) und Audio (Sprache) Features ermöglicht es die Effektivität der Erkennung noch weiter zu steigern [12].

Durch die Fortschritte in der Künstlichen Intelligenz Forschung wurden auch in der Emotion Recognition aus physiologischen Daten Erfolge erzielt [19]. Die Daten lassen sich einer Vielzahl verschiedener physiologischer Sensoren gewinnen, wobei die Menge an Daten stark variieren kann. Sensoren wie Elektroenzephalograf (EEG), der einer größere Menge an Kontaktsensoren am Kopf benötigen, oder das Elektro-Kardiogramm (EKG), das Kontakte am Körper befestigt, liefern eine große Menge an Daten. Aber auch kleinere Sensoren mit weniger Kontaktsensoren wie für Skin Temperature (SKT) oder Galvanic Skin Response (GSR)<sup>1</sup> bieten ausreichende Daten für die Emotionserkennung [19]. Dzedzickis [19] untersuchte verschiedene Sensortypen und fand einige Vor- und Nachteile für jeden. EEG Daten sind generell Zuverlässig bei der Emotionserkennung, jedoch sind die Sensoren teuer und kann durch die "Sensor-Mütze" die der Proband trägt als störend empfunden werden. Das EKG kann besonders die Emotionen "Traurigkeit" und "Wut" einfach und präzise erkennen. EKG Sensoren sehr anfällig für Bewegung und andere Störungen und werden häufig in Kombination mit anderen Sensortypen verwendet.

Die Haut Leitfähigkeit (GSR) ist nicht unter der bewussten Kontrolle des Menschen und ist ein zuverlässiger Indikator für Emotionen. Nervöse oder stressige Situationen sorgen im Körper dafür das sich die elektrische Leitfähigkeit der Haut ändert. Die Leitfähigkeit wird daher meist mit Erregung<sup>2</sup> verbunden und hängt mit Emotionen

---

<sup>1</sup>auch Elektro Dermale Aktivität (EDA) oder Haut Leitfähigkeit (SC) genannt

<sup>2</sup>engl. arousal

wie Stress, Aufregung, Frustration und Wut zusammen. Aufmerksamkeit erregende Stimuli sorgen für eine Änderung in der GSR, was nach [19] einen nicht nur die Emotionen erkennen lässt, sondern auch Prozesse zum Entscheidungstreffen. GSR bietet weniger Informationen zu Emotionen als EEG und EKG jedoch sind die Sensoren kleiner und können einfach am Körper getragen werden. Größter Nachteil ist das fehlen von Informationen zu Valenz welche für Emotion Recognition von einer anderen Datenquelle kommen muss.

Ein Signal das vom EKG extrahiert werden kann ist die Heart Rate Variability (HRV). Sie ist die Variation von Herzschlag zu Herzschlag innerhalb einer bestimmten Zeitperiode und wird beeinflusst vom Autonomen Nervensystem. Die Einflüsse können von Emotionen, Stress und physischer Aktivität kommen. Niedrige HRV deutet auf eine Zustand der Entspannung hin, während eine hohe HRV mentalen Stress oder Frustration bedeutet. Während die HRV von EKG Signalen entnommen werden kann, sind die Voraussetzungen für ein EKG recht hoch. Mit einem photoplethysmography Sensor (PPG) kann die HRV ebenfalls gemessen werden. Der PPG misst dabei mit Licht die Änderungen des mikrovaskulären Blutdrucks im Gewebe. Im Gegensatz zu EKG sind PPG Sensoren kleiner, günstiger und können komfortabler getragen werden.

Dzedzickis [19] erläuterte in den Untersuchungen, das man zwar Daten einzelner Sensoren Emotionserkennung nutzen kann, jedoch erhält man durch das Einbeziehen verschiedener Typen von Sensordaten teilweise bessere Ergebnisse.

## **3.2 Affective Computing**

Die Möglichkeit den emotionalen Zustand seines Nutzers zu verstehen, kann die Bedienbarkeit eines Computers in vielen Situationen verbessern. Interaktionen sollen weniger wie Mensch-Computer Interaktionen sondern für den Nutzer sich wie Mensch-Mensch Interaktionen anfühlen. Essentiell für letzteres ist das Verstehen der Emotionen des Interaktions-Partners auf die der Computer sich auf natürliche Weise an seinen Nutzer anpassen soll und auf Emotionen wie Frustration, Verwirrung, Ablehnung, Interesse und weitere reagieren kann [20]. Picard [21], Pionier im Feld des Affective Computing, argumentiert, dass Emotionen einen großen Einfluss auf kognitiven Prozesse haben. Sie Beeinflussen nicht nur die menschliche Krea-

tivität und Intelligenz, sondern auch Rationales Denken und Entscheidungen [21]. Computer können dies nutzen und sich gezielt auf ihren Nutzer anpassen, jedoch ist es laut Picard dafür nötig das Computer selbst "Emotionen haben" [21]. Es muss jedoch eine gute Balance geben, denn zu viele (zu starke) Emotionen können auch den gegenteiligen Effekt haben. Neurologische Studien hatten gezeigt, dass sowohl keine Emotionen als auch zu wenig Emotionen einen negativen Einfluss auch die Entscheidungsfähigkeit des Menschen haben, welches für einen Computer der Emotionen ausdrücken kann ebenso gilt.

Laut Vestnerin (2001) [22] muss ein echter Affective Computer 4 Komponenten bzw. Fähigkeiten aufweisen. Die erste ist das *Erkennen von menschlichen Emotionen* - wie bereits in 3.1 beschrieben - die er als "Grundlage" für Affective Computing bezeichnet. Ein System kann nur auf Basis des erkannten Affective State eine passende emotionale Antwort generieren. Ein Computer ist dabei nicht nur beschränkt auf Audio-Visuelle Eigenschaften wie die menschlichen Sinne, sondern kann auch zusätzlich mehr Intime Features nutzen die mehr über den Zustand des Menschen aussagen. Dabei geht es um physiologische Daten wie Körpertemperatur, Herz-rate, Schweiß usw. Die zweite Fähigkeit ist das *Ausdrücken von Emotionen* von Seiten des Computers. Informationen die über von Emotionen weitergeben werden, erfordern im Normalfall nicht die bewusste Aufmerksamkeit. Sie kann parallel zu anderen Informationen aufgenommen werden und erleichtert die Kognitive Last. Die grundsätzliche Voraussetzung für einen Computer Emotionen auszudrücken sind Methoden der Kommunikation wie Audio (Stimme) und Visuell (Bilder), zum Beispiel das Zeigen eines Bildes mit einem Gesicht das verschiedene Ausdrücke hat. Das Ausdrücken von Emotionen erfordert aber nicht unbedingt das der Computer auch Emotionen hat, Beispielsweise können Schauspieler sehr gut bestimmte Emotionen zeigen ohne diese zu fühlen.

Für einen Affective Computer ist *Emotionen haben* jedoch von Bedeutung wie Vestnerin für die dritte Eigenschaft beschreibt. Picard [21] stellte bereits die Frage ob Computer Emotionen haben sollten, ob sie etwas fühlen sollten und auch ob sie das können. Es ist etwas welches bisher den Menschen von der Maschine trennt. Picard schlug auch ein Modell von 5 Komponenten vor die in einem System mit Emotionen vorhanden sein müssen. Die Erste sind die "emergent emotions", welche dem observierbaren emotionalen Verhalten des System zuzuschreiben sind. Das System

muss dabei nicht zwingt Emotionen haben, der Nutzer nimmt das Verhalten des System jedoch als Emotionales Verhalten wahr. Die zweite Komponente sind die primären Emotionen. Dies sind angeborene Emotionen die jede Tierart besitzt und ermöglichen auf bestimmte Situationen zu reagieren, wie Angst bei Gefahr. Diese Emotionen lassen sich fühlen bevor einem überhaupt die Situation bewusst wird. Als drittes sind die Kognitiven Emotionen, die explizite Überlegungen der Person voraussetzen, z.B. Zufriedenheit bei dem Erfüllen einer Aufgabe. Die vierte Komponente ist die Emotionale Erfahrung "emotional experience", die Fähigkeit des Systems seinen eigenen affective State zu verstehen und das Bewusstsein über das eigene emotionale Verhalten. Außerdem das Verstehen der physiologischen Auswirkungen von Emotionen. Beim Menschen sind diese Herz-Rate, Atmung, Kalte Füße usw. Bei einem Computer können diese mithilfe von Sensoren ermittelt werden, sind aber nicht unbedingt notwendig, da Zustand in dem sich die Software befindet auch von Relevanz ist. Ein weiterer Aspekt ist "Bauchgefühl"[22]. Die Möglichkeit zu instinktiv wissen ob etwas "gut" oder "schlecht" ist. Die letzte Komponente "Body-Mind Interactions" sind Wechselwirkungen zwischen dem physiologischen Zustand und den Emotionen. Wie zuvor erläutert beeinflusst Kognition die Emotionen und Emotionen verändern den physiologisch Zustand, z.B. bei Angst erhöht sich die Herz-Rate. Der Zustand des Körpers und biochemische Prozesse, wie Hormone, beeinflusst aber auch die Emotionen. Zum Beispiel kann Hunger verschiedene Emotionen auslösen. Für den Computer ist dieser Einfluss auf die Kognition von Bedeutung, die Entscheidungen die das System trifft würden vom Zustand des Systems beeinflusst.

Die vierte und letzte Eigenschaft die ein Affective System haben sollte ist *Emotional Intelligence*, das Zusammenspiel der ersten 3 Eigenschaften. Vestnerin [22] beschreibt es als Fähigkeit des Systems die Emotionen von anderen und von sich zu verstehen und geeignete affektive Antworten zu generieren. Die Emotionen des Nutzers erkennen und entsprechend der Situation eine Antwort zu bilden die dem Nutzer wichtig ist, abhängig vom Ziel und der persönlicher Motivation.

### **3.3 Affective Learning Support**

Emotionen spielen eine essentielle Rolle beim Treffen von Entscheidungen, Wahrnehmung und beim Lernen [23]. Verschiedene emotionale Zustände können den

Lernprozess dabei sowohl unterstützen als auch behindern. Die Differenzierung ist dabei nicht immer klar, z.B. können positive Emotionen wie Heiterkeit sich negativ auswirken dagegen leicht negative Emotionen das kritische Denken fördern [1]. In klassischen Lernsituationen im Klassenraum erkennt der Lehrer die Lernzustände der einzelnen Schüler wie Erschöpfung, fehlende Konzentration, niedrige Motivation und Langeweile. Dem entsprechend kann der Lehrer geeignete Maßnahmen ergreifen dem Schüler beim Lernen zu helfen. In Umgebungen bei denen der Lernende eigenständig lernt, wie e-learning, können Motivation und Konzentration ungehindert abnehmen und Langeweile und Frustration zunehmen. Das führt dazu das die Effektivität des Lernens sinkt und der Lernprozess in stocken gerät oder sogar abgebrochen wird [1]. Der Erfolg des Lernens hängt damit vollkommen von der Selbstdisziplin des Lernenden ab.

E-learning Umgebungen haben die Möglichkeit den Lernprozess mit geeignetem Feedback zu unterstützen [1]. Langeweile und Frustration sind hinderlich beim Lernen und können durch einfache affektive Interventionen angegangen werden. Langeweile kann in Interesse und Aufmerksamkeit umgewandelt werden durch eine Änderung in der Aufgabe, einem Witz oder auch einer einfachen Ablenkung. Frustration bedeutet meistens das die Aufgabe für den Lerner zu schwer ist und kann angegangen werden durch Unterstützung und Anpassen der Aufgaben. Motivation und Konzentration sollten dagegen möglichst hoch sein und können durch Affective Learning Companions und Affective Tutors verbessert werden.

Mit Techniken der Gamification können in gemeinschaftlichen Lernumgebungen weitere Verbesserungen erzielt werden. Es besteht das Potential Motivation und Zufriedenheit zu steigern und hilf die Balance von Langeweile und Frustration zu halten [1].

# 4 Emotionale Lernunterstützung mit Betty's Brain

## 4.1 Erkennung emotionaler Lernzustände

Emotionen beeinflussen das Lernverhalten und den Lernerfolg [24] im positiven aber auch im negativen. Deshalb ist es für eine emotionale Lernunterstützung von Bedeutung den emotionalen Lernzustand eines Lernenden zu kennen. Pekrun [25] beschrieb die *epistemic emotions*<sup>1</sup> Langeweile, Verwirrung, Begeisterung und Frustration sind ausschlaggebend in einem Lernkontext.

Diese Emotionen zu erkennen ist in Betty's Brain nicht möglich. Jedoch befragt der Avatar Betty den Lernenden periodisch wie dieser sich fühlt, z.B. "How are you feeling?". Auf diesen Emotional Intelligence Questionnaire antwortet der Nutzer mit einer ausgewählten Lernzustände, "I am feeling bored?". Betty kann auf diese Antwort mit emotionalem Feedback reagieren.

Mit externen Sensoren kann der emotionale Lernzustand ebenfalls erkannt werden. D'Mello [26] untersuchte im ITS GazeTutor den Einsatz von Eye-Trackern um zu erkennen wohin der Blick des Lernenden fällt. Im Fokus waren dabei Langeweile und Aufmerksamkeit des Lernenden. Sofern der Tutor z.B. eine niedrige Aufmerksamkeit erkannt hatte, hat sich dieser bemerkbar gemacht um die Aufmerksamkeit auf sich zu ziehen. Indikator für Langeweile und Aufmerksamkeit war vor allem das diese mit ihren Gedanken wandern waren, durch Abwenden des Blicks vom Lehrinhalt oder vom Tutor für mehr als 10 Sekunden. Jaques [27] erhielt in ihrer Studie ähnliche Ergebnisse. Sie setzte eine Eye-Tracker zusammen mit dem MetaTutor ITS ein um Langeweile und Neugierde zu erkennen. Im Gegensatz zu GazeTutor wurden

---

<sup>1</sup>dt. erkenntnistheoretische Emotionen

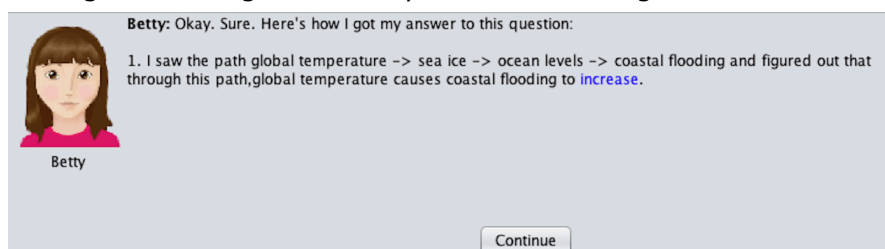
zur automatischen Erkennung verschiedene Machine Learning Algorithmen untersucht mit Genauigkeiten bis zu 69% für Langeweile und 73% für Neugierde [27].

Eye-Tracker sind jedoch teuer in der Anschaffung. Alternativ gibt es aber noch die Möglichkeit physiologische Sensordaten einzusetzen. Am Körper anbrachte Elektroden können aber als störend empfunden werden und vom Lernen ablenken. Sensoren wie EEG und EKG die einen größeren und komplexeren Aufbau erfordern mit vielen Elektroden sind dafür ungeeignet [19, 28]. Im LISA Projekt von A. Fortenbacher [28] hat man dafür ein Sensorarmband entwickelt, das die Sensoren PPG, EDA, SKT, TVOC<sup>2</sup> und CO<sub>2</sub><sup>3</sup> beinhaltet. Das Armband hat die Größe einer Uhr und kann am Handgelenk getragen werden. Wie auch bereits aus der Arbeit von [19] hervorgeht sind die Daten die von PPG und EDA Sensoren extrahiert werden zuverlässig. Im Gegensatz von EEG und EKG sind sie robust gegenüber von Interferenzen, z.B. Körperbewegungen beim EKG.

## 4.2 Emotionales Feedback

Beim eigenständigen Lernen gibt es keine Lehrer der einen Feedback gibt, um so Zustände wie Motivation und Konzentration zu steigern und Langeweile und Frustration zu mindern. Affective Tutors können unter der Betrachtung des emotionalen Lernzustandes des Lernenden, Feedback geben und damit die Effektivität des Lernens verbessern.

Abbildung 4.1: Dialogbox in Betty's Brain im Dialog mit dem Avatar Betty



Abgesehen vom Emotional Intelligence Questionnaire wird in Betty's Brain kein Feedback generiert das abhängig vom Emotionalen Zustand ist. Durch die Gege-

---

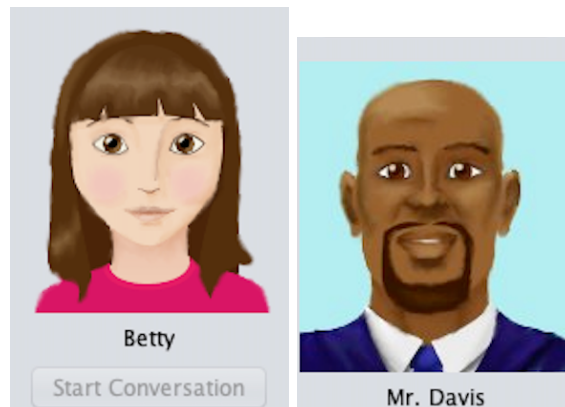
<sup>2</sup>Organische Partikel in der Luft

<sup>3</sup>CO<sub>2</sub> Gehalt in der Luft



benheiten der Benutzeroberfläche von Betty's Brain sollen 2 Möglichkeiten Feedback dem Nutzer zu vermitteln diskutiert werden. Die Erste ist die Einbindung des Dialogs mit den Avataren Betty und Mr. Davis (Abbildung 4.1). Die Anzeige von motivierenden Nachrichten als Feedback an den Lerner reduziert Frustration [29] und hilft beim fortführen der Lern Aufgaben. In Betty's Brain kann dies über ein Gespräch mit Mr. Davis erfolgen, der als Supervisor bzw. Unterstützer für den Nutzer dient. In Situationen in denen Frustration beim Lernenden festgestellt wird, erfolgt eine Intervention von Mr. Davis. Eine solche Intervention können einmalige motivierende Nachrichten sein oder auch fragen wie "Brauchst du Hilfe?", um darauf dem Nutzer Unterstützung bei der Aufgabe anzubieten. Feedback muss reguliert werden, sodass Interventionen weder zu stark noch zu schwach ausfallen, da ein zu stark manipulierter emotionaler Zustand kann von einem positiven zu einem negativen umschlagen kann [30]. Einem Lernenden der stark Frustriert ist, wird dann mehr geholfen um diese Frustration zu verringern. Dagegen jemanden der nur leichte Frustration verspürt, reichen ein paar kleine Tipps.

Abbildung 4.2: Darstellung der Avatare Betty und Mr. Davis in Betty's Brain



Die zweite Methode zum Geben von Feedback die in Betty's Brain genutzt werden kann, sind die Darstellungen der Avatare Betty und Mr. Davis (Abbildung 4.2). Die Bilder der beiden Avatare sind statisch und verändern sich nicht. Durch austauschen des Gesichtes eines Avatars mit einem Gesicht mit anderem Ausdruck können verschiedene Emotionen dargestellt werden, durch die der Avatar mit dem Lerner auf einer empathischen Ebene interagiert. Generell werden Avatare die, durch verschiedenen Gesichtsausdrücke, Emotionen wiedergeben können, positiv wahrgenommen

[31]. In Lernsituationen wird Lernerfolg, Motivation und Aufmerksamkeit gesteigert  
[32]. Durch das Vorhandensein von 2 unterschiedlichen Avataren in Betty's Brain kann das Verhalten bzw. die Gesichtsausdrücke ebenfalls unterschiedlich sein. Betty ist der Student den man unterrichten soll und widerspiegelt dadurch den Lernenden. In Kombination mit akkurater Emotion Recognition zeigt der Gesichtsausdruck von Betty den Emotionalen Zustand des Lernenden. Mr. Davis auf der anderen Hand gibt aktiv Feedback und manipuliert den Emotionalen Zustand des Lernenden mit entsprechenden Gesichtsausdrücken. Zum Beispiel ist der Lernende Frustriert mit der Aufgabe, zeigt Betty dies auf ihrem Gesicht, Mr. Davis dagegen zeigt einen positiven Ausdruck um den Lernenden zu Motivieren.

## 5 Diskussion

Mit der akkuraten Erkennung des emotionalen Zustandes eines Lernenden kann ein ITS einen Nutzer effektiv beim Lernen unterstützen und den Lernerfolg steigern. Voraussetzung ist, dass dem Lernenden affektives Feedback gegeben wird, das den entsprechenden Lernzustand entweder unterstützt (Motivation und Konzentration) oder ihn mindert (Langeweile und Frustration). Die 2 Avatare in Betty's Brain und deren Interaktionsfunktion über die Dialogbox bieten eine Grundlage um affektives Feedback zu jeder Zeit zu geben. Feedback kann zum Beispiel als Hilfe bei der Aufgabenbearbeitung dienen um Frustration und Langeweile zu mindern oder auch nach Abschluss einer Aufgabe erfolgen um den Lernenden zu motivieren. Wie effektiv die vorgeschlagenen Maßnahmen für emotionales Feedback sind, muss jedoch noch geklärt werden.

Limitierungen bestehen vor allem bei der Emotionserkennung. Zur Aufnahme physiologischer Daten müssen Sensoren am Körper befestigt werden, welche als Störend beim Lernprozess wirken könnten. Andere Methoden wie Eyetracking oder Facetracking erfordern dagegen externe Geräte die mit höheren Kosten verbunden sind. Für die Integration in Betty's Brain ist noch offen in wie weit das Interface für modifiziert werden kann, um damit Feedback zu geben.

Als nächsten Schritt müssen Methoden zur Emotionserkennung und emotionalen Feedback in Betty's Brain implementiert werden. Diese müssen dann getestet und evaluiert werden.

## Literaturverzeichnis

- [1] A. Landowska, "Affective computing and affective learning—methods, tools and prospects," *Stara strona magazynu EduAkcja*, vol. 5, no. 1, 2013.
- [2] M. Malekzadeh, M. B. Mustafa, and A. Lahsasna, "A review of emotion regulation in intelligent tutoring systems," *Journal of Educational Technology & Society*, vol. 18, no. 4, pp. 435–445, 2015.
- [3] J. Han, W. Zhao, Q. Jiang, M. Oubibi, and X. Hu, "Intelligent tutoring system trends 2006-2018: A literature review," in *2019 Eighth International Conference on Educational Innovation through Technology (EITT)*. IEEE, oct 2019.
- [4] S. Steenbergen-Hu and H. Cooper, "A meta-analysis of the effectiveness of intelligent tutoring systems on k–12 students' mathematical learning." *Journal of Educational Psychology*, vol. 105, no. 4, pp. 970–987, nov 2013.
- [5] R. D. Roscoe and D. S. McNamara, "Writing pal: Feasibility of an intelligent writing strategy tutor in the high school classroom." *Journal of Educational Psychology*, vol. 105, no. 4, pp. 1010–1025, nov 2013.
- [6] J. R. Anderson, A. T. Corbett, K. R. Koedinger, and R. Pelletier, "Cognitive tutors: Lessons learned," *Journal of the Learning Sciences*, vol. 4, no. 2, pp. 167–207, apr 1995.
- [7] N. T. Heffernan and K. R. Koedinger, "An intelligent tutoring system incorporating a model of an experienced human tutor," in *Intelligent Tutoring Systems*. Springer Berlin Heidelberg, 2002, pp. 596–608.
- [8] A. C. Graesser, P. Chipman, B. C. Haynes, and A. Olney, "Autotutor: An intelligent tutoring system with mixed-initiative dialogue," *IEEE Transactions on Education*, vol. 48, no. 4, pp. 612–618, 2005.

- [9] K. Leelawong and G. Biswas, "Designing learning by teaching agents: The betty's brain system," *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, vol. 18, no. 3, pp. 181–208, 2008.
- [10] G. Biswas, J. R. Segedy, and K. Bunchongchit, "From design to implementation to practice a learning by teaching system: Betty's brain," *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, vol. 26, no. 1, pp. 350–364, 2016.
- [11] P. Ekman, W. V. Friesen, M. O'Sullivan, A. Chan, I. Diacoyanni-Tarlatzis, K. Heider, R. Krause, W. A. LeCompte, T. Pitcairn, P. E. Ricci-Bitti, K. Scherer, M. Tomita, and A. Tzavaras, "Universals and cultural differences in the judgments of facial expressions of emotion." *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 53, no. 4, pp. 712–717, 1987.
- [12] Z. Zeng, M. Pantic, G. Roisman, and T. Huang, "A survey of affect recognition methods: Audio, visual, and spontaneous expressions," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 31, no. 1, pp. 39–58, jan 2009.
- [13] C.-H. Wu, J.-C. Lin, and W.-L. Wei, "Survey on audiovisual emotion recognition: databases, features, and data fusion strategies," *APSIPA Transactions on Signal and Information Processing*, vol. 3, 2014.
- [14] J. A. Russell, "A circumplex model of affect." *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 39, no. 6, pp. 1161–1178, 1980.
- [15] H. Gunes and M. Pantic, "Automatic, dimensional and continuous emotion recognition," *International Journal of Synthetic Emotions*, vol. 1, no. 1, pp. 68–99, jan 2010.
- [16] A. Mehrabian, "Communication without words," *Communication theory*, vol. 6, pp. 193–200, 2008.
- [17] N. Rule and N. Ambady, "First impressions of the face: Predicting success," *Social and Personality Psychology Compass*, vol. 4, no. 8, pp. 506–516, aug 2010.
- [18] L. Devillers and L. Vidrascu, "Real-life emotions detection with lexical and paralinguistic cues on human-human call center dialogs," in *Ninth International Conference on Spoken Language Processing*, 2006.

- [19] A. Dzedzickis, A. Kaklauskas, and V. Bucinskas, "Human emotion recognition: Review of sensors and methods," *Sensors*, vol. 20, no. 3, p. 592, jan 2020.
- [20] R. W. Picard, "Affective computing for hci." in *HCI (1)*. Citeseer, 1999, pp. 829–833.
- [21] —, "Affective computing," 1997.
- [22] E. Vesterinen *et al.*, "Affective computing," in *Digital Media Research Seminar, Helsinki*, 2001.
- [23] C.-H. Wu, Y.-M. Huang, and J.-P. Hwang, "Review of affective computing in education/learning: Trends and challenges," *British Journal of Educational Technology*, vol. 47, no. 6, pp. 1304–1323, 2016.
- [24] M. H. Immordino-Yang and M. Faeth, "The role of emotion and skilled intuition in learning," *Mind, brain, and education: Neuroscience implications for the classroom*, vol. 69, p. 83, 2010.
- [25] R. Pekrun and E. J. Stephens, "Academic emotions." in *APA educational psychology handbook, Vol 2: Individual differences and cultural and contextual factors*. American Psychological Association, 2012, pp. 3–31.
- [26] S. D'Mello, A. Olney, C. Williams, and P. Hays, "Gaze tutor: A gaze-reactive intelligent tutoring system," *International Journal of human-computer studies*, vol. 70, no. 5, pp. 377–398, 2012.
- [27] N. Jaques, C. Conati, J. M. Harley, and R. Azevedo, "Predicting affect from gaze data during interaction with an intelligent tutoring system," in *International Conference on Intelligent Tutoring Systems*. Springer, 2014, pp. 29–38.
- [28] A. Fortenbacher and H. Yun, "Can sensors effectively support learning?" in *Artificial Intelligence Supported Educational Technologies*. Springer, 2020, pp. 93–114.
- [29] R. Rajendran, S. Iyer, and S. Murthy, "Personalized affective feedback to address students' frustration in ITS," *IEEE Transactions on Learning Technologies*, vol. 12, no. 1, pp. 87–97, jan 2019.

- [30] J. Robison, S. McQuiggan, and J. Lester, "Evaluating the consequences of affective feedback in intelligent tutoring systems," in *2009 3rd International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction and Workshops*. IEEE, sep 2009.
- [31] E. Johnson, R. Hervás, C. G. L. de la Franca, T. Mondéjar, S. F. Ochoa, and J. Favela, "Assessing empathy and managing emotions through interactions with an affective avatar," *Health Informatics Journal*, vol. 24, no. 2, pp. 182–193, sep 2016.
- [32] A. Mohanty, "Affective pedagogical agent in e-learning environment: A reflective analysis," *Creative Education*, vol. 07, no. 04, pp. 586–595, 2016.