

Feedback-Proxys Zur Digitalisierung Von Classroom Response Systemen

Dissertation

Zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.)
der Fakultät für Informatik und Elektrotechnik
der Universität Rostock

vorgelegt von

Jonas Flint geb. Vetterick, geb. am 18.08.1987 in Rostock
aus Rostock

Rostock, 12. November 2017

Gutachter:

Prof. Dr. rer.nat. Clemens H. Cap, Universität Rostock

Prof. Dr.-Ing. Alke Martens, Universität Rostock

Prof. Dr. François Bry, Ludwig-Maximilians-Universität München

Jahr der Einreichung: 2017

Jahr der Verteidigung: 2018

DANK

Jede wissenschaftliche Arbeit ist auch ein Abenteuer. Auf seiner Mission steht der Abenteurer vor scheinbar unlösbaren Herausforderungen, er durchquert Täler und erklimmt Gipfel, um ans ein Ziel zu kommen. Niemals schafft es der Abenteurer dabei alleine. Er wird von Weggefährten begleitet, von Freunden unterstützt und er trifft auch mal auf Menschen, die ihm einfach so weiterhelfen.

Diese Dissertation ist mein wissenschaftliches Abenteuer und es gab viele, die mich auf meinem Weg begleitet, unterstützt und motiviert haben. Danke!

Diese Arbeit wurde am Lehrstuhl für Informations- und Kommunikationsdienste von Herrn Prof. Dr. Clemens Cap erarbeitet und verfasst. Ich danke Prof. Cap für die vielen konstruktiven und intensiven Diskussionen über die Verbesserung der digitalisierten Lehre zum einen und dem Verfassen dieser Dissertation zum anderen. Danke, dass Sie mir die Möglichkeit gaben, meine Forschungsarbeiten zu präsentieren, mir die Methodik wissenschaftlichen Arbeitens lehrten und mit mir zusammen Tweedback aufbauten.

Darüber hinaus danke ich Prof. Martens und Prof. Bry für Ihre hilfreichen Hinweise und Kommentare zu den unterschiedlichsten Phasen des Schreibens dieser Arbeit. Vielen Dank, dass Sie sich die Zeit nahmen, mich zu unterstützen.

Weiter möchte ich Bastian Schwennigcke für die enge Zusammenarbeit und die zahlreichen, herausfordernden Diskussionen über das Zusammenspiel von Kommunikationswissenschaft und Kommunikationstechnologie bedanken. Danke, dass du mir Einblicke weit über den Tellerrand eines Informatikers aufgezeigt hast.

Bedanken möchte ich mich außerdem bei allen, die mit mir gemeinsam Tweedback zu dem gemacht haben, was es heute ist. Einen riesigen Dank an Meike Klettke, Prof. Altiner und Prof. Mittlmeier für das Vertrauen in die ersten Versionen von Tweedback. Vielen Dank an Ulrike Borchardt und Mario Donick für die gemeinsamen Evaluationen. Vielen Dank an Thomas, Martin, Andreas, Petra, Bernd, Jacqueline, Christine, Till, Robin, Samaneh und Tariq für das immer ehrliche Feedback, eure Offenheit und das ich in diesem unglaublich kollegialen Team mitarbeiten durfte. Vielen Dank an alle Studenten, die an Tweedback mitgewirkt haben. Im Besonderen danke ich dabei Christian, Benno, Marvin und Marcus, deren Motivation und Engagement mich noch heute beeindruckten.

Ich danke allen Korrekturlesern für die viele Zeit, die sie aufgebracht haben, insbesondere Steffi. Außerdem danke ich Erik und Degol dafür, dass sie mir die Zeit zum Schreiben freigehalten haben.

Ich danke meiner Frau Martina, ohne die ich keine dieser Zeilen schreiben würde. Danke, dass du für mich in jeder Situation da bist, mich aus jedem Tal aufbaust und mich nach jedem Gipfel erdest. Danke für Alles.

KURZFASSUNG

Die universitäre Lehre steht unter dem zunehmenden Druck immer größer werdender Lehrveranstaltungen. Der einzelne Hörer gerät weiter in den Hintergrund, entfernt sich vom Dozenten und hat weniger Möglichkeiten, Fragen zu stellen. Der Trend zunehmender Hörerzahlen erzeugt dabei ein ganz spezifisches, neues Problem: Je größer die Veranstaltung wird, desto weniger Feedback wird kommuniziert. Die Hemmschwelle, vor allem für jüngere Semester, ist meistens zu groß, um eine Frage vor hunderten Kommilitonen zu stellen.

Das Problem der zu geringen Feedback-Kommunikation ist nicht neu. Bereits mit dem Konzept der „Peer Instruction“ versuchte Eric Mazur die Zuhörer dazu zu animieren, ihm Feedback zu geben. Mit der technologischen Weiterentwicklung dieses Konzepts, den Classroom Response Systemen und deren Umsetzung in Form von Smartphone-Apps, könnte das Problem, zumindest für den Dozenten, gelöst werden. Lerner können Fragen der Dozenten per App beantworten. Zwar unterstützen diese Classroom Response Systeme den Lerner dabei sein individuelles Feedback zu kommunizieren, allerdings greifen sie die vielfältigen, weiteren Möglichkeiten der Digitalisierung nicht auf.

Die vorliegende Arbeit setzt an diesen beiden Punkten an und entwickelt ein neues Design Pattern des Technology Enhanced Learning, mit dem Lerner und Dozenten Feedback in großen Lehrveranstaltungen kommunizieren können. Weiterhin wird dieses Entwurfsmuster dazu verwendet, eine neue, dritte Generation von Classroom Response Systemen abzuleiten, die in der Lage sind, Feedback nicht mehr nur zum Dozenten, sondern auch zwischen den Lernern, vom Lerner zum Dozenten oder vom Lerner hin zum Auditorium zu vermitteln. Weil das Feedback zwischen Lernern und Dozenten über ein technisches System ähnlich wie bei einem Proxyserver geleitet wird, erhält das Entwurfsmuster den Namen „Feedback-Proxy“. Während der Ausarbeitung des Feedback-Proxy entstand „Tweedback“. Unter tweedback.de wird seit 2013 ein Feedback-Proxy beziehungsweise ein Classroom Response System der dritten Generation entwickelt und zur Verfügung gestellt. In Tweedback sind die Anforderungen und Kommunikationsmöglichkeiten des Feedback-Proxys so umgesetzt, dass Dozenten und Lerner unkompliziert Feedback kommunizieren können. Dozenten erhalten zum Beispiel Feedback über das Quiz, indem die Lerner auf eine Multiple Choice Frage des Dozenten antworten. Weiter können Lerner dem Auditorium oder dem Dozenten Fragen stellen oder ein unspezifisches Problem mit der Vorlesung markieren. Durch die mehrjährige Nutzung von Tweedback wurde die tatsächliche Anwendung in der Lehre von Feedback-Proxys beobachtet und dementsprechend evaluiert.

ABSTRACT

Teaching at universities becomes more challenging as the number of students per lesson become bigger and bigger. An individual student fades more and more into the background, feels disconnected to the teacher and has less possibilities to ask questions. The trend of increasing audience sizes creates a specific problem: Feedback is communicated less in bigger lessons. Students' inhibition threshold, especially for freshmen, is mostly too high to ask a question in front of hundreds of fellow students.

Actually, the problem of too few feedback communication is not new. Eric Mazur tried to motivate his students with a concept called "Peer Instruction" to communicate feedback to him. This concept has been technically advanced and improved by Classroom Response Systems, which allow students to answer teachers' multiple-choice questions with a device or later with an app. But even so, neither do these systems cover students' individual needs of feedback communication nor do they make use of the magnificent digitalization possibilities.

This thesis focuses on these two drawbacks and creates a new Technology Enhanced Learning Pattern so teachers and students can communicate feedback. This design pattern is further used to imply a new, third generation of Classroom Response Systems, that are able to transport feedback not only from learners to teachers but also from students to the audience. Therefore, a technical system has been created that acts like a proxy server in forwarding feedback from learners to teachers or other learners, hence the name "Feedback-Proxy".

During the development of the feedback proxy the system "Tweedback" evolved. Since 2013 this feedback proxy or rather this third generation of Classroom Response System is available for anyone. Tweedback implements the requirements and possibilities to communicate in that way, so teachers and learners can communicate feedback easily in their lessons. Teachers for example, can get feedback through a quiz, when learners answer their multiple-choice questions. Moreover, learners can ask questions or mark unspecific problems which they cannot express with a text message. Using actual usage data allowed this thesis to observe and evaluate learners and teachers authentic use of this feedback proxy or third-generation Classroom Response System respectively.

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung.....	9
1.1	Forschungsfragen	11
1.2	Einordnung der Arbeit.....	12
1.3	Überblick über die Arbeit	13
2	Stand der Technik.....	15
2.1	Digitalisierung der Lehre	15
2.2	Design Pattern des Technology Enhanced Learning	17
2.3	Classroom Response Systeme	18
2.4	Wearable Computing	24
2.5	Lernmodell von D. Laurillard	27
3	Der Feedback-Proxy – Ein neues Technologie-gestütztes Design Pattern für große Lehrveranstaltungen	30
3.1	Anforderungen	30
3.2	Der Feedback-Proxy	37
3.3	Feedback-Proxys und Classroom Response Systeme.....	42
4	Tweedback - Ein Classroom Response System der dritten Generation	45
4.1	Feedbackformen.....	46
4.2	Minimale Einstiegshürde.....	61
4.3	Architektur & Technologie	62
4.4	Ereignis-basierte Echtzeit-Kommunikation mittels HTTP WebSockets.....	74
5	Feedback-Latenz bei der Feedback-Kommunikation zum Dozenten.....	77
5.1	Reduzierung der Feedback-Latenz durch Wearables.....	78
5.2	Smartwatch-Integration in Tweedback.....	82
5.3	Erweiterung der Referenz-Architektur um Wearables	84
5.4	Smartwatches für Classroom Response Systeme	84
6	Auswertung der Nutzung	86
6.1	Nutzen für Lerner	86
6.2	Chatwall Nachrichten	90

6.3	Lernertypen	96
6.4	Nutzung von Dozenten	108
6.5	Verringerung der Feedback-Latenz	110
7	Zusammenfassung & Ausblick	116
7.1	Zusammenfassung	116
7.2	Ausblick	118
8	Abbildungsverzeichnis	120
9	Tabellenverzeichnis	122
10	Literaturverzeichnis	123
11	Anhang A	129
11.1	UML Klassendiagramm Client Detailliert	129
12	Anhang B	130
12.1	Quiz – Ablauf auf tweedback.de	130
12.2	Chatwall – Ablauf auf tweedback.de	138
12.3	Problem Button – Ablauf auf tweedback.de	145
13	Anhang C	151

1 Einleitung

Die Lernsituation an Hochschulen besteht häufig aus Lehrveranstaltungen mit vielen, oft mehr als einhundert, Teilnehmern. Die Wirtschaftswoche beispielsweise beschreibt im Januar 2017 unter dem Titel „Überfüllte Hörsäle - Immer mehr Studenten, immer weniger Profs“, wie der Betreuungsschlüssel laut Informationen des Statistischen Bundesamtes von 2010 bis 2017 von 60 auf 67 Studenten je Professor angestiegen ist [1]. Diese großen¹ Veranstaltungen haben zur Folge, dass Dozenten selten in der Lage sind, individuell auf Probleme der Lerner einzugehen oder zu überprüfen, ob ihre Zuhörer den Lehrstoff verstehen. Lerner hingegen trauen sich häufig nicht, eine Frage zu stellen, da sie Angst haben, öffentlich - vor allen anderen Zuhörern – „einen Fehler zu machen“ [2].

Dozenten und Lerner stehen daher oft vor einem Feedback-Problem: Wie kommunizieren sie dem jeweils anderen, dass ein Problem existiert? Ein einzelner Lerner geht in der Masse des Auditoriums unter oder traut sich nicht, seine Frage vor allen anderen zu stellen – er kann sein Problem nicht kommunizieren.

Zum Beispiel ist dem Lerner nicht klar, ob die Formel auf Folie 24 wirklich ein Fehler des Dozenten ist oder aber durch eine Herleitung entsteht, die er nicht versteht. In beiden Fällen wäre es schön, wenn ihm diese Frage beantwortet werden würde. Dieser Lerner steht allerdings vor mehreren Herausforderungen, um an eine Antwort zu kommen. Er fragt seine Nachbarn um Rat und hofft, dass diese besser Bescheid wissen. Ist dies nicht der Fall, kann er den Dozenten fragen. Stellt sich allerdings heraus, dass es kein Fehler war, fühlt sich der Lerner vor allen anderen bloßgestellt. Ist es hingegen tatsächlich ein Fehler des Dozenten, fragt sich der Lerner, ob der Dozent dankbar sein wird oder aber in der nächsten Prüfung nachtragend ist? Dozenten hingegen sind daran interessiert, ihren Lehrstoff allen im Auditorium zu vermitteln, kennen aber die einzelnen Probleme der Lerner gar nicht. Lehrende würden gerne Feedback bekommen, um diese Probleme zu verstehen, sie haben aber weder die Zeit noch die Werkzeuge, Feedback von allen Lernern einzuholen.

Zum Beispiel ist es für den Dozenten, der auf Folie 24 eine sehr elegante Herleitung verwendet, in den Abschlussprüfungen immer wieder ein Rätsel, warum sich ein Großteil der Lerner an diese Herleitung oft nicht erinnert. In der Vorlesung hat dazu bisher noch nie jemand nachgefragt. Für ihn wäre es schön, wenn er dazu Feedback bekommen könnte, aber leider äußert sich niemand – auch nicht auf explizite Nachfrage. Es gibt folglich auf beiden Seiten einer Lehrveranstaltung das Bedürfnis, Feedback zu kommunizieren und/oder kommuniziert zu bekommen. Lerner benötigen Möglichkeiten, ihr Feedback durch das „Rauschen“ des Auditoriums an den Dozenten zu leiten. Der Dozent hingegen benötigt Möglichkeiten, dieses Feedback von seinem Auditorium zu empfangen, um mehr über das Verständnis seiner Zuhörer zu

¹ Basierend auf [72] sind große Lehrveranstaltungen durch mehr als 100 Teilnehmern definiert.

erfahren. Die Aufbereitung des Feedbacks ist dabei von zentraler Bedeutung, da die Hauptaufgabe eines Dozenten weiterhin der Vortrag ist: Er benötigt demnach ein System, das ihm das Feedback seines Auditoriums aggregiert, sortiert und gegebenenfalls priorisiert.

Lerner und Dozenten haben demzufolge das Bedürfnis, ihr Feedback gegenseitig zu kommunizieren, können dies aber in Ermangelung an dafür zur Verfügung stehenden Mitteln nicht durchführen. Würde beiden Seiten ein Kanal bereitgestellt, der es ermöglicht, in der Lehrveranstaltung miteinander zu interagieren, könnten sie darüber das für beide Seiten wichtige Feedback transportieren.

Ein solcher Kanal existiert schon in Form von Classroom Response Systemen der ersten Generation. Classroom Response Systeme basieren in ihrer ursprünglichen, traditionellen Form auf dem von Mazur entwickelten Prinzip der „Peer Instruction“ [3], bei dem Lerner eine Fragestellung des Dozenten mit vorgegebenen Antwortmöglichkeiten beantworten. Dozenten bekommen so einen Überblick darüber, ob ihre Lerner die Frage verstanden haben und ob sie über das Wissen zur Beantwortung dieser Frage verfügen.

Durch die Verwendung von Fernbedienungen, so genannten „Clickern“, setzten Classroom Response Systeme dieses Prinzip in ein technisches System um und es entstand eine zweite Generation. Lerner verwendeten diese Geräte um ihre Antwort auf eine Frage des Dozenten zu beantworten. Allerdings haben diese Clicker zwei Nachteile: Zum einen müssen die Geräte ausgeteilt, eingesammelt und gewartet werden. Zum anderen ermöglichen sie die Kommunikation von Feedback nur in eine einzige Richtung: Der Dozent kann zwar erfahren, ob die Lerner seine Fragen beantworten können, aber die Lerner haben trotzdem keine Möglichkeit, ihre spezifischen Probleme an den Dozenten zu kommunizieren. Während der erste Nachteil gelöst wurde, indem Lerner ihre eigenen Mobiltelefone nutzten, blieb der zweite Nachteil weiterhin bestehen.

Mit der zunehmenden Digitalisierung rückte dieses Bedürfnis der Lerner, ihr Feedback an den Dozenten zu kommunizieren, zunehmend auch in den Fokus der Hochschullehre. So fasste das Hochschulforum Digitalisierung in einer Veröffentlichung 2015 zusammen, dass die „Kollaboration der Schlüssel zur erfolgreichen Digitalisierung“ ist [4]. Gerade diese Kollaboration muss demnach so erfolgen, dass sich Lerner und Dozenten in der Veranstaltung ihr Feedback – digital – kommunizieren.

Dieses Problem der Feedback-Kommunikation im Zeitalter der Digitalisierung wird in dieser Arbeit von zwei Seiten betrachtet. Zum einen aus der Sicht der Lerner, deren Feedback dem Dozenten im klassischen Vorlesungsszenario nur verbal kommuniziert werden kann. Zum anderen wird das Problem aus der Sicht der Dozenten betrachtet, da sie während des Vortragens kaum in der Lage sind, Feedback von Einzelnen des Auditoriums einer großen Lehrveranstaltung aufzunehmen und zu verarbeiten.

1.1 Forschungsfragen

Das Kernproblem dieser Arbeit fokussiert das **Fehlen eines Kanals** zwischen einem Dozenten und einer großen Zahl an Lernern, der die **Feedback-Kommunikation im Zeitalter der Digitalisierung** ermöglicht. Der Hauptbeitrag dieser Arbeit ist die Konzeption und Evaluierung eines solchen digitalisierten Kanals zur Verbesserung der Feedback-Kommunikation in großen Lehrveranstaltungen. Dafür wird auf das Prinzip der Classroom Response Systeme zurückgegriffen und dieses weiterentwickelt, um dem Bedürfnis der Feedback-Kommunikation gerecht zu werden.

Da ein Großteil der heutigen Lerner und Dozenten über ein Mobilgerät verfügt (zum Beispiel 77% in 2014 [5], 82% in 2015 [6] und 99% in 2016 [7]), bietet es sich an, diesen Kanal in digitalisierter Form zu etablieren, sodass das Feedback auf diesem Weg von Lernern und Dozenten kommuniziert werden kann. Die Konzeption und Evaluation dieses digitalisierten Kanals wird hier als „Design Pattern“ des Technology Enhanced Learning betrachtet. Design Pattern des Technology Enhanced Learning sind dabei Werkzeuge, um wiederkehrende Probleme in der Lehre zu lösen (siehe dazu auch [8] und die Erläuterung in Kapitel 2.1). Dadurch, dass die hier erarbeitete Lösung als ein solches Design Pattern konzipiert ist, erhalten Dozenten ein Werkzeug zur Etablierung von Feedback-Kommunikation, das sie in jeder Lehrveranstaltung wiederverwenden können.

Um dieses Design Pattern auf Basis der Classroom Response Systeme zu erarbeiten, wird das Kernproblem des fehlenden Kanals zur Feedback-Kommunikation in dieser Arbeit zunächst in drei Problembereiche gegliedert. Für jeden dieser Bereiche werden Forschungsfragen als Fixpunkte dieser Arbeit definiert.

Dadurch, dass es bereits mit den Classroom Response Systemen einen Ansatz gibt, der die Feedback-Kommunikation für Dozenten teilweise löst, stellt sich die Frage, wie dieser Ansatz in eine digitalisierte Form transformiert werden kann. Der erste Bereich ist daher durch die Leitfrage bezüglich der Beschaffenheit (Konzeption, Architektur und Design) dieses digitalisierten Kanals definiert: **Wie muss ein digitalisierter Kommunikationskanal in Lehrveranstaltungen konstruiert sein, sodass Dozenten und Lerner Feedback kommunizieren können?** Ziel dieser Frage ist, die Grundlage für das technische System des Design Pattern zu erschaffen, das Feedback in großen Lehrveranstaltungen ermöglicht.

Die beiden weiteren Problembereiche basieren auf dem zuvor erarbeiteten Feedback-Kanal und betrachten dann die Probleme und Herausforderungen erst aus der Perspektive der Lerner und dann aus der der Dozenten.

Im zweiten Problembereich (Lerner) werden die Gründe der Nutzung des Feedback-Kommunikationskanals näher untersucht, um herauszufinden, wie Lerner die digitale Kollaboration in Lehrveranstaltung nutzen. Wichtig ist, herauszuarbeiten, wie das technische System aufgebaut und

umgesetzt sein muss. Getragen wird dieser Problembereich daher von den Leitfragen: **Wie nutzen Lerner den digitalisierten Kanal, welche Gemeinsamkeiten lassen sich daraus ableiten und wie kann der Feedback-Kommunikationskanal darauf angepasst werden?** Ziel dieser Leitfragen ist es, herauszufinden, ob und welche unterschiedlichen Lerner-Typen bei der Nutzung des Feedback-Kommunikationskanals es gibt und weshalb sie unterschiedliche Präferenzen bei der Nutzung haben. Für die Beantwortung der Fragen und das Erreichen des Ziels erfolgt ein bisher einzigartiger Brückenschlag zwischen Kommunikationsdiensten und Kommunikationswissenschaft: Es werden unterschiedliche Lerner-Typen auf Basis des von Diana Laurillard [9] entwickelten Lern- und Kommunikationsmodell für Classroom Response Systeme identifiziert.

Der dritte Problembereich (Dozenten) umfasst die Herausforderungen an die Dozenten bei der Anwendung des Feedback-Kommunikationskanals. Dozenten haben mithilfe des neuen Feedback-Kommunikationskanals zwar die Möglichkeit, mehr über ihre Lerner zu erfahren, stehen aber dadurch dem neuen Problem gegenüber, ihren Aufmerksamkeitsfokus zwischen Vortrag und Feedback zu teilen. Da die wichtigste Aufgabe des Dozenten sein Vortrag ist, steht dem Feedback-Kommunikationskanal nur begrenzt viel Aufmerksamkeitszeit zur Verfügung. Die Leitfragen lauten daher: **Wie groß ist die Verzögerung zwischen Entstehen des Feedbacks und Kenntnisnahme beim Dozenten? Wie kann diese Verzögerung verringert werden?** Diese Leitfragen verfolgen zwei Ziele. Zum einen werden die Auswirkungen des Feedback-Kommunikationskanals auf die Dozenten untersucht, um herauszufinden, wie schnell Dozenten auf das parallel zum Vortrag kommunizierte Feedback reagieren. Zum anderen werden die Ergebnisse dieser Untersuchung zur Verbesserung des Feedback-Kommunikationskanals verwendet, um Dozenten eine verzögerungsarme Methode zur Aufnahme des Feedbacks zur Verfügung zu stellen.

1.2 Einordnung der Arbeit

Diese Arbeit legt ein aktuelles Problem in der Hochschullehre im Zeitalter der Digitalisierung offen und leitet als Lösung ein neues Design Pattern des Technology Enhanced Learning aus dem Prinzip der Classroom Response Systeme ab. Sie ist daher dem Bereich des „Technology Enhanced Learning“ zuzuordnen, da „die Evolution von Lernen und Technologie, sowie neue Zusammenhänge von Lernen mit Technologie“ untersucht werden².

Das Problem der Feedback-Kommunikation wird daher durch ein Design Pattern gelöst. Dieses Design Pattern ist ein Werkzeug für Dozenten, das auf Basis eines theoretischen Konzepts und dessen technischer

² Aus „Scope“ in „Technology-Enhanced Learning: Design Patterns and Pattern Languages“ [8]

Umsetzung die Kommunikation von Feedback erlaubt. Auf Basis dieses neuen Design Patterns wird darüber hinaus eine neue, dritte Generation der Classroom Response Systeme abgeleitet.

Der Mehrwert für Lerner und Dozenten wird später in Bezug auf den bisherigen Forschungsstand der Classroom Response Systeme untersucht und bewertet. Als Ergebnis werden erstmalig typische Lernertypen von Classroom Response Systemen auf Basis des Lernmodells von Laurillard identifiziert. Diese Lernertypen und deren charakterliches Lernverhalten fließen wiederum in die Entstehung des Design Pattern und dessen Umsetzung mit ein.

Als weiteres Ergebnis dieser Arbeit entstand das Classroom Response System „Tweedback“³. Die hier untersuchten Forschungsergebnisse sind darüber hinaus auch auf andere Classroom Response Systeme und auch andere Design Pattern des Technology Enhanced Learning anwendbar.

1.3 Überblick über die Arbeit

Im nachfolgenden Kapitel wird der aktuelle Stand der Forschung vorgestellt. Zu Beginn wird der Prozess der Digitalisierung der Lehre erörtert. Daraufhin wird der Forschungsbereich des Technology Enhanced Learning vorgestellt und die Definition und Charakteristik von Design Patterns erläutert. Im Anschluss werden dann Forschungsarbeiten zu Classroom Response Systemen zusammengefasst und kritisch betrachtet. Dadurch wird deutlich, dass es eine Lücke zwischen klassischen Classroom Response Systemen und derzeitigen Anforderungen von Lernern und Dozenten im Zeitalter der Digitalisierung gibt. Weiter wird der aktuelle Stand der Technik in Bezug auf das Wearable Computing in der Lehre zusammengefasst, um später eine Lösung auf Basis eines von tragbaren Geräten („Wearables“) für den dritten Problembereich zu entwickeln. Abschließend wird das Lernmodell von Laurillard vorgestellt.

Auf dem Stand der Technik aufbauend wird in Kapitel 3 der Feedback-Proxy als neues Design Pattern des Technology Enhanced Learning erarbeitet und daraus eine neue Generation der Classroom Response Systeme abgeleitet. Es werden die Anforderungen an den Feedback-Proxy spezifiziert, seine Funktionen vorgestellt und seine Wirkungsweise herausgestellt.

Anschließend wird in Kapitel 4 die technische Umsetzung des Feedback-Proxy „Tweedback“ als Instanz der neuen Generation der Classroom Response Systeme erläutert. Es werden aufgrund von Beobachtungen von Lernern und Dozenten beim Umgang mit diesem neuen digitalisierten Kanal die technischen Herausforderungen untersucht und die dafür entwickelten und angepassten Lösungen erarbeitet. Vor allem wird auf das Bedürfnis der Lerner, dem Dozenten oder dem Auditorium Feedback geben zu können, eingegangen.

³ <http://tweedback.de>

In Kapitel 5 wird das Problem der Feedback-Latenz von Dozenten bei der Anwendung eines Feedback-Proxys fokussiert. Entsprechend dazu werden besondere Situationen des Dozenten untersucht und Lösungsansätze zur Reduzierung der Feedback-Latenz mithilfe einer Smartwatch vorgestellt.

In Kapitel 6 werden die in Kapitel 3, 4 und 5 vorgestellten Lösungen evaluiert. Es wird der allgemeine, praktische Nutzen des Feedback-Proxys als neue Generation von Classroom Response Systemen untersucht. Anschließend werden unterschiedliche Lerner-Typen identifiziert, die sich in der Art des Lernens und des Nutzens eines Classroom Response Systems unterscheiden. Darüber hinaus wird die erarbeitete Lösung zur Reduzierung der Feedback-Latenz in einer ersten Studie eruiert.

Zum Schluss dieser Arbeit werden die Ergebnisse zusammengefasst, in den Forschungsstand einsortiert und ein Ausblick auf weitere Forschungstätigkeiten gegeben.

2 Stand der Technik

Der Forschungsstand der in dieser Arbeit verwendeten Konzepte und Technologien wird nachfolgend vorgestellt. Dafür wird zu Beginn die Digitalisierung der Lehre im Allgemeinen vorgestellt, um das Verständnis für das Bedürfnis eines digitalisierten Feedback-Kommunikationskanals zu erörtern.

Im Anschluss wird der Forschungsbereich des Technology Enhanced Learning und dessen Prinzip der Design Pattern aufbereitet und die Charakteristik eines Design Pattern herausgearbeitet. Auf diesen Grundlagen aufbauend werden daraufhin die Classroom Response Systeme vorgestellt, in den Bereich des Technology Enhanced Learning eingeordnet und begründet, warum eine neue Generation benötigt wird.

Des Weiteren wird der aktuelle Stand der Technik von Wearables und deren Funktionen betrachtet und in den Kontext der digitalisierten Lehre einsortiert. Die hier herausgestellten Erkenntnisse werden später angewendet, um die Zeit zwischen dem Auftreten von Feedback und der Rezeption beim Dozenten zu verringern, sodass Dozenten früher auf Feedback reagieren können.

Zum Schluss wird das Lernmodell von Laurillard vorgestellt, damit die Grundlagen des in der Evaluation angewendeten Lernkonzepts nachvollziehbar sind.

2.1 Digitalisierung der Lehre

Wie eingangs beschrieben, sind volle Hörsäle einhergehend mit dem technologischen Fortschritt gleichermaßen große Herausforderungen für Lerner und Dozenten. Bischof und von Stuckrad postulierten schon 2013 [10], dass Dozenten und Professoren mit den größer werdenden Seminaren und Vorlesungen kaum in der Lage sind, individuell auf die Probleme der Lerner einzugehen. Weiter weisen die Autoren aber darauf hin, dass „digitale Technologien das Potential haben, Lernweg und -geschwindigkeit individuell an die Kompetenzen des jeweiligen Studierenden anzupassen.“

Da ein immer größer werdender Teil der Studenten mittlerweile über ein Smartphone oder ein ähnliches mobiles Gerät verfügt (siehe beispielsweise „Student mobile device survey 2015“ von [11]), kann die Digitalisierung zu einem Werkzeug werden, das Lernern und Lehrern hilft.

In ihrem Aufsatz „How should professors adapt to the changing digital education environment?“ beschreibt Diane Laurillard [12] die Herausforderung zunehmenden Lernerzahlen bei steigenden Ansprüchen an die Qualität der Lehre. Sie schlussfolgert, dass diese Herausforderung nur bewältigt werden kann, wenn „Lehre als ein iterativer, ständig zu verbessernder Prozess betrachtet wird und die Möglichkeiten digitaler Technologien ganzheitlich ausgeschöpft werden“.

Unter dem Stichwort „Digitalisierung der Lehre“ entstehen zunehmend wissenschaftliche Arbeiten, Lösungen und Untersuchungen zu dieser Problematik. So hat das Hochschulforum Digitalisierung zwanzig Thesen zur Digitalisierung veröffentlicht, um diese Herausforderungen in verschiedenen Schwerpunkten

zusammenzufassen [4]. Für technische Innovationen wird deutlich, dass das Wechselspiel zwischen technischem Fortschritt und didaktischen Fragestellungen nur erfolgreich ist, wenn Technik und Didaktik aufeinander abgestimmt sind und sich beeinflussen. Daher wird in dieser Arbeit ein Entwurfsmuster für Lehrende aus dem Forschungszweig des Technology Enhanced Learning erarbeitet, das nicht nur aus einer Softwarekomponente besteht, sondern ein digitales Werkzeug für Dozenten im Zeitalter der Digitalisierung bereitstellt.

Weiter wird in den Thesen aus [4] thematisiert, dass die „Kollaboration der Schlüssel zur erfolgreichen Digitalisierung“ ist. Wie später in der Arbeit gezeigt wird, erfolgt ein Teil der Feedback-Kommunikation über die Kollaboration der Zuhörer, sodass sich diese über den Feedback-Kommunikationskanal austauschen und miteinander interagieren können.

Auf der Kollaboration aufbauend stellen Wannemacher et al heraus [13], dass das kollaborative Lernen neben den vielen Vorteilen auch einige Herausforderungen besitzt, die es zu beachten gilt. So „erfordert die Kollaboration auch immer Selbstdisziplin, um nicht von den Aufgabenstellungen abzuschweifen.“ Weiter beschreiben die Autoren, dass durch die Kollaboration weniger Zeit für den Lernstoff bleiben kann, da mehr Zeit für die Kommunikation aufgewendet wird. Diese Herausforderungen müssen bei der Feedback-Kommunikation beachtet werden.

Darüber hinaus fallen bei der Nutzung digitaler Werkzeuge in der Lehre viele wertvolle Daten an, die unter dem Oberbegriff der Learning Analytics zusammengefasst und für das Individualisieren der Lernumgebung verwendet werden können [14]. Aufgrund dieser anfallenden personenbezogenen Daten weisen Höfer et al darauf hin [15], dass die Nutzung digitaler Werkzeuge in der Lehre anonymisiert oder pseudonymisiert erfolgen sollte. Auch dieser Aspekt wird daher später in der Feedback-Kommunikation berücksichtigt.

Neben den vielen Möglichkeiten der Digitalisierung der Lehre sind viele weitere Lösungen und Systeme denkbar – vor allem, um das Problem der Feedback-Kommunikation zu lösen. Um aber ein digitales Werkzeug zu schaffen, das einen hohen Mehrwert bei Lernern und Dozenten erzeugt, identifiziert Knutzen den wichtigsten Erfolgsfaktor darin [16], dass die Einstiegshürde beziehungsweise „die Schwelle zum Einstieg in das System sehr gering“ sein sollte. Diese Einstiegshürde muss darüber hinaus auch für jede der heterogenen Lerngruppen so gering wie möglich sein. Auch diese beiden Aspekte werden in dieser Arbeit berücksichtigt, um das Problem der Feedback-Kommunikation zu lösen.

2.2 Design Pattern des Technology Enhanced Learning

Im Allgemeinen untersucht das Forschungsgebiet des „Technology Enhanced Learning“ (TEL) , wie „die Qualität und das Ergebnis der Lehre in all den Szenarien, in denen Technologie eine maßgeblich unterstützende Rolle spielt, verbessert werden kann“ [8]. Eine der Hauptaufgaben ist Goodyear et al. zufolge der „Entwurf verwendbarer, interaktiver Umgebungen des Technology Enhanced Learning, welche jedoch Kreativität und ein erhebliches Maß an Erfahrung benötigen“. Dabei werden, so Goodyear et al. weiter, „Werkzeuge und Methoden benötigt, die ein produktives und effizientes Lernen ermöglichen“.

Goodyear bezeichnet dabei Dozenten als „TEL-Designer“, die mithilfe von TEL effiziente Lernumgebungen schaffen (sogenanntes „TEL-Design“). Dabei können TEL-Designer auf „Entwurfsmuster“ („TEL Design Patterns“) zurückgreifen, die aus den zuvor erwähnten Werkzeugen und Methoden bestehen. Diese Entwurfsmuster dienen TEL-Designern dann dazu, ihre Lehre für Lerner effizienter zu gestalten. Design-Muster unterstützen demnach den Dozenten dabei, die „Theorie, empirische Evidenz und Erfahrungen auf der einen Seite und praktische Probleme des TEL-Design auf der anderen Seite miteinander zu verknüpfen“ [8].

Zusammengefasst sind diese TEL-Entwurfsmuster selber auch wieder Methoden und Werkzeuge, die der Dozent (TEL-Designer) für die Verbesserung seiner Lehre („TEL-Design“) verwendet. Entwurfsmuster funktionieren wie Bausteine für die Lehre, die miteinander verknüpft und kombiniert werden können.

Diese TEL-Entwurfsmuster definieren sich laut Goodyear durch charakteristische Kombinationen aus Zielen und Annahmen. Dies können sein,

1. dass ein erkennbares Problem mit einer erprobten Lösung verbunden wird
2. dass das Design-Problem, also das Problem eine effiziente Lernumgebung zu schaffen, auf jeden Maßstab des Problems angewandt werden kann, sodass eine Lösung zum Beispiel auf Mikro-, und Makro-Ebenen anwendbar ist
3. dass das Entwurfsmuster um forschungsbasierte Nachweisen ergänzt wird
4. dass das Entwurfsmuster die statische Anleitung der Dozenten mit Raum für Kreativität ausgleicht
5. dass das Entwurfsmuster eine große Anwendbarkeit besitzt, aber trotzdem an die spezifischen Bedürfnisse des Einzelnen anpassbar ist
6. dass sowohl die Lernumgebung verbessert, als auch der Dozent weitergebildet wird

Die Entwurfsmuster des Technology Enhanced Learning bieten Dozenten also die Möglichkeit, ihre Lehre mithilfe dieser Muster zu verbessern. Ein Dozent kann dabei, je nachdem worauf seine Lehreinheit abzielt und welche Annahmen über die Lerner getroffen hat, die für ihn passenden Entwurfsmuster auswählen.

Da in dieser Arbeit ein neues Entwurfsmuster konzipiert und entwickelt wird, sind die zuvor vorgestellten Definitionen von großer Bedeutung – sie bestimmen maßgeblich die zuvor zutreffenden Anforderungen an das neue Entwurfsmuster.

Wie Goodyear in einer späteren Veröffentlichung weiter ausführt, sind diese Entwurfsmuster dazu gedacht, wiederverwendet zu werden: Ein Entwurfsmuster steht nicht für sich alleine; es soll kombiniert, verbessert und immer wieder erneut angewendet werden [17].

Daher wird die hier entwickelte Lösung des Problems der Feedback-Kommunikation als ein solches Entwurfsmuster erarbeitet. Es werden die Herausforderungen der Digitalisierung der Lehre mit diesem Problem verknüpft und in Anbetracht der Ziele und Charakteristik der Entwurfsmuster ein solches neu erarbeitet. Dieses Entwurfsmuster wird das Prinzip der Classroom Response Systeme adaptieren, sodass ein digitales Werkzeug geschaffen wird, das Dozenten in ihren Lehrveranstaltungen wiederholt einsetzen können, um sich und den Lernern die Möglichkeit zu geben, Feedback zu kommunizieren.

2.3 Classroom Response Systeme

Classroom Response Systeme (CRS), oft auch Audience Response Systeme (ARS) genannt, sind laut Caldwell "Werkzeuge, die das Engagement zur Mitarbeit von Lernern erhöhen" [2]. Sie bestehen im klassischen Sinne aus mehreren Sendergeräten und einem Empfängergerät. Die Lerner/Studenten/Zuhörer besitzen dabei je einen Sender, mit dem Sie dem Vortragenden Feedback geben können und der Dozent hat Zugang zum Empfänger, der das Feedback aufnimmt und zusammenfasst. So entsteht für den Vortragenden ein Gesamtbild des Feedbacks, während die Lerner aktiv an der Lehrveranstaltung teilnehmen konnten. Classroom Response Systeme sind in allen Bereichen der Lehre und mit vielen unterschiedlichen Zielen und Ergebnisse verwendet worden (siehe [2], [18]–[20] und auch [21]).

Im Folgenden wird die Entwicklung der Classroom Response Systeme erstmalig in dieser Arbeit in Form von zwei aufeinanderfolgenden Generationen dargestellt. Es wird die Entstehung der ersten Generation erläutert und ihre Vor- und Nachteile gegenübergestellt sowie aufgezeigt, weshalb sich eine zweite Generation der Classroom Response Systeme entwickelt hat. Diese zweite Generation wird ebenso erläutert und hinsichtlich ihrer Vor- und Nachteile analysiert. Die beiden Generationen und ihre Entstehung stellen eine bedeutende Grundlage dieser Arbeit dar, da so aufgezeigt werden kann, warum eine neue, dritte, Generation der Classroom Response Systeme zur Lösung des hier beschriebenen Kernproblems beitragen kann.

2.3.1 Traditionelle Classroom Response Systeme (Erste Generation)

Traditionelle CRS basierten hauptsächlich auf dem von Crouch und Mazur entwickeltem Prinzip der „Peer Instruction“ [3], bei dem Studenten in der Vorlesung motiviert werden, die vom Dozenten vorgestellten Konzepte auf konkrete Probleme anzuwenden. Traditionelle CRS implementieren dieses Prinzip in Form von Multiple-Choice-Fragen (häufig Forced-Choice-Fragen): Der Dozent stellt eine Frage zu dem von ihm kurz zuvor präsentierem Lehrstoff an die Studenten, welche durch das Beantworten der Frage aktiv an der Veranstaltung teilnehmen und außerdem ihren eigenen Wissenstand unmittelbar überprüfen können. Der Dozent bekommt durch die Antworten der Studenten einen Eindruck, wie gut sein Lehrstoff verstanden wurde.

Von Beginn an wurden traditionelle CRS daher zur Umsetzung der Peer Instruction verwendet. Dabei zeichnen sich CRS dadurch aus, dass sie das Durchführen einer Peer Instruction Umfrage durch technische Hilfsmittel dem Dozenten stark vereinfachen. Er muss nicht mehr per Hand die Antworten einer Frage auszählen, sondern bekommt diese - meist grafisch aufbereitet - direkt auf einem Bildschirm angezeigt.

Die ursprüngliche Umsetzung der Peer Instruction erfolgte über einfache Anzeigetafeln: Die Studenten hatten vier Tafeln („A“ bis „D“) und konnten somit auf die vier Antwortmöglichkeiten der vom Dozenten gestellten Frage antworten. Bei der ersten Generation der CRS nutzten die Teilnehmer Fernbedienungen ("Clicker") um ihre Antworten abzugeben: Der Dozent stellt eine Frage und die Dozenten klicken auf die entsprechenden Buttons der Antwortmöglichkeiten auf ihrer Fernbedienung. Die Art der Fernbedienung wurde darüber hinaus vielfach variiert und immer wieder unterschiedlich umgesetzt.

Es finden sich viele Hinweise auf die Anwendung von CRS in unterschiedlichen Bereichen, wie zum Beispiel in der Biologie, der Betriebswirtschaftslehre, der Chemie, der Informatik, der Didaktik, im Maschinenbau, der medizinischen Ausbildung, den Rechtswissenschaften, der Mathematik, der Philosophie, der Psychologie, den Politikwissenschaften und der Soziologie [21].

Das Durchführen von Umfragen auf Basis des Prinzips der Peer Instruction durch die Verwendung eines CRS hat sich als Mittel in der Lehre etabliert.

Bei den Studien und Evaluationen, die an den Classroom Respons Systemen dieser Generation durchgeführten wurden, wurde allerdings selten betrachtet, welchen Aufwand die Verwendung eines Klickers für den Dozenten bei der Vor- und Nachbereitung bedeutet. So wurde nicht deutlich, dass die Klicker beschafft, gewartet, ausgeteilt und wieder eingesammelt werden müssen. Während die Beschaffung einmalig erfolgt, muss die Wartung permanent geschehen: Jedes der Geräte kann einen Defekt bekommen, eine neu Batterie benötigen oder muss ersetzt werden. Für die Nutzung in einer Lehrveranstaltung muss jedes Gerät an die Studenten ausgeteilt und anschließend wieder eingesammelt

werden. Dieser Vorgang kann sich verkomplizieren, wenn die Anzahl der Studenten einer großen Lehrveranstaltung steigt: Für 40 Studenten ist das Austeilen und Einsammeln noch schnell realisierbar, für 400 Studenten jedoch nicht. Werden weniger Geräte zu einer Veranstaltung mitgenommen als Studenten anwesend sind, kann nicht jeder an den Umfragen teilnehmen.

Zudem war diese Generation der Classroom Response Systeme analog und konnte Feedback nur in eine Richtung kommunizieren: Der Dozent holte sich Feedback vom Auditorium.

2.3.2 Zweite Generation Classroom Response Systeme

Bruff fasst in [21] zusammen, wie die Nachteile der ersten Generation der CRS mithilfe von Handheld Computern, Personal Digital Assistants (PDA) und SMS gelöst werden sollten: Die Teilnehmer konnten ihre eigenen Geräte mitbringen, um an den Umfragen teilzunehmen.

So konzentrierten sich die späteren Forschungsarbeiten darauf, die Classroom Response Systeme so zu konzipieren, dass Lerner ihre eigenen Geräte nutzen konnten. Erste Ergebnisse sind beispielweise in [22] und [23] zu finden. Beide Forschungsgruppen verwendeten SMS, um die Antworten der Lerner über das mobile Telefonnetz zu versenden. Das Classroom Response System verfügte dafür über eine Telefonnummer, hinter der ein Dienst installiert war, der die SMS verarbeiten und die gegebenen Antworten aggregieren konnte.

Dozenten konnten dann über einen speziellen Veranstaltungscode eine Frage an das Auditorium stellen und dann über die Bekanntgabe der Telefonnummer und des Veranstaltungscodes die Lerner abstimmen lassen. Die Lerner, meist Studenten von Universitäten, tippten dann die entsprechende Antwortziffer in die SMS ein und verschickten diese an das Classroom Response System.

Diese Vorgehensweise wurde vielfach auch von anderen Gruppen so umgesetzt und untersucht, wie zum Beispiel von Ayu et al. [24] oder auch später von Voelkel & Bennett [25]. Trotz ihrer Einfachheit hatten die SMS-basierten Classroom Response Systeme weiterhin den Nachteil, dass die Teilnehmer das Verschicken der SMS häufig bezahlen mussten. Zusätzlich war die Richtung des Feedbacks weiterhin in dieselbe Richtung beschränkt wie in der vorherigen Generation.

Mit der steigenden Verbreitung der Smartphones, der Verbesserung des mobilen Internets, der häufigeren Verfügbarkeit von WLAN-Netzen und aufgrund der zuvor aufgezählten Nachteile, wurde diese zweite Generation der Classroom Response Systeme zunehmend weniger verwendet.

2.3.3 Dritte Generation Classroom Response Systeme

Mit der zunehmenden Digitalisierung durch die flächendeckende Verbreitung von Smartphones und mobilem Internet entstanden viele neue digitale Möglichkeiten für Lerner Feedback zu kommunizieren. Die bis dahin verwendeten Classroom Response Systeme nutzten diese Möglichkeiten allerdings nicht.

Daher entwickelten viele Forschungsgruppen nahezu zeitgleich die Classroom Response Systeme weiter. Die Idee der ersten und zweiten Generation der Classroom Response Systeme wurden erstmals in Apps oder Web-Apps integriert (zum Beispiel in [26] und [27]).

Durch die mobilen Geräte sind dadurch auch weitere Formen der Feedback-Kommunikation möglich (siehe Kapitel 3). Realisierten die vorherigen Generationen die Feedback-Kommunikation vom Dozenten zum Lerner, war es nun möglich auch vom Lerner hin zum Dozenten oder sogar zu anderen Lernern das eigene Feedback zu kommunizieren. Aus einer 1:n – Kommunikation wurde eine m:n – Kommunikation. So können auch die Lerner proaktiv von sich aus Feedback an den Dozenten oder gar an das gesamte Auditorium schicken. Diese Möglichkeiten wurden erst später von Forschungsgruppen aufgegriffen, implementiert und evaluiert (zum Beispiel von Feiten et al [28] und Vetterick et al [29]).

Die nachfolgende Tabelle 1 gibt einen Überblick über aktive Classroom Response Systeme der dritten Generation, die mindestens eine wissenschaftliche Publikation veröffentlicht haben. Diese sind zum Teil als kommerzielle Produkte oder aber als wissenschaftliche Projekte entstanden. Die Zusammenstellung betrachtet zum einen die verwendete Technologie, auf die in den nachfolgenden Kapiteln dieser Arbeit näher eingegangen wird und zum anderen die Möglichkeiten des Feedbacks.

Das Feedback von Lernern zum Auditorium beschreibt die Funktionen für Lerner, ihr Feedback an das Auditorium, also an andere Lerner und auch an den Dozenten, zu kommunizieren. Dabei werden auch hier die Fälle betrachtet, bei denen die Kommunikation auch nur in einer Teilmenge des Auditoriums stattfindet. In „Backstage“ zum Beispiel haben Lerner die Möglichkeit, nur zu bestimmten Lernern einer Gruppe Kontakt aufzunehmen oder Feedback direkt an die Folien des Vortragenden anzuheften ([30] und [31]).

Das Feedback von Lernern zu Dozenten umfasst alle digitalen Möglichkeiten für Lerner ausschließlich dem Dozenten das Feedback zu kommunizieren. Lerner erhalten somit einen eigenen (digitalisierten) Kanal zum Dozenten. Auch hier sind wieder weitere Fälle eingeschlossen, wie das Verständnis-Barometer von Feiten et al [32] oder das später in der Arbeit vorgestellte Problem-Feature, bei dem Lerner ein generelles Problem direkt an den Dozenten melden können.

Das Feedback von Dozenten zum Auditorium beschreibt die Grundfunktionalität der Classroom Response Systeme der ersten und zweiten Generationen: Es erlaubt, nun digital, Dozenten Feedback von den Lernern einzufordern. Diese Richtung der Feedback-Kommunikation wurde daher auch von allen bekannten Systemen der dritten Generation mit umgesetzt – fast immer in Form eines Quiz.

Es gibt darüber hinaus auch Systeme die eine 1:1 – Kommunikation ermöglichen. Beispielsweise indem Lerner sich selber Notizen schreiben können. Da diese Arbeit die Kommunikation zum Dozenten und unter den Lernern fokussiert, werden die Systeme dahingehend nicht weiter untersucht.

Darüber hinaus wurde auch die Möglichkeit der Anonymität oder zumindest der Pseudonymität betrachtet, die, wie zuvor herausgearbeitet und später untersucht wird, einen wichtigen Faktor für Lerner darstellt.

Tabelle 1: Übersicht über aktive Classroom Response Systeme mit mindestens einer wissenschaftlichen Publikation

Classroom Response System	Technologie	Feedback Lerner zu Auditorium	Feedback Lerner zu Dozent	Feedback Dozent zu Auditorium	Anonym oder Pseudonym
<i>ARSnova</i> [33]	Web	Ja	Ja	Ja	Nein
<i>Backstage</i> [34]	Web	Ja	Ja	Ja	Pseudonym
<i>Clickerschool</i> [35]	Web	Ja	Nein	Ja	Nein
<i>Echo360</i> [36]	Web	Ja	Ja	Ja	Nein
<i>Feedbackr</i> [37]	Web	Ja	Nein	Ja	Pseudonym
<i>Freemobilepolls</i> [38]	Web	Nein	Nein	Ja	Pseudonym
<i>Gosoapbox</i> [39]	Web	Ja	Nein	Ja	Anonym
<i>iClicker</i> [40]	App	Nein	Nein	Ja	Nein
<i>Kahoot</i> [41]	Web	Nein	Nein	Ja	Pseudonym

<i>Letsfeedback</i> [42]	Web	Nein	Nein	Ja	Anonym
<i>Mentimeter</i> [43]	Web	Nein	Ja	Ja	Nein
<i>Ombea</i> [44]	Web	Nein	Nein	Ja	Nein
<i>Pingo</i> [45]	Web	Nein	Nein	Ja	Anonym
<i>Polleverywhere</i> [26]	Web	Nein	Nein	ja	Nein
<i>Quizlet</i> [46]	App + Web	Nein	Nein	Ja	Nein
<i>SMILE</i> [28]	Web	Ja	Ja	Ja	Anonym
<i>Socrative</i> [47]	App + Web	Nein	Nein	Ja	Nein
<i>Tophat Lecture</i> [48]	Web	Ja	Nein	Ja	Anonym
<i>Tweedback</i> [29]	Web	Ja	Ja	Ja	Pseudonym

Alle Vertreter der Classroom Response Systeme der dritten Generation setzen die Feedback-Kommunikation vom Dozenten zum Auditorium um, weil dies die Kommunikationsrichtungen der beiden vorherigen Generationen ist. Neun der insgesamt 19 Systeme bleiben auf diesem Niveau und nutzen die weiteren Möglichkeiten der Digitalisierung in der Lehre nicht. Diese Vertreter nutzen den digitalisierten Kommunikationskanal einzig um die Funktionalität der vorherigen Generation auf einem Mobilgerät anzubieten. Für Nutzer, also Lerner und Dozenten gleichermaßen, ergibt sich der Vorteil ausschließlich

darin, dass sie kein gesondertes Gerät zum Abstimmen benötigen, sondern ihr eigenes Mobilgerät verwenden können.

Die andere zehn der 19 der Systeme der dritten Generation teilt sich nochmal in genau zwei gleichgroße Teilmengen auf. Zum einen gibt es fünf Systeme, die noch eine weitere digitalisierte Kommunikationsrichtung anbieten und zum anderen gibt es fünf Systeme, die alle drei Kommunikationsrichtungen ermöglichen. Für die Nutzer entsteht der Vorteil darin, dass sie mehrere Richtungen des Feedbacks digital über ihr Mobilgerät kommunizieren können.

In Bezug auf die Anonymität oder Pseudonymität ergibt sich ein ähnliches Bild. Zehn Systeme bieten Lernern die Möglichkeit Feedback nicht unter dem eigenen (Klar-)Namen zu kommunizieren, während die anderen neun einen Anmeldezwang mit Klarnamen vorschreiben. Für die Nutzer liegt der Vorteil bei ersteren darin, dass sie sich nicht „trauen“ müssen ihre Identität preiszugeben.

Obwohl die verschiedenen Vertreter der dritten Generation viele Gemeinsamkeiten aber auch viele Unterschiede in ihren Kommunikationsmöglichkeiten haben, ergibt sich in Hinblick auf die verwendete Technologie ein eindeutiges Bild: 18 von den 19 Systemen verwenden Web-Technologien um den digitalisierten Kanal zur Feedback-Kommunikation anzubieten. Als Grund geben nahezu alle Systeme die fast unbeschränkte Reichweite im Verhältnis zum Implementierungs-Aufwand an. Es kostet weniger Zeit nur eine Web-Applikation zu entwickeln, als für die unterschiedlichen Mobil-Plattformen native Applikationen zu implementieren. Trotz dieser deutlichen Homogenität, gibt es allerdings nur wenige Publikationen, in denen die hinter dem Classroom Response System verwendete Software-Architektur vorgestellt und erläutert wird. Es zeigt sich hier eine technologische Lücke, die es zu schließen gilt, sodass zukünftige Forschungsarbeiten darauf zurückgreifen können, um ebenfalls einen neuen Vertreter umsetzen zu können.

Darüber hinaus ist hervorzuheben, dass in den meisten Forschungsarbeiten die Eingruppierung der wissenschaftlichen Arbeiten zwar in das Technology Enhanced Learning erfolgt, die Ausarbeitung eines Design Patterns aber meistens ausbleibt. Häufig fokussieren sich die Arbeiten auf die technische Entwicklung des Classroom Response Systems, der Apps und der UI, aber etablieren kein für Dozenten wiederverwendbares Entwurfsmuster. Daher wird im nachfolgenden Kapitel das technische Grundgerüst als Entwurfsmuster spezifiziert und in der Evaluation das dazugehörige Konzept des Lernmodells vorgestellt.

2.4 Wearable Computing

Wearables sind in den letzten Jahren zu normalen Begleitern des Alltags geworden. Waren Wearables vor 10 Jahren noch technologische Exoten, werden sie mittlerweile in großen Mengen verkauft und

verwendet [49]. Dabei kommen die Computer, die am Körper des Besitzers getragen werden können, in vielen verschiedenen Formen und Anwendungen vor. Wearables sind heutzutage zwar oft bekannt als Smartwatches [50] und Fitness-Armbänder [51], aber es gibt sie auch als Brustgurte [52], als Brillen [53] oder sogar in Schuhsohlen [54].

Dieses Unterkapitel gibt einen Überblick über die verschiedenen Arten von Wearables, wie sie aufgebaut sind und wie sie verwendet werden können. Mithilfe dieses Wissens wird später in der Arbeit ein Lösungskonzept für die Benachrichtigung von Dozenten während des Vortrags erarbeitet. Zum Schluss werden Anwendungen von Wearables-Lösungen in der digitalisierten Lehre untersucht und herausgestellt, dass dieses Forschungsgebiet bisher kaum untersucht wurde. Aufgrund dieser Forschungslücke wird in dieser Arbeit erstmalig die Anwendung von Wearables mit Classroom Response Systemen erarbeitet.

2.4.1 Formfaktoren und Funktionen von Wearables

Wearables zeichnen sich dadurch aus, dass sie am Körper getragen werden. Daher gibt es sie in vielen verschiedenen Formen und Funktionen mit unterschiedlichen Ausprägungen. Wie Page [55] und Alrige & Chatterjee [56] in ihren Veröffentlichungen klassifizieren, gibt es vier allgemeine Formfaktoren: Als Accessoire, in der Bekleidung, als Implantat oder als portables Gerät. Der wohl bekannteste Formfaktor als Accessoire ist zum Beispiel bei der Smartwatch gegeben [50], die die aktuelle Uhrzeit anzeigt und über neue Nachrichten informieren kann [57]. Darüber hinaus gibt es Geräte, die in die Bekleidung zur Identifikation des Kleidungsstückes integriert sind [58]. Implantate sind mittlerweile auch häufig als Wearable konzipiert, sodass Ärzte einfach auf die anfallenden Daten zugreifen können [59]. Portable Geräte fassen alle weiteren Möglichkeiten der Wearables zusammen, darunter fallen zum Beispiel auch Fitness Tracker.

Wearables sind neben den unterschiedlichen Formfaktoren häufig zu einem bestimmten Zweck entwickelt worden. Ein Implantat soll beispielsweise den Herzschlag kontrollieren und aufzeichnen, während der Fitness Tracker die zurückgelegten Schritte zählt. Darüber hinaus gibt es aber auch Wearables, die viele Funktionen vereinen, wie zum Beispiel die Smartwatch, die zusätzlich zu der Uhrenfunktion auch das Wetter anzeigen oder die Emails vorlesen kann.

Für all diese unterschiedlichen Funktionen besitzen Wearables immer Sensoren und häufig auch Aktoren, mit denen sie die Umgebung messen und auch beeinflussen können [51]. Sensoren gibt es dabei für fast alle Anwendungsbereiche. Diese können am Beispiel der Smartwatch das Mikrofon oder ein Helligkeitssensor sein. Aktoren gibt es hingegen nur begrenzt viele, da diese einen Einfluss auf die Umgebung haben.

Aktoren agieren visuell, haptisch, akustisch oder elektromagnetisch. Am Beispiel der Smartwatch kann diese alle vier Aktorentypen bedienen. Visuelle Veränderungen kann sie durch das Display hervorrufen. Akustische Signale können durch den eingebauten Lautsprecher ausgesendet werden, während der verbaute Vibrationskörper Vibrationen am Handgelenk auslösen kann. Der elektromagnetische Aktor kommuniziert über Bluetooth mit einem verbundenen Handy.

An diesen Beispielen wird deutlich, dass aktuelle Smartwatches eine ganze Reihe Veränderungen in der Umgebung des Wearable-Besitzers auslösen können. Jede dieser Veränderungen kann dabei unterschiedliche Ausprägungen haben. So können die Vibrationen in unterschiedlicher Intensität und Dauer erfolgen. Die akustischen Signale können ebenfalls in Tonhöhe, Dauer und Lautstärke voneinander komplett unterschiedlich erzeugt werden. Diese unterschiedlichen Typen und deren Ausprägungen versetzen die Smartwatch in die Lage, unterschiedliche Muster von Veränderungen hervorzurufen.

Diese Muster werden später in Kapitel 5 wiederverwendet, um ein Benachrichtigungssystem für Dozenten zu entwickeln, das sie während des Vortragens verwenden können, ohne vom Vortrag abgelenkt zu werden.

2.4.2 Einsatz in der Lehre

Trotz der vielen Anwendungsmöglichkeiten und -gebiete von Wearables finden diese bisher nur sehr selten Anwendung in der Lehre. Eine Ausnahme macht die Google Glass, die als in die Brille eingebaute Wearable häufiger untersucht und evaluiert wurde (siehe [53] [60] [61]).

Bis auf [52] gibt es keine umfassenden Publikationen, die die Möglichkeiten von Wearables in der Lehre betrachten. Vor allem Smartwatches wurden, obwohl diese Technologie schon einige Jahre verfügbar ist, kaum untersucht. Es konnten nach aktuellem Stand der Forschung nur Untersuchungen in Bezug auf die „Affordances“ bei Lernern [62] und die Verwendung von Fitness Trackern [63] gefunden werden.

Ertzberger & Martin kommen in ihrer Untersuchung von Fitness Trackern zu dem Schluss [63], dass die teilnehmenden Dozenten eher daran interessiert waren, ihre eigene Fitness zu dokumentieren, als davon überzeugt gewesen zu sein, dass dadurch ihre Lehre verbessert werden würde. Letzteres kann daran liegen, dass der Anwendungsfall für den Fitness Tracker sehr passiv festgelegt wurde: Der Fitness Tracker wurde nicht in die Lehre oder die verwendeten digitalen Werkzeuge eingebunden. Dies zeigt, dass es zwar Untersuchungen gibt, die Wearables in der Lehre einsetzen, das Potential dieser Geräteklasse aber bei weitem nicht ausgenutzt wird.

Dagegen führten Bower et al in [62] eine sehr umfangreiche Studie durch, um herauszufinden, welche Affordances und welche Herausforderungen Dozenten bei der Nutzung von Wearables erwarten. Hervorzuheben ist, dass Dozenten Feedback (siehe dazu die Zusammenfassung der Studienergebnisse in

[62]) als einen pädagogischen Vorteil in der Nutzung von Wearables sehen. Dazu führen Bower et al aus, dass einige Dozenten den Vorteil in Wearables in der Lehre darin sehen, dass sie „unaufdringlich und im Kontext zur Veranstaltung bekommen könnten“. So könnten die Dozenten “Feedback von Studenten direkt während des Vortrags bekommen, zum Beispiel über einen Chat oder sogar Twitter ohne dass der Vortrag gestört wird“.

Die Dozenten können sich vorstellen, dass die Wearables ihnen dabei helfen könnten, Feedback über ein Chat-System, beispielsweise am Handgelenk, angezeigt zu bekommen. Diese Möglichkeit wird in dieser Arbeit in Kapitel 5 konzipiert, umgesetzt und im Kapitel 6.4 evaluiert. Die Ergebnisse dieser Evaluation sind in der Publikation [64] vom Autor veröffentlicht worden. Aufbauend darauf haben Urwalek & Ebner in [65] einen ähnlichen Ansatz vorgestellt, mit dem Ergebnis, das „Rednern ein vereinfachter Zugriff auf die Rückmeldungen sowie deren erleichterte Wahrnehmbarkeit und schnellere Interpretierbarkeit ermöglicht wird“.

2.5 Lernmodell von D. Laurillard

Wie zu Beginn des Forschungsstands beschrieben, ist das hier erarbeitete Lösungskonzept ein Entwurfsmuster des Technology Enhanced Learning, das die Feedback-Kommunikation im Zeitalter der Digitalisierung ermöglicht. Um später die erarbeitete Lösung untersuchen zu können und um zu verstehen warum und wie Lerner Feedback kommunizieren, wird das von Diana Laurillard entwickelte Lernmodell auf die Nutzung von Classroom Response Systemen angewendet.

Das Modell von Laurillard eignet sich besonders gut, die Kommunikation von Lernern zu untersuchen, da es darauf beruht, dass Lernen durch einem bestimmen Konversationskreislauf erfolgt. Dabei erhalten Konversationen, also die Kommunikation zwischen Lernern und Dozenten, eine zentrale Rolle beim Lernen. Da diese Arbeit das Ziel hat, den Kommunikationsbedarf und das Kommunikationsverhalten von Lernern zu untersuchen und nicht die Verbesserung des Lernens zu bewerten, ist diese zentrale Rolle wichtig für die Wahl des Lernmodells von Laurillard.

Der Konversationskreislauf und die Grundlage des Lernmodells werden nachfolgend hier beschrieben und später in der Evaluation angewendet, um die unterschiedlichen Lerner-Typen zu identifizieren. Anhand dieser Lerner-Typen wird dann deutlich, welche unterschiedlichen Eigenschaften und unterschiedlichen Lernverhalten es bei der Anwendung der Classroom Response Systeme der dritten Generation gibt. Das dem Entwurfsmuster zugrunde liegende Lernmodell und die Ergebnisse der Untersuchungen wurde vom Autor in den Publikationen [66] und [67] adaptiert und veröffentlicht.

Das Lernmodell basiert auf dem von Diana Laurillard eingeführten „Conversational Framework“ des Lernens [9], [68]–[70]. Dieses Framework basiert auf drei Ebenen des Lernens, die in Abbildung 1 dargestellt sind und nachfolgend näher erläutert werden.

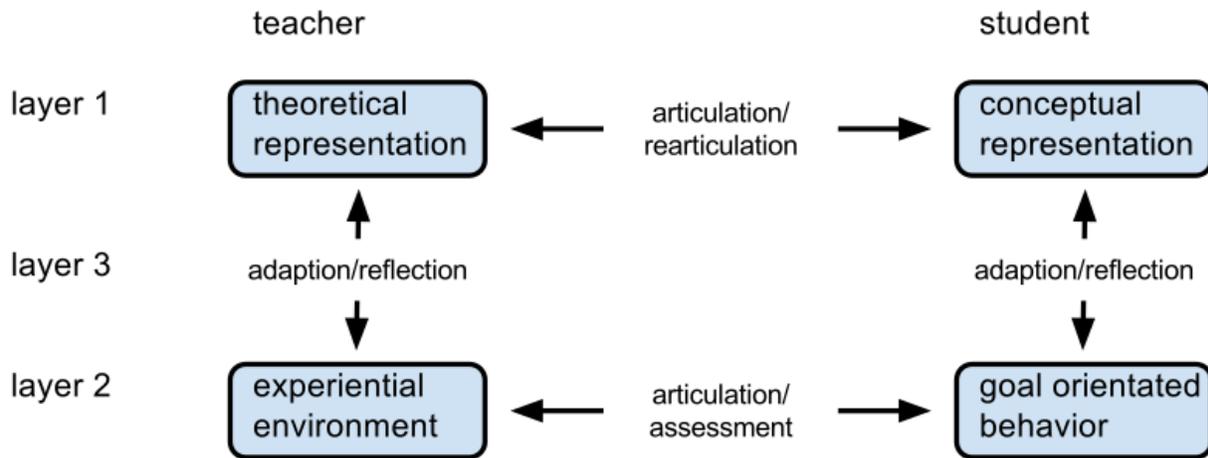


Abbildung 1: Das „Conversational Framework“ von D. Laurillard [9] mit den drei Ebenen des Lernens

Die erste Ebene („layer 1“) beschreibt zwei Funktionen. Zum einen vermitteln Dozenten ihr Wissen über theoretische Konzepte. Zum anderen bietet es Lernern die Möglichkeit, dieses Wissen für sich individuell zu dokumentieren. Dozenten und Lerner tauschen sich über Konzepte, Theorien und Ideen aus. Daher wird diese Ebene auch „conceptual layer“ genannt.

Die zweite Ebene („layer 2“) ist die Ebene der Interaktion und beschreibt, wie Dozenten den Lernern Handlungen und Lösungen zu den zuvor beschriebenen Konzepten, Theorien und Ideen aufzeigen. Dies geschieht, indem Dozenten das theoretische Wissen in die reale Welt adaptieren und den Lernern spezifische Aufgaben geben, indem sie konkrete Übungen durchführen oder bestimmte Fragen beantworten lassen. Daher wird diese Ebene auch als „Handlungsebene“ oder „interaction layer“ bezeichnet.

Die dritte Ebene („layer 3“) verbindet die ersten beiden Ebenen miteinander. Es werden die Handlungen und Handlungsanweisungen der Interaktions-Ebene mit den Konzepten und Theorien der ersten Ebene adaptiert. Lerner müssen diese Adaption von Theorie an Handlung auf ihr eigenes Verständnis übertragen. Darüber hinaus dient diese Ebene dazu, dass Lerner und Dozenten das Verständnis des Lehrstoffes reflektieren. Dies geschieht, indem Dozenten die Lerner darin fördern, ihr eigenes Verständnis zu hinterfragen und sich Handlungsanweisungen anzueignen. Da hier das Wissen über theoretische Inhalte an Handlungen adaptiert und anschließend reflektiert wird, ist diese Ebene als „Adaption and Reflection“ bekannt.

Laurillard postuliert, dass dieses Lernmodell und der darin vollführte Prozess weit über das Vorgeben von Anweisungen hinausreicht. Da das erfolgreiche Verständnis des Lehrstoffes auch immer davon abhängt, ob Lerner und Dozenten sich auf die gleiche Ontologie und dasselbe Bezugssystem einigen, müssen Lerner die „Fachsprache“ des Dozenten antizipieren, umso die Objekte, deren Bedeutung und ihr Zusammenspiel zu verstehen.

Dabei ist laut Laurillard entscheidend, dass dieser Prozess der Einigung auf eine gemeinsame Fachsprache sich stetig weiterentwickelt. Diese Evolution dieses Prozesses muss aber die unterschiedlichen Vorprägungen der Lerner berücksichtigen, um jedem Lerner den Übergang von Ebene 1 zu Ebene 2 über die Ebene 3 zu ermöglichen. Dieser Übergang ist nur möglich, wenn der Lerner in der Lage ist, das theoretische Wissen aus Ebene 2 zu adaptieren und zu reflektieren. Daher ist es entscheidend, dass Lerner in jeder Ebene eine Möglichkeit besitzen, Feedback an den Dozenten zu geben, sodass dieser wiederum sein Wissen und deren Präsentation reflektieren und adaptieren kann.

Die Feedback-Kommunikation findet also im Sinne dieses Lernmodells statt, weil Lerner sich zwischen diesen Ebenen des Lernens bewegen. Ohne die Kommunikation des Feedbacks sind Dozenten in großen Lehrveranstaltungen, die häufig aus einer heterogenen Lernermenge besteht, kaum in der Lage, dieses Feedback aufzunehmen und den Prozess der Reflektion und Adaption durchzuführen.

Das Lernmodell von Laurillard wurde für diese Arbeit und die spätere Untersuchung ausgewählt, weil sie Bedeutung der Kommunikation mit dem Lernen verbindet und so Rückschlüsse auf das Verhalten und das Bedürfnis der Lerner ermöglicht.

3 Der Feedback-Proxy – Ein neues Technologie-gestütztes Design Pattern für große Lehrveranstaltungen

Wie zu Beginn der Arbeit erörtert, gibt es in großen Hörsälen ein Feedback-Kommunikations-Problem zwischen Lernern und Dozenten. Der aktuelle Stand der Technik zeigt zwar, dass es Lösungen für dieses Problem gibt, diese finden aber kaum flächendeckend Anwendung und weisen viele Nachteile auf.

Daher wird in dieser Arbeit ein Konzept des Technology Enhanced Learning entwickelt, das einen digitalisierten Kommunikationskanal für die Feedback-Kommunikation für Lerner und Dozenten zur Verfügung stellt. Dieser Feedback-Kommunikationskanal ist somit ein Design Pattern des Technology Enhanced Learning. Für Design Pattern des TEL gilt im Allgemeinen, dass sie aus einem technischen System zur Lösung eines Problems in der digitalisierten Lehre bestehen.

Zu Beginn werden die Anforderungen an dieses technische System untersucht und vorgestellt. Dazu wird zu Beginn das Szenario, in dem das Design Pattern Anwendung findet, konstruiert. Anschließend werden die funktionalen und nicht-funktionalen Anforderungen, wie für technische Systeme üblich, spezifiziert. Dies ist notwendig, um Funktionen, Reichweite und Einsetzbarkeit des Systems zu verstehen, sodass deutlich wird, was der Feedback-Proxy leisten kann.

Auf den Anforderungen aufbauend wird das System des „Feedback-Proxy“ detailliert vorgestellt und dann dessen Bezeichnung von der ursprünglichen Definition eines Proxys von Shapiro [71] abgeleitet. Zum Schluss wird das neu entstandene Design Pattern „Feedback-Proxy“ in den aktuellen Stand der Technik eingeordnet und begründet, warum somit eine neue Generation von Classroom Response Systemen entstanden ist.

3.1 Anforderungen

Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung eines neuen Design Pattern des Technology Enhanced Learning, das Lernern und Dozenten die Feedback-Kommunikation in großen Lehrveranstaltungen ermöglicht. Die dazu notwendigen Anforderungen an dieses Design Pattern werden in diesem Kapitel erarbeitet und erläutert. Dazu wird zu Beginn der Problemrahmen spezifiziert, um festzulegen, unter welchen Voraussetzungen das zu entwickelnde TEL Design Pattern angewendet werden kann. Darauf aufbauend werden funktionale und nicht-funktionale Anforderungen des neuen TEL Design Pattern abgeleitet und vorgestellt.

3.1.1 Annahmen und Voraussetzungen

Wie eingangs in der Problembeschreibung erläutert, ist zu Grunde liegende Szenario eine Lehrveranstaltung einer Hochschule mit sehr vielen Teilnehmern. In Bezug auf dieses Szenario werden für diese Arbeit dessen Voraussetzungen vorgestellt und notwendige Annahmen getroffen.

Anzahl der Teilnehmer

In der Literatur ist die Größe des Auditoriums in Bezug auf ähnliche Problem-Szenarien häufig nur sehr vage mit „vielen Teilnehmern“ oder „großen Vorlesungen“ beschrieben. In dieser Arbeit wird daher die Definition von [72] verwendet: Eine große Lehrveranstaltung hat mindestens 100 Zuhörer bzw. Teilnehmer.

Örtliche Beschränkung

Da sich die Arbeit auf das Szenario einer großen Lehrveranstaltung bezieht, wird davon ausgegangen, dass alle Teilnehmer in räumlicher Nähe zueinanderstehen und das Ziel verfolgen, den Vortrag eines Dozenten zu folgen. Dozenten und Lerner befinden sich somit physisch alle in einem Raum.

Diese Annahme kann bei Bedarf erweitert werden, sodass sich die Zuhörer der Lehrveranstaltung in örtlich voneinander getrennten Räumen befinden, wenn sie trotzdem das gleiche Ziel, dem Vortrag zu folgen, haben und den Vortrag des Dozenten in digitaler Form vermittelt bekommen. Auch hier ist es möglich, den Feedback-Proxy zu verwenden. In dieser Arbeit wird der erste Fall betrachtet, da die hier vorgestellten Methoden und Ergebnisse analog auf den erweiterten Fall anwendbar sind.

Infrastruktur

Da in dieser Arbeit ein technisches System konzipiert und entwickelt wird, das die Kommunikation von Feedback ermöglicht, ist eine grundlegende Netzwerk-Infrastruktur notwendig. Im Zeitalter der Digitalisierung und dem Szenario einer Hochschule wird diese Infrastruktur als gegeben vorausgesetzt.

3.1.2 Funktionale Anforderungen

Das hier zu erarbeitende TEL Design Pattern wird es Dozenten und Lerner ermöglichen, ihr Feedback zu kommunizieren. Wie bereits erwähnt, ist ein Teil des Feedback-Proxy ein technisches System, das die Kommunikation des Feedbacks auf den Mobilgeräten von Dozenten und Lernern ermöglicht. An dieses technische System bestehen aufgrund des Szenarios einer Vorlesung und den zuvor bestimmten Voraussetzungen und Annahmen unterschiedliche Anforderungen, welche hier funktional und nicht-funktional erörtert werden.

Durch die Anforderungsanalyse werden aus dem Problem der Lerner und Dozenten abgeleitet, welche Anforderungen an den Feedback-Proxy bestehen. Dies ist notwendig, um präzise und klar zu definieren, wie das Konzept des Feedback-Proxy funktionieren muss. Dafür gelten nachfolgend die Konventionen aus RFC 2119 hinsichtlich der Begriffe MÜSSEN, SOLLTEN und DÜRFEN.

Feedback-Kommunikation von Lernern

Die Feedback-Kommunikation der Lerner kann prinzipiell auf zwei Wegen erfolgen. Zum einen als Feedback vom Lerner zum Dozenten (zum Beispiel zu seinem Vortragsstil oder seinem Vortragsmaterial) und zum anderen vom Lerner zum gesamten Auditorium, sodass das Feedback eines einzelnen Lerners auch alle anderen Lerner erreicht und diese wiederum die Möglichkeit haben darauf, zu reagieren beziehungsweise zu antworten. Daraus ergibt sich die wichtigste funktionale Anforderung FA 001:

Anforderung FA 001: Der Feedback-Proxy muss die Feedback-Kommunikation von Lernern und Dozenten über deren Mobilgeräte ermöglichen.

Für das Feedback von Lernern zu Dozenten muss der Feedback-Proxy also einen Kommunikations-Kanal zur Verfügung stellen, der es dem Lerner ermöglicht, Feedback über diesen Kanal zum Dozenten zu vermitteln (siehe Abbildung 2). Da es im hier betrachteten Szenario viele Lerner und einen Dozenten gibt, transportiert dieser Kanal das Feedback von Vielen zu einem Einzelnen, es wird daher auch als „MANY-TO-ONE Kommunikation“ bezeichnet.

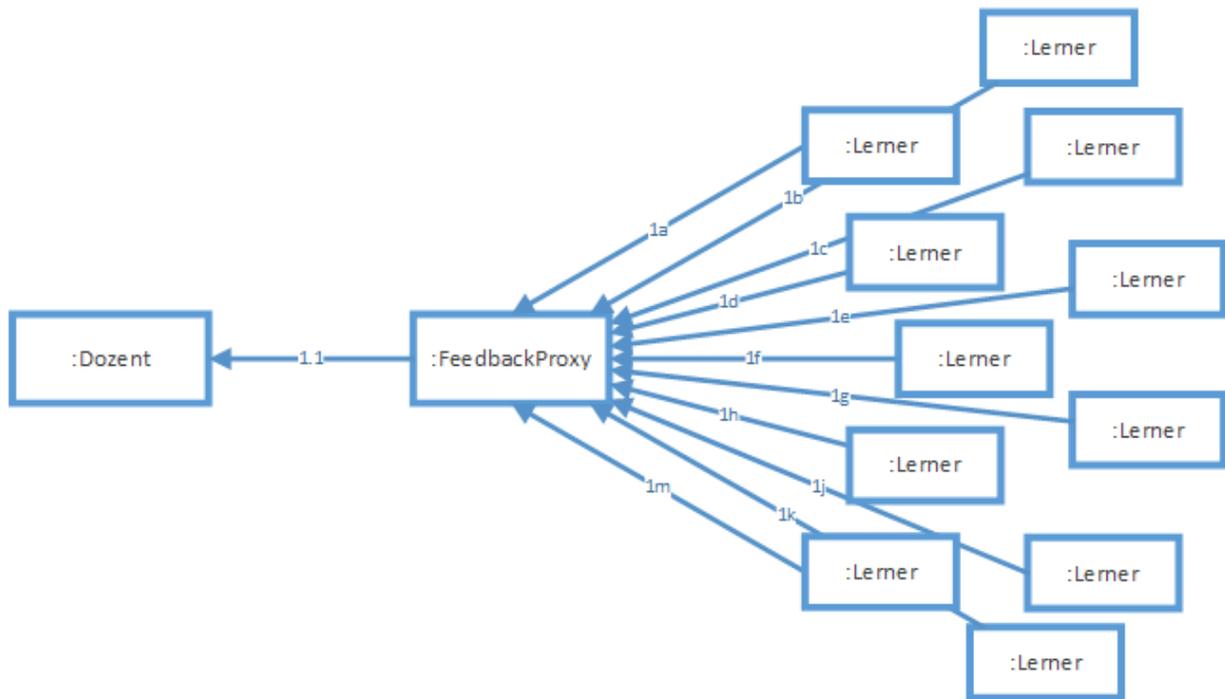


Abbildung 2: Die Feedback-Kommunikation MANY-TO-ONE (UML Kommunikationsdiagramm)

Anforderung FA 010: Der Feedback-Proxy muss Lernern die Kommunikation MANY-TO-ONE ermöglichen.

Für das Feedback von einem Lerner zum gesamten Auditorium muss der Feedback-Proxy einen Kommunikations-Kanal zur Verfügung stellen, der das Feedback von einem der vielen Lernern zu allen

anderen und dem Dozenten transportiert (siehe Abbildung 3). Es gibt hier also Lerner, die allen anderen (inklusive dem Dozenten) ihr Feedback mitteilen möchten. Diese Kanalisierung wird daher auch als „MANY-TO-MANY Kommunikation“ bezeichnet.

Anforderung FA 020: Der Feedback-Proxy muss Lernern die Kommunikation MANY-TO-MANY ermöglichen.

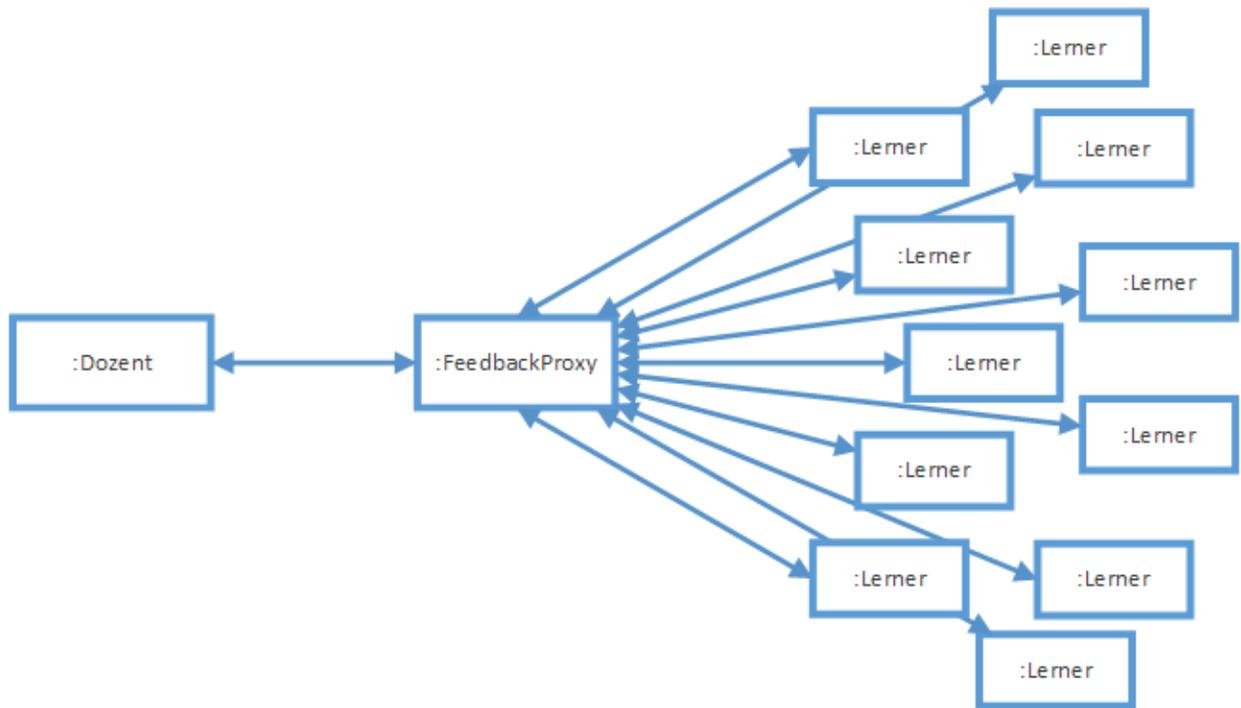


Abbildung 3: Die Feedback-Kommunikation MANY-TO-MANY (UML Kommunikationsdiagramm)

Darüber hinaus kann es für Lerner wichtig sein, dass Dozenten und andere Lerner keine Rückschlüsse auf die eigene Identität aufgrund des kommunizierten Feedbacks erlangen können. So kann die Hemmschwelle „etwas Falsches zu fragen“ verringert werden. Daher muss der Feedback-Proxy den Lernern ermöglichen, ihr Feedback entweder anonym oder zumindest pseudonym zu kommunizieren.

Anforderung FA 030: Der Feedback-Proxy muss es Lernern ermöglichen, Feedback anonym oder zumindest pseudonym zu kommunizieren.

Feedback-Kommunikation von Dozenten

Da auch der Dozent von seinen Lernern mittels Feedback-Kommunikation Rückmeldung bekommen möchte, benötigt er einen Kommunikations-Kanal, der in der Lage ist, das Feedback von vielen zu einem einzelnen (sich selbst) zu transportieren (siehe Abbildung 4). Diese Kanalisierung wird daher auch als „ONE-TO-MANY Kommunikation“ bezeichnet. Ein Dozent kann hier, Feedback vom Auditorium anfragen, sodass diese Anfrage vom Feedback-Proxy daraufhin an alle Lerner verteilt wird.

Anforderung FA 110: Der Feedback-Proxy muss Dozenten die Kommunikation ONE-TO-MANY ermöglichen.

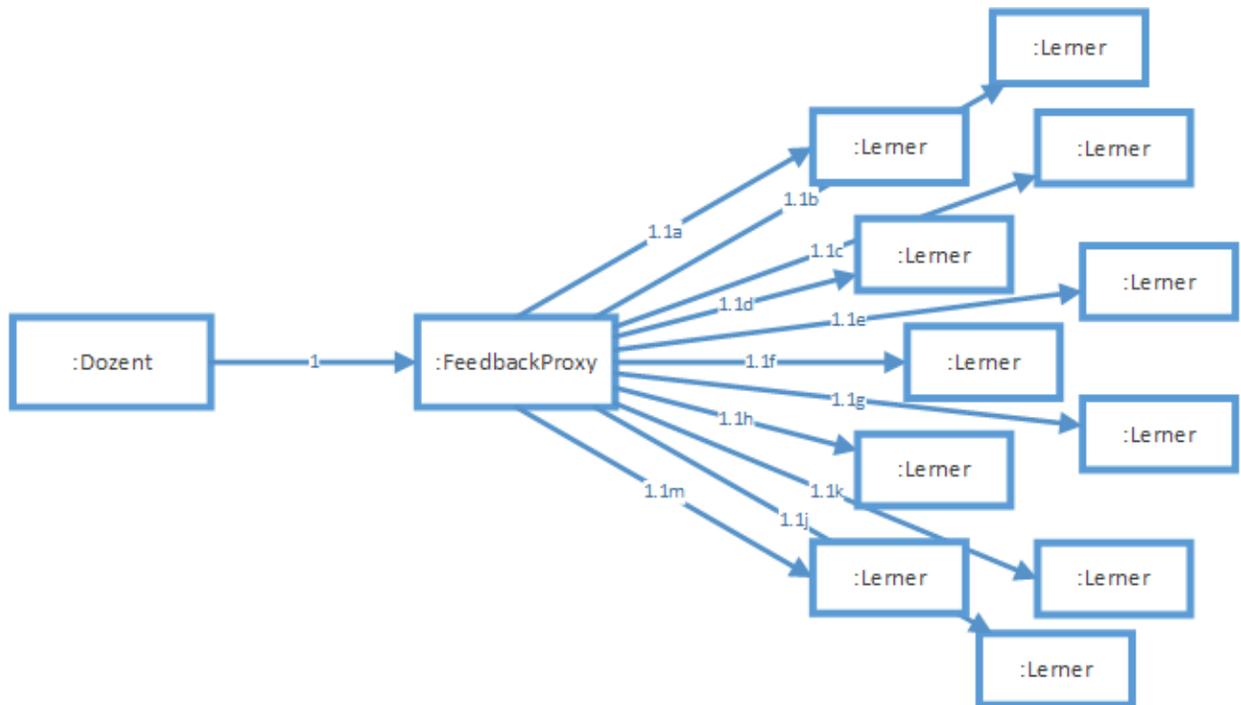


Abbildung 4: Die Feedback-Kommunikation ONE-TO-MANY (UML Kommunikationsdiagramm)

Durch den Feedback-Proxy kann viel Feedback von den Lernern zum Dozenten kommuniziert werden. Da die Hauptaufgabe des Dozenten die Präsentation des Lehrstoffes ist, muss der Feedback-Proxy Möglichkeiten bieten, das Feedback der Lerner so aufzubereiten, dass gleiches Feedback zusammengefasst (aggregieren) und wichtigeres Feedback bevorzugt präsentiert (priorisieren) wird.

Anforderung FA 120: Der Feedback-Proxy muss in der Lage sein, gleiches Feedback zu aggregieren und wichtigeres Feedback bevorzugt zu präsentieren.

Ist der Feedback-Proxy aktiv, können Lerner und Dozenten über ihre Mobilgeräte Feedback kommunizieren. Da das Ausgangsszenario einen Hörsaal mit vielen Teilnehmern definiert, kann es sein, dass über den Feedback-Proxy sehr viel kommuniziert wird. Da der Dozent die Lehrveranstaltung nicht nur moderiert, sondern auch für sie verantwortlich ist, muss er in der Lage sein, den Feedback-Proxy je nach seinen Bedürfnissen zu kontrollieren.

Anforderung FA 130: Der Feedback-Proxy muss dem Dozenten jederzeit die Möglichkeit geben, die Feedback-Kommunikation zu kontrollieren, um einzelne Teile oder das gesamte System an- oder abschalten zu können.

Organische Lebensdauer

Eine Vorlesung ist ein zeitlich begrenztes Ereignis, bei dem sich Lerner und Dozent zusammenfinden. Die Lebensdauer einer Vorlesung hat demnach ein Beginn, ein Ende und eine übliche Dauer von mehreren Stunden. Diese Eigenschaft muss vom Feedback-Proxy adaptiert werden, sodass die aktive Feedback-Kommunikation über einen Feedback-Proxy ebenso über eine Dauer von mehreren Stunden möglich ist. Aufgrund der engen Bindung zwischen der Dauer einer Vorlesung und der aktiven Lebensdauer eines Feedback-Proxys wird letzteres auch als „organisch“ bezeichnet.

Anforderung FA 210: Der Feedback-Proxy existiert parallel zur Vorlesung. Ist die Vorlesung beendet, endet auch die aktive Lebensdauer der Feedback-Kommunikation über den Feedback-Proxy.

Nach der aktiven Zeit, der Zeit in der die Lehrveranstaltung stattfindet, ist es durchaus denkbar, dass auf die Feedback-Kommunikation weiterhin passiv zugegriffen werden kann.

Lokalität

Wie zuvor in den Voraussetzungen beschrieben, existiert in der Lehrveranstaltung eine örtliche Beschränkung. Diese örtliche Beschränkung muss durch den Feedback-Proxy ebenfalls adaptiert werden: Es sollen möglichst nur Teilnehmer der Lehrveranstaltung an der Feedback-Kommunikation über den Feedback-Proxy teilhaben dürfen.

Anforderung FA 310: Der Feedback-Proxy sollte gewährleisten, dass möglichst nur Lerner und Dozenten in der Lehrveranstaltung Feedback kommunizieren können.

Zusammenfassung

Die funktionalen Anforderungen gliedern sich in die Feedback-Kommunikation von Lernern und die von Dozenten, in die Lebensdauer und die Lokalität des Feedback-Proxys. Die Tabelle 2 fasst diese Anforderungen zusammen.

Funktionale Anforderung

FA 001	Der Feedback-Proxy muss die Feedback-Kommunikation von Lernern und Dozenten über deren Mobilgeräte ermöglichen.
FA 010	Der Feedback-Proxy muss Lernern die Kommunikation MANY-TO-ONE ermöglichen.
FA 020	Der Feedback-Proxy muss Lernern die Kommunikation MANY-TO-MANY ermöglichen.
FA 030	Der Feedback-Proxy muss es den Lerner ermöglichen, Feedback anonym oder zumindest pseudonym zu kommunizieren.

FA 110	Der Feedback-Proxy muss Dozenten die Kommunikation ONE-TO-MANY ermöglichen.
FA 120	Der Feedback-Proxy muss in der Lage sein, gleiches Feedback zu aggregieren und wichtigeres Feedback bevorzugt zu präsentieren.
FA 130	Der Feedback-Proxy muss dem Dozenten jederzeit die Möglichkeit geben, die Feedback-Kommunikation zu kontrollieren, um einzelne Teile oder das gesamte System an- oder abschalten zu können.
FA 210	Der Feedback-Proxy existiert parallel zur Vorlesung. Ist die Vorlesung beendet, endet auch die Lebensdauer der Feedback-Kommunikation über den Feedback-Proxy.
FA 310	Der Feedback-Proxy sollte gewährleisten, dass möglichst nur Lerner und Dozenten in der Lehrveranstaltung Feedback kommunizieren können.

Tabelle 2 - Funktionale Anforderungen des Feedback-Proxy

3.1.3 Nicht-Funktionale Anforderungen

Neben den funktionalen Anforderungen, die die Funktionen des Systems beschreiben, hat der Feedback-Proxy auch nicht-funktionale Anforderungen.

Wichtig ist, dass der Feedback-Proxy die Feedback-Kommunikation allen Teilnehmern ermöglicht, ohne dabei zu viel Aufmerksamkeit von ihnen zu verlangen. Dazu notwendig ist zum einen eine sehr geringe Einstiegshürde und zum anderen die Anwendbarkeit auf allen gängigen mobilen Betriebssystemen, sodass möglichst viele Teilnehmer ihr Feedback kommunizieren können.

Anforderung NA 010: Die Erstnutzung des Feedback-Proxy muss möglichst einfach sein (geringe Einstiegshürde).

Anforderung NA 020: Der Feedback-Proxy sollte auf den meisten Mobilgeräten ausführbar sein.

Des Weiteren ist es wichtig, dass, trotz der Anwendung von Aggregations- und Priorisierungsfunktionen, das Feedback eines Einzelnen nicht verfälscht wird. Auch dann, wenn Feedback zusammengefasst wird, sollte es seine ursprüngliche Bedeutung beibehalten. Der Feedback-Proxy sollte also niemals sinnverändernde Operationen durchführen, sondern die Integrität des Feedbacks garantieren.

Anforderung NA 030: Der Feedback-Proxy sollte keine sinnverändernden Operationen durchführen, sondern die Integrität des Feedbacks garantieren.

Tabelle 3 fasst die nicht-funktionalen Anforderungen zusammen.

Nicht-Funktionale Anforderung

NA 010	Die Erstnutzung des Feedback-Proxy muss möglichst einfach sein (geringe Einstiegshürde).
NA 020	Der Feedback-Proxy sollte auf den meisten Mobilgeräten ausführbar sein.
NA 030	Der Feedback-Proxy sollte keine sinnverändernden Operationen durchführen, sondern die Integrität des Feedbacks garantieren.

Tabelle 3 - Nicht-Funktionale Anforderungen des Feedback-Proxy

3.2 Der Feedback-Proxy

Aufgrund der stattfindenden Digitalisierung in fast allen Bereichen des Lebens, besitzen sowohl Lerner als auch Dozenten mobile Geräte, die in der Lage sind die Feedback-Kommunikation zu ermöglichen. Nachfolgend wird daher ein System vorgestellt, das es ermöglicht, über die Mobilgeräte von Lerner und Dozenten einen Kommunikationskanal aufzubauen, der die Feedback-Kommunikation in großen Lehrveranstaltungen ermöglicht.

Wird nun das beschriebene Kernproblem als ein Kommunikationsproblem zwischen vielen Kommunikationspartnern betrachtet, so kann ein aus der Informatik bewährtes Konzept als Lösung für dieses Problem angewendet werden: Der Proxy. Der Proxy ist in seiner ursprünglichen Definition ein Dienst, der die Kommunikation von mehreren, teilweise unterschiedlichen Diensten (Servern) kapselt, sodass ein Anfragender (Client) seine Anfragen nicht an jeden Dienst einzeln stellen muss, sondern diese nur an den Proxy leitet. Dieses Verfahren kann auch hier auf das Kernproblem der Feedback-Kommunikation angewendet werden. Das Prinzip des Proxys wird somit dazu verwendet, die Feedback-Kommunikation zwischen Lernern und Dozenten im Zeitalter der Digitalisierung zu ermöglichen.

Nachfolgend werden die ursprüngliche Funktionsweise und die Eigenschaften des Proxys von [71] vorgestellt und deren Anwendung für den Feedback-Proxy abgeleitet. Es entsteht der Feedback-Proxy, ein technisches System in Form eines Entwurfsmusters des Technology Enhanced Learning [8].

3.2.1 Feedback-Kommunikation

Der Proxy ist in der Kommunikationstechnologie ein Konzept zur Kapselung von Diensten, das sich mittlerweile in allen Bereichen des Internets etabliert und bewährt hat. In seiner Veröffentlichung „Structure and Encapsulation in Distributed Systems: the Proxy Principle“ definiert M. Shapiro die Funktionsweise des Proxys wie folgt [71]:

In einem verteilten System kann die Struktur eines Dienstes oder Teilsystems komplex oder als eine Menge von miteinander kommunizierender Server-Objekte implementiert

sein, dem Client hingegen darf die Komplexität der Struktur nicht ersichtlicht sein. In unserem Ansatz muss ein Client immer erst ein lokales Objekt, Proxy genannt, erhalten um den Dienst zu verwenden. Der Proxy repräsentiert dabei die Gesamtheit der Server. Der Client leitet sämtliche Kommunikation zum Proxy um. Der Proxy und all seine Vertreter formen so gemeinsam ein verteiltes Objekt, das vom Client als ein einziges System betrachtet wird. [...] Dieser Ansatz ermöglicht eine mächtiges Framework für verteilte Systeme [...]

Ein Proxy hat demnach die Funktion, alle Teilsysteme eines verteilten Systems als Ganzes zu repräsentieren und für einen Client als ein einziger, uniformer Dienst zur Verfügung zu stehen. Die Aufgabe des Proxys ist daher, die Kommunikation zwischen einem Client und mehreren (Sub-) Systemen herzustellen.

Die Idee des Feedback-Proxys basiert darauf, dass das anfangs beschriebene Lernszenario als ein verteiltes System betrachtet wird: Lerner und Dozenten kommunizieren mithilfe ihrer Mobilgeräte. Die Mobilgeräte von Lernern und Dozenten sind daher die Dienste des verteilten Systems (Beschriftung „:Lerner“ und „:Dozent“ in Abbildung 5).

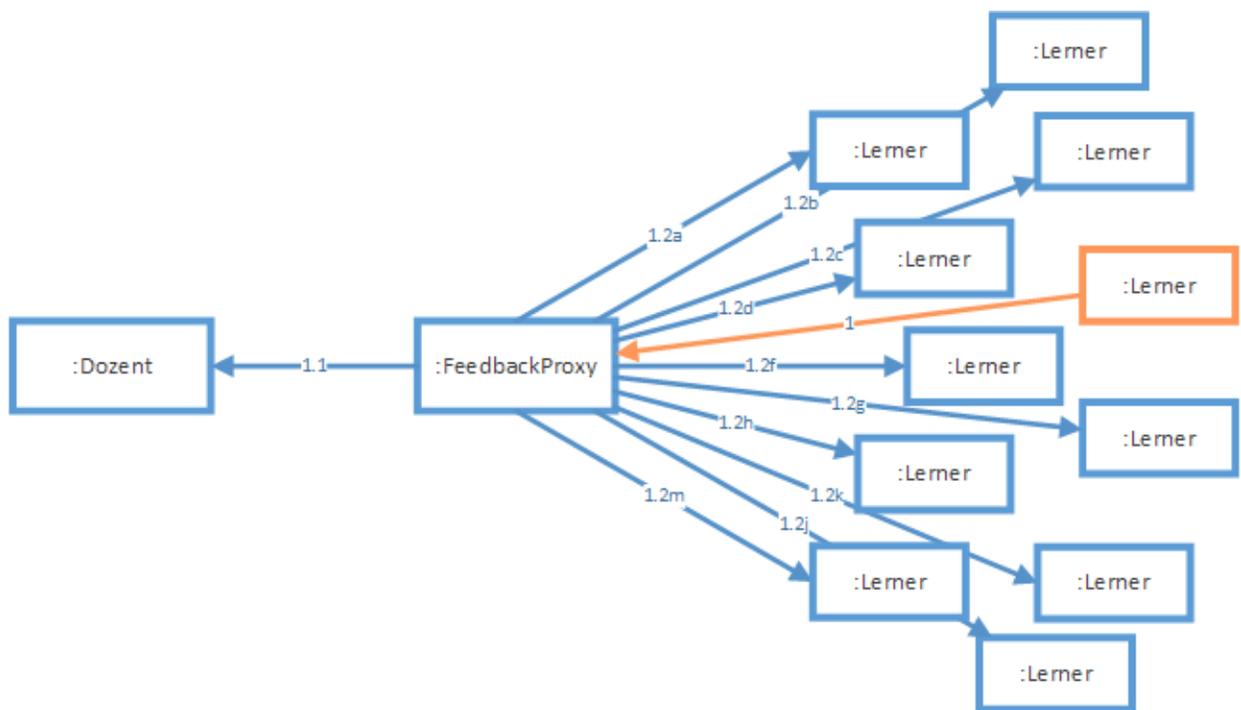


Abbildung 5: Ablauf der Feedback-Kommunikation über Feedback-Proxy für einen spezifischen Lerner (UML Kommunikationsdiagramm)

Besteht bei einem der Dienste der Bedarf, Feedback zu geben oder einzufordern, wird dieses Subsystem zu einem „Client“ (Beschriftung der Nachricht „1“ in Abbildung 5) und leitet sein Bedürfnis an den Feedback-Proxy weiter. Der Feedback-Proxy nimmt dieses Feedback-Bedürfnis auf und verteilt es an die

Subsysteme weiter, für die das Feedback bestimmt beziehungsweise interessant ist (Beschriftung der Nachrichten „1.2“ an „:Dozent“ und „1.2*“ an „:Lerner“ in Abbildung 5).

3.2.2 Definition des Feedback-Proxy durch Adaption des Shapiro Proxys

Nachfolgend werden einige Eigenschaften der ursprünglichen Definition eines Proxy auf die Definition des Feedback-Proxy adaptiert. Die adaptierten Eigenschaften werden daher in ihrer ursprünglichen Beschreibung vorgestellt und die Adaption erläutert. Zum Schluss werden auch die nicht adaptierten Eigenschaften vorgestellt und die nicht erfolgte Adaption begründet.

Struktur

Shapiro definiert die Struktur eines Proxys in [71] mit dieser Beschreibung:

Das „Proxy-Prinzip“ funktioniert wie folgt: Um einen Dienst zu verwenden, muss ein potentieller Client zuerst den Zugriff auf einen Proxy erhalten, da der Proxy die einzige sichtbare Schnittstelle zum verteilten Dienst ist.

Das Prinzip des Proxys existiert in einer Umgebung mit verschiedenen Komponenten, die miteinander kommunizieren. Der Proxy ist dabei die Schnittstelle zwischen einem verteilten System und einem Client. Das verteilte System besteht, wie in Abbildung 6 dargestellt, aus mehreren Subsystemen. Subsysteme und Proxy werden zusammen auch als Gruppe bezeichnet.

Der Feedback-Proxy ist ein Proxy. Die Subsysteme sind die Mobilgeräte der Lerner und Dozenten. Feedback-Proxy und Mobilgeräte sind die Gruppe. Ein Client ist in Bezug auf den Feedback-Proxy immer

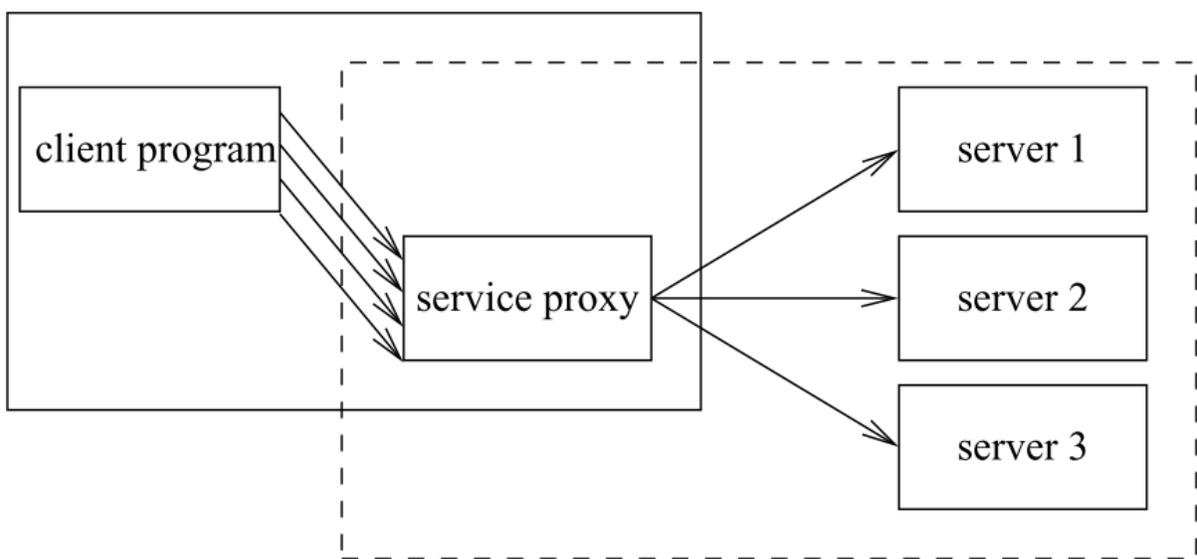


Abbildung 6: Der Proxy - aus [71]

auch Teil der Gruppe, allerdings wechselt das dazugehörige Subsystem für den Zeitraum, in dem es ein Feedback-Bedürfnis kommunizieren will, in die Rolle eines Clients.

Der Feedback-Proxy ist daher in der Lage, Feedback aufzunehmen und weiterzuleiten. Er etabliert einen Kommunikationskanal innerhalb einer Lehrveranstaltung und verbindet Dozenten und Lerner über ihre Mobilgeräte miteinander (Abbildung 7). Somit erfüllt der Feedback-Proxy die zuvor erarbeiteten Anforderungen FA 010, FA 020 und FA 110.

In der Anforderung FA 010 ist beschrieben, dass der Feedback-Proxy den Lernern die Kommunikation MANY-TO-ONE ermöglichen muss. Dies ist gewährleistet, da jeder Lerner über sein Mobilgerät Feedback zum Dozenten übertragen kann. So kann ein beliebiger Lerner über sein Mobilgerät als Client sein Feedback an den Feedback-Proxy übertragen. Der Feedback-Proxy leitet dieses Feedback dann nur an den Dozenten weiter.

Weiterhin ist in der Anforderung FA 020 gefordert, dass der Feedback-Proxy den Lernern die Kommunikation MANY-TO-MANY ermöglichen muss. Auch dies ist mit der Struktur des Proxys gegeben, da jeder Lerner über sein Mobilgerät an das Auditorium Feedback kommunizieren kann. Ein beliebiger Lerner kann daher über sein Mobilgerät sein Feedback an alle anderen Lerner und auch den Dozenten vermitteln. Der Feedback-Proxy leitet das Feedback dementsprechend von dem einen Lerner weiter.

Des Weiteren erfüllt der Feedback-Proxy mit seiner Struktur eines Proxys die Anforderung FA 110, da der Feedback-Proxy Dozenten die Kommunikation ONE-TO-MANY ermöglicht. Ein Dozent kann, indem sein

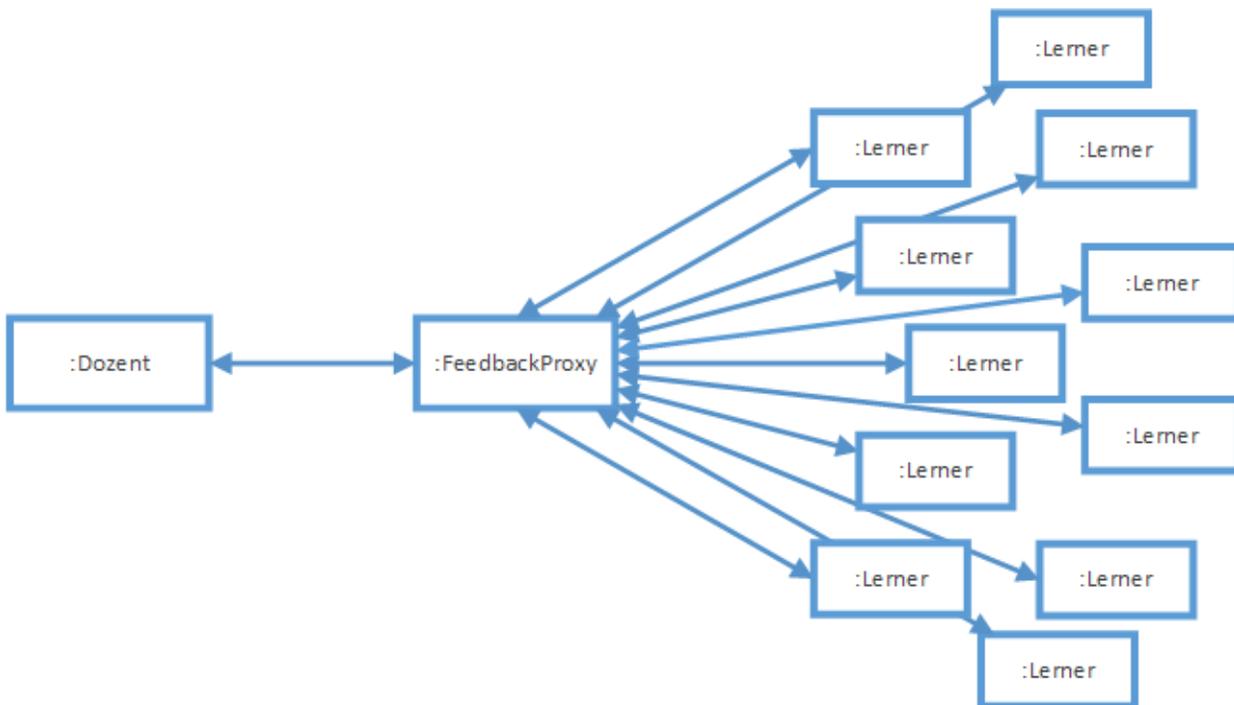


Abbildung 7: Der Feedback-Proxy (UML Kommunikationsdiagramm)

Mobilgerät zu einem Client wird, Feedback vom Auditorium anfragen. Diese Anfrage wird vom Feedback-Proxy daraufhin an alle Lerner verteilt.

Da das Feedback in digitaler Form erfolgt, kann der Feedback-Proxy dieses auch filtern, sortieren, priorisieren, kombinieren und aggregieren. Somit ist auch die Anforderung FA 120 erfüllt.

Datenkapselung

Zum Thema "Datenkapselung" schreibt Shapiro in [71]:

Der Dienst ist eine Art Blackbox, auf die nur durch einen Proxy zugegriffen werden kann.
Dessen Struktur ist nicht von außen sichtbar.

Der Feedback-Proxy wird dazu verwendet, Feedback in einem Auditorium zu kommunizieren. Die Mobilgeräte von Lerner und Dozenten agieren dabei als Dienste und bilden das „verteilte System“. Feedback wird über den Feedback-Proxy an das Auditorium weitergeleitet. Der Feedback-Proxy kapselt daher den Zugriff auf die anderen Dienste / die Verteilung des Feedbacks an die Mobilgeräte.

Der Feedback-Proxy bietet somit eine Schnittstelle zwischen den Teilnehmern der Lernveranstaltung, sodass diese bei Bedarf ihr Feedback kommunizieren können. Für die Feedback-Gebenden und die Feedback-Bekommenden ist der Feedback-Proxy, wie in der ursprünglichen Definition von Shapiro, daher eine Black-Box: Es kann entweder Feedback an andere hineingegeben oder Feedback von anderen einfordern/bekommen. Die Funktionsweise dazwischen sollte zwar nachvollziehbar sein, muss aber dem Teilnehmer nicht bekannt sein. Der Feedback-Proxy kapselt also die Feedback Kommunikation zu allen anderen Teilnehmern (Lerner und Dozenten) einer Lehrveranstaltung. Somit erfüllt der Feedback-Proxy durch die Adaption der Kapselung die Anforderungen FA 001 und NA 030.

Lokalität

Zur Lokalität schreibt Shapiro [71]:

Netzwerktransparenz wird dadurch erreicht, dass alle Zugriffe lokal erfolgen. Einige Anfragen werden dabei auch lokal vom Proxy beantwortet. Buffer können ebenso lokal gehalten werden. Der Verbindungszustand kann darüber hinaus aufgezeichnet werden damit der Dienst ohne einen Speicher auskommen kann.

Der Feedback-Proxy dient dazu, das Feedback-Kommunikationsproblem in großen Lehrveranstaltungen zu verbessern. Daher ist seine Funktionalität an dieses lokale Ereignis gebunden. Weiterhin sorgt der Feedback-Proxy dafür, dass nur die Teilnehmer dieses lokalen Ereignisses Zugriff auf das Feedback bekommen. Hier werden gleich zwei der zuvor beschriebenen Anforderungen erfüllt. Zum einen die Anforderung FA 210, die vorschreibt, dass der Feedback-Proxy parallel zur Vorlesung existieren soll (ist die

Vorlesung beendet, endet auch die Lebensdauer der Feedback-Kommunikation über den Feedback-Proxy). Zum anderen wird die Anforderung FA 310 erfüllt, die vorschreibt, dass der Feedback-Proxy gewährleisten sollte, dass möglichst nur Lerner und Dozenten in der Lehrveranstaltung Feedback kommunizieren können.

Weitere Eigenschaften eines Proxys

Der Shapiro Proxy bietet noch weitere Eigenschaften, die für den Feedback-Proxy aber nicht weiter von Bedeutung sind. Dies sind Zugriffsprotokolle, Fähigkeiten, Wiederverwendbarkeit, vertrauensvolle Kommunikation und Protokoll-Kapselung.

Zugriffsprotokolle sind im Shapiro-Proxy definiert durch den Zugriff auf Ressourcen. Da der Feedback-Proxy die Feedback-Kommunikation von Lernern und Dozenten auf ihren Mobilgeräten abbildet, ist es nicht notwendig, den Zugriff auf diese Ressourcen für den Anwender zu beschränken.

Die Fähigkeiten (engl. „Capabilities“) definieren die technische Forderung nach Sicherheit in Bezug auf Zugriffskontrolle und die Fähigkeit, komplett anpassbar (engl. „totally programmable“) zu sein. Da es sich beim Feedback-Proxy um ein neues Entwurfsmuster des Technology Enhanced Learning handelt, sind diese Eigenschaften erst bei der spezifischen Umsetzung eines solchen Systems von Interesse. Es ist dann Aufgabe der Verantwortlichen, für Implementation und Installation geeignete sicherheitstechnische Anforderungen festzulegen und umzusetzen.

Auch die Wiederverwendbarkeit bezieht sich auf ein Detail der technischen Umsetzung (die digitale Form der Datenübertragung), das bei der konzeptuellen Definition des Entwurfsmusters „Feedback-Proxy“ nicht relevant ist.

Die vertrauensvolle Kommunikation ist im Shapiro-Proxy wieder im spezifischen technischen Sinne definiert. Es wird verlangt, dass die Kommunikation zwischen Anfragenden und Dienst nur über vertraute Partner (engl. „trusted partner“) stattfinden darf. Auch dies ist für das Entwurfsmuster des Feedback-Proxys nicht adaptierbar, sondern ist Aufgabe einer technischen Umsetzung.

Da der Feedback-Proxy dazu dient, die Feedback-Kommunikation über Mobilgeräte zu ermöglichen, gibt es grundsätzlich keine Restriktionen an das zu kommunizierende Feedback. Eine Kapselung des Protokolls muss daher nicht stattfinden. Diese Eigenschaft des Shapiro-Proxy ist also nicht adaptierbar.

3.3 Feedback-Proxys und Classroom Response Systeme

Der Feedback-Proxy löst das Problem der Feedback-Kommunikation in Lehrveranstaltungen mit vielen Zuhörern. Wie eingangs erwähnt, gab es mit den Classroom Response Systemen (CRS) bereits Möglichkeiten dieses Problem zumindest teilweise zu lösen: Der Dozent konnte mithilfe eines Classroom Response Systems Feedback zu einer einzelnen, von ihm gestellten Frage bekommen. Mit bisherigen

Classroom Response Systemen sind die anderen Richtungen der Feedback-Kommunikation nicht realisierbar: Es ist nicht möglich, dass Lerner aktiv von sich aus dem Dozenten oder dem Auditorium Feedback geben können. Im Vergleich zum Feedback-Proxy ist die Feedback-Kommunikation bei bisherigen CRS nur eingeschränkt möglich.

Darüber hinaus besitzen die Classroom Response Systeme weitere Nachteile. Für jede Anwendung der bei CRS eingesetzten Hardware-Clicker müssen mehrere Hürden überwunden werden. Zum einen muss sichergestellt sein, dass für die große Anzahl der Studierenden ausreichend viele Geräte zur Verfügung stehen. Zum anderen müssen diese Geräte betriebsbereit (ausreichend Energie, ohne Defekt, etc.) sein. Üblicherweise werden die Hardware-Clicker dann zusätzlich vor der Lehrveranstaltung ausgegeben und danach wieder eingesammelt. All diese Prozesse (Beschaffung, Installation, Vorbereitung, Nachbereitung) sind fehleranfällig und bedingen ein hohes Maß manueller Tätigkeiten. Sie kosten somit Zeit.

Des Weiteren greifen die bisherigen Classroom Response Systeme die Effekte der Digitalisierung der Lehre entweder gar nicht oder nur eingeschränkt auf. Lerner und Dozenten nutzen schon jetzt, wie eingangs beschrieben, ihre Mobilgeräte in allen Bereichen der Kommunikation. Classroom Response Systeme könnten diese Kommunikationsmöglichkeiten und -bedürfnisse auf Lerner und Dozenten übertragen. Dies ist allerdings bisher nicht geschehen.

Die zuvor beschriebenen Probleme könnten durch eine Digitalisierung der Classroom Response Systeme gelöst werden, wenn das CRS in digitalisierter Form auf den Mobilgeräten der Lerner und Dozenten installiert werden könnte. Somit könnte ein digitalisiertes Classroom Response System die vielen Nachteile (Installation und Wartung) der Hardware-Clicker beseitigen. Da Lerner und Dozenten ihre eigenen Mobilgeräte nutzen, um Feedback zu kommunizieren, brauchen die Hardware-Clicker nicht mehr beschafft, gewartet, ausgeteilt und eingesammelt werden.

Gäbe es dieses digitalisierte Classroom Response System, wäre es weiterhin in der Lage, die in den Anforderungen des Feedback-Proxy definierten, anderen Richtungen der Feedback-Kommunikation zu realisieren. Da der Feedback-Proxy eben genau dafür konzipiert wurde, lässt sich daraus schließen, dass der Feedback-Proxy die Weiterentwicklung der Classroom Response Systeme ist.

Diese neue, digitalisierte Generation der Classroom Response Systeme kann nun auch die vom Feedback-Proxy noch nicht betrachteten Anforderungen aus Kapitel 3.1 umsetzen. Da das Classroom Response System auf den Mobilgeräten der Lerner und Dozenten ausgeführt wird, ist somit die Anforderung NA 020 („Der Feedback-Proxy sollte auf den meisten Mobilgeräten ausführbar sein“) per Definition erfüllt.

Bisherige Classroom Response Systeme bieten darüber hinaus üblicherweise einen einfachen Einstieg in die Anwendung. Das Bestätigen eines Buttons reichte aus, um Feedback zum Dozenten zu übermitteln und die vom Dozenten gestellte Frage zu beantworten. Die neue Generation sollte diese Eigenschaften

beibehalten und ebenso einen einfachen Einstieg in die Feedback-Kommunikation ermöglichen. Es obliegt zwar der spezifischen Implementierung des Classroom Response Systems dies zu regeln, trotzdem wird damit die Anforderung NA 010 („Die Erstnutzung des Feedback-Proxy muss möglichst einfach sein (geringe Einstiegshürde)“) erfüllt.

Ähnlich wie die geringe Einstiegshürde haben bisherige Classroom Response Systeme dem Dozenten jederzeit die Möglichkeit gegeben, das Classroom Response System an- oder abzuschalten und das Feedback der Lerner anonym zu übertragen. Auch diese Eigenschaften sollten von der neuen Generation übernommen werden, sie sind Gründe für den Nutzungserfolg bisheriger Classroom Response Systeme. Auch hier obliegt es einer spezifischen Implementierung dies umzusetzen, es werden damit aber die Anforderungen FA 130 („Der Dozent muss jederzeit in der Lage sein den Feedback-Proxy zu kontrollieren um so einzelne Teile oder das gesamte System an- oder abzuschalten“) und FA 030 („Der Feedback-Proxy muss den Lerner ermöglichen Feedback anonym oder zumindest pseudonym zu kommunizieren“) erfüllt. Da das digitalisierte Classroom Response System in der Lage ist mehrere Richtungen der Feedback-Kommunikation anzubieten, ist es möglich die Steuerungsmöglichkeiten flexibel an die vom Dozenten genutzte Funktion anzupassen. Im Gegensatz dazu können bisherige Classroom Response Systeme der ersten und zweiten Generation nur eine Funktion und deren Steuerungsmöglichkeit bereitstellen. Darüber hinaus bietet das digitalisierte Classroom Response System jedem Dozenten die Möglichkeit, ad-hoc Feedback-Proxys zu erzeugen.

Auf Grundlage des Feedback-Proxy entsteht somit eine neue, dritte Generation der Classroom Response Systeme: Der Feedback-Proxy ist in der Lage, die Nachteile der vorherigen Generation der Classroom Response Systeme mithilfe seiner digitalisierten Form und der daraus resultierenden Möglichkeit zur digitalisierten Kommunikation von Feedback aufzuheben. Classroom Response Systeme dieser dritten Generation nutzen den Feedback-Proxy, um Dozenten und Lernern ein digitalisiertes Werkzeug ad-hoc zur Verfügung zu stellen.

Der Feedback-Proxy erschafft somit zwei neue Artefakte im Forschungsgebiet des Technology Enhanced Learning: Sowohl ein neues Pattern zur Lösung des Problems der Feedback-Kommunikation, als auch die Grundlage für eine neue Generation der Classroom Response Systeme.

4 Tweedback - Ein Classroom Response System der dritten Generation

Für den Einsatz in einer Lehrveranstaltung ist eine spezifische Umsetzung des Feedback-Proxys erforderlich. Im Rahmen dieser Arbeit ist das Classroom Response System „Tweedback“ entstanden, das Feedback-Proxys ad-hoc zur Verfügung stellt.

Tweedback setzt die im Kapitel 3.1 („Anforderungen an den Feedback-Proxy“) erarbeiteten Funktionen für den Einsatz in der universitären Lehre als Web-Applikation um. Es ist seit Oktober 2013 für Lerner und Dozenten frei zugänglich. Bis Februar 2017 wurden über 11.000 Veranstaltungen erzeugt, mit kumulierten 120.000 Teilnehmern (Nutzern). Diese Entwicklung der Nutzerzahlen ist in Abbildung 8 dargestellt.

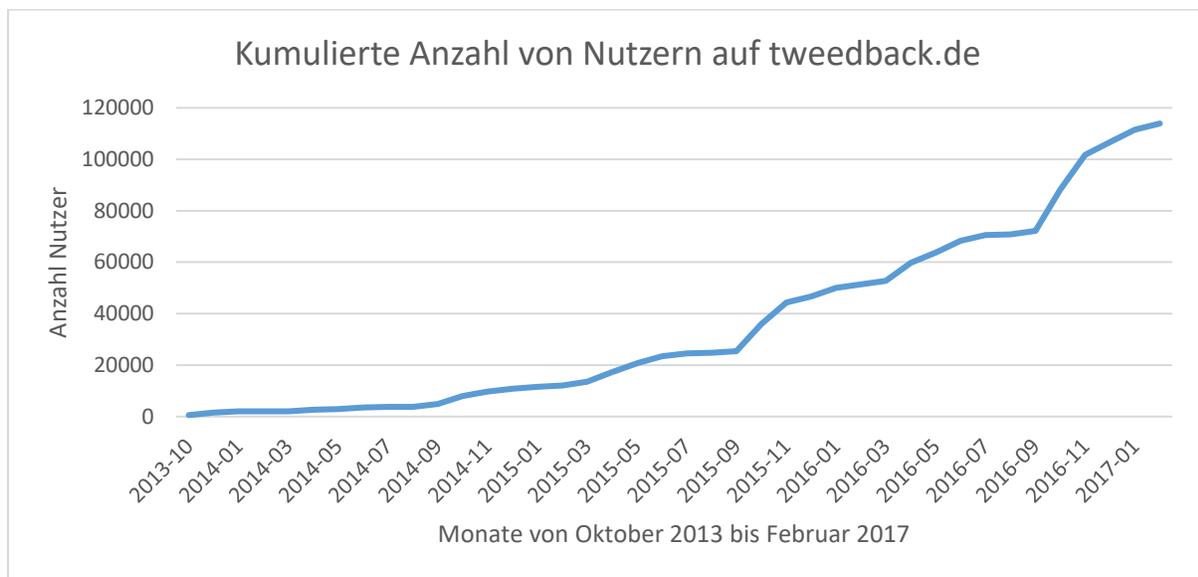


Abbildung 8: Kumulierte Anzahl von Nutzern auf tweedback.de im Zeitraum von Oktober 2013 bis einschließlich Februar 2017 (Ein Nutzer ist eine eindeutige Browser-Session, die an einer Veranstaltung teilgenommen hat)

Dieses Kapitel gibt einen Einblick in die Funktionsweise von Tweedback. Zu Beginn werden die in Tweedback umgesetzten Kommunikationsmuster des Feedback-Proxys als Feedbackformen „Quiz“, „Chatwall“ und „Problem Button“ vorgestellt. Dabei werden die funktionalen Entscheidungen zum Einen auf Basis der zuvor erarbeiteten Anforderungen an einen Feedback-Proxy abgeleitet und zum Anderen anhand der beobachteten tatsächlichen Nutzung verbessert oder erweitert. Nutzungsbeobachtungen beruhen auf allen zuvor beschriebenen Sitzungsdaten aller Nutzer. Aufgrund der gewährleisteten Pseudonymität und der breiten Anwendung von Tweedback über viele verschiedene Universitäten hinweg, können die Daten nicht nach Universität, Vorlesung, Inhalt oder Lernerprofil unterschieden werden.

Im Anschluss werden drei wichtige Herausforderungen von Classroom Response Systemen untersucht und Lösungen in Tweedback vorgestellt. Diese Herausforderungen haben ihren Ursprung alle in der digitalen Heterogenität: Durch die Digitalisierung besitzen zwar fast alle Lerner und Dozenten ein Mobilgerät, allerdings variieren die technischen Eigenschaften dieser Geräte so stark, dass diese eine heterogene Landschaft bilden.

Zu Beginn wird daher das Problem einer minimalen Einstiegshürde in das System beschrieben, um es allen Lernern und Dozenten mit ihren mobilen Geräten zu ermöglichen, mit möglichst wenig Aufwand an der Feedback-Kommunikation teilzunehmen. Daher wird das Konzept, der von Tweedback verwendeten Veranstaltungs-Codes, als eine mögliche Lösung vorgestellt.

Im Anschluss wird die Architektur von Tweedback skizziert, wichtige Komponenten und deren Zusammenspiel erläutert und so erklärt, wie Tweedback auf vielen unterschiedlichen Mobilgeräten, Betriebssystemen und Plattformen ausgeführt werden kann. Aufbauend auf dieser Architektur wird weiterhin eine Referenzarchitektur für Classroom Response Systeme der dritten Generation abgeleitet, die so für zukünftige Forschungsgruppen verwendet werden kann, um weitere Systeme / Instanzen der dritten Generation umzusetzen.

Abschließend wird auf das in Tweedback verwendete Ereignis-basierte Kommunikationsprotokoll eingegangen, das dazu dient, trotz der vielen unterschiedlichen zur Verfügung stehenden Kommunikationsstandards und -systemen, einen gemeinsamen Weg zum Nachrichtenaustausch zu ermöglichen.

In Anhang B sind zur Veranschaulichung von Tweedback die wichtigsten Abläufe, die Nutzer auf tweedback.de ausführen können, dargestellt. Es sind dort für die gleich vorgestellten Feedbackformen Quiz, Chatwall und Problem-Feature die Ansichten von Lernern und Dozenten an Anwendungsbeispielen erläutert.

4.1 Feedbackformen

Tweedback ist ein Classroom Response System der dritten Generation. Es ist in der Lage, ein Feedback-Proxy nach Bedarf für den Einsatz in großen Lernszenarien zur Verfügung zu stellen. Da die im Feedback-Proxy beschriebenen Funktionen konzeptuell konstruiert sind, wird hier nachfolgend vorgestellt, wie Tweedback die unterschiedlichen Kommunikations-Formen in einer Web-Anwendung umsetzt. Da jede dieser Formen eine eigene Möglichkeit zur Kommunikation von Feedback bereitstellt, werden sie bei Tweedback als Feedbackformen bezeichnet.

Für jede der drei Kommunikationsformen des Feedback-Proxys existiert demnach eine Feedbackform in Tweedback. Jede Feedbackform agiert dabei für sich autark, das heißt, dass die Feedback-Kommunikation

innerhalb einer Feedbackform in sich geschlossen abläuft. Die einzelnen Feedbackformen sind nicht mit den anderen verbunden oder haben Kenntnis von ihnen.

Weil die Feedback-Kommunikation einer Feedbackform autark ist, hat der Dozent jederzeit die Möglichkeit, Feedbackformen an- oder auszuschalten. Somit hat er zu jeder Zeit die Kontrolle darüber, ob eine Feedback-Kommunikation stattfinden darf.

Nachfolgend werden die Feedbackformen „Quiz“ (beruhend auf „One-to-Many“), „Chatwall“ (beruhend auf „Many-to-Many“) und „Problem Button“ (beruhend auf „Many-to-One“) vorgestellt und erläutert. Für jede Form werden deren Funktionen und Einsatzgebiete erörtert.

4.1.1 Quiz (One-To-Many)

Der Hauptnutzen des Quiz besteht darin, dass eine vom Dozenten an das Auditorium gestellte Frage gemeinsam beantwortet wird. Diese Funktion ist, wie schon im Kapitel 2 beschrieben, auch schon in Classroom Response Systemen der vorherigen Generationen umgesetzt worden.

Das Quiz setzt die Feedback-Kommunikation One-To-Many des Feedback-Proxys um. Im Quiz fragt ein Dozent („One“) explizit nach Feedback der Lerner („Many“). Das Quiz bündelt daher das von den Lernern kommunizierte Feedback und stellt es dem Dozenten zur Verfügung.

Das Quiz in Tweedback erlaubt dem Dozenten, Fragen mit mehreren Antwortmöglichkeiten an das Auditorium zu stellen. Dozenten können somit ein Quiz in der Veranstaltung passend zu einer von ihnen gestellten Frage starten. Den Lernern erscheinen auf ihren Mobiltelefonen daraufhin die verschiedenen Antwortmöglichkeiten, von denen sie dann die ihrer Meinung nach Richtige auswählen können. Der Dozent sieht die kumulierten Antworten und deren Entwicklung in Echtzeit auf seinem Tweedback-Zugang. Das Quiz hat den Vorteil, dass es die Interaktivität der Zuhörer steigert (siehe [73] und [74]) und ein Bild vom Verständnis der Zuschauer zeichnet. Zur Auswahl stehen dem Dozenten bei Tweedback entweder Ja-Nein-Fragen oder Fragen von zwei (A-B) bis N (A-B-C-...-N) Antwortmöglichkeiten.

Das Quiz ist für Lerner und Dozenten jeweils in einen aktiven und einen passiven Bereich aufgeteilt. Im aktiven Bereich können Dozenten und Lerner aktiv mit dem aktuellen Quiz interagieren. Im passiven Bereich werden die vergangenen Quiz-Ergebnisse angezeigt. Während der passive Bereich für Lerner und Dozenten fast identisch ist, unterscheidet sich der aktive Teil für Lerner und Dozenten.

Die Ansicht des Dozenten ist nachfolgend dargestellt. Im aktiven Bereich (blau markiert) ist das aktuelle Quiz dargestellt, dessen Stimmenübersicht und deren Interaktionsmöglichkeiten. Im passiven Bereich (grün markiert) sind die vergangenen Quiz-Umfragen und deren Ergebnisse zusammengefasst. Dozenten können im aktiven Bereich für jedes neue Quiz die Anzahl der Antwortmöglichkeiten bestimmen und das Live-Ergebnis während der Umfrage in einem eigenen Fenster öffnen. Für das Beenden eines Quiz hat der

Dozent zwei Möglichkeiten: Entweder er beendet das Quiz ohne die Veröffentlichung der Ergebnisse an die Lerner oder er veranlasst, dass Tweedback die Ergebnisse auch auf den Geräten der Lerner anzeigt. Der Dozent kann so kontrollieren, ob Lerner direkt selber Einblick in das Ergebnis bekommen und ihre eigene Antwort mit denen der anderen vergleichen können oder ob es dem Dozenten obliegt, das Ergebnis auszuwerten.

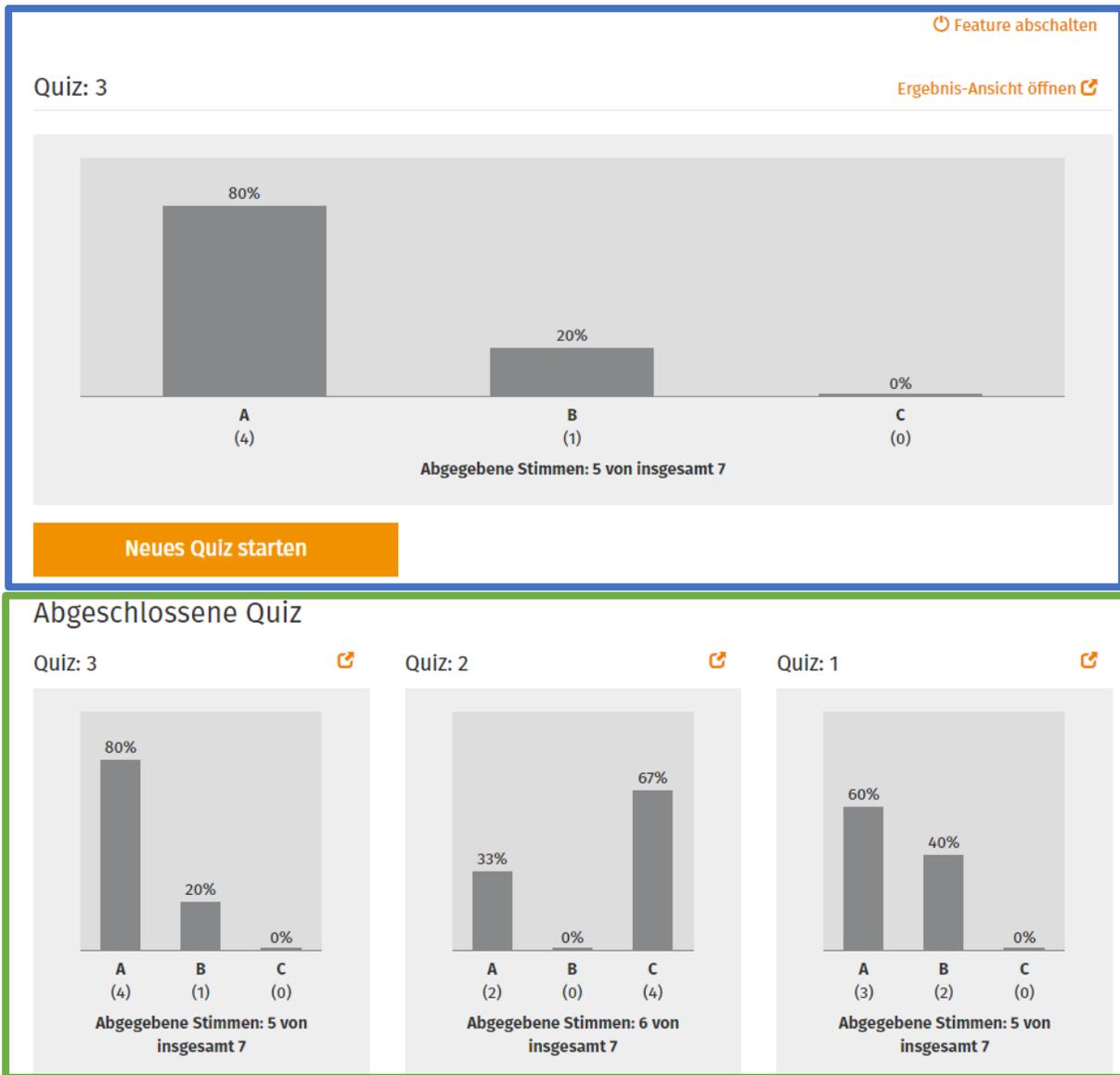


Abbildung 9: Ansicht des Quiz für Dozenten mit aktivem Bereich "Aktuelles Quiz" (blau) und passivem Bereich "Abgeschlossene Quiz" (grün)

Für das Auditorium existieren aktiver und passiver Bereich in ähnlicher Form. Wie in der nachfolgenden Abbildung dargestellt, besitzen auch sie ein Interaktionsfeld zum aktuellen Quiz (blaue Markierung) und die Übersicht über die vergangenen Quiz (grüne Markierung). Das Interaktionsfeld erlaubt es nur einmal,

eine Stimme zum momentan laufenden Quiz abzugeben. Die Übersicht vergangener Quiz zeigt nur die an, die auch vom Dozenten veröffentlicht wurden.

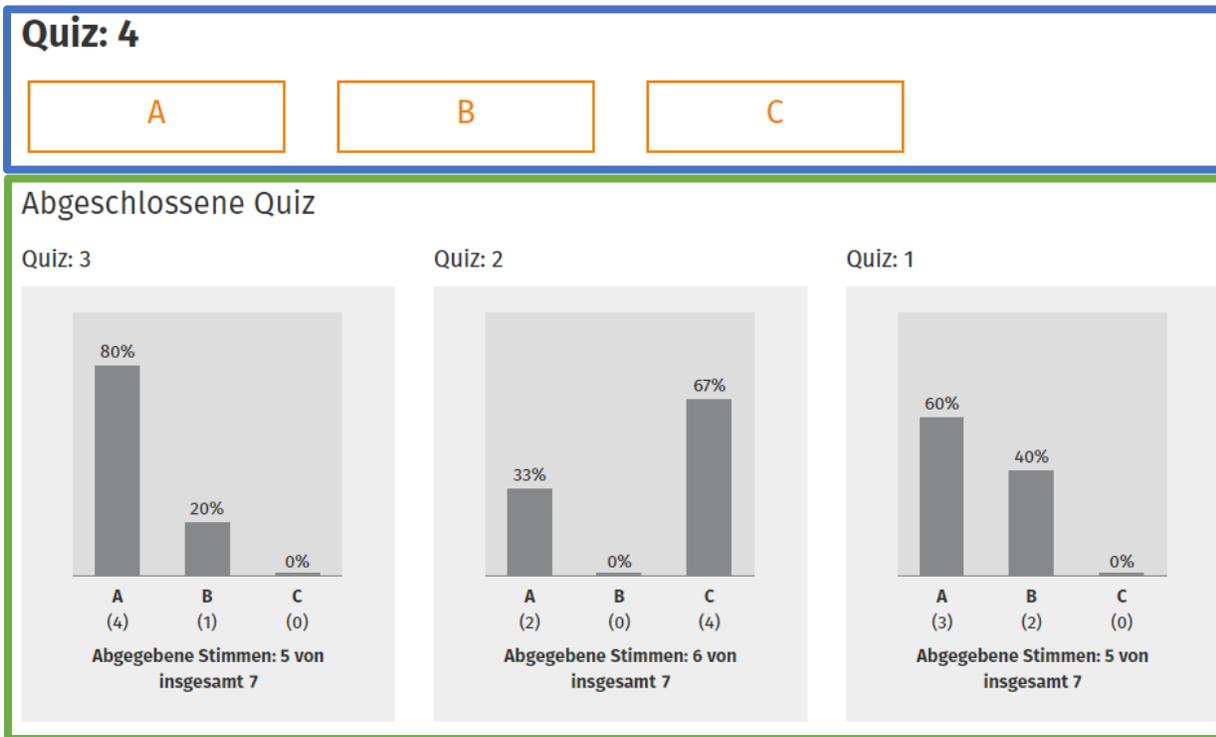


Abbildung 10: Ansicht des Quiz für Lerner mit aktivem Bereich "Aktuelle Quiz" (blau) und passivem Bereich "Abgeschlossene Quiz" (grün)

Die aktiven und passiven Bereiche spiegeln sich in fast allen Oberflächen der Feedbackformen wider, da die Anwender von Classroom Response Systemen sich häufig in diese beiden Lerner-Typen kategorisieren lassen. Die Hintergründe und die genauen Charakteristiken dieser und weiteren Lerner-Typen sind in Kapitel 6.3 („Lernertypen“) beschrieben.

Viele der weiteren Umsetzungen des Quiz entstanden zur Lösung eines Teilproblems bei der Nutzung eines Classroom Response Systems. Diese Teillösungen basieren auf bestimmten Annahmen der Nutzung. Nachfolgend werden einige dieser Teilprobleme und deren Lösungen vorgestellt. Dazu werden die Annahmen beschrieben, das beobachtete Nutzerverhalten zusammengefasst und das daraus resultierende Fazit festgehalten. Die Probleme, deren Lösungen und das aus den Beobachtungen resultierende Fazit ist auf andere Classroom Response Systeme anwendbar. Als Grundlagen dienen N=17.261 Quiz und M=244.405 Antworten in einem Zeitraum von circa 40 Monaten (17. Oktober 2013 bis 23. Februar 2017).

Dozenten benötigen einen Überblick über die abgegebenen Stimmen

Führen Dozenten ein Quiz durch, sehen sie die Zusammenfassung der abgegebenen Stimmen in Echtzeit in Form eines Balkendiagramms. Im Laufe der Nutzung stellte sich heraus, dass Dozenten häufig nicht in der Lage sind abzuschätzen, ab wann ausreichend Stimmen abgegeben wurden; sie sind sich nicht sicher ab wann sie das Quiz beenden können

Beobachtung: 90% der Lerner beantworten ein Quiz innerhalb der ersten beiden Minuten, nachdem es vom Dozenten erstellt wurde. Dagegen werden 90% der Quiz erst nach 7 Minuten vom Dozenten geschlossen.

Wie in der untenstehenden Grafik dargestellt, hat ein Großteil der Lerner bereits nach 2 Minuten am Quiz partizipiert, während ein Großteil der Dozenten hingegen erst einige Minuten später das Quiz beendeten. Es stellte sich heraus, dass Dozenten mit zunehmender Veranstaltungsgröße Probleme haben, zu erkennen, ab wann die meisten Lerner beim Quiz abgestimmt haben. Somit ist es sinnvoll, dem Dozenten einen Hinweis über die abgegebenen Stimmen zu geben, sodass diese in der Lage sind, einen Überblick darüber zu bekommen, wie viele der Teilnehmer ihre Stimme abgegeben haben.

Ein Classroom Response System sollte daher den Dozenten dabei unterstützen, schneller zu erkennen, ab wann genügend Stimmen abgegeben wurden. Dozenten sollten erkennen können, wie viele Teilnehmer verbunden sind und wie viele davon bereits abgestimmt haben.

Zeit bis Antworten abgegeben wurden im Vergleich zur Zeit bis Dozenten das Quiz beenden

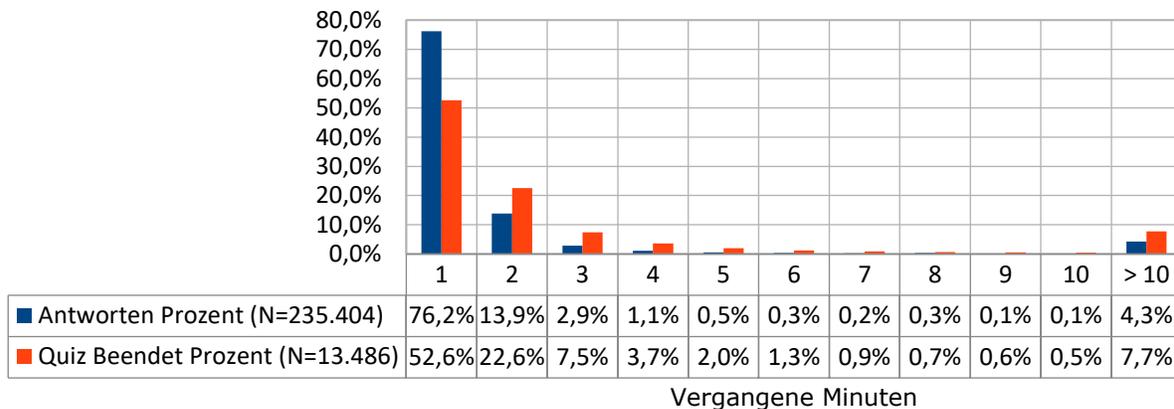


Abbildung 11: Die Abbildung zeigt den zeitlichen Verlauf der abgegebenen Antworten im Vergleich zu den manuell vom Dozenten beendeten Quiz. So wurden innerhalb der ersten Minute 76,2% aller Antworten bereits abgegeben („Antworten Prozent“, blau), während nur 52,6% aller Quiz bis dahin von Dozenten manuell beendet wurden („Quiz Beendet Prozent“, rot)

In Tweedback wurde daher die Zahl der abgegebenen Stimmen mit der Zahl der insgesamt verbundenen Geräte integriert. So hat der Dozent bei jedem Quiz sofort ein Gefühl dafür, wie viele Nutzer abgestimmt haben (siehe „Abgegebene Stimmen“ in Abbildung 9 und Abbildung 10). So erkennen Dozenten sofort, wie viele der Teilnehmer abgestimmt haben und können ein Quiz viel eher beenden als bisher.

Übersicht über die Quiz-Historie

In vielen Classroom Response Systemen und auch in den ersten Versionen von Tweedback wurde nur das Ergebnis des letzten Quiz angezeigt. Allerdings erstellen Dozenten meistens mehr als nur ein Quiz und verlieren somit den Zugriff auf die Ergebnisse der vorherigen Quiz. Möchten Dozenten in der Veranstaltung auf diese Ergebnisse zurückkommen, war dies bisher nicht möglich.

Beobachtung: Mehr als jede fünfte Veranstaltung (21,3%) in Tweedback verwendet drei oder mehr Quiz. Wie zuvor beschrieben, stellte sich heraus, dass Dozenten häufig mehrere Quiz anlegen. Die untenstehende Abbildung zeigt die Verteilung über die Anzahl an Quiz je Veranstaltung. Circa 59,3% der Veranstaltungen in Tweedback haben genau ein Quiz, weitere 19,4% der Veranstaltungen haben exakt zwei Quiz. In der Summe haben somit 78,7% aller Veranstaltungen ein oder zwei Quiz. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass 21,3% aller Veranstaltungen in Tweedback mehr als 2 Quiz haben. In der Summe haben somit mehr als 1.500 Dozenten in ihren Lehrveranstaltungen drei oder mehr Quizze verwendet. Daher sollten Classroom Response Systeme den Dozenten eine Möglichkeit bieten, auf die Ergebnisse der vergangenen Quiz zuzugreifen. Dazu bietet es sich an, einen wie bei Tweedback definierten, passiven Bereich zu verwenden. In Tweedback werden alle Ergebnisse der vergangenen Quiz für Dozenten angezeigt.

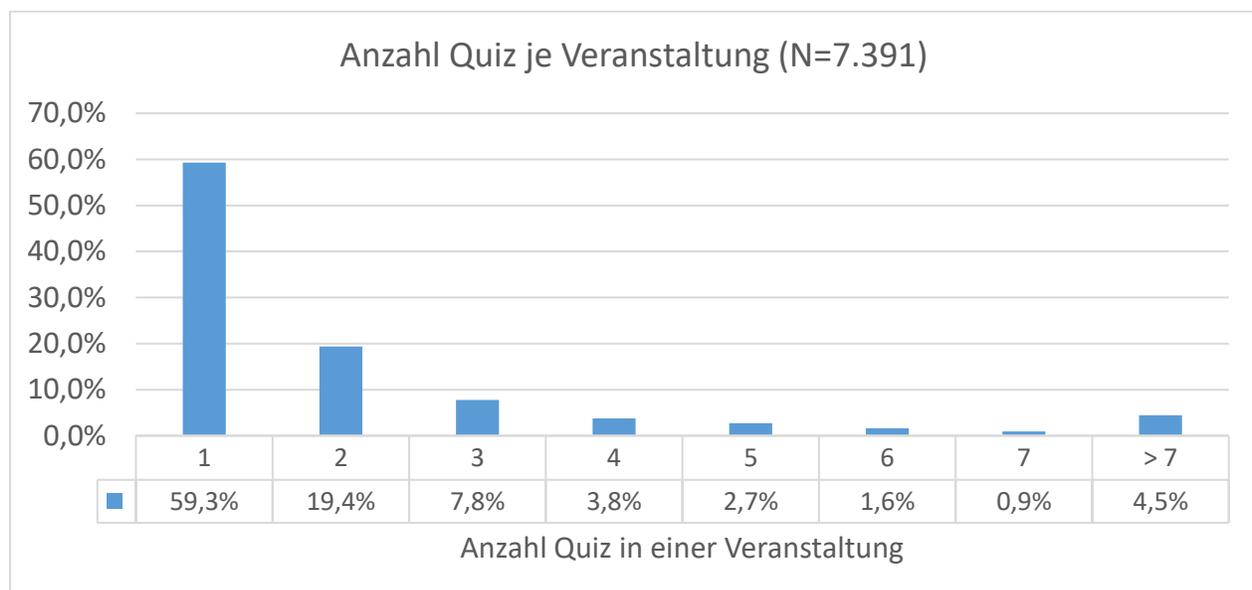


Abbildung 12: Prozentuale Verteilung aller in Tweedback jemals erstellten Quiz (7.391 Veranstaltungen, die mindestens 1 Quiz enthalten)

Mehr als drei Antwortmöglichkeiten

Umfragen und Quiz können verschiedene Formen annehmen und eine unterschiedliche Anzahl an Antwortmöglichkeiten besitzen. In anderen Classroom Response Systemen sind viele unterschiedliche Arten der Antworten implementiert. In Tweedback stellte sich daher die Frage, wie viele Antwortmöglichkeiten überhaupt für den Dozenten sinnvoll sind und wie diese genutzt werden.

Beobachtung: Über die Hälfte der Quiz (53,4%) haben vier oder fünf Antwortmöglichkeiten. Diese Quiz umfassen rund 2/3 aller Quiz-Antworten von Tweedback (67,7%).

In Anbetracht aller auf Tweedback erstellten Quiz zeigt sich, dass 53,4% der Quiz entweder vier (24,4%) oder fünf (29,0%) Antwortmöglichkeiten haben. Ursprünglich bot Tweedback keine fünf Antwortmöglichkeiten an. Wie sich allerdings in der für die Arbeit durchgeführten Studie von Kwast herausstellte, sind circa 36,6% der Nutzer aus der medizinischen Lehre [75]. Da in diesem Bereich häufig Multiple Choice Fragen mit fünf Antwortmöglichkeiten verwendet werden, wurde diese Option dem Quiz in Tweedback hinzugefügt. Wie sich zeigt, sind Quiz mit fünf Antwortmöglichkeiten am häufigsten verwendet worden (29,0%).

Classroom Response Systeme sollten daher mindestens fünf Antwortmöglichkeiten zur Verfügung stellen. Dabei ist wichtig, dass sie nicht nur die beiden meist genutzten Antwortmöglichkeiten bereitstellen, sondern auch die weniger oft verwendeten anbieten. In Tweedback wurde daher die aktuelle Anzahl von fünf Antwortmöglichkeiten nicht nur beibehalten, sondern um eine sechste Antwortmöglichkeit ergänzt. Prinzipiell sollten Betreiber von Classroom Response Systemen das Nutzungsverhalten untersuchen und das Quiz dementsprechend anpassen.

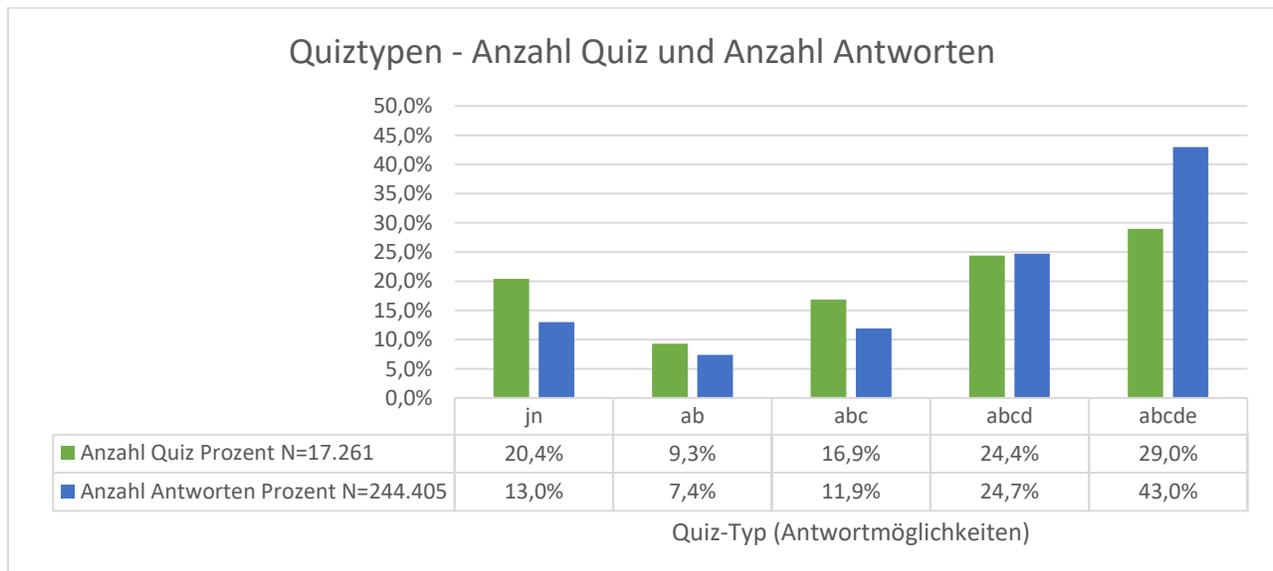


Abbildung 13: Prozentuale Verteilung der Anzahl an Quiz (rot) und Anzahl an Antworten (blau) je Quiz-Typ Quiz-Ergebnisse an das Auditorium zu schicken

Bei der Nutzung von Tweedback wurden die Ergebnisse eines Quiz zu Beginn nur den Dozenten angezeigt. Dabei ergab sich aber das Problem, dass der Dozent ein Ergebnis nur mit dem Auditorium teilen konnte, wenn der Dozent diese über einen Projektor sichtbar machte oder das Ergebnis vorgelesen hat. Sowohl Dozenten als auch Lerner äußerten den Wunsch, das Ergebnis auch an die Geräte der Lerner zu senden. Daraufhin wurde ein Mechanismus zum Versenden von Quizergebnissen zu den Teilnehmern umgesetzt.

Beobachtung: Mehr als die Hälfte der Quiz-Ergebnisse werden veröffentlicht (52,1%) und somit dem Auditorium zur Verfügung gestellt. Dagegen wurden 47,9% der Quiz nicht veröffentlicht.

Der Dozent hat für jedes Quiz die Möglichkeit, dessen Ergebnis zu veröffentlichen und somit an die Geräte des Auditoriums schicken zu lassen. Jeder der Lerner bekommt dann das Ergebnis in grafischer Form aufbereitet – genau so, wie es der Dozent auch sieht. Diese Funktion ist in den meisten Classroom Response Systemen nicht optional, entweder werden dann die Ergebnisse sofort an alle verschickt oder überhaupt nicht veröffentlicht.

Wie sich in Abbildung 14 zeigt, ist es wichtig, die Funktion zur Verbreitung der Ergebnisse auf die Geräte der Teilnehmer in einem Classroom Response System anzubieten. Es gibt hier keine klare Präferenz der Dozenten. Einige Dozenten möchten die Ergebnisse weitergeben, einige nicht. Dies sollte ein Classroom Response System berücksichtigen. Daher ist diese Funktion in Tweedback für Dozenten optional für jedes Quiz anwendbar.

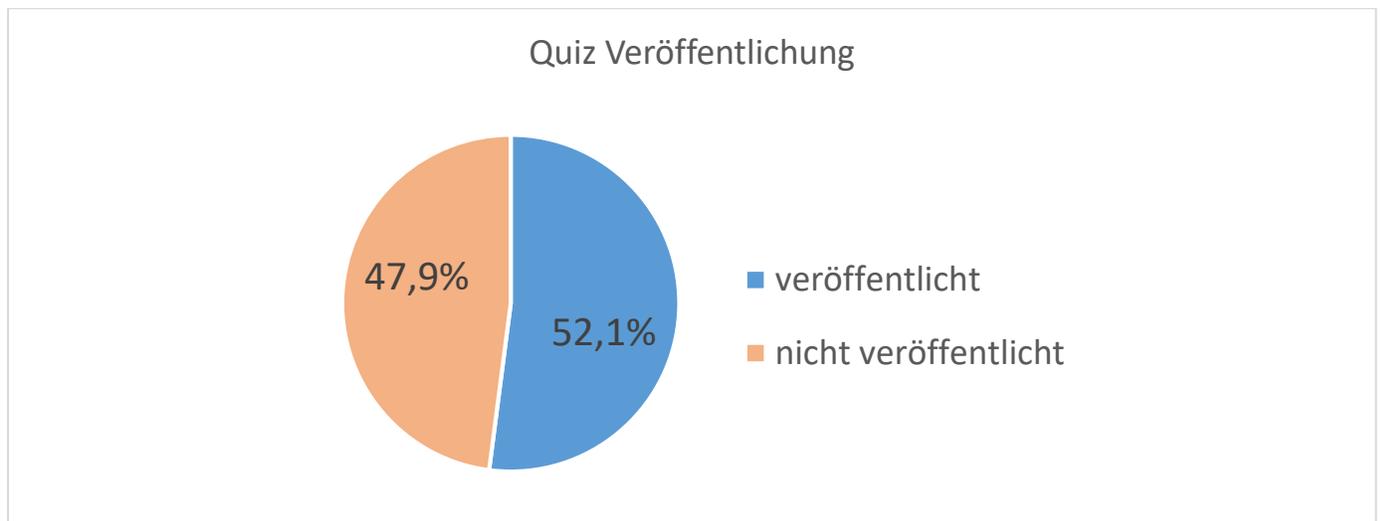


Abbildung 14: Prozentuale Verteilung zwischen veröffentlichten und nicht-veröffentlichten Quiz von allen jemals in Tweedback erstellten Quiz

4.1.2 Chatwall (Many-To-Many)

Die Chatwall setzt die Feedback-Kommunikation Many-To-Many des Feedback-Proxys um. In der Chatwall senden Lerner („Many“) kurze Nachrichten an den Dozenten und/oder das Auditorium („Many“). Die Chatwall sammelt somit Fragen, Anmerkungen oder Hinweise von einzelnen Lernern für das Auditorium. Darüber hinaus haben Lerner die Möglichkeit, Nachrichten (so genannte „Posts“) positiv zu bewerten (auch „hochvoten“ oder „upvoten“ genannt), wenn sie der Meinung sind, dass dieser Post wichtig ist.

Für Lerner und Dozent sieht die Chatwall sehr ähnlich aus und ist jeweils in einen aktiven und einen passiven Bereich aufgeteilt. Im aktiven Bereich können Lerner und Dozenten die Chatwall aktiv verändern; im passiven Bereich sind die vorhandenen Posts aufgelistet.

Im aktiven Bereich steuern Dozenten die Chatwall (siehe Abbildung 15). Sie haben zum einen, wie bei allen anderen Feedbackformen auch, die Möglichkeit die Chatwall jederzeit zu de- und aktivieren. Zum anderen können Sie zwei verschiedene Modi der Chatwall auswählen. Der erste Modus, die „Moderierte Chatwall“, gibt Dozenten die Funktion eines Filters dieser Feedbackform. Ist die Chatwall moderiert, werden nur Beiträge an das Auditorium weitergeleitet, die vom Dozenten akzeptiert und somit gefiltert wurden. Der zweite Modus („Zeige nur Posts für Redner“) bringt hingegen Lerner in die Funktion eines Filters: Sie können entscheiden, ob ihre Posts auch an den Dozenten weitergeleitet werden sollen oder eben nicht. Beide Modi dienen dazu, die Nachrichtenmenge zu verringern.

Lerner können im aktiven Bereich Nachrichten beziehungsweise Posts verfassen und an das Auditorium verschicken (siehe Abbildung 16). Ist die Chatwall moderiert, erscheint der Post erst, nachdem der Dozent diesen akzeptiert hat. Ist die Chatwall im zweiten Modus, können Lerner bei jedem Post neu entscheiden, ob dieser auch an den Dozenten gesendet werden soll.

Im passiven Bereich sehen Lerner und Dozenten die bisher versendeten Posts der Teilnehmer. Für jeden Post ist dessen Alter, die Anzahl der Upvotes und das Pseudonym des Autors zu sehen. Beide können außerdem Posts für sich ausblenden oder aber dessen Antworten anzeigen lassen. Des Weiteren können Lerner und Dozenten Nachrichten der Chatwall nach zwei unterschiedlichen Attributen sortieren: Zum einen nach der Anzahl der „Upvotes“ (höchste Anzahl zuerst, „Top“) und zum anderen nach dem Alter (jüngste zuerst, „Neu“).

Dozenten haben darüber hinaus noch die Möglichkeit, Posts zu markieren (Stern-Symbol), um so später schneller auf sie zurückgreifen zu können. Für Lerner gibt es die Möglichkeit, Posts hochzuvoten und darauf zu antworten. Das Hochvoten ist nur einmal je Post möglich; das Antworten beliebig oft. Lerner können außerdem ihre eigenen Posts löschen (Tonnen-Symbol) oder auf beliebige Posts antworten

(Symbol „Pfeil nach rechts“). Lerner und Dozenten können diese Antworten lesen (Symbol „Pfeil nach unten“) oder aber Posts ausblenden (Kreuz-Symbol).

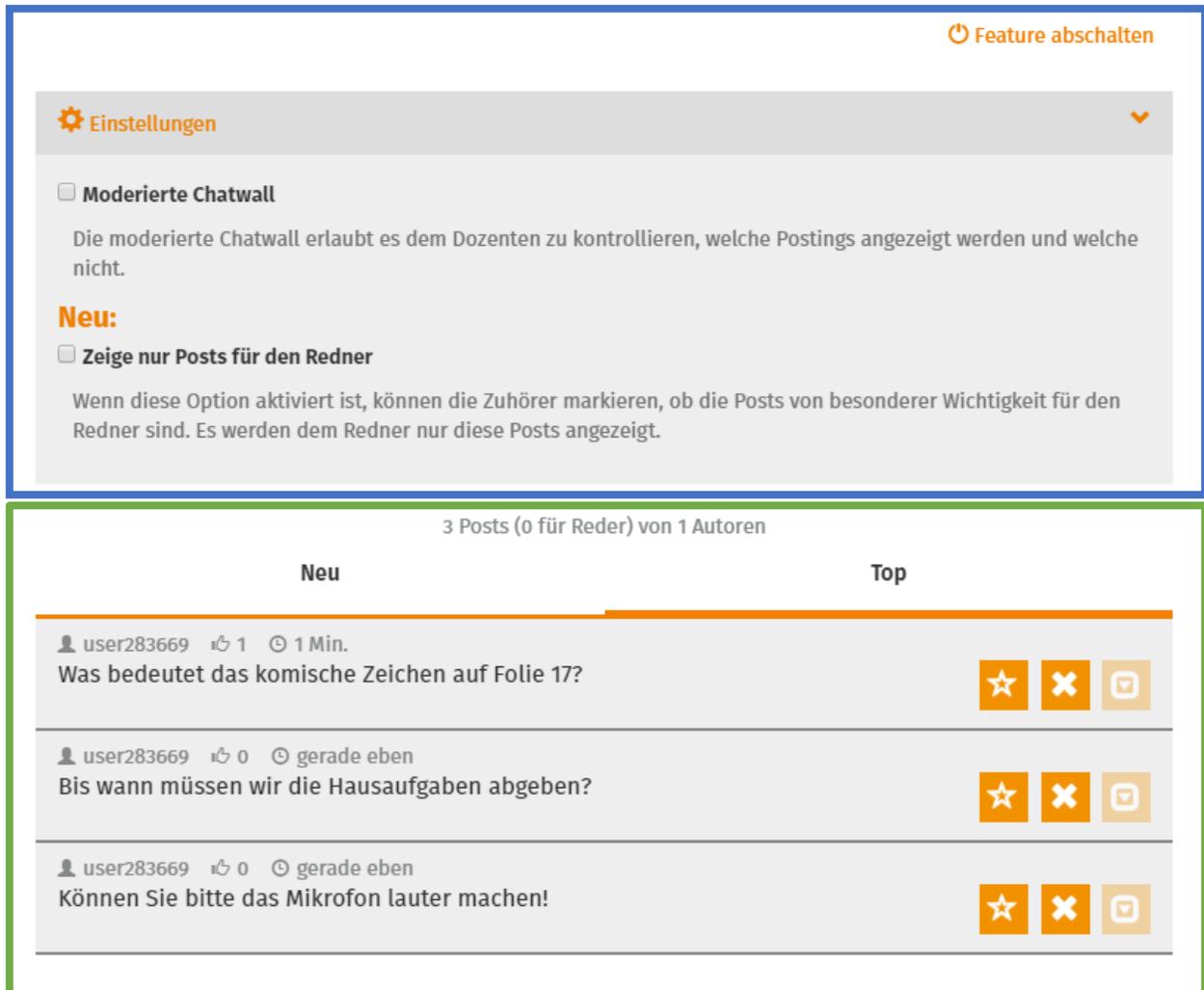


Abbildung 15: Ansicht der Chatwall für Dozenten mit aktivem Bereich (blau markiert) und passivem Bereich (grün markiert)

Der Hauptnutzen der Chatwall liegt darin, Fragen zum Inhalt, der Organisation der Veranstaltung oder technischen Bedingungen zu stellen. Wie sich herausstellte, wird die Chatwall allerdings auch für eine sehr große Zahl anderer Nachrichten verwendet, die Lerner untereinander austauschen möchten. Eine nähere Untersuchung dazu wird im Kapitel „Evaluation“ durchgeführt. Nachfolgend werden weitere, wichtige Beobachtungen bei der Nutzung der Chatwall aufgelistet und deren Auswirkungen auf die Gestaltung der Chatwall erörtert. Als Grundlagen der Beobachtungen dienen N=37.453 Posts in einem Zeitraum von circa 40 Monaten (17. Oktober 2013 bis 23. Februar 2017).

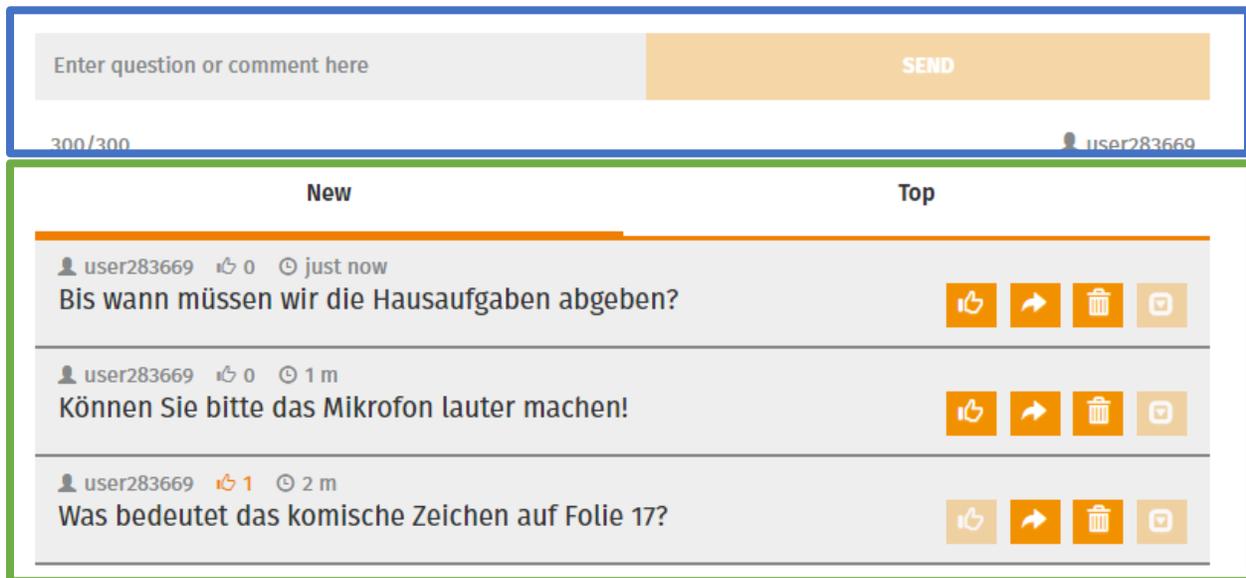


Abbildung 16: Ansicht der Chatwall für Lerner mit aktivem Bereich (blau markiert) und passivem Bereich (grün markiert)

Nachrichtenlänge

Die Möglichkeit, über das Kommunikationsmuster Many-to-Many mit einer Chatwall Nachrichten zu verschicken, bringt viele Vorteile für die digitale Kommunikation in der Lehrveranstaltung. Allerdings birgt diese Funktion auch die Gefahr, dass Nutzer beziehungsweise Lerner beim Formulieren von Fragen und Antworten den Fokus zu lange nicht auf den Vortrag legen. Es stellte sich daher die Frage, ob die Möglichkeit, mehr Zeichen verwenden zu können, einen Einfluss auf die Länge der Nachrichten hat.

Beobachtung: Rund ein Drittel (33,54%) der Nachrichten hat bis zu 15 Zeichen, fast jede zehnte Nachricht (9,74%) hat vier, fünf oder sechs Zeichen und nur sehr wenige Nachrichten (2,09%) haben mehr als 140 Zeichen.

Ursprünglich waren in Tweedback nur Nachrichten mit einer maximalen Länge von 140 Zeichen zulässig. Mit der Zeit häuften sich allerdings Bemerkungen, teilweise auch in der Chatwall, die darauf hinwiesen, dass diese Limitierung nicht ausreicht. Der ursprüngliche Grund für die Limitierung war die Annahme, dass die Möglichkeit mehr schreiben zu können, Lerner motiviert auch tatsächlich mehr zu schreiben. Das Eintippen einer Nachricht auf einem Mobiltelefon benötigt jedoch Zeit: Je länger die Nachrichten, desto mehr Zeit würden Lerner ihre Aufmerksamkeit nicht auf den Vortrag des Dozenten fokussieren.

Es zeigte sich, dass die Erhöhung auf 300 Zeichen kaum einen Effekt auf die durchschnittliche Nachrichtenlänge hatte. Momentan haben nur 2,09% der Nachrichten mehr als 140 Zeichen. Circa jede zehnte Nachricht hat exakt 4, 5 oder 6 Zeichen. Fast jede Dritte Nachricht hat bis zu 15 Zeichen. Das 50-

Perzentil liegt dabei bei 26 Zeichen und das 90-Perzentil bei 87 Zeichen und somit noch weiter unter den anfangs als Obergrenze festgelegten 140 Zeichen.

Classroom Response Systeme sollten mindestens das 90-Perzentil erreichen, um möglichst viele Nachrichten zuzulassen. Da aber eine Erhöhung auf 140 oder 300 Zeichen keinen wesentlichen Einfluss auf die durchschnittliche Länge der Nachrichten hat, können auch diese umgesetzt werden.

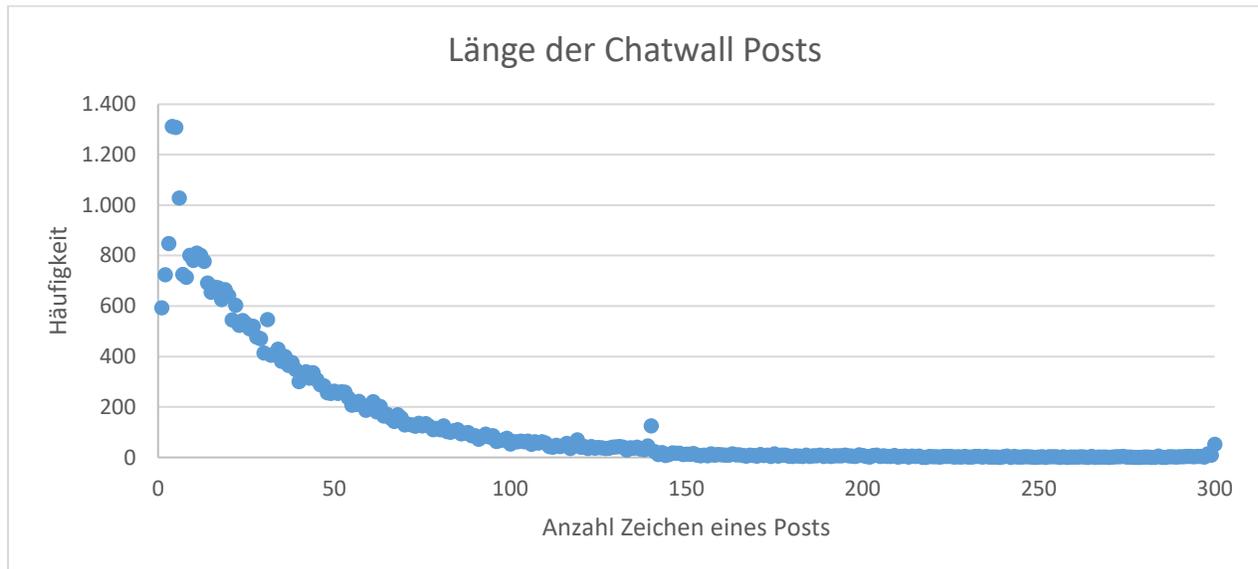


Abbildung 17: Häufigkeit der Länge (Zeichenanzahl) aller Posts in Tweedback Moderierte Chatwall

Wie später in der Evaluation erläutert wird, enthalten die meisten Veranstaltungen auf Tweedback auch Nachrichten, die nicht relevant für den Dozenten sind oder aber sogar darauf ausgelegt sind, die Veranstaltung zu stören. Ursprünglich war das Verfassen von Nachrichten an das Auditorium für alle Teilnehmer möglich. Aufgrund des Aufkommens nicht-relevanter Nachrichten und den expliziten Rückfragen von Dozenten einer medizinischen Fakultät wurde ein Mechanismus integriert, der den Dozenten in die Lage versetzt, Nachrichten zu filtern. Der Dozent bekommt somit die Möglichkeit, zu entscheiden, welche Nachrichten an das Auditorium weitergeleitet werden sollen.

Beobachtung: Die Moderierte Chatwall wird nur von wenigen Dozenten (3,93%) eingesetzt, dann aber regelmäßig.

Die Moderierte Chatwall versetzt Dozenten in die Lage, die Feedbackkommunikation in der Chatwall einzuschränken. Sie wurde unter der Annahme konzipiert, dass Dozenten so nicht für die Veranstaltung relevante Nachrichten herausfiltern können/werden. Es zeigte sich, dass diese Funktion nur sehr selten von Dozenten verwendet wird. Allerdings zeigte sich auch, dass diese Funktion häufig von den gleichen Dozenten wiederverwendet wird. Sie deckt also einen bestimmten Lehrstil von Dozenten ab, die darin die

Feedback-Kommunikation Many-to-Many nutzen, trotzdem aber einen Filter-Mechanismus verwenden möchten.

Für Classroom Response Systeme bleibt festzuhalten, dass diese den Dozenten eine Möglichkeit anbieten sollten, die das Filtern der Nachrichten ermöglicht. Dozenten haben so die Kontrolle darüber, wann welche Nachricht auf den Geräten der Lerner angezeigt wird und können so nicht-relevante oder störende Mitteilungen ausblenden. In Tweedback wurde dafür die zuvor beschriebene „Moderierte Chatwall“ etabliert. Dozenten können jederzeit ihre Chatwall in den moderierten Modus versetzen oder aber wieder in den „normalen“ Modus zurückkehren.

Nachrichten für Dozenten markieren

Wie zuvor beschrieben, stellte sich heraus, dass jede Veranstaltung in der Chatwall auch für Dozenten nicht-relevante Nachrichten enthält. Wie ebenfalls zuvor vorgestellt, ist eine mögliche Lösung für das Problem nicht-relevanter Nachrichten, den Dozenten einen Filter-Mechanismus zur Verfügung zu stellen. Dieser Mechanismus ist allerdings auch auf die Lerner anwendbar. Genau wie den Dozenten kann man ihnen auch die Funktion eines Filters zur Verfügung stellen, um ihnen so die Möglichkeit zu geben, ihre eigenen Nachrichten, die nicht für den Dozenten relevant sind, auch als solche markieren zu können.

Beobachtung: Einige Nachrichten sind nicht für den Dozenten relevant, daher sollten Lerner in der Lage sein, diese Nachrichten entsprechend zu markieren, um den Dozenten nicht übermäßig zu belasten.

In einer im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Studie von [76] stellte sich heraus, dass ein Classroom Response System seine Funktion als Feedback-Proxy spezifischer gestalten kann, wenn es das Filtern für Lerner ebenso zulässt wie für Dozenten. Lerner können so ihr Anliegen an den Dozenten klar und deutlich markieren.

In Tweedback wurde dafür ein solcher Filter eingeführt. Lerner bekommen somit die Möglichkeit, wie in [77] vorgeschlagen, ihre eigenen Nachrichten für Dozenten als nicht relevant zu markieren. Aufgrund des Umsetzungszeitpunktes dieser Funktionalität lagen zum Zeitpunkt der Arbeit noch nicht ausreichend viele Nutzungsdaten vor, weshalb über das Nutzungsverhalten diesbezüglich noch keine Aussage getroffen werden kann.

Für Classroom Response Systeme ist wichtig, dass sie beiden Nutzungsrollen, Lernern und Dozenten, die Funktion des Filterns gestatten. Lerner können selber entscheiden, ob ihre Nachricht auch den Dozenten erreichen soll, während Dozenten so die Möglichkeit bekommen, unerwünschte Nachrichten nicht an das Auditorium weiterzuleiten.

4.1.3 Das Problem-Feature (Many-To-One)

Das Problem-Feature setzt die Feedback-Kommunikation Many-To-One des Feedback-Proxys um. Mit dem Problem-Feature drücken Lerner („Many“) ihre Abneigung eines bestimmten Parameters des Vortragenden aus. So können Lerner dem Dozenten („One“) mitteilen, dass „etwas“ gerade nicht stimmt und sie mit etwas ein Problem haben, das sie nicht klar artikulieren können oder wollen.

Die ursprüngliche Idee des Problem-Feature bestand in der Bewertung einzelner Parameter des Vortragenden, damit er einen Hinweis vom System bekommt, sobald einer dieser Parameter bei seinen Zuhörern im Ungleichgewicht ist. Die Problematik bestand von Beginn an darin, die richtigen Parameter auszuwählen, deren Wertebereich optimal festzulegen und den dazugehörigen Normbereich zu ermitteln. Anfangs wurde in Tweedback daher jeweils ein Button für eine zu schnelle Sprechgeschwindigkeit und eine zu leise Sprache angeboten. Aufgrund einer sehr geringen Nutzung wurde dies auf einen einzigen „Panic“-Knopf reduziert. Allerdings wurde dabei auf Basis von Nutzungsdaten (Zeitraum 14. Oktober 2013 bis 22. Februar 2017, N=1.848 Veranstaltungen) die folgende Beobachtung gemacht.

Beobachtung: Die Nutzung der beiden Parameter „Sprache zu leise“ und „Redegeschwindigkeit zu schnell“ wurde kaum verwendet. Nach der Umstellung auf nur einen einzigen Parameter stieg die Nutzung auch nur leicht an.

Der Wechsel von einem System mit zwei Parametern zu einem System mit nur einem einzigen Parameter ging mit einer zunehmenden Nutzung einher, sodass mehr Teilnehmer und Dozenten diese Feedbackform nutzten. Waren es beim 2-Parameter-System durchschnittlich 4 Stimmen je aktivem Teilnehmer, so sind es jetzt 8 Stimmen je aktivem Teilnehmer. Ein Teilnehmer wird als aktiv gezählt, wenn er einen Parameter in einer Veranstaltung bewertet und nicht der einzige ist, der im Laufe dieser Veranstaltung einen Parameter bewertet. Allerdings lässt sich dieser Effekt auch dadurch erklären, dass die durchschnittliche Teilnehmerzahl insgesamt angestiegen ist.

Die nachfolgende Abbildung 18 zeigt die Zahl der aktiven Teilnehmer aller Veranstaltungen, in denen diese Feedbackform verwendet wurde. Wie zu erkennen ist, steigt die Zahl der aktiven Teilnehmer nach dem 19.05.2014 (dem Zeitpunkt der Umstellung von zwei Parametern zu einem einzigen Parameter) an. Es gibt mehr Veranstaltungen, in denen mehr Teilnehmer das Problem-Feature nutzen, allerdings stieg die Nutzung insgesamt ebenfalls an (in Abbildung 19 dargestellt).

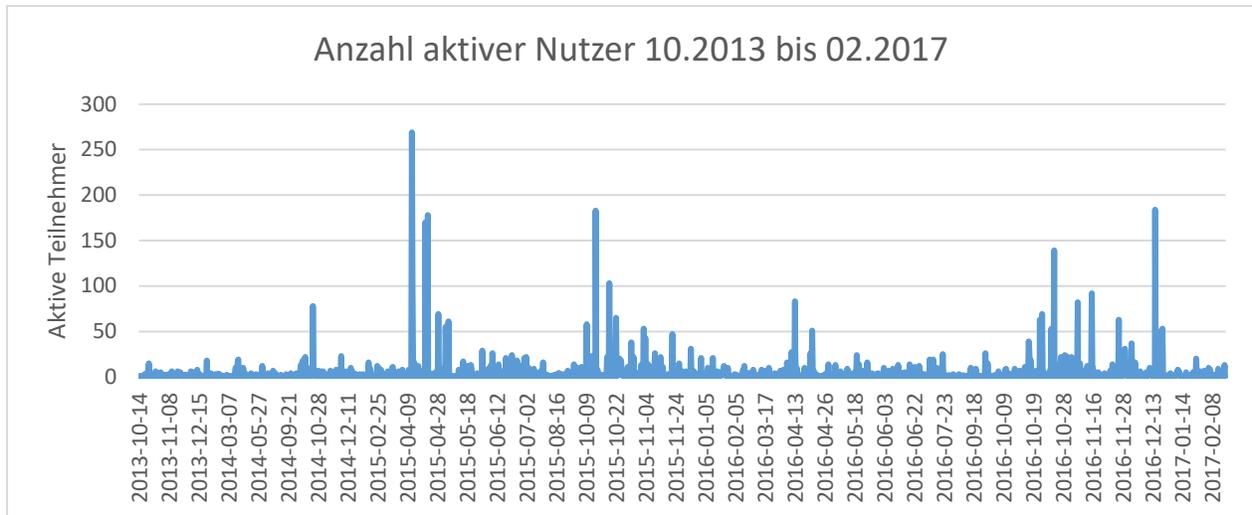


Abbildung 18: Verlauf der aktiven Nutzer des Problem-Features, die im Zeitraum von Oktober 2013 bis Februar 2017 an einer Veranstaltung von Tweedback teilgenommen haben

In Tweedback wurde daher die Auswahl an Problemen erweitert. So haben die Lerner mittlerweile die Möglichkeit, die Vortragsgeschwindigkeit als zu schnell oder zu langsam und die Sprachlautstärke als zu leise anzuzeigen. Darüber hinaus ist es möglich, dass Lerner darum bitten können, ein Beispiel oder die letzte Folie noch einmal gezeigt zu bekommen, ohne die Chatwall dafür zu verwenden. Weiterhin ist es möglich, ein generelles Problem als "Panik" anzuzeigen. Classroom Response Systeme sollten hier flexibel sein.

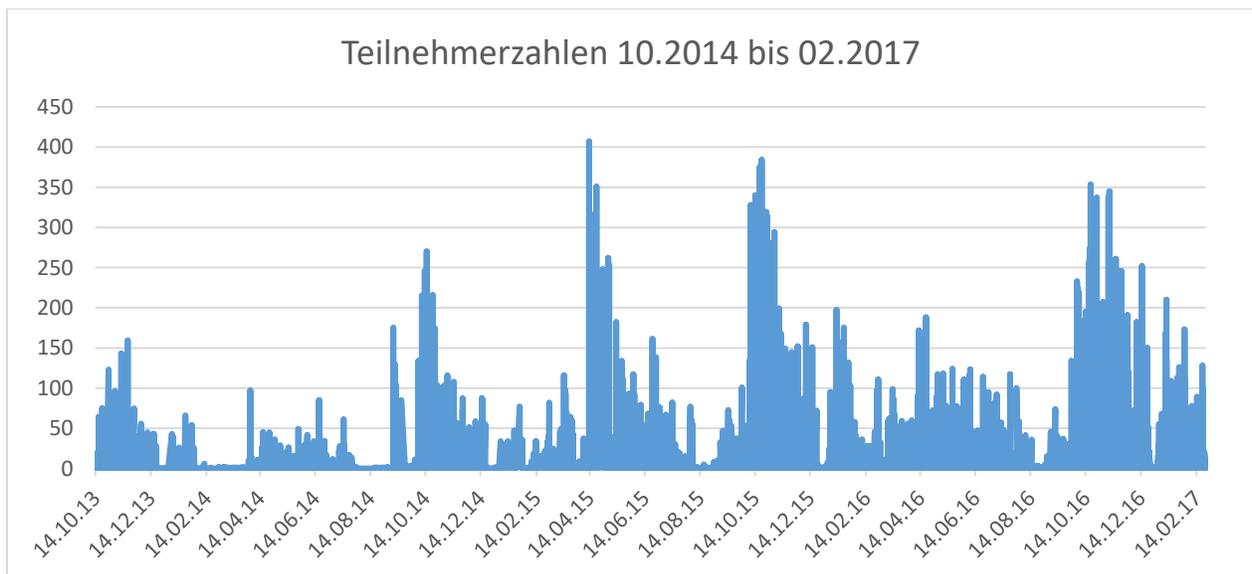


Abbildung 19: Verlauf Teilnehmerzahlen der Veranstaltungen

4.2 Minimale Einstiegshürde

Das Classroom Response System Tweedback stellt adhoc Instanzen von Feedback-Proxys zur Verfügung. Dies geschieht, indem ein Dozent auf Tweedback die Entscheidung trifft, einen Feedback-Proxy zu verwenden. Aufgrund dieser Entscheidung wird ein Feedback-Proxy für die vom Dozenten anstehende Veranstaltung erstellt und ihm zur Verfügung gestellt.

Allerdings befindet sich der Dozent dann vor dem Problem, dass er seinen Lernern einen Zugang zu eben jenem Proxy ermöglichen will. Die Lerner aber sind unterschiedlichen Alters, sind unterschiedlich sozialisiert, besitzen unterschiedliche fachliche Kompetenzen und sind eventuell auch unterschiedlichen digitale Organisationen zugeordnet. Wie kann er ihnen also einfach einen Zugang zum Feedback-Proxy gewährleisten?

In Tweedback wird dafür das Konzept der lesson-id verwendet. Eine lesson-id ist ein möglichst kurzer Code, der eine Instanz eines Feedback-Proxys eindeutig identifiziert. Der Zugang zum Feedback-Proxy erfolgt ebenfalls über diesen Code.

Beobachtung: Für einen Zugang ohne Registrierung eignen sich eindeutige Codes mit möglichst wenigen Zeichen.

Die Eingabe mit dem Finger auf einem Mobilgerät kostet Zeit, wenn Wörter, die nicht der natürlichen Sprache entstammen, eingetippt werden. Denn dann funktionieren die zuvor beschriebenen Hilfsmittel der Touch-Eingabe nicht. Daher muss der Code so kurz wie möglich gehalten werden. In Tweedback wurde daher ein Algorithmus verwendet, der so wenig Zeichen wie möglich verwendet: Es gibt einen Pool mit einer zufälligen Kombination des Zeichensatzes X mit der Größe N . Jedes Wort aus diesem Pool ist also einzigartig und hat N Zeichen. Sind alle Codes dieses Pools verbraucht wird der Pool um die Kombinationen von Wörtern der Länge $N+1$ ergänzt. So steht ein potentiell unbegrenzter Pool an Codes zur Verfügung, der trotzdem so klein wie möglich ist. Die Wahl des Zeichensatzes X ist dabei entscheidend. Für Classroom Response Systeme eignet sich ein Pool aus Buchstaben und Ziffern, da diese meistens sehr einfach über die Touch-Eingabe einzugeben sind. Ausgenommen werden sollten der Buchstabe „O“ und die Ziffer „0“, da sie sich zu stark ähneln.

Daher eignet sich für Classroom Response Systeme der Zugang über die Zugangs-Codes, wenn diese so kurz wie möglich gehalten sind, sodass Teilnehmer möglichst wenig Zeit beim Eingeben dieser Zeichenfolge benötigen.

Des Weiteren stellte sich heraus, dass die meisten Geräte, die per Touch-Eingabe gesteuert werden, Hilfsmittel zur Eingabe bereitstellen, die dafür sorgen, dass das erste Wort in einem Eingabefeld immer großgeschrieben wird. Da die Veranstaltungs-Codes in Tweedback zu Beginn aus Ziffern, Groß- und

Kleinbuchstaben bestanden, traten häufig Probleme auf, wenn Veranstaltungs-Codes als erstes Zeichen einen kleinen Buchstaben besaßen.

Beobachtung: Die lesson-id wird auf dem Mobilgerät häufig ohne Beachtung von Groß- und Kleinschreibung eingegeben.

In Tweedback stellte sich daher schnell heraus, dass die lesson-id case-insensitive sein muss, um den Nutzer bei der Eingabe der lesson-id nicht zu frustrieren. Für Classroom Response Systeme, die einen ähnlichen Mechanismus für den Zugang bereitstellen, sollte dies beachtet werden.

4.3 Architektur & Technologie

Dieses Kapitel erläutert die in Tweedback verwendete Architektur und Technologie. Dafür sind zu Beginn die Anforderungen an einen Feedback-Proxy zusammen mit den zuvor beschriebenen Beobachtungen zusammengefasst. Anschließend werden die technischen Anforderungen und Herausforderungen von Tweedback, bzw. einem Classroom Response System im Allgemeinen, herausgearbeitet.

Daher wird im darauffolgenden Abschnitt aus den Anforderungen und Herausforderungen die Architektur entwickelt und deren Komponenten im Allgemeinen vorgestellt. Im Anschluss wird erläutert, welche Technologien für die Umsetzung dieser Architektur verwendet werden.

Anschließend werden die zuvor vorgestellten Komponenten von Tweedback detailliert vorgestellt, deren Zusammenspiel erläutert und in Form von UML Klassendiagrammen in Verbindung gesetzt. Das Kapitel schließt damit, dass eine für alle Classroom Response Systeme geeignete Referenzarchitektur aus den Klassen und Komponenten abgeleitet wird.

4.3.1 Anforderungen & Herausforderungen

Nachfolgend werden die ursprünglich festgelegten Anforderungen an einen Feedback-Proxy zusammen mit den in den Feedbackformen vorgestellten Funktionen und untersuchten Beobachtungen zusammengefasst, um daraus die Software-Architektur des Systems abzuleiten.

Wie sich herausstellte, geben durchschnittlich 90% der Teilnehmer ihre Antwort nach zwei Minuten auf ein Quiz. Diese Quiz werden in Echtzeit erstellt, durchgeführt (Anforderung FA 110) und sind daher meistens nach zwei Minuten abgeschlossen. Die Software-Komponenten müssen daher in der Lage sein, in sehr kurzer Zeit die Antworten der Teilnehmer (bis zu 400 bis 500 Geräte) aufzunehmen, zu aggregieren und dem Dozenten als Ergebnis anzuzeigen. Ebenso gilt diese Anforderung für die Feedbackform „Chatwall“ (Feedback-Kommunikation Many-to-Many aus der Anforderung FA 020 an einen Feedback Proxy) zum Interagieren mit Echtzeit-Nachrichten (erstellen, bewerten, antworten, etc) und die Feedbackform „Problemfeature“ (Anforderung FA 010 zur Feedback-Kommunikation Many-To-One) zum Bewerten von Parametern des Vortragenden in Echtzeit. Bei allen Feedbackformen können daher Daten

von vielen Teilnehmern in sehr kurzen Zeiträumen entstehen und an alle Teilnehmer einer Veranstaltung weitergeleitet werden. Diese Aufgabe des „Aufnehmens und Verteilens“ von Nachrichten innerhalb einer Feedbackform muss eine entsprechende Komponente für jede Instanz eines Feedback Proxys erfüllen.

Da die Lebensdauer eines Feedback-Proxys an die Dauer einer Veranstaltung gebunden ist (Anforderung FA 210), ist in Tweedback die Lebensdauer des Feedback-Proxy auf 24 Stunden gesetzt. Diese Verbindung zwischen der vom Dozenten durchgeführten Veranstaltung und des digitalen Feedback-Proxys muss in der Architektur festgehalten werden, sodass das Classroom Response System die aktive Feedback-Kommunikation beschränkt.

Weiterhin ist die Beschränkung des Zugangs auf diejenigen Lerner und Dozenten, die an einer Veranstaltung teilnehmen (Anforderung Feedback Proxy FA 310), in Tweedback über das Konzept der Lesson-id realisiert. Jede Veranstaltung erzeugt einen Feedback-Proxy, der über die Lesson-ID eindeutig identifizierbar ist. Für die Verwaltung dieser IDs muss in der Architektur eine Komponente berücksichtigt werden, die Instanzen von Feedback-Proxys mit dieser ID verknüpft.

Wie im Kapitel des Feedback-Proxys festgehalten (Anforderung FA 130), sollten Dozenten jederzeit in der Lage sein, den Feedback-Proxy zu kontrollieren und einzelne Teile oder das gesamte System an- oder abschalten zu können. Daher sollten die einzelnen Feedbackformen autark agieren und kommunizieren. So sind sie unabhängig voneinander und Dozenten können, ohne auf Abhängigkeiten achten zu müssen, die Kontrolle über sie besitzen. In der Architektur müssen die Komponenten für die einzelnen Feedbackformen daher dieses Verhalten widerspiegeln und ebenfalls voneinander unabhängig agieren und gesteuert werden.

Außerdem sollten Lerner Feedback anonym oder zumindest pseudonym kommunizieren können (Anforderung FA 030). Daher ist in der Architektur ein entsprechendes Konzept zur Anonymisierung oder Pseudonymisierung erforderlich. In Tweedback werden Teilnehmer nur anhand einer Sitzungs-ID identifiziert. Diese Sitzungs-ID ist pseudonymisiert generiert. Ein Nutzer-Konzept ist denkbar, aber aus Gründen der Einfachheit hier nicht implementiert. Das verwendete Sitzungs-Konzept inklusive der Anonymität beziehungsweise Pseudonymität muss in der Architektur in Form speziell dafür entwickelter Komponenten mitbedacht werden.

Weiterhin zeigen die Schlussfolgerungen zur minimalen Einstiegshürde die Problematik der starken Geräte-Heterogenität bei Lernern und Dozenten. Diese Problematik hat einen hohen Einfluss auf die zu verwendeten Technologien. Daher sollten diese so gewählt werden, dass möglichst wenig Teilnehmer aus technischen Gründen ausgeschlossen werden.

4.3.2 Architektur

Tweedback ist als Feedback-Proxy für den Einsatz in großen Lehrveranstaltungen konzipiert, sodass deren Teilnehmer Feedback kommunizieren können. Aufgrund der großen Verbreitung von Mobilgeräten - und deren Fähigkeiten HTML5 Web Applikationen ausführen zu können, ist Tweedback als Web-Applikation konzipiert und implementiert: Ein zentraler Server verteilt die aktuelle Version der Anwendung als Webseite. So sind nahezu alle Lerner und Dozenten, die ein internetfähiges Mobilgerät besitzen, in der Lage, den Feedback-Proxy Tweedback zu verwenden.

Daher sind die Komponenten der Web-Applikation Tweedback in drei Hauptkomponenten unterteilt: Den Server zur Auslieferung und Vorverarbeitung der Web-Applikation, den Client als Web-Anwendung und einen Datenspeicher.

Wichtig für das Lösen der anfangs beschriebenen Herausforderungen der Echtzeit-Kommunikation sind die zur Datenübertragung verwendeten Transport-Schnittstellen. Dafür wird zum einen ein HTTP-Kanal verwendet, um dem Client, ein Webbrowser, die aktuellen Anwendungsdaten zu liefern. Zum anderen wird ein Websocket verwendet, um Daten und Nachrichten in Echtzeit zwischen Server und Client in beide Richtungen auszutauschen. Dabei wird in Tweedback ein Ereignis-basierter Nachrichtenaustausch verwendet, der in Kapitel 4.4 näher vorgestellt wird.

Die nachfolgende Abbildung 20 zeigt die grobe Übersicht über die Komponenten des Classroom Response Systems Tweedback. Zu sehen sind die drei Hauptkomponenten (grün markiert) und deren Verbindungen, wie zum Beispiel die beiden Verbindungen zum Datenaustausch zwischen Server und Client. In allen drei Hauptkomponenten sind die wichtigsten Subkomponenten aufgeführt (blau markiert). Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist im Client die Funktionalität des Feedback-Proxys als eine einzige Komponente dargestellt. Da der Datenspeicher hier als Datenbank abstrahiert wird, ist auch diese nur als einzelne Komponente dargestellt.

Da der Client eine Web-Applikation ist, die in einem Webbrowser ausgeführt wird, basiert er maßgeblich auf der Engine des Browsers. Für eine flexible Darstellung, die sich dem Geräteformat anpasst und somit auf Smartphones, Tablets und Desktop-PC gleichermaßen verwendet werden kann, setzt der Client im User Interface auf eine „Responsiveness“-Komponente, die diese Anpassungen garantiert. In Tweedback ist dies das Framework Bootstrap.

Weiterhin ist die Komponente zur Echtzeit-Kommunikation integriert, die eine Echtzeit-nahe Kommunikation mit dem Server in beide Richtungen ermöglicht. Die Fähigkeiten und Funktionen des Feedback-Proxys, der einzelnen Feedbackformen und des Session-Konzepts sind hier unter der

Komponente „Feedback-Proxy“ zusammengefasst. Im Detail werden dessen Teilkomponenten und die zuvor beschriebenen Komponenten später noch erläutert.

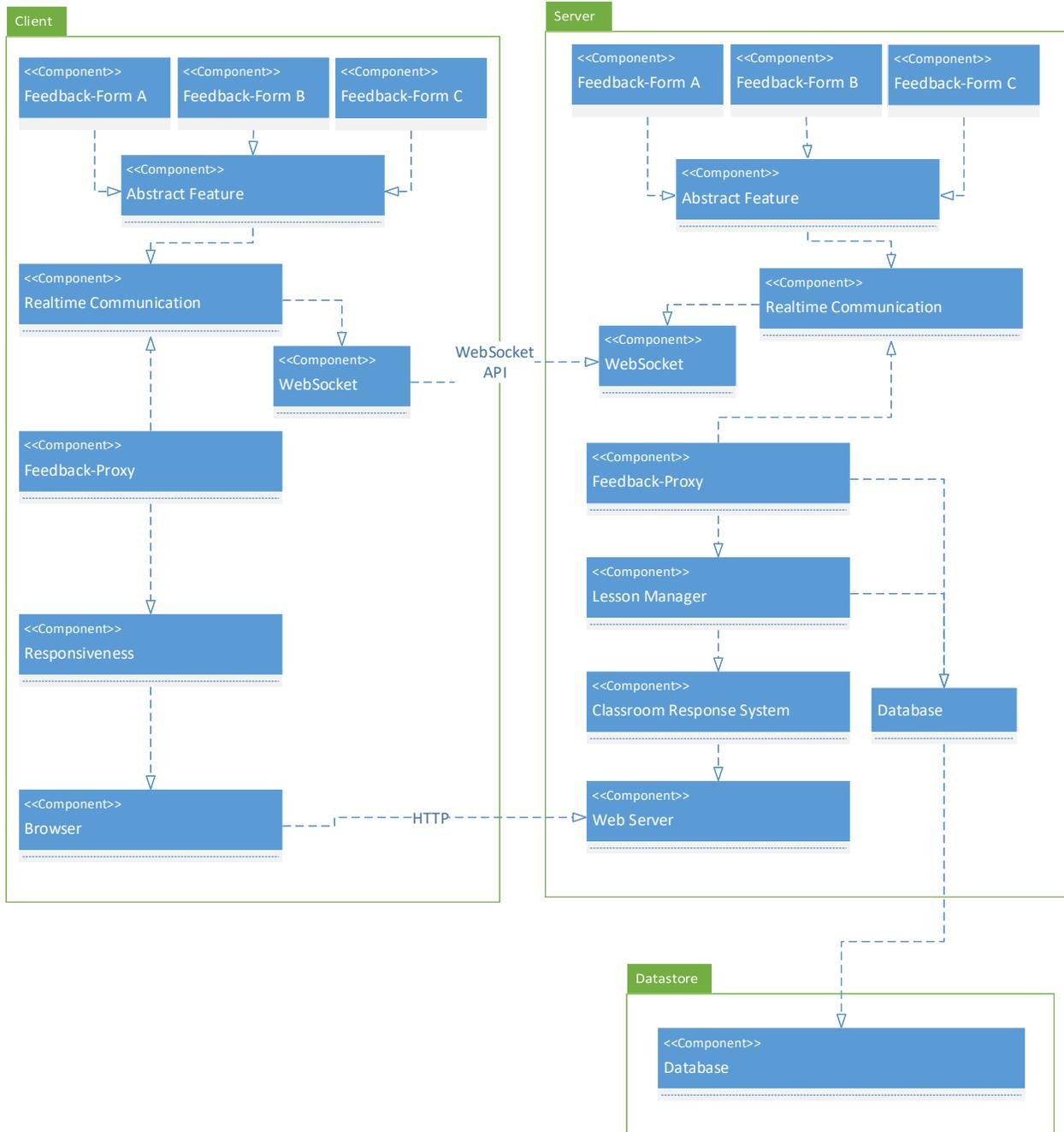


Abbildung 20: Komponenten

Da in den Anforderungen und Herausforderungen das gleichzeitige Auftreten von Ereignissen (Antworten auf ein Quiz, Bewertungen einer Chatwall-Nachricht) deutlich wird, basiert Tweedback auf einem asynchronen Webserver. Diese haben den Vorteil, dass sie sehr viele Anfragen beziehungsweise Ereignisse

sehr viel schneller als synchrone Webserver abarbeiten können. So ist der Server in der Lage, die vielen gleichzeitig auftretenden Ereignisse der Feedbackformen zu verarbeiten.

Aufbauend auf diesem Webserver und seinen Bibliotheken ist das Classroom Response System als eine einzelne Komponente, die die gesamte Anwendungslogik umfasst, konzipiert. Um für Veranstaltungen Feedback-Proxys zur Verfügung zu stellen, besitzt diese Komponente eine Subkomponente zum Verwalten dieser Veranstaltungen. Veranstaltungen werden hier als „Lesson“ definiert, die Verwaltungskomponente als „Lesson Manager“. Der Lesson Manager erzeugt bei Bedarf eben jene Lesson und weist ihnen ihre eindeutige Lesson-ID zu.

Für jede Lesson gibt es genau einen Feedback-Proxy, der wiederum die Feedback-Formen instanziiert kann. Jede Feedbackform ist somit eine eigene Komponente, die autark, also von den anderen unabhängig, erzeugt und gesteuert wird. Der Unterschied zwischen Lesson-Komponente und Feedback Proxy liegt darin, dass die Lesson die Verwaltung aller Verbindungen übergeordnet übernimmt und die Zuweisung von Lesson-ID und Feedback-Proxy handhabt, sodass der Feedback-Proxy diese Aufgabe nicht berücksichtigen muss.

4.3.3 Technologie

Der Server ist, wie zuvor beschrieben, ein Web-Server, der die Web-Applikation als Webseite ausliefert und eventuell notwendige Vorverarbeitungsschritte durchführt. In Tweedback wird der asynchrone Webserver Tornado verwendet.

Tornado ist ein von Facebook entwickelter asynchroner Webserver. Da Tornado auf der Python-Plattform beruht, profitiert der Webserver von den in Python vorhandenen Bibliotheken und Schnittstellen. So ist das für die Echtzeit-Kommunikation verwendete Websockets-Protokoll bereits in Tornado vorhanden. Zusätzlich ist die später vorgestellte Lösung zur Echtzeit-Kommunikation sockJS vorhanden, die eine Websockets-ähnliche Kommunikation auch für Browser ohne Websockets-Unterstützung zur Verfügung stellt.

Dabei setzt der Web-Server die für den Client notwendigen Dateien zusammen und liefert diese über HTTP aus. Da ein Nutzer unterschiedliche Rollen haben kann (Lerner und Dozent), wird ihm in Abhängigkeit seiner Rolle eine unterschiedliche Anwendung ausgeliefert: Während an Dozenten die Applikation zur Verwaltung seiner Veranstaltung ausgeliefert wird, erhalten Lerner eine Applikation zur Teilnahme an der Veranstaltung.

Der Client ist, wie zuvor beschrieben, eine aus HTML5, JavaScript und CSS bestehende Webseite, die im Webbrowser des Nutzers geladen und ausgeführt wird. Für die Anwendbarkeit auf den Mobilgeräten der Lerner und Dozenten muss die Webseite in der Lage sein, auf vielen unterschiedlichen Displaygrößen

nutzbar zu sein. Der Client muss daher seine Form an die zur Verfügung stehende Darstellungsfläche anpassen. In Tweedback wird dafür das HTML5-Framework Bootstrap verwendet. Bootstrap organisiert die Oberfläche der Web-Anwendung in ein 12-spaltiges Layout, sodass Komponenten der Oberfläche Tweedback in diese zwölf Spalten eingepasst sind. Bootstrap garantiert die korrekte Darstellung auf Smartphones, Tablets und Notebooks für Tweedback anhand dieser Spalten. Für jede Komponente wird die Breite in Relation zu diesen drei Geräteklassen angegeben. Eine Komponente kann daher für Tablets beispielsweise zwölf Spalten in der Breite besitzen, während es für Smartphones nur sechs Spalten breit ist.

Der Datenspeicher in einem Classroom Response System der dritten Generation dient dazu, wie auch in klassischen Client-Server-Anwendungen, die wichtigsten Geschäftsdaten zu speichern. Bei Tweedback sind dies Basis-Informationen bezüglich einer Veranstaltung (Lesson-ID, Zeitpunkt des Erstellens, Nutzer-ID des Dozenten, etc.) und die in den Feedbackformen kommunizierten Inhalte. In Tweedback wird als Datenspeicher die nicht-relationale Datenbank MongoDB verwendet. MongoDB hat den Vorteil, dass Dokumente schemalos gespeichert, indiziert und durchsucht werden können. So können die autark funktionierenden Feedbackformen auch autark voneinander entwickelt, erweitert und deren Inhalte gespeichert werden. Erfolgt ein Update in einer Feedbackform, muss dafür nicht das Schema der Datenbank angepasst werden.

4.3.4 Komponenten und Klassen

Nachfolgend werden die Komponenten und Klassen des Classroom Response Systems Tweedback näher erläutert. Zu Beginn werden die Komponenten und Klassen des Clients, dann die des Servers untersucht.

Client

Da der Client von zwei unterschiedlichen Nutzer-Rollen verwendet wird, teilen sich diese Klassen in zwei Pakete auf. Zum einen in die Klassen des Clients für den Lerner und zum anderen in die Klassen des Clients für den Dozenten. Die Erläuterungen dieser Klassen und deren Methoden sind sowohl in Abbildung 21 als auch im Anhang 11.1 „UML Klassendiagramm Client Detailliert“ dargestellt.

Wie in Abbildung 21 zu erkennen ist, ähneln sich die beiden Pakete für Lerner („Client-Lerner“) und Dozenten („Client – Dozenten“). Beide haben eine Hauptklasse „FeedbackProxy“, die eine Instanz auf die Klasse „SockJSEvents“ besitzt und für die drei Feedbackformen „Chatwall“, „Quiz“ und „ProblemButton“ jeweils ein Objekt erzeugt. Detaillierter ist die Abbildung im Anhang „UML Klassendiagramm Client Detailliert“ dargestellt.

Dabei stellt die Klasse SockJsEvents die Ereignis-basierte Echtzeit-Kommunikation zur Verfügung. Über die Methoden „on()“ und „off()“ können Callbacks auf bestimmte Ereignisse durch die Klassen registriert

beziehungsweise abgemeldet werden. Über die Methode „emit()“ lösen die mit dem SockJSEvent verbundenen Objekte Ereignisse auf dem Server aus.

In Tweedback wird zur Übertragung der Ereignisse die Bibliothek SockJS verwendet. SockJS bietet eine Javascript-Schnittstelle an, die, wie die HTML5-WebSocket-Schnittstelle zu bedienen ist. Unterstützt der verwendete Webbrowser Websockets nicht, setzt SockJS alternative Protokolle ein, um eine Zwei-Wege-Kommunikation zur Verfügung zu stellen. Dafür sind in SockJS verschiedene Fallback-Mechanismen implementiert, wie zum Beispiel ein HTTP-Polling.

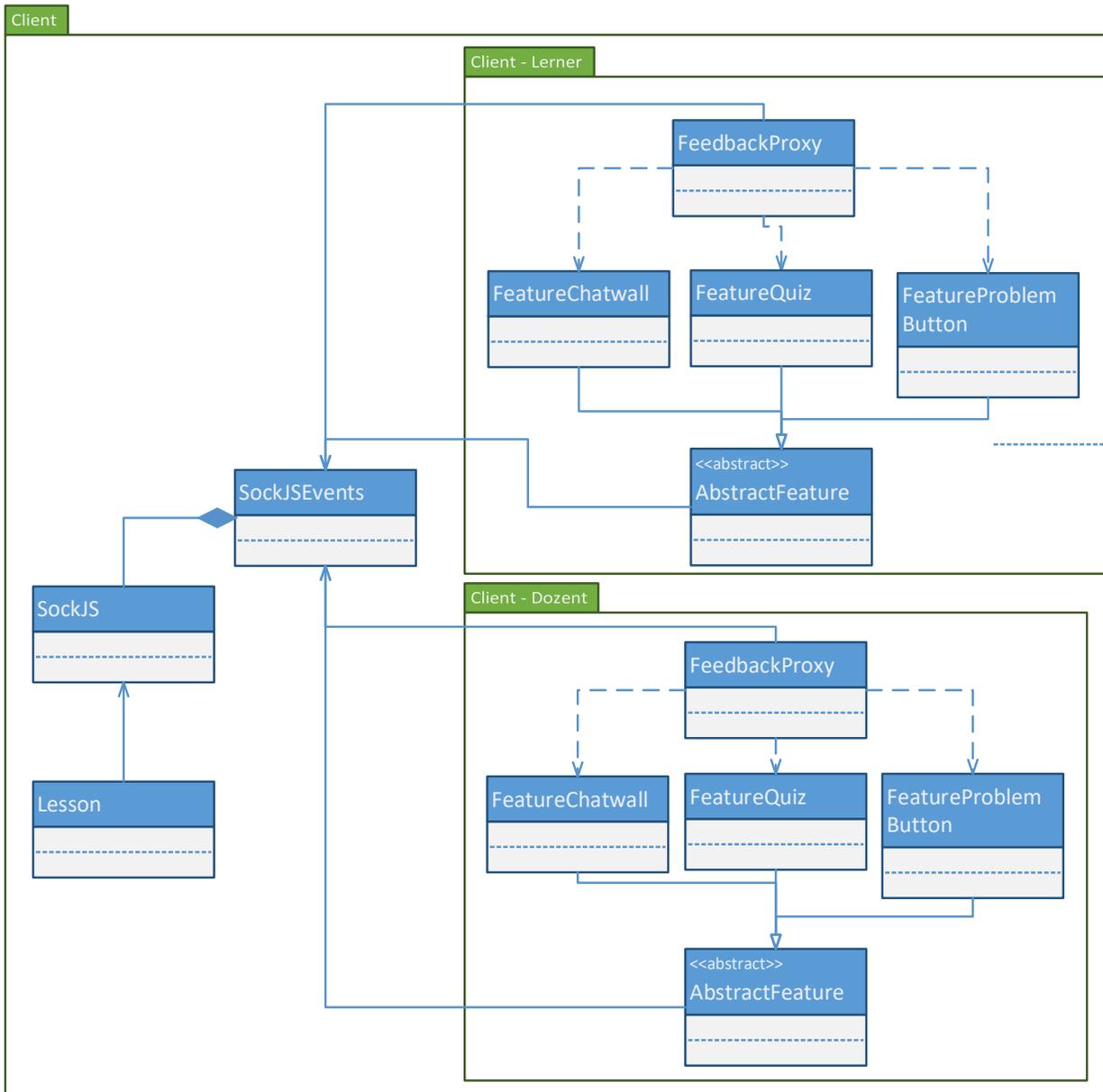


Abbildung 21: Vereinfachtes UML Klassendiagramm des Client mit den beiden unterschiedlichen Paketen für Lerner und Dozenten

Die Unterschiede zwischen den Rollen „Dozent“ und „Lerner“ liegen in den Methoden der Klasse „FeedbackProxy“ und den „Feature“-Klassen. Ein Feature bezeichnet eine spezifische Feedbackform. Die Klasse „FeatureChatwall“ ist demnach für die Feedbackform Many-to-Many, also der „Chatwall“, zuständig.

Für Dozenten besitzt die Klasse des FeedbackProxy Methoden, um die Features einzeln zu aktivieren („setFeatureEnabled()“) oder zu deaktivieren („setFeatureDisabled()“). Wird diese Methode aufgerufen, ruft sie die entsprechende Methode der Features („enable()“ oder „disable()“) auf. Gleichzeitig wird ein Ereignis auf dem Server ausgelöst, dass die De- oder Aktivierung an alle Teilnehmer propagiert.

Des Weiteren besitzen die Klassen für Quiz, Chatwall und ProblemButton spezielle Methoden, um diese Features zu steuern. Jede dieser Klassen leitet dabei von „AbstractFeature“ ab, das die zuvor erwähnten Funktionen zum De- und Aktivieren implementiert, aber auch eine Methode zur Aktualisierung der Daten des Features besitzt: „update()“. Diese Methode wird aufgerufen, wenn sich übermäßig viele Daten verändert haben, zum Beispiel, wenn der Client für einen längeren Zeitraum nicht mit dem Server verbunden war.

Im Detail besitzt die Klasse „FeatureChatwall“ intern ein Array aller anzuzeigenden Posts und implementiert Methoden zum Sortieren nach der Anzahl der Votes („sortPostsNew()“) oder dem Alter („sortPostsTop()“), dem Ausblenden eines Posts („hidePost()“) und dem Hinzufügen eines neuen Posts, der vom Auditorium verfasst wurde („addPost()“). Jede dieser Methoden, außer addPost, wird aufgerufen, wenn der Dozent eine Aktion im User Interface vornimmt. Ist dies der Fall, wird ein Ereignis beim Server ausgelöst, sodass dieser die Änderungen an alle anderen Teilnehmer propagieren kann.

Für „FeatureQuiz“ und „FeatureProblemButton“ ist dieses Verhalten analog. Das FeatureQuiz speichert intern ein Array aller Quiz und erlaubt es Dozenten, ein neues Quiz zu starten („createQuiz()“), das aktuelle entweder zu beenden („stopQuiz()“) oder zu beenden und sofort zu veröffentlichen („publishQuiz()“). Alternativ kann das zuletzt beendete Quiz im Nachhinein veröffentlichen werden („stopPublishQuiz()“). Des Weiteren werden die Ergebnisse eines Quiz als Balkendiagramm mit der Methode „drawResult()“ gezeichnet.

Das FeatureProblemButton speichert intern alle Votes zusammen mit einem Zeitstempel ab und bietet eine Methode, um den passenden Graphen des Abstimmverlaufs zu zeichnen („drawGraph()“).

Für Lerner funktionieren die gleichnamigen Klassen analog. Im Detail besitzt die Klasse FeatureChatwall hier zusätzlich Methoden zum Erstellen eines eigenen Posts („createPost()“) und zum Hochvoten eines Posts („upvotePost()“). Die Klasse FeatureQuiz bietet nur die Methoden zum Geben einer Antwort. Ähnlich verhält sich die Klasse FeatureProblemButton, die nur eine Methode zum Abgeben einer Stimme anbietet.

Die Verknüpfungen und Methoden der hier vorgestellten Klassen sind sehr eng mit den Interaktionen im User Interface verbunden und decken somit einen Großteil der eingangs beschriebenen Herausforderungen im Client ab.

Server

Der Server basiert auf einem asynchronen HTTP-Server, der der Applikation zwei Einstiegspunkte bietet: Zum einen für den Abruf der Client-Daten (HTTP) über die Instanziierung der Klasse „WebRequest“ und zum anderen für die Echtzeit-Kommunikation (Websockets) über Instanziierung der Klasse „SocksJsConnection“.

Der Server ist in der Klasse „ClassroomResponseSystem“ gekapselt. Von dieser Klasse wird beim Programmstart exakt ein Objekt erzeugt, das über die gesamte Lebensdauer des Servers existiert. Diese Hauptklasse registriert die Manager-Klassen zur Koordination der eingehenden HTTP-Requests („RequestHandler“), der eingehenden Verbindungen der Websockets („ConnectionManager“), der Veranstaltungen („LessonManager“) und der Nutzersitzungen („SessionManager“). In Abbildung 22 sind die Klassen und deren Beziehungen vereinfacht dargestellt.

Nachdem diese Management-Klassen erzeugt sind, wartet der Server auf Anfragen über HTTP und Websockets. Erfolgen diese, beispielsweise zum Erstellen einer neuen Veranstaltung, übergibt der RequestHandler diese Anfrage, in Form eines Objekts der Klasse WebRequest, an den LessonManager.

Der LessonManager erzeugt daraufhin mithilfe der LessonFactory eine neue Instanz einer Lesson. In dieser werden ab jetzt alle Interaktionen, Inhalte und Ereignisse geroutet und gespeichert. Das Lesson-Objekt wiederum erzeugt eine Instanz des FeedbackProxy. Der FeedbackProxy erzeugt daraufhin mithilfe der FeatureFactory Objekte der Klassen FeatureChatwall, FeatureQuiz und FeatureProblemButton. Die Factory-Klassen haben dabei die Aufgabe, bestimmte Voreinstellungen vorzunehmen, Standardwerte zu setzen und die Objekte zu initialisieren.

Die Feature-Klassen erben, ähnlich wie im Client, alle von einer Klasse AbstractFeature, die alle von den Feature-Klassen verwendeten Methoden implementiert. Für jeden Nutzer, der Tweedback verwendet, erzeugt der SessionManager eine global eindeutige ID und ein Pseudonym. So können Nutzer zum Beispiel in der Chatwall wiedererkannt und trotzdem ihre Pseudonymität gewährleistet werden.

Erfolgt eine Interaktion, beispielsweise das Erstellen eines neuen Posts in der Chatwall, wird das entsprechende Ereignis über die Instanz der SocksJsConnection und den ConnectionManager an das zugehörige Lesson-Objekt weitergeleitet. Dieses öffnet das Ereignis, liest die Daten zum Adressaten und routet es weiter an das Objekt der FeatureChatwall-Klasse. So traversieren Ereignisse immer vom Socket

des Betriebssystems über die Lesson bis zum adressierten Feature-Objekt. Feature-Objekte beziehungsweise deren Feedbackformen bleiben so voneinander getrennt und agieren autark.

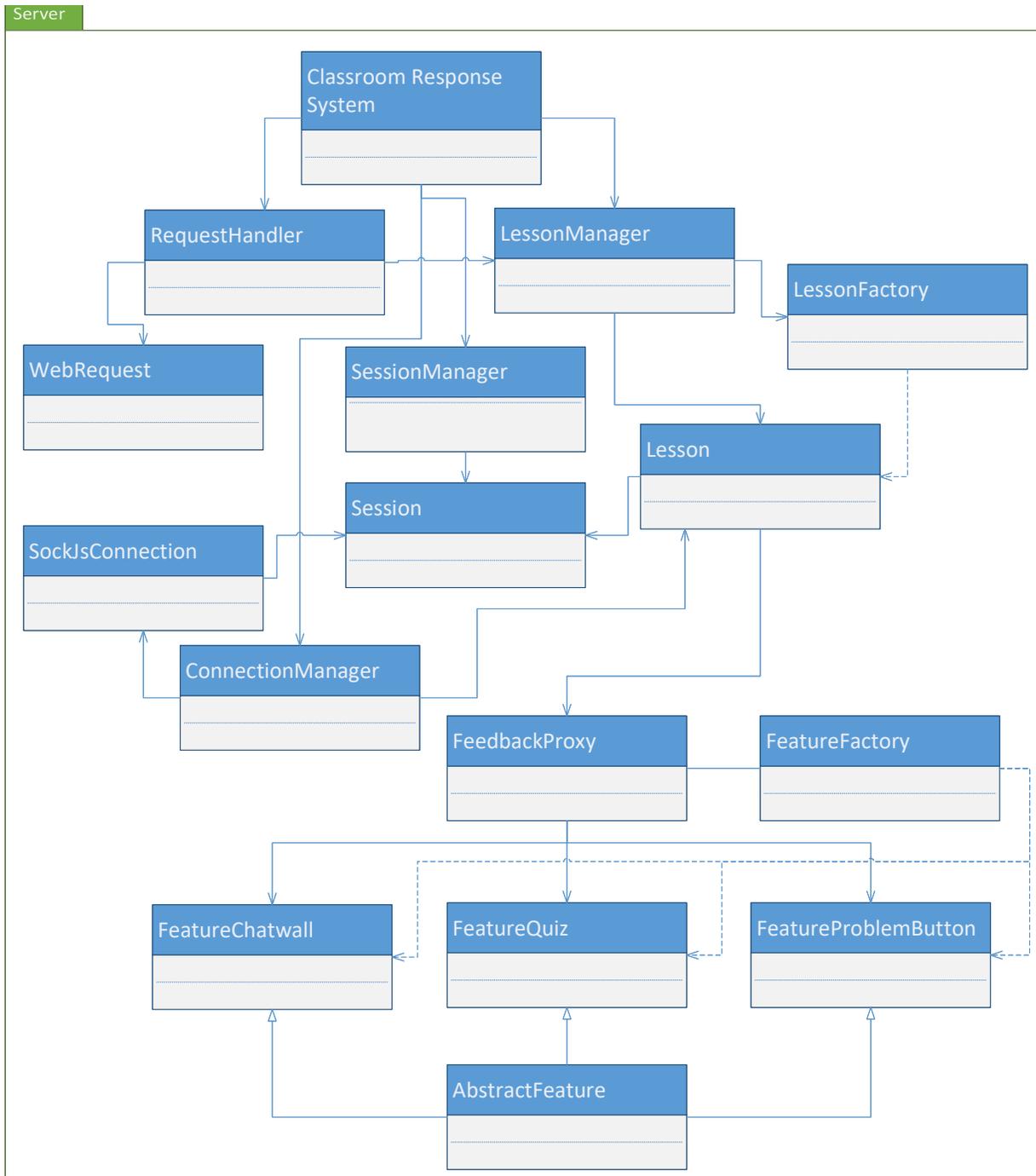


Abbildung 22: Vereinfachtes UML Klassendiagramm des Servers

4.3.5 Referenzarchitektur

Die von Tweedback vorgestellte Architektur hat viele Ähnlichkeiten zu denen anderer Classroom Response Systeme der dritten Generation. Allerdings sind deren Konzeption und Architektur selten in Publikationen beschrieben. Einige dieser Systeme besitzen sowohl eine übergeordnete Klasse, um das gesamte System zu verwalten („Classroom Response System“), als auch eine Klasse zur Verwaltung der unterschiedlichen Veranstaltungen und deren Zugänge („LessonManager“ und „Lesson“). Um zukünftigen Forschungsgruppen die Umsetzung eines eigenen Classroom Response Systems der dritten Generation zu erleichtern, wird nachfolgend eine Referenzarchitektur aus den Untersuchungen und Ergebnissen von Tweedback und aus den Informationen anderer Systeme konzipiert.

Darüber hinaus haben alle Nutzer, Lerner und Dozenten, eine eigene Repräsentation ihrer digitalen Identität – meistens in Form von Sitzungen („SessionManager“ und „Session“). Die Identität kann dabei entweder über ein Pseudonym repräsentiert oder aber komplett anonym verwalten sein.

Ähnlich wie bei Tweedback werden häufig die unterschiedlichen Feedbackformen als Features implementiert („FeatureA“, „FeatureB“, etc). Gleiche Methoden und Attribute werden dabei oft in einer abstrakten Feature-Klasse („AbstractFeature“) definiert.

Die nachfolgende Abbildung 23 leitet aus dem Klassenmodell von Tweedback und dem Stand der Technik eine für alle Classroom Response Systeme gültige, verallgemeinerte Referenzarchitektur des Servers ab.

Neu bei Tweedback ist die klare Strukturierung des Feedback-Proxys als eigene Klasse. Sie ermöglicht, dass die Feedback-Kommunikation über die einzelnen Feedbackformen autark ablaufen kann. Zusätzlich aufgeführt ist hier die in Tweedback nicht verwendete Nutzerverwaltung („userManager“). Diese verknüpft die Sitzungen mit einem möglichen Nutzer-Konto, wie es von einigen anderen Classroom Response Systemen verwendet wird.

Die nachfolgende Abbildung 24 adaptiert dieses Vorgehen auf den Client eines Classroom Response Systems und stellt eine verallgemeinerte Referenzarchitektur für solche Frontends dar. Auch hier ist ein Nutzerobjekt hinzugekommen, sodass die Nutzerverwaltung des Referenz-Servers angewendet werden kann.

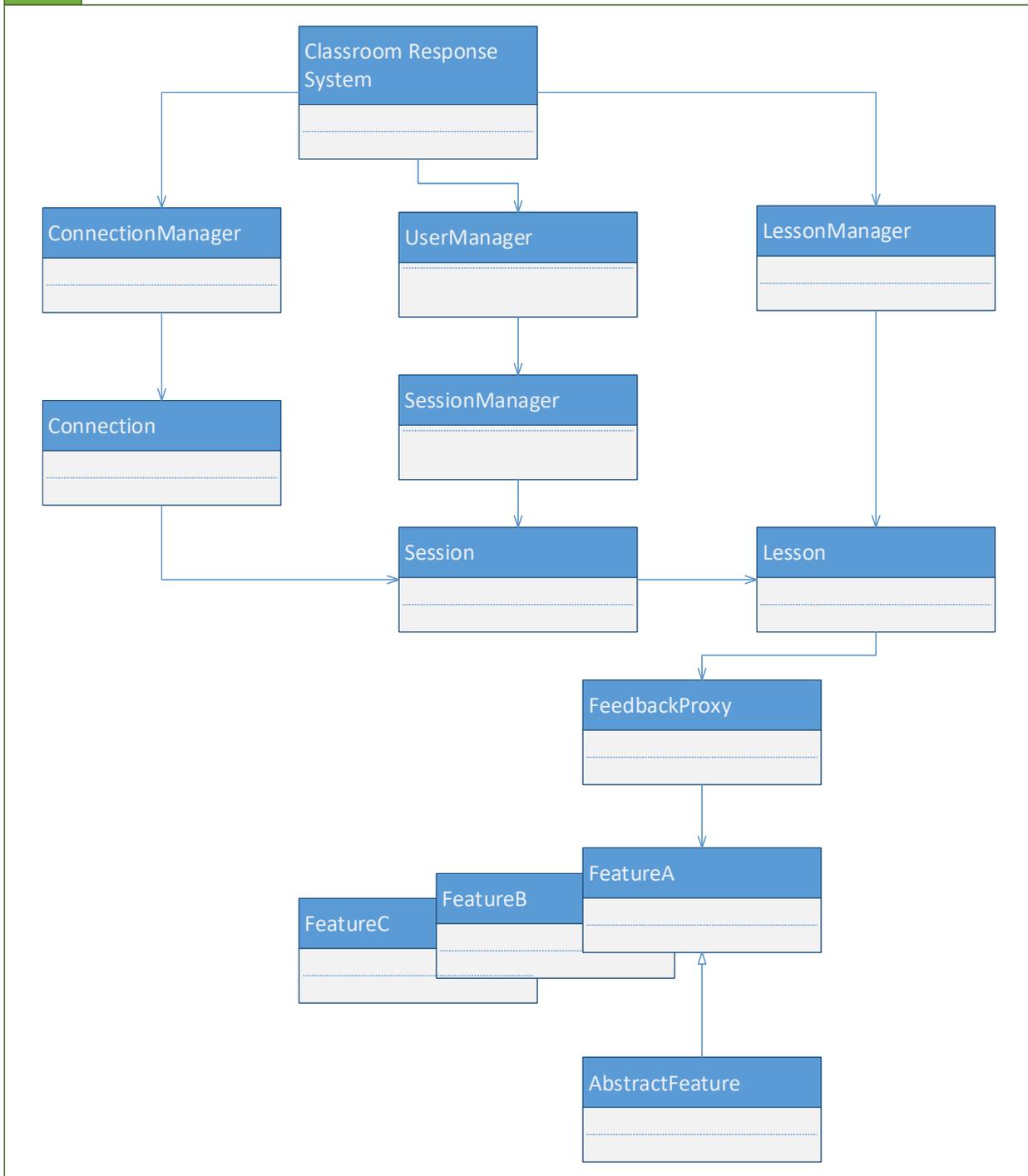


Abbildung 23: Referenzarchitektur des Servers eines Classroom Response Systems der dritten Generation

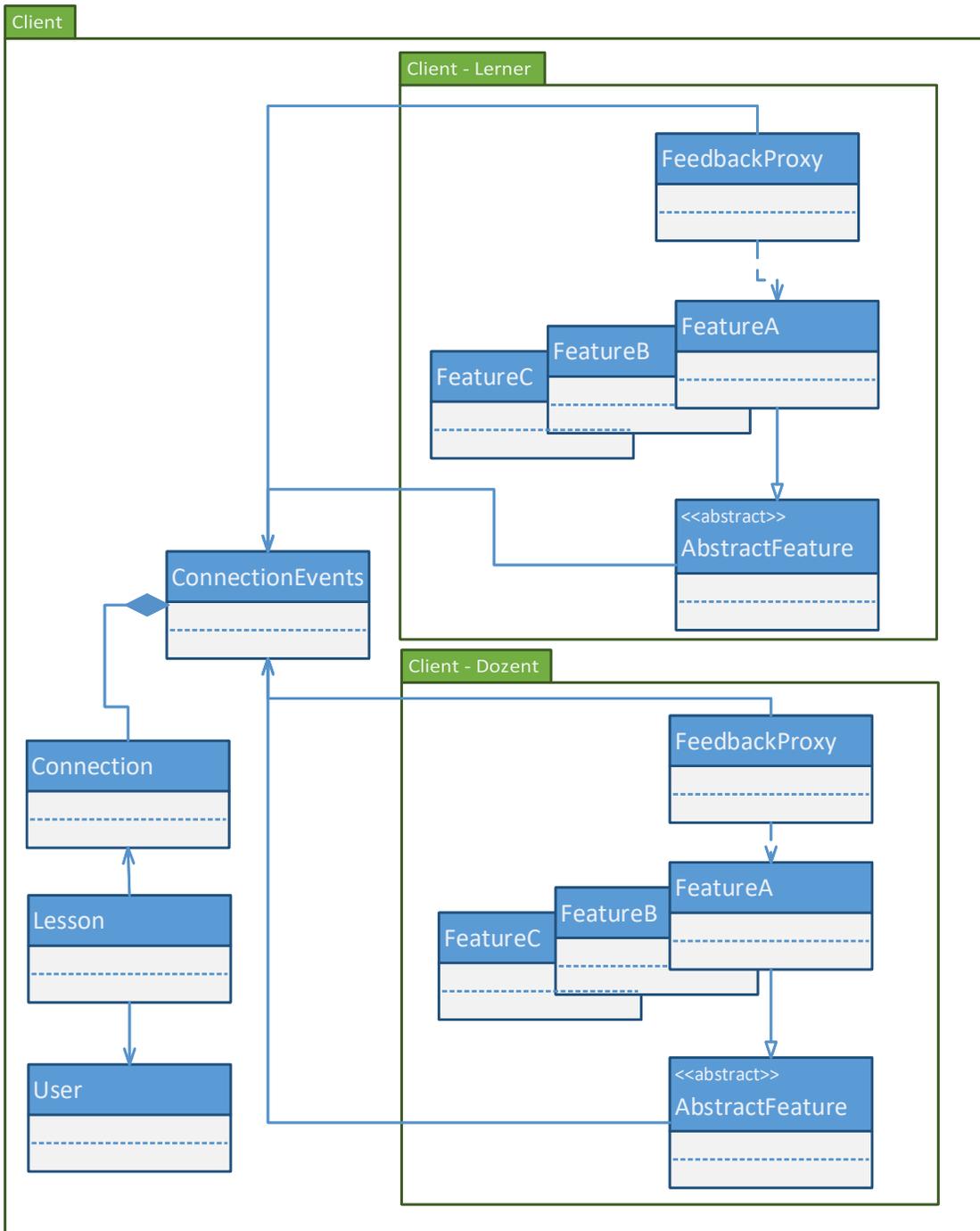


Abbildung 24: Referenzarchitektur des Clients eines Classroom Response Systems der dritten Generation

4.4 Ereignis-basierte Echtzeit-Kommunikation mittels HTTP WebSockets

Nutzer von Tweedback haben in unterschiedlichen Situationen das Bedürfnis, Feedback zu kommunizieren. Dieses Bedürfnis hängt von vielen unterschiedlichen Faktoren ab und unterliegt meistens der Motivation des Nutzers, sei es ein Dozent oder ein Lerner, auf etwas zu reagieren oder etwas

nachzufragen. Der exakte Zeitpunkt einer Feedback-Kommunikation ist daher nicht vorhersagbar. Tweedback muss daher in der Lage sein, die Feedback-Kommunikation spontan zu ermöglichen.

Die Übertragung des Feedbacks in Tweedback erfolgt Ereignis-basiert. Die Situation, in der Feedback kommuniziert wird, wird daher als ein Ereignis im System Tweedback interpretiert. Jede Komponente des Classroom Response Systems kann so Ereignisse auslösen, die dann an die entsprechenden Empfänger weitergeleitet werden. Jede Funktion, jedes Update von Daten und jede Nachricht wird so in Form eines Ereignisses vom Sender zu den Empfängern transportiert. Sowohl Server als auch Client nutzen dieses Verfahren, um beim jeweils Anderen Ereignisse auszulösen.

Das Auslösen von Ereignissen wird auf technischer Ebene im Browser über die WebSockets-Schnittstelle realisiert. Sie ermöglicht es, dass ein Browser einen TCP Socket zum Server aufbauen kann, sodass beide sich unabhängig voneinander Daten schicken können. Somit ist eine Kommunikation im Browser mit dem Server in beide Richtungen möglich.

In Tweedback sind Ereignisse als Objekte definiert, die einen spezifischen Namen und einen Payload besitzen. Der Name identifiziert das Event, der Payload enthält zusätzlich zum Event notwendige Informationen / Daten. Jedes Event wird vor dem Übertragen in JSON serialisiert und bei der Gegenseite wieder in ein Objekt serialisiert.

Für das Auslösen und Empfangen von Ereignissen wurde in Tweedback eine eigene Bibliothek entwickelt. Diese wird sowohl im Client als auch im Browser jeweils einmalig je Verbindung initialisiert. Im Browser existiert sie als Singleton und ist von jeder Komponente aus erreichbar. Zum Auslösen eines Ereignisses wird die Methode emit() aufgerufen, in der der Name und der Payload mit übergeben werden. Die Schnittstelle agiert außerdem als Observer, sodass zum Empfangen von Ereignissen die Methode on() aufgerufen wird, die anhand des zu übergebenen Namens und des Callback-Handlers einen Listener registriert. Wird ein zu empfangenes Ereignis übertragen, werden Name und Payload entpackt und die entsprechenden Handler mit dem Payload aufgerufen.

Auf Seiten des Servers erfolgt die Nutzung analog, mit dem Unterschied, dass jede Lesson eine eigene Schnittstelle zum Verbreiten von Ereignissen hat. Da oftmals Ereignisse an alle verbundenen Applikationen und Geräte geschickt werden müssen, stellt die Bibliothek hierfür entsprechende Broad- und Unicastmethoden bereit.

Die Funktionsweise der Echtzeit-Kommunikations-Module wird nachfolgend näher am Beispiel in Abbildung 25 erläutert. Wird beispielsweise auf der Chatwall ein neuer Post veröffentlicht, wird im Browser des Autors (A_i) ein Ereignis in der Feedbackform „Chatwall“ das entsprechende Ereignis „create_post“ im Namespace „chatwall“ zusammen mit der lesson-id und dem Text ausgelöst. Dieses Event wird über das Echtzeit-Kommunikations-Modul an den Server (S) übertragen. Das Echtzeit-Kommunikations-Modul im Server empfängt diese Nachricht und die wird nach dem Empfang an die entsprechende Lesson weitergeleitet. Die Lesson leitet das Ereignis an die Chatwall weiter, die daraufhin das Ereignis auswertet. Im Anschluss wird ein Ereignis für alle anderen verbundenen Teilnehmer ausgelöst und der Text somit an die anderen Clients versendet ($A_{1-N\setminus i}$).

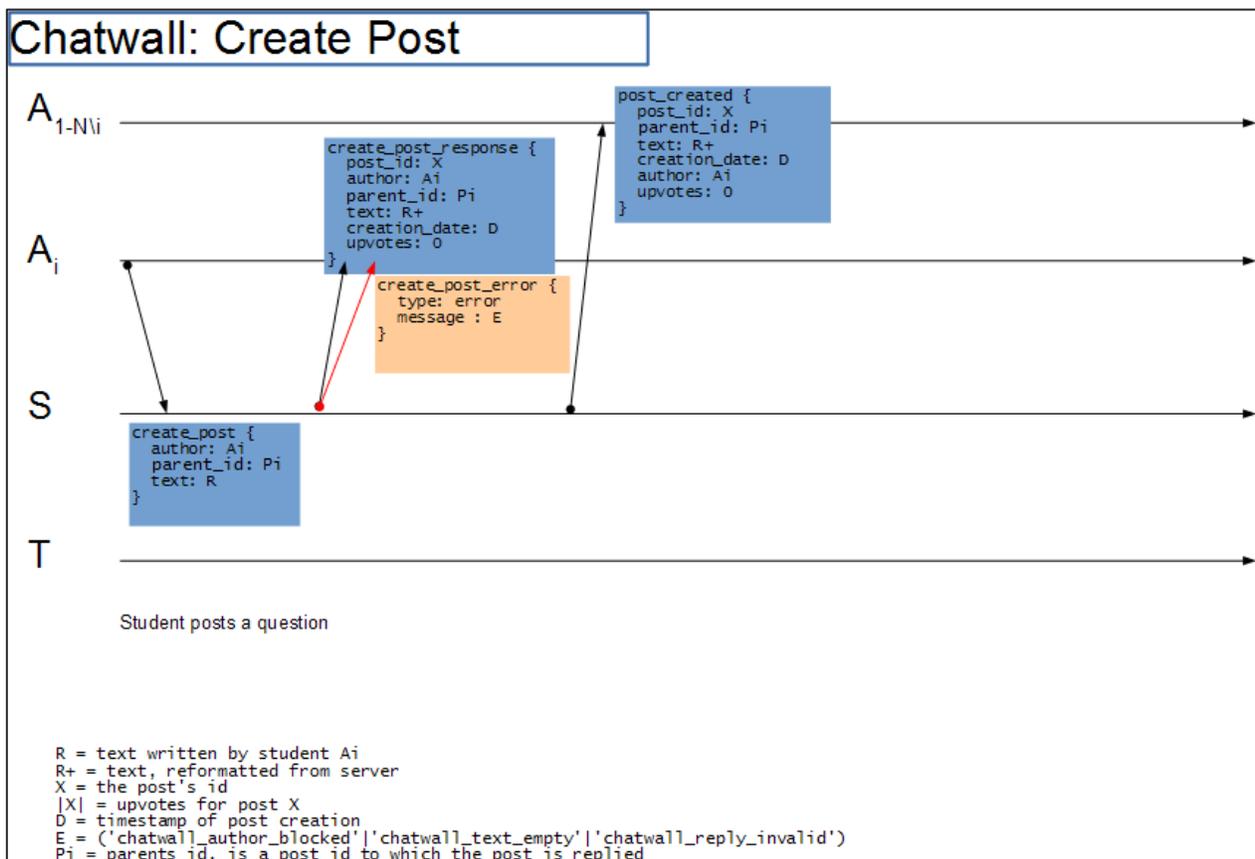


Abbildung 25: Ablauf von Ereignissen bei der Erstellung eines Posts in der Chatwall in Tweedback

5 Feedback-Latenz bei der Feedback-Kommunikation zum Dozenten

Während der Anwendung von Tweedback wurde bei Dozenten vermehrt beobachtet, dass diese auf das kommunizierte Feedback oft zu spät reagierten. Bei der Nutzung von Tweedback wurden diesbezüglich die nachfolgenden Beobachtungen ermittelt und in [64] publiziert.

Beobachtung: Die Anzahl der für den Dozenten relevanten Nachrichten ist im Verhältnis zu allen anderen Nachrichten gering, aber trotzdem sind es hinreichend viele, als dass diese für Dozenten wichtig sind (siehe dazu auch das Kapitel 6.2 „Chatwall“). Dozenten benötigen daher sehr viel Zeit, um die „richtigen“, für sie relevanten Posts zu identifizieren. Während sie die Posts prüfen, unterbrechen sie meistens ihren Vortrag für einen kurzen Moment.

Beobachtung: Verpassen Dozenten eine wichtige Nachricht, gehen aber später auf sie ein, ist der Kontext ein anderer, als zu dem Zeitpunkt, an dem die Nachricht verfasst wurde. Dies passiert zum Beispiel dann, wenn die Frage auf Folie 3 gestellt wurde, vom Dozenten aber erst auf Folie 42 wahrgenommen wird. Geht der Dozent dann auf gestellte Frage ein, muss er zurück zur Folie 3 und damit auch zurück zum Kontext dieser Folie springen.

Beobachtung: Dozenten verpassen häufig Nachrichten, wenn Sie einen sehr bewegungsreichen Präsentationsstil haben. Zeichnen Sie zum Beispiel eine Formel an der Tafel, gehen vor dem Publikum auf und ab oder entfernen sich von dem Gerät, auf dem Tweedback beziehungsweise das Classroom Response System ausgeführt wird, haben sie die Oberfläche nicht mehr im Fokus. Dadurch entstehen häufig die beiden zuvor beschriebenen Beobachtungen.

Beobachtung: Aufgrund der zunehmenden Geräteanzahl müssen Dozenten ihre Aufmerksamkeit zwischen den Geräten, dem Auditorium und den eigenen Aufzeichnungen aufteilen. Mit einem Classroom Response System wird dieser Herausforderung ein weiterer Bildschirm hinzugefügt.

Aus diesen Beobachtungen zeigt sich, dass die Latenz bei der Feedback-Kommunikation vom Auditorium zu den Dozenten oftmals zu hoch ist: Dozenten reagieren häufig zu spät auf das von Lernern kommunizierte Feedback. Der Grund dafür liegt darin, dass bei der Nutzung von Classroom Response Systemen der primäre Fokus des Dozenten auf der Präsentation des Lehrstoffes liegt. Das Classroom Response System hat eine geringere Priorität. Dadurch beachten Dozenten die Oberfläche des Classroom Response Systems nicht permanent und nehmen Feedback somit erst spät wahr. So liest ein Dozent zum Beispiel eine Frage zu Folie 3 erst, als er das Thema von Folie 42 vorstellt. Zum gleichen Problem stellten Ebner et al die Frage auf „[...] (ab) wann eine Reaktion auf die Rückmeldungen notwendig wird“ [37] nachdem sie in ihrer Studie untersuchten wie Nachrichten zum Dozenten übermittelt werden.

Dieses Problem der Feedback-Latenz wird nachfolgend näher untersucht und eine Lösung erarbeitet, die über Wearables den Dozenten proaktiv auf Feedback hinweist.

Zwischen dem Zeitpunkt, zu dem ein Lerner sein Feedback an den Dozenten kommuniziert, und dem Zeitpunkt, zu dem der Dozent dieses Feedback wahrnimmt, vergeht Zeit, in der ein Kontextwechsel stattfindet. Diese Zeit zwischen Feedback-Entstehung und Feedback-Wahrnehmung wird nachfolgend als Feedback-Latenz bezeichnet. Der Kontext wird hier als das Thema definiert, das der Dozent lehrt. Die Feedback-Latenz ist daher hier kein Maß für die absolute Zeit in Sekunden oder Minuten, sondern ein relatives Maß zu der Sequenz von Themen, die der Dozent in seiner Veranstaltung behandelt.

Aus den zuvor beschriebenen Beobachtungen erschließt sich, dass Dozenten einen Kontextwechsel bei der Reaktion auf Feedback vermeiden können, wenn die Feedback-Latenz gering ist. Dozenten haben aber das Problem, dass sie nicht permanent die Oberfläche des Classroom Response Systems im Blick behalten können, da der Vortrag eine höhere Priorität besitzt. Daher wird in diesem Kapitel die in der Einleitung beschriebene Problematik, eine verzögerungsarme Methode zur Aufnahme des Feedbacks zur Verfügung zu stellen, untersucht und bearbeitet. Es ergeben sich die folgenden Forschungsfragen:

- Wie groß ist die Verzögerung zwischen Entstehen des Feedbacks und Kenntnisnahme beim Dozenten?
- Wie kann diese Verzögerung verringert werden?

Die erste Frage kann den Beobachtungen nach nicht eindeutig beantwortet werden, es wird allerdings deutlich, dass die Verzögerungen ein Problem sind. Auf die zweite Frage wird in diesem Kapitel zu Beginn ein Lösungskonzept vorgestellt, das Wearables verwendet, um Dozenten auf Feedback proaktiv hinzuweisen. Im Anschluss wird die Umsetzung dieser Lösung mithilfe von Smartwatches in Tweedback vorgestellt. Die Wearable-Lösung wird daraufhin in die allgemeine Referenzarchitektur von Classroom Response Systemen eingliedert und erläutert. Die daraus resultierenden Implikationen werden abschließend im letzten Teilkapitel zusammengefasst, sodass diese auch auf andere und zukünftige Vertreter der Classroom Response Systeme anwendbar sind. Später werden in Kapitel „Evaluation“ Studienergebnisse dieser Lösung präsentiert und untersucht.

5.1 Reduzierung der Feedback-Latenz durch Wearables

Das Problem der Feedback-Latenz existiert, weil Dozenten die Oberfläche des Classroom Response Systems nicht permanent im Blick behalten. Da der Vortrag der Dozenten mehr Priorität als das Classroom Response System hat, ist eine Methode gesucht, die die Feedback-Latenz so gering wie möglich hält.

Um die Feedback-Latenz so gering wie möglich zu halten und Dozenten nicht zu zwingen häufiger das Classroom Response System im Blick zu halten, ist es sinnvoll Dozenten proaktiv auf Feedback

hinzuweisen. Da sich Dozenten aber, wie in den Beobachtungen festgehalten, nicht ständig vor der Oberfläche des Classroom Response System befinden, reicht es nicht aus, die Oberfläche für die Benachrichtigungen zu verwenden. Darüber hinaus ist es für Dozenten sinnvoll, zusätzliche Informationen übermittelt zu bekommen, sodass sie in der Lage sind, kurzfristig zu entscheiden, ob sie auf das Feedback reagieren sollten.

Des Weiteren stehen Dozenten während des Vortrags häufig in einer herausfordernden Situation, da sie im Fokus des Auditoriums stehen – viele Menschen schauen ihnen zu und erwarten den Lehrstoff präsentiert zu bekommen. Die zuvor beschriebenen Benachrichtigungen sollten daher so wenig Aufmerksamkeit wie möglich erfordern, sodass Dozenten ihren Vortrag nicht unterbrechen müssen, um die Benachrichtigung zu verstehen.

Classroom Response Systeme benötigen daher eine Methode, die Dozenten über Feedback informiert, ohne dass diese ihren Vortrag unterbrechen müssen und ohne, dass sie das Classroom Response System im Fokus haben müssen.

Für eine solche Methode bieten sich Wearables an. Wearables sind laut [78] „modulare Computer, deren Komponenten klein und leicht genug sind, um am Körper des Nutzers getragen zu werden.“ Weiterhin besitzen Wearables verschiedene Sensoren und Aktoren, wobei die Aktoren dazu verwendet werden können, Signale an den Anwender zu übertragen. Mögliche Aktoren sind zum Beispiel visuelle Signale über ein im Wearable installiertes Display, haptische Signale über Vibrationen am Handgelenk oder auch akustische Signale über integrierte Lautsprecher.

Aktuelle Smartwatches sind Wearables, die als Uhr am Handgelenk konzipiert sind und die zuvor beispielhaft aufgezählten Aktoren besitzen, um mit dem Besitzer zu interagieren. Um das Problem der Feedback-Latenz zwischen Entstehen des Feedbacks und Kommunikation zum Dozenten zu lösen, werden hier Smartwatches verwendet. Durch die verschiedenen Aktoren können Smartwatches somit Dozenten darauf hinweisen, wenn Feedback kommuniziert wurde, ohne dass sich Dozenten zum Gerät, das das Classroom Response System ausführt, bewegen müssen.

Eine Smartwatch kann einem Dozenten somit über visuelle Signale auf dem Display, haptische Signale über Vibrationen am Handgelenk und über akustische Signale über die eingebauten Lautsprecher Benachrichtigungen des Classroom Response Systems übermitteln. Es gibt somit verschiedene Formen der Benachrichtigungen, die theoretisch auch miteinander beziehungsweise nacheinander kombiniert werden können.

Als Benachrichtigungsformen werden die visuellen, haptischen und akustischen Aktoren verwendet. Dies sind zum einen die einfache Benachrichtigungsformen wie visuelle, akustische und haptische Benachrichtigungen und zum anderen deren Kombinationen: Visuelle und akustische (Audio-Visuell),

visuelle und haptische (Visuell-Haptisch) und akustische und haptische (Audio- Haptisch) Benachrichtigungen.

Jede dieser Benachrichtigungsformen wird fortan als Dimensionen einer Benachrichtigungsmatrix betrachtet. So haben darüber hinaus alle Benachrichtigungsformen festgelegte Wertebereiche, die in der folgenden Tabelle 4 beispielhaft für die visuell-haptischen Benachrichtigungen dargestellt sind. Visuell-haptische Benachrichtigungen teilen sich demnach in die visuellen Benachrichtigungen und die haptischen Benachrichtigungen auf. Der Einfachheit halber sind beide nur in drei unterschiedliche Wertebereiche aufgegliedert. Bei den visuellen Benachrichtigungen sind dies die Farben Rot, Gelb und Blau. Bei den haptischen Benachrichtigungen sind es kurze, mittlere und lange Vibrationen. In der Kombination dieser drei mal drei Benachrichtigungen ergeben sich 9 visuell-haptische Benachrichtigungsformen (in der Tabelle in Klammern stehend durchnummeriert). Eine mögliche Benachrichtigung ist somit beispielsweise (4), bei der ein rotes Display angezeigt und eine mittlere Vibration ausgelöst werden würde.

Tabelle 4: Kombinierte visuell-haptische Benachrichtigungsform bestehend aus jeweils drei Wertebereichen und somit neun möglichen Benachrichtigungsformen

Visuell-Haptisch		Visuell		
		Rot	Gelb	Blau
(in Form von Vibrationen)	Kurz	1: Kurz + Rot	2: Kurz + Gelb	3: Kurz + Blau
	Mittel	4: Mittel + Rot	5: Mittel + Gelb	6: Mittel + Blau
	Lang	7: Lang + Rot	8: Lang + Gelb	9: Lang + Blau

Die Idee zur Verringerung der Feedbacklatenz vereint die möglichen Kombinationen dieser Benachrichtigungsformen mit den möglichen Benachrichtigungen des in den Feedbackformen aufgetretenen Feedbacks. Dabei werden die Kombinationen der Benachrichtigungsformen einer Smartwatch verwendet, um Dozenten auf unterschiedliches Feedback hinzuweisen.

Da das kommunizierte Feedback eines Classroom Response Systems je nach Feedbackform unterschiedlich ist, müssen Dozenten daher die einzelnen Feedbackformen unterscheiden können. Im Quiz beispielsweise wäre es für Dozenten interessant zu wissen, ab wann 90% der Teilnehmer ihre Antwort abgegeben haben. In der Chatwall könnte es Dozenten interessieren, ob eine Frage gestellt wurde.

Darüber hinaus kann sich auch das spezifische Feedback der einzelnen Feedbackformen unterscheiden. Im Quiz könnte es Dozenten beispielsweise ebenso interessieren, ab wann die Hälfte der Teilnehmer ihre Stimme abgegeben haben, um vorab schon ein Gefühl für das Abstimmverhalten zu bekommen. In der

Chatwall könnte es Dozenten zum Beispiel interessieren, ob eine Frage gerade viele Upvotes hat oder aber bisher noch von keinem anderen Lerner bewertet wurde.

Mithilfe der Smartwatch können nun beispielsweise mit visuell-haptischen Benachrichtigungen neun unterschiedliche Feedbackformen unterschieden werden. Dozenten kann so sehr einfach vermittelt werden, in welcher Feedbackform, welche Art von Feedback gegeben wurde. Beispielsweise vermittelt dann das Muster „Kurz + Rot (1)“, dass beim Quiz mehr als 90% der Teilnehmer abgestimmt haben während das Muster „Lang + Gelb (8)“ anzeigt, dass eine Nachricht auf der Chatwall mehr als 40 Upvotes hat.

Da die Fähigkeit, diese Benachrichtigungsformen unterscheiden zu können, auch stark vom festgelegten Zeitintervall abhängt, werden im Evaluationskapitel 6.4“ einige Intervalle untersucht und miteinander verglichen.

Für die Umsetzung der Benachrichtigung über eine Smartwatch ist es notwendig, dass diese mit einer bestehenden, auf dem Smartphone installierten App, kommuniziert. Daher muss der Client des Classroom Response Systems in eine App auf dem Smartphone integriert werden. Die nachfolgende Abbildung 26 skizziert diese Verbindungen: Die App, die den Client des Classroom Response Systems ausführt, ist wie zuvor auch, mit dem Server verbunden. Darüber hinaus ist die App mit der Smartwatch verbunden, sodass die App das entstehende Feedback weiterhin empfängt, verarbeitet und entscheidet, wann welche Benachrichtigungsform auf der Smartwatch ausgeführt werden soll.

Bezogen auf die zuvor beschriebenen Beispiele, würde die App im Quiz bei 90% der abgegebenen Stimmen beispielsweise Benachrichtigungsform 7 (langes Vibration und rote Farbe auf dem Display) auslösen. Wird eine Frage zur aktuellen Folie auf der Chatwall gestellt, würde die Smartwatch hingegen Benachrichtigungsform 2 (kurze Vibration und gelbes Signal auf dem Display) auslösen.

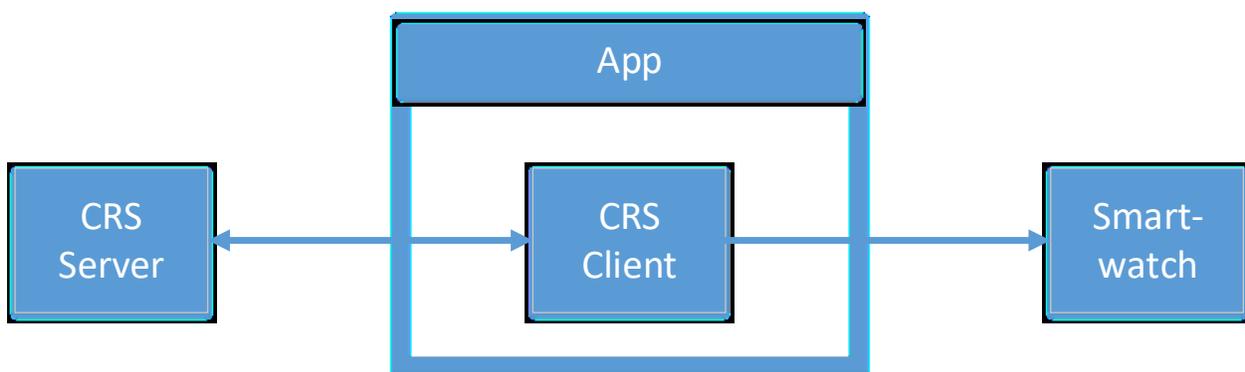


Abbildung 26: Komponenten für die Integration einer Smartwatch

Das nachfolgende Teilkapitel geht auf das Zusammenspiel dieser Komponenten genauer ein. Dazu wird erst die Integration der Smartwatch in Tweedback vorgestellt und anschließend diese Integration in die Referenzarchitektur eingearbeitet und erläutert.

5.2 Smartwatch-Integration in Tweedback

Für die Umsetzung in Tweedback ist der bisherige Web-Client in eine hybride App über das Framework PhoneGap⁴ integriert, so wird der bisher als Web-Anwendung vorhandene Client wiederverwendet. Die Umsetzungen sind detailliert in den studentischen Abschlussarbeiten [79] und [80], die vom Autor dieser Arbeit betreut wurden, beschrieben. Die nachfolgenden Erläuterungen basieren auf diesen Arbeiten.

Für die Kommunikation zwischen Smartwatch, nativer App und Web-Client sind Schnittstellen notwendig, die es dem Web-Client ermöglicht, Ereignisse an die native App zu schicken. Die native App hat dann die Möglichkeit, über diesen Schnittstellen die Benachrichtigungsformen auf der Smartwatch auszulösen, sodass der Dozent über Feedback des Classroom Response Systems an seinem Handgelenk informiert wird.

Die beschriebenen Schnittstellen sind in der globalen Methode „sendDataToSmartwatch()“ des DOM des Clients implementiert. Wird diese Methode aufgerufen, erfolgt eine Übergabe des Programmflusses in die native App, die daraufhin eine Benachrichtigung auf der Smartwatch mithilfe der Methode „notify()“ auslöst. Abbildung 27 stellt diesen Ablauf dar.

Über die Methode „sendDataToSmartwatch()“ informiert der Client so die native App, dass Feedback kommuniziert wurde und über die Methode „notify()“ ist die App dann in der Lage, eine passende Benachrichtigungsform auszulösen. An dieser Stelle entscheidet die App, welche Kombination der Benachrichtigungsform ausgelöst soll. Dafür wird die Methode „notify()“ mit der entsprechenden Parametersequenz aufgerufen.

Die Methode „notify()“ wird letztendlich auf der Smartwatch ausgeführt und wandelt die Parametersequenz in Aktionen auf den Aktoren um. Bezogen auf das Beispiel einer Benachrichtigung des Dozenten bei einer Stimmenanzahl von 90% im Quiz, werden die Vibrations- und Display-Aktoren der Smartwatch für eine lange Vibration am Handgelenk und das Anzeigen eines roten Displays instruiert.

Da eine „lange Vibration“ und „das Anzeigen einer roten Farbe“ keine exakten Instruktionen für die Aktoren sind, sind jeweils auch die Zeitintervalle der Benachrichtigungsformen entscheidend. In Tweedback wurden dafür vorerst nur zweidimensionale Ausprägungen verwendet: Die erste Dimension bestimmt die Benachrichtigungsform, die zweite das Zeitintervall. Für die haptischen ist dies daher die

⁴ <http://docs.phonegap.com/> (zugegriffen am 2. Oktober 2017 um 23:40)

Dauer von 200ms oder 1000ms der Vibration. Visuelle Benachrichtigungen erfolgten in den Primärfarben, um die Farben möglichst gut unterscheiden zu können. Implementiert sind Rot und Blau; Grün wurde vermieden, um Probleme mit Deuteranopie zu vermeiden. Akustische Benachrichtigen sind zum Zeitpunkt der Arbeit nicht umgesetzt worden, da die Anzahl der zur Verfügung stehenden Geräte, die einen Lautsprecher beinhalteten, zu gering war.

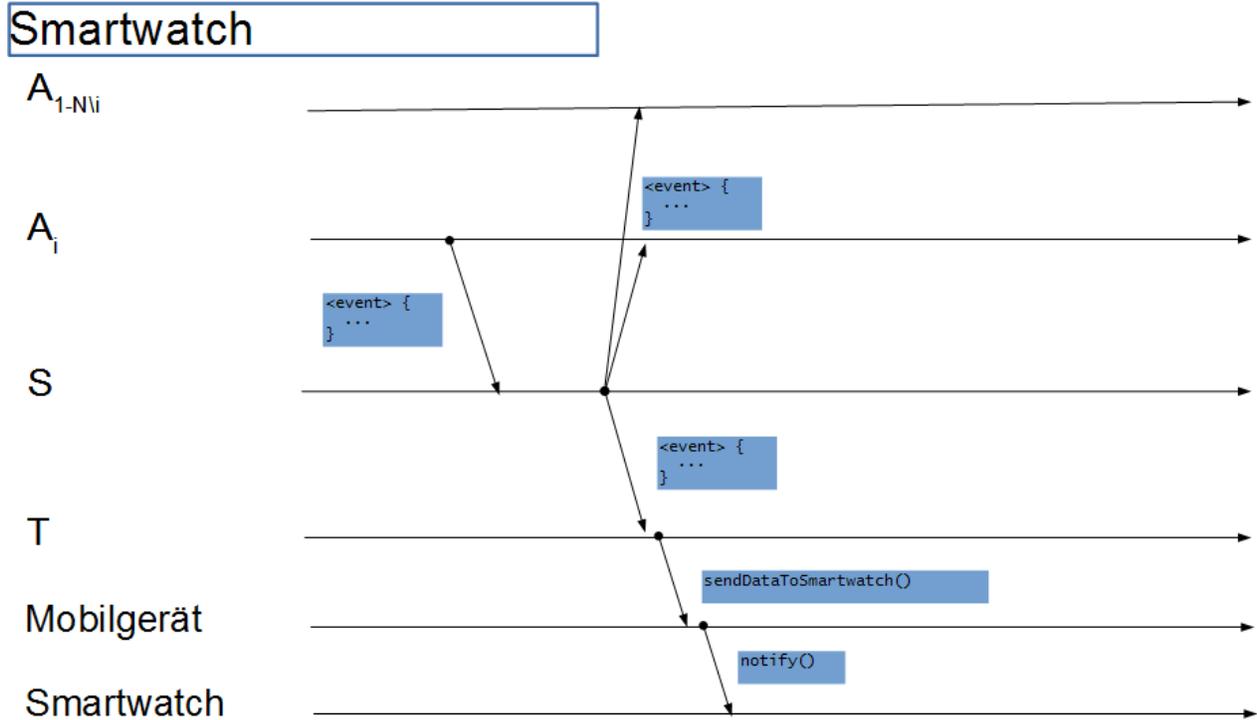


Abbildung 27: Ablauf von Ereignissen und Benachrichtigungen in Tweedback auf der Smartwatch
 Wie in der Evaluation später herausgearbeitet ist, sind viele weitere Muster und Ausprägungen denkbar, die es noch zu untersuchen gilt. Die untenstehende Abbildung 28 zeigt drei Fotos der Umsetzung in Tweedback.



Abbildung 28: Benachrichtigung mittels einfacher visueller Darstellung (weißer Hintergrund) einer Chatwall-Nachricht (aus [64])

Zu sehen ist in Abbildung 28 der Ablauf einer solchen Benachrichtigung auf einer Smartwatch. Im obersten Bild ist keine Benachrichtigung aktiv, im zweiten Bild erscheint die Benachrichtigung erst als Popup, bevor es im dritten Bild als einfache visuelle Benachrichtigung (weiße Farbe mit textueller Beschreibung) am Handgelenk auf der Smartwatch angezeigt wird.

5.3 Erweiterung der Referenz-Architektur um Wearables

Die Ergebnisse aus der zuvor beschriebenen Umsetzung werden nachfolgend auf die in Kapitel 4 vorgestellte Referenzarchitektur angewendet, sodass die Funktionalität von Benachrichtigungen durch Smartwatches die Referenzarchitektur von Classroom Response Systemen erweitert. Es sind nur Änderungen am Client notwendig, da er die Verbindung mit der Smartwatch übernimmt. Es sind keine Änderungen am Server notwendig. Die daraus resultierende Referenzarchitektur ist in Abbildung 29 dargestellt.

Die Referenzarchitektur ist um die beiden Klassen „Notifier“ und „Wearable“ ergänzt worden. Während „Notifier“ die zuvor beschriebene Schnittstelle um die Methoden „sendDataToSmartwatch()“ zur Verfügung stellt, kapselt die Klasse „Wearable“ mit der Methode „notify()“ das Auslösen von Benachrichtigungen auf der Smartwatch.

Die Klasse „Notifier“ bietet somit die Integration in eine native App und stellt über ihre Schnittstelle die Funktionalität des Auslösens von Benachrichtigungen zur Verfügung. Die Klasse „Wearable“ übernimmt das tatsächliche Auslösen der Benachrichtigung.

Einer Implementierung dieser Referenzarchitektur bleibt es überlassen, die eingangs beschriebenen Benachrichtigungsarten zu realisieren. Dies kann entweder im Feature („FeatureA“, „FeatureB“, ...) erfolgen, sodass jede Feedbackform autark entscheidet, welche Benachrichtigungsart und Ausprägung sie für verschiedene Benachrichtigungen verwendet, oder aber vom Notifier entschieden werden, sodass dieser je Feature eine Benachrichtigungsart und Ausprägung auswählt.

5.4 Smartwatches für Classroom Response Systeme

Das beobachtete Problem der Feedback-Latenz tritt auf, weil Dozenten nicht durchgehend den Fokus auf die Oberfläche des Classroom Response System behalten. So verpassen sie den Zeitpunkt, zu dem Feedback zu einem bestimmten Kontext kommuniziert wurde, reagieren erst später darauf und müssen dann wieder zu einem vorherigen Kontext/Thema/Folie zurückspringen.

Eine Lösung für dieses Problem ist hier mithilfe verschiedener Benachrichtigungsformen durch Smartwatches beschrieben. Smartwatches sind Wearables, die Aktoren für haptische, visuelle und mittlerweile auch akustische Signale enthalten. Durch die Kombination dieser Aktoren werden die

erwähnten Benachrichtigungsformen am Handgelenk der Dozenten ausgelöst. Die Smartwatch weist so auf Feedback hin, ohne dass Dozenten vom Vortrag unterbrochen werden.

Durch die Integration von Wearables in den Feedback-Proxy, kann dieser die Anforderung FA120 („Der Feedback-Proxy muss in der Lage sein, gleiches Feedback zu aggregieren und wichtigeres Feedback bevorzugt zu präsentieren“) für den Dozenten besser erfüllen. Das Weiterleiten von priorisiertem Feedback durch die Benachrichtigungen auf dem Wearable kann so parallel zum Vortrag erfolgen.

Diese Lösung ist im Classroom Response System Tweedback integriert und kann auch in anderen System eingesetzt werden. Die dafür notwendigen Anpassungen sind in den vorherigen beiden Unterkapiteln erläutert: Im Allgemeinen ist es ausreichend, dass die eine zusätzliche Schnittstelle zwischen Client und Smartwatch implementiert wird. Ist diese Schnittstelle in einem Classroom Response System integriert, kann dieses die verschiedenen Benachrichtigungsformen am Handgelenk der Dozenten auslösen.

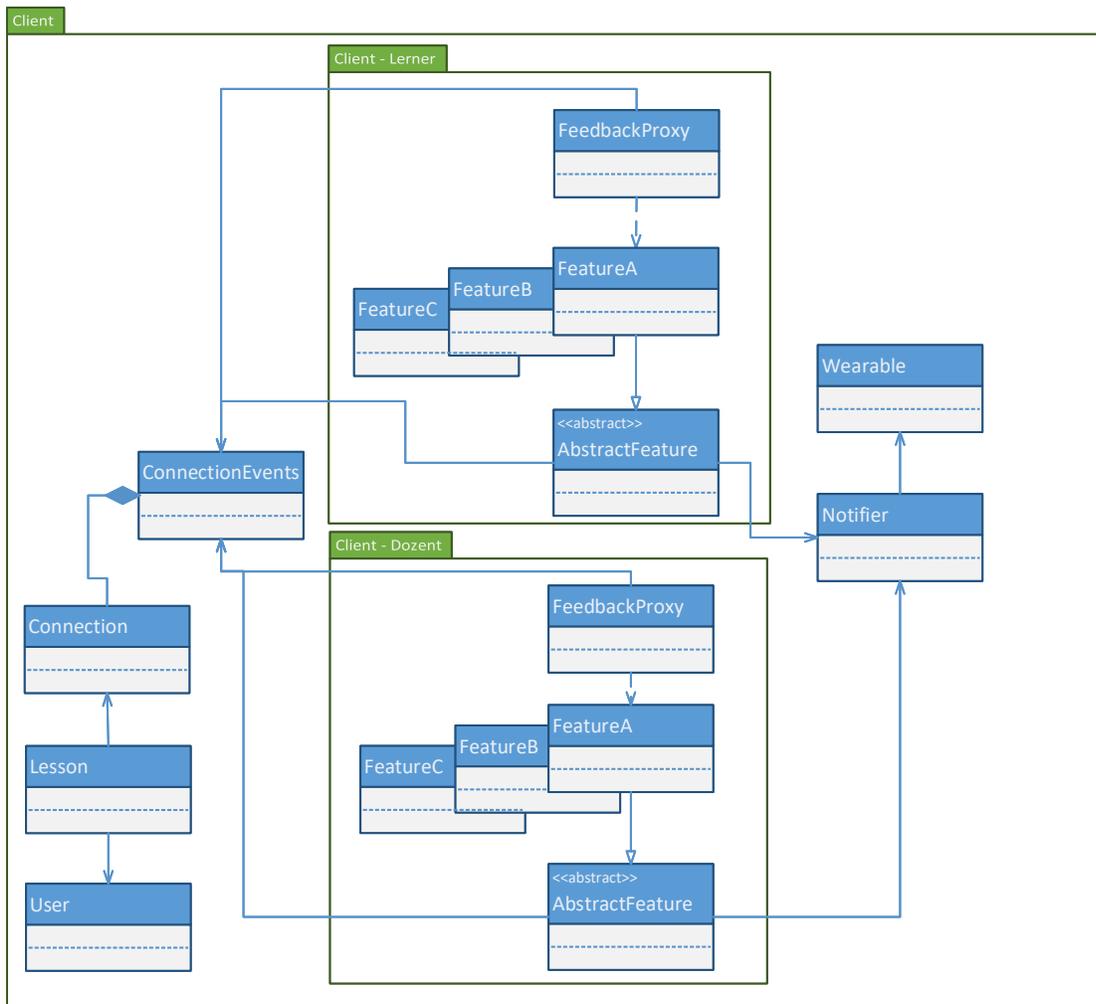


Abbildung 29: Erweiterung der Frontend-Referenzarchitektur um Benachrichtigungen über Wearables

6 Auswertung der Nutzung

Wie in den vorherigen Kapiteln beschrieben, ist das in dieser Arbeit entstandene Classroom Response System Tweedback seit 2013 im Einsatz. In dieser Zeit wurde Tweedback in vielen Lehrsituationen zur Feedback-Kommunikation eingesetzt. Das folgende Kapitel gibt einen Einblick in die Nutzung von Tweedback - als Vertreter eines Feedback-Proxys in Form eines Classroom Response Systems.

Die Nutzung wird daher nachfolgend erst aus der Perspektive der Lerner und anschließend aus der Perspektive der Dozenten betrachtet. Wichtig für diese Untersuchungen sind dabei die folgenden drei Leitfragen:

- 1) Fördert oder unterstützt Tweedback die Feedback-Kommunikation?
- 2) Wie nutzen Lerner und Dozenten Tweedback (zur Feedback-Kommunikation)?
- 3) Welche Probleme entstehen bei der Nutzung von Tweedback?

Um diese Fragen zu beantworten, werden zu Beginn die Ergebnisse einer quantitativen Umfrage, die die Nutzung von Lernern fokussiert, vorgestellt. Aus den Ergebnissen dieser Umfrage wird sich zeigen, dass es verschiedene Nutzungstypen von Lernern gibt, die sich hauptsächlich in aktive und passive Nutzer unterscheiden. Anschließend werden 15.282 Text-Nachrichten des Chatwall-Features untersucht, um herauszufinden auf welche Art und Weise und mit welcher Motivation aktive Lernertypen mit der Chatwall Feedback kommunizieren. Aus den Ergebnissen dieser Untersuchung werden die Charakteristiken von Lernern, die Tweedback nutzen, untersucht, um die beiden Lernertypen noch weiter zu differenzieren und zu charakterisieren.

Im Anschluss werden die Ergebnisse einer qualitativen Untersuchung, die die Nutzung von Dozenten fokussiert, präsentiert. Aus den leitfadengestützten Interviews werden Herausforderungen der Dozenten bei der Nutzung von Tweedback herausgearbeitet. Eine der größten Herausforderungen ist dabei die in Kapitel 5 vorgestellte Feedback-Latenz. Dessen technische Lösung, das Verwenden einer Smartwatch, wird daraufhin näher untersucht.

6.1 Nutzen für Lerner

Tweedback soll Lerner dabei unterstützen Feedback in der Lehrveranstaltung zu kommunizieren. Um die zuvor aufgestellten Leitfragen zu beantworten, muss der Mehrwert von Tweedback für Lerner ermittelt werden. Nur so kann festgestellt werden, ob Tweedback die Feedback-Kommunikation fördert.

Um den Mehrwert von Tweedback zu bestimmen wird der wahrgenommene Nutzen der Lerner ermittelt. Durch die Erkenntnis, ob Nutzer eine Software wiederverwenden werden, kann dieser Mehrwert aus der

Software abgeleitet werden. Aufbauend auf dieser Annahme wird Tweedback, auf Basis der mit Borchardt veröffentlichten Publikation [81], als Knowledge-Management-System betrachtet und untersucht.

Die Untersuchung erfolgte zu einem frühen Entwicklungszeitpunkt von Tweedback, um systematisch den Nutzungs-Mehrwert zu bestimmen und technische Probleme offenzulegen. Zu diesem Zeitpunkt existierten aber bereits alle zuvor beschriebenen Features in ihren Grundfunktionalitäten.

6.1.1 Material und Methode

Für die Untersuchung als Knowledge-Management-System wurde das KMS Success Model von Jennex und Olfman ([82] und [83]) adaptiert. Das KMS Success Model eignet sich für diese Untersuchung, da es den wahrgenommenen Nutzen eines Informationssystems misst und dabei den Anwender in den Fokus stellt. Dafür wurde ein Fragebogen, basierend auf Vorarbeiten aus [84] und [85], erarbeitet und auf die Besonderheiten von Classroom Response Systemen angepasst. Wichtig war den Nutzer in den Mittelpunkt der Betrachtung des Mehrwerts der Nutzung zu bringen. Daher wird die Intention von Tweedback, den Austausch von Feedback (Information) und das Erzeugen von Wissen (Knowledge) zu unterstützen, als Knowledge-Management-System und Information-System interpretiert. Durch das Überprüfen, ob Tweedback von den Nutzern wiederverwendet wird, zeigt, ob die Intention von Tweedback auch von den Nutzern so wahrgenommen wird. Die Wiederverwendung wird so zum wichtigsten Merkmal des wahrgenommenen Nutzens.

Die Fragen des Fragebogens bezogen sich auf vier Kategorien in Bezug auf die Wissens- & Informationsqualität, System Qualität, Service Qualität und Nutzerzufriedenheit. Die meisten Fragen konnten mit einer 5-Punkte-Skala beantwortet werden, die restlichen Fragen waren Ja-Nein-Fragen.

Fragen zur Wissens- & Informationsqualität zielten darauf ab, ob die Inhalte aus der Chatwall hilfreich für die Lehrveranstaltung waren. So wurde zum Beispiel danach gefragt, ob die „Ergänzung der Lehrveranstaltung um Tweedback“ oder die „Diskussion mit anderen Studenten“ für den Lerner nutzlos (1) oder wertvoll (5) ist.

Die Fragen bezüglich der System Qualität dienten dazu zu verstehen, ob Tweedback ein stabiles und nutzer-freundliches System ist oder welche technische Probleme es bei den Lernern gibt. Gefragt wurde so zum Beispiel danach, ob „die technische Stabilität“ oder „die Oberflächengestaltung“ sehr schlecht (1) oder sehr gut (5) ist.

Zur Service Qualität wurden Fragen zur Integration in die Lehrumgebung gestellt, um die Einbettung von Tweedback in die Lehrveranstaltung zu untersuchen. Eine wichtige Frage war zum Beispiel „Die Integration von Tweedback in den inhaltlichen Ablauf der Lehrveranstaltung durch den Dozenten“ mit den Antwortmöglichkeiten sehr schlecht (1) bis sehr gut (5).

Als wichtigster Indikator für den wahrgenommenen Nutzen von Tweedback ist die Beantwortung zur Nutzerzufriedenheit. So wurden Fragen gestellt, ob der Nutzer bereit ist die Software wiederzuverwenden und sie sogar weiterzuempfehlen.

Die Umfrage wurde in zwei Lehrveranstaltungen (beide Informatik) im Wintersemester 2013/2014 an der Universität Rostock durchgeführt. Aus organisatorischen Gründen nahm nur jeder zweite Student an der Umfrage teil, da parallel eine zweite Erhebung durchgeführt wurde. Insgesamt wurden 60 ausgefüllte Fragebogen zurückgegeben.

6.1.2 Ergebnisse

Viele der durch den Fragebogen ermittelten Erkenntnisse führten bereits zu Verbesserungen der Stabilität des Softwaresystems Tweedback. Da in dieser Arbeit der Fokus auf den Nutzen der Feedback-Kommunikation liegt, werden nachfolgend nur die damit zusammenhängenden Ergebnisse vorgestellt.

Es stellte sich heraus, dass die Aufteilung von aktiven und passiven Nutzern in den Lehrveranstaltungen unterschiedlich verteilt ist. Aktive Nutzer kommunizieren Feedback, passive Nutzer konsumieren das für sie erkenntliche Feedback. Wie in Tabelle 5 zu sehen, beträgt der Anteil der aktiven Nutzer in der einen Veranstaltung circa 47 Prozent, während er in der anderen circa 63 Prozent beträgt. Aktive Nutzer sind Nutzer, die Feedback auf Tweedback kommunizieren. Passive Nutzer sind Nutzer, die das Feedback anderer konsumieren.

Tabelle 5: Aktive und Passive Nutzung von Tweedback

	<i>Anzahl Aktiv</i>	<i>Anzahl Passiv</i>	<i>Total</i>	<i>Prozent Aktiv</i>
<i>Kurs 1</i>	18	20	38	47,37%
<i>Kurs 2</i>	14	8	22	63,63%

Darüber hinaus zeigte sich, dass die Ergänzung um Tweedback positiver bewertet wird, als das reine Hinzufügen von Inhalten durch Tweedback, wie in Tabelle 6 zu sehen ist.

Tabelle 6: Mehrwert von Tweedback

	<i>Anzahl</i>				<i>Anzahl</i>	<i>Durchschn</i>
	<i>nutzlos</i>	<i>(2)</i>	<i>(3)</i>	<i>(4)</i>	<i>wertvoll</i>	<i>itt</i>
	<i>(1)</i>				<i>(5)</i>	
<i>Die Ergänzung der Lehrveranstaltung um Tweedback ist für mich...</i>	3	9	18	17	11	3,41
<i>Die Diskussion mit anderen Studenten über die Plattform Tweedback ist für mich...</i>	3	13	26	14	3	3,06

Interessant ist die Korrelation mit dem wahrgenommenen Nutzen, in Bezug auf die Wiederverwendung von Tweedback. Hier ist eine Tendenz zu erkennen, dass die aktiven Nutzer einen höheren Nutzen in Tweedback sehen als die passiven Nutzer (Tabelle 7).

Tabelle 7: Mehrwert von tweedback -aktiv und passiv

	<i>Durchschnitt</i>	<i>Aktiv</i>	<i>Passiv</i>
<i>Die Ergänzung der Lehrveranstaltung um Tweedback ist für mich...</i>	3,41	3,80	2,96
<i>Die Diskussion mit anderen Studenten über die Plattform Tweedback ist für mich...</i>	3,06	3,41	2,96

In Bezug auf die Frage der Nutzerzufriedenheit ergibt sich ein weiteres Detail, das eine Begründung bedarf. Wie in Tabelle 8 beschrieben ist, gibt es sieben Nutzer, die zwar mit Tweedback zufrieden sind, es aber nicht weiterempfehlen.

Tabelle 8: Nutzerzufriedenheit

	Anzahl Ja	Anzahl Nein
<i>Im Großen und Ganzen bin ich mit der technischen Umsetzung von Tweedback zufrieden.</i>	44	7
<i>Ich empfehle die Tweedback-Nutzung anderen Studenten.</i>	34	16

6.1.3 Schlussfolgerungen

Im Allgemeinen zeigte diese Studie, dass es aktive und passive Nutzer gibt, die im Gesamten zufrieden mit Tweedback sind. Aus den letzten Ergebnissen zur Nutzerzufriedenheit lassen sich allerdings nur schwer weitere Schlussfolgerungen ziehen.

Die Tatsache, dass es Nutzer gibt, die Tweedback wiederverwenden würden, es aber nicht weiterempfehlen möchten, lässt darauf schließen, dass die Charakteristik der Nutzer eventuell noch nicht klar definiert ist oder sogar nicht nur in aktiv und passiv unterschieden werden kann.

Daher wird die aktive Nutzung in der Chatwall im nachfolgenden Kapitel 6.2 näher untersucht. Weiter werden in Kapitel 6.3 unterschiedliche Typen von Lernern identifiziert und charakterisiert, um die aktiven und passiven Lerner genauer differenzieren zu können.

6.2 Chatwall Nachrichten

In vorherigen Untersuchung hat sich gezeigt, dass es aktive und passive Nutzer von Tweedback gibt. Während der Nutzung von Tweedback stellte sich durch Beobachtungen heraus, dass aktive Nutzer vor allem in der Chatwall viel Feedback kommunizieren. Vereinzelt wurde die Anzahl der dort verfassten Nachrichten (Posts) für einige Dozenten sogar zu viel. Darüber hinaus berichteten sowohl Lerner als auch Dozenten von Posts, die nicht für die Lehrveranstaltung relevant waren oder teilweise als „Spam“ bezeichnet wurden.

Daher stellte sich die Frage, wie die Posts im Einzelnen eingeordnet werden können, um zu verstehen, welche davon nicht für die Lehrveranstaltung relevant sind. Im Folgenden wird zuerst eine Methode beschrieben, wie 15.282 Nachrichten der Chatwall kategorisiert werden können. Im Anschluss daran werden die dadurch gewonnen Kategorien verwendet, um die folgende Forschungsfrage zu beantworten: F1) Wie ist das Verhältnis zwischen relevanten und irrelevanten Nachrichten in den Tweedback-Lehrveranstaltungen? Und wie entwickelt sich dieses Verhältnis im Laufe eines Semesters?

Da vor allem Dozenten bei größeren Lehrveranstaltungen die Beobachtung gemacht haben, dass der Anteil nicht-relevanter Nachrichten höher ist als bei kleineren Lehrveranstaltungen, stellt sich weiterhin die Frage, ob es einen Zusammenhang zwischen der Größe einer Veranstaltung und dem Anteil der irrelevanten Posts gibt. Daher wird später auch die zweite Forschungsfrage untersucht:

F2) Hat die Zahl der Teilnehmer einen Einfluss auf das Verhältnis zwischen relevanten und irrelevanten Nachrichten in der Chatwall?

Die hier beschriebenen Untersuchungen und Ergebnisse werden in der Publikation [86] veröffentlicht.

6.2.1 Material und Methode

Das zugrundeliegende Datenmaterial stammt aus der Nutzung von <http://tweedback.de> von Oktober 2013 bis Februar 2016. Es umfasst einen Datensatz von 15.282 Chatwall-Nachrichten aus 1.618 Tweedback-Veranstaltungen („Lessons“).

Sowohl die Nachrichten, als auch die Lessons sind mit einem Zeitstempel versehen, der den Zeitpunkt des Erstellens dokumentiert. Für jede Nachricht ist darüber hinaus der Text, die ID des Autors, die Anzahl der Upvotes und die Anzahl der Ausblendungen gespeichert. Für die Veranstaltungen sind die Anzahl der Teilnehmer, die Anzahl der Posts und die Gesamtzahl der Upvotes und Ausblendungen aufgezeichnet.

Zur Kategorisierung sind diese Daten in mehreren Schritten von unterschiedlichen Gutachtern in die folgenden Kategorien eingeordnet worden:

- Fachlich, wenn der Autor sich auf das Thema der Lehrveranstaltung bezieht
- Technisch, wenn der Autor sich auf die technische Umgebung der Lehrveranstaltung bezieht (wie zum Beispiel die Beleuchtung oder die Raumtemperatur)
- Organisatorisch, wenn der Autor sich auf den organisatorischen Ablauf der Lehrveranstaltung bezieht
- Sozial, wenn der Autor sich mit anderen Nutzern über andere Themen austauscht
- Anderes, wenn die Nachricht in keine der vorherigen Kategorien passt

Die Kategorisierung erfolgte mit vier unabhängigen Gutachtern in drei Schritten. Im ersten Schritt klassifizierten die Gutachter nacheinander alle Posts in genau eine der Kategorien, wobei ein Gutachter immer alle Posts einer Lehrveranstaltung bearbeitet. Im zweiten Schritt wurde dies erneut durchgeführt, allerdings so, dass ein Gutachter nicht erneut die Lehrveranstaltung abarbeitet, die er im ersten Schritt bereits bearbeitet hat. In einem dritten Schritt wurden alle Posts begutachtet, bei denen die vorherigen Gutachter uneins über die Kategorie waren. Auch hier wurde darauf geachtet, dass dies immer von einem Gutachter durchgeführt wurde, der in den vorherigen Schritten nicht am strittigen Post gearbeitet hat.

Um die Unterscheidung in relevante und irrelevante Posts vorzunehmen, wurden die Posts in zwei weitere Kategorien zusammengefasst:

- Relevante Posts umfassen alle Nachrichten der Kategorien „Fachlich“, „Technisch“ und „Organisatorisch“
- Irrelevante Posts sind Nachrichten der Kategorie „Sozial“
- Die Posts der Kategorie „Anderes“ werden ignoriert, da sie sehr selten sind und häufig nur als Test-Nachrichten verwendet wurden

Um die Forschungsfragen zu beantworten, werden die kategorisierten Posts aus zwei unterschiedlichen Perspektiven betrachtet:

1. Post-basiert: Nachrichten sind nach ihrer Kategorie sortiert
2. Lesson-basiert: Nachrichten sind nach Lesson / Lehrveranstaltung sortiert

Die Post-basierte Perspektive ermöglicht den Vergleich der Nachrichten hinsichtlich ihrer Kategorie. Da Tweedback im betrachteten Zeitraum vor allem an deutschen Universitäten eingesetzt wurde, werden die Daten je Monat des Semesters gruppiert. Dabei sind der Oktober und der April jeweils der erste Monat, November und Mai der zweite, Dezember und Juni der dritte und Januar und Juli der vierte Monat. Die Monate Februar, März, August und September werden aus der Analyse ausgeschlossen, da hier keine Vorlesungen stattfanden. Der Post-basierte Datenbestand umfasst daraufhin 13.049 Nachrichten.

Die Lesson-basierte Perspektive ermöglicht eine chronologische Betrachtung der Lehrveranstaltungen zusammen mit der Größe einer Lehrveranstaltung. Um einen Zusammenhang zwischen diesen beiden Kennzahlen zu untersuchen, werden die Lesson-Daten um nicht repräsentative Veranstaltungen bereinigt. Daher werden Veranstaltungen ignoriert, die weniger als fünf Teilnehmer haben (zu klein), weniger als 5 Chatwall Nachrichten enthalten (nicht genügend Posts) und die zu viele „Andere“-Nachrichten besitzen (meistens nur Test-Veranstaltungen). Nach der Bereinigung beinhaltet der Datenbestand 387 Lessons.

6.2.2 Ergebnisse

Auf die erste Forschungsfrage F1, wie sich das Verhältnis zwischen relevanten und irrelevanten Nachrichten in Tweedback darstellt, gibt die untenstehende Abbildung 30 ein deutliches Bild. Auf Basis der Post-basierten Daten zeigt sich, dass es meistens zu Beginn eines Semesters weniger relevante als irrelevante Nachrichten gibt.

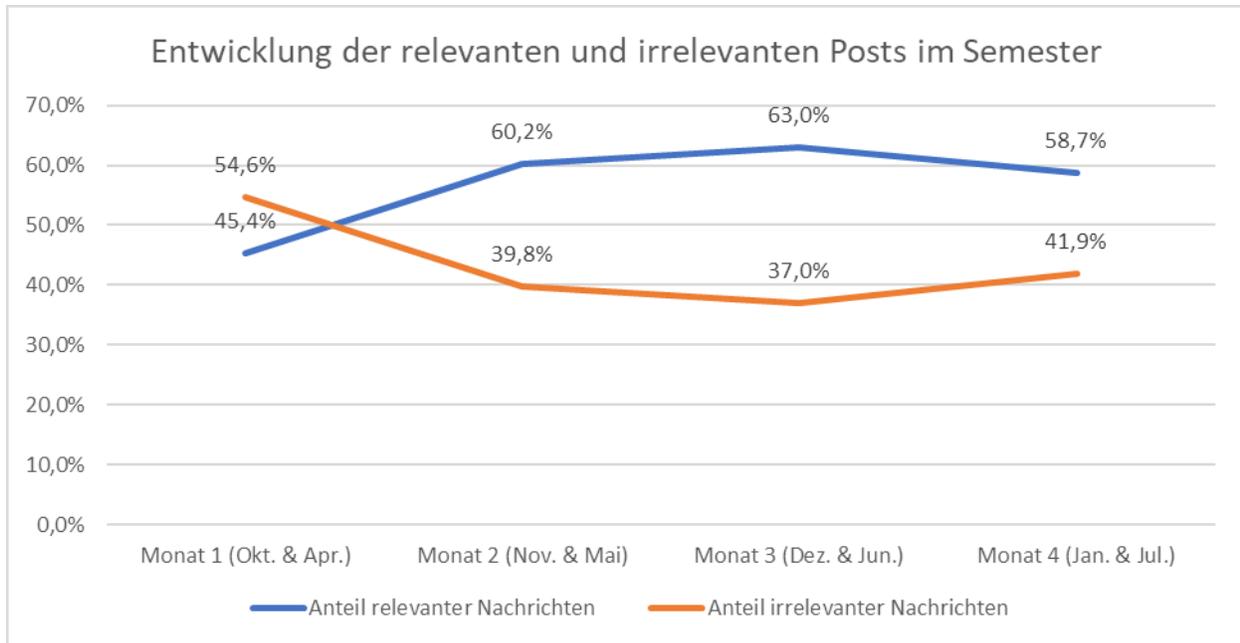


Abbildung 30: Entwicklung der relevanten und irrelevanten Posts im Semesternicht-relevanten Posts im Semester

Im ersten Monat eines Semesters liegt der Anteil der relevanten Nachrichten bei 45,4% während der Anteil der irrelevanten Nachrichten 54,5% beträgt. Dieses Verhältnis kehrt sich ab dem zweiten Monat mehr als um. Ab dem zweiten Monat beträgt der Anteil der relevanten Nachrichten schon 60,2% und der Anteil der irrelevanten Nachrichten nur noch 39,8%. Im dritten und vierten Monat bleiben diese Werte einigermaßen stabil. Nur zum Ende des Semesters gibt es einen leichten Anstieg der irrelevanten Nachrichten.

Auf die zweite Forschungsfrage F2, ob die Anzahl der Teilnehmer einen Einfluss auf das Verhältnis zwischen relevanten und irrelevanten Nachrichten hat, geben die Lesson-basierten Daten einen Hinweis darauf, dass dies der Fall ist. Wie die nachfolgende Abbildung 31 zeigt, gibt es weniger relevante Nachrichten je größer die Veranstaltung ist und somit mehr irrelevante Nachrichten bei größeren Veranstaltungen.

Um den Zusammenhang zwischen der Größe der Veranstaltung, basierend auf der Anzahl der Teilnehmer, und dem Anteil relevanter Nachrichten zu bestimmen, wird die Definition einer kleinen Veranstaltung erst festgelegt und nachfolgend sukzessive erhöht. Zu Beginn wird daher festgelegt, dass eine kleine Veranstaltung 40 oder weniger Teilnehmer hat. Eine große Veranstaltung hat dann mehr als 40 Teilnehmer. Die

Ab einer Definitionsgrenze von 100 Teilnehmern, kippt das Verhältnis, sodass es dann mehr irrelevante als relevante Posts gibt. Es sind dann nur noch 48,3% relevante Nachrichten. Bei den kleinen Veranstaltungen bleibt das Verhältnis zwischen relevanten und nicht-relevanten Posts weitestgehend stabil bei circa 70%.

Das hat den Grund, dass der Großteil der Veranstaltungen, auch bei einer Definition von 40 Teilnehmern, als kleine Veranstaltung mitgezählt wird.

Tabelle 9 zeigt den Anteil der relevanten Posts für große Veranstaltungen (rechter Teil der Tabelle) bei einer Definition von mehr als 40 Teilnehmern in der ersten Zeile. Der Anteil der relevanten Nachrichten beträgt in diesem Fall 59,6 %. Dieser Anteil sinkt mit der Definition einer großen Veranstaltung: Je größer die Veranstaltungen werden, desto weniger relevante Posts gibt es im Verhältnis zu den nicht-relevanten Posts.

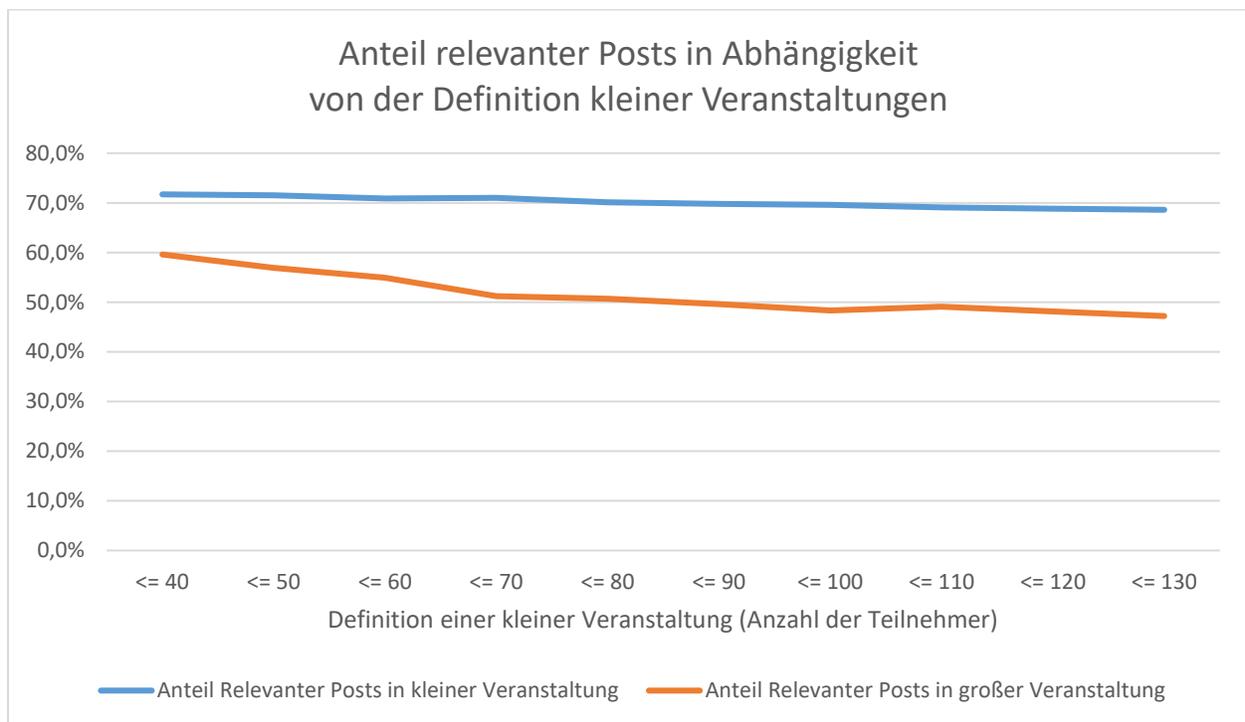


Abbildung 31: Anteil relevanter Posts in Abhängigkeit von der Definition kleiner Veranstaltungen

Ab einer Definitionsgrenze von 100 Teilnehmern, kippt das Verhältnis, sodass es dann mehr irrelevante als relevante Posts gibt. Es sind dann nur noch 48,3% relevante Nachrichten. Bei den kleinen Veranstaltungen bleibt das Verhältnis zwischen relevanten und nicht-relevanten Posts weitestgehend stabil bei circa 70%. Das hat den Grund, dass der Großteil der Veranstaltungen, auch bei einer Definition von 40 Teilnehmern, als kleine Veranstaltung mitgezählt wird.

Tabelle 9: Anteil Relevanter Posts nach Definition der Veranstaltungsgröße (N=387)

Kleine Veranstaltung		Definition Kleine Veranstaltung	Große Veranstaltung	
Anzahl Veranstaltungen	Anteil Relevanter Posts		Anteil Relevanter Posts	Anzahl Veranstaltungen
201	71,7%	<= 40	59,6%	186
239	71,5%	<= 50	56,9%	148
267	70,9%	<= 60	54,9%	120
288	71,0%	<= 70	51,2%	99
303	70,1%	<= 80	50,7%	84
312	69,8%	<= 90	49,6%	75
320	69,6%	<= 100	48,3%	67
326	69,1%	<= 110	49,1%	61
333	68,8%	<= 120	48,1%	54
338	68,6%	<= 130	47,2%	49

6.2.3 Schlussfolgerungen

Aus den Ergebnissen erschließt sich, dass es mehr relevante, als irrelevante Nachrichten nach dem ersten Monat eines Semesters gibt und dass die Größe der Lehrveranstaltung einen Einfluss auf das Verhältnis von relevanten und irrelevanten Nachrichten hat.

Über die Gründe für beide Ergebnisse kann hier nur spekuliert werden. Eventuell bedingen kleinere Lehrveranstaltungen eine größere soziale Kontrolle unter den Lernern, da sich Lerner in kleineren Veranstaltungen nicht hinter einer großen, anonymen Menge verstecken können. Dies zu untersuchen, sollte Forschungsgegenstand zukünftiger Arbeitsgruppen im Themenfeld der Classroom Response Systeme sein.

Ähnliche Ergebnisse zeigten auch [87]. In ihrer Untersuchung von Backstage unterschieden die Autoren die Nachrichten in folgende, sehr ähnliche Kategorien:

- Content-oriented – Nachrichten, die die Inhalte des Vortragenden thematisierten
- Organizational – Nachrichten, die organisatorische Probleme diskutieren
- Process-oriented – Nachrichten, die sich auf die Präsentation des Dozenten bezogen
- Participation-enabling – Nachrichten, die sich auf die verwendete Software bezogen (zum Beispiel Backstage selber)

- Independent – alle anderen Nachrichten

In der Analyse dieser Kategorien, gibt sich ein unterschiedliches Bild in der Auswertung der Daten. Die Zahl der Inhalts-bezogenen Nachrichten ist in [87] deutlich höher, als hier bei Tweedback. Anzumerken ist aber, dass sich die Zahl der Nachrichten deutlich unterscheidet. Sind es in dieser Untersuchung über 13.000 Nachrichten aus 387 Veranstaltungen, betrachten Bry und Pohl in [87] zwei regelmäßig stattfindende Veranstaltungen mit circa 1000 Nachrichten. Eventuell verursacht diese Homogenität im Vergleich zu den hier sehr heterogen verteilten Nachrichten diesen Unterschied, dies sollte in zukünftigen, eventuell gemeinsam durchgeführten Forschungsarbeiten näher untersucht werden.

Weiterhin zeigen diese Ergebnisse, dass die Chatwall in großen Lehrveranstaltungen dazu führen kann, dass der Dozent eine Vielzahl an Nachrichten während seines Vortrags erhält. Je größer die Veranstaltung ist, desto mehr Nachrichten sind dabei gar nicht für ihn relevant. Allerdings sollten die unwichtigen/irrelevanten Nachrichten die wichtigen/relevanten Nachrichten nicht derart überlagern, dass der Dozent sie verpasst. Daher sind hier Hilfsmittel und unterstützende Funktionen gefragt, die es in zukünftigen Arbeiten zu entwickeln und evaluieren gilt. Ein erster Ansatz dafür ist in dieser Arbeit in den Kapiteln 0 und 6.5 bereits gemacht.

In Bezug auf die Relevanz eines Posts und die Ergebnisse dieser Studie, stellen sich die Fragen, warum Lerner so viele irrelevante Nachrichten austauschen und was genau sie in den Posts kommunizieren. Eventuell kann diese Post-Kategorie auch noch weiter differenziert werden, um Einblicke in das Wesen des Lernens mit neuen Möglichkeiten der Feedback-Kommunikation zu bekommen.

Darüber hinaus geben die Ergebnisse einen ersten Hinweis darauf, dass Classroom Response Systeme eventuell besser für mittlere Veranstaltungsgrößen geeignet sind, als für große Lehrveranstaltungen. Das widerspricht zwar den eigentlichen Gründen hinter der Entstehung und Entwicklung aktueller Classroom Response Systeme wie Tweedback, zeigt aber, dass es ein Bedürfnis bei Lernern und Dozenten in diesen Veranstaltungsgrößen gibt. Auch hier sollten weiterführende Studien die Gründe dafür eruieren.

6.3 Lernertypen

In den vorherigen Kapiteln hat sich aus Untersuchungen und Befragungen der Nutzer von Tweedback, den Lernern, gezeigt, dass es zum einen aktive und passive Nutzer gibt und dass es die aktiven Nutzer sind, die den Großteil des Feedbacks generieren. Vor allem ist dies bei der Nutzung der Chatwall deutlich geworden. Aufbauend auf diesen Ergebnissen ist es daher wichtig, die Lerner-/Nutzertypen näher zu charakterisieren. Die Fragen, die der nachfolgend erläuterten Analyse zu Grunde liegen, lauten daher:

F1) Welche Lernertypen gibt es (neben den aktiven und passiven Typen)?

F2) Wie sind die Lernertypen charakterisiert? Wie unterscheiden sie sich bei der Nutzung von Tweedback (der Kommunikation von Feedback).

F3) Wann und warum kommunizieren die unterschiedlichen Lernertypen Feedback?

Um diese Fragen zu beantworten, wird das Lernen unter dem Lernmodell von Laurillard betrachtet, da es die Kommunikation beim Lernen als eine wichtige Funktion auffasst. Wie im Kapitel 2.5 erörtert, gibt es dabei drei Ebenen auf denen sich Lerner befinden und zwischen denen sie wechseln. Beim Lernen wird Wissen oder Informationen von der Ebene 1 zur Ebene 2 übertragen beziehungsweise kommuniziert. Lerner, verstehen das Wissen aus Ebene 1, wenn sie es auf spezifische Probleme des Fachs in Ebene 2 anwenden können, sie adaptieren das vermittelte Wissen.

Bei der Wissensvermittlung wird das Wissen (der Lehrstoff) vom Dozenten zum Lerner übertragen. Im Sinne der Kommunikationswissenschaft ist es nach Shannon dabei von essentieller Bedeutung, dass der Kontext bei Dozenten und Lernern gleich ist, da nur aufgrund des Kontexts die übertragene Information verstanden werden kann. In Bezug auf das verwendete Lernmodell von Laurillard bedeutet dies, dass das Hintergrundwissen (Kontext), das notwendig ist um das „neue“ Wissen (Information) zu verstehen, vorhanden sein muss. Bemerkt der Lerner, dass sein Kontext nicht zum „neuen“ Wissen passt, weil er es nicht auf Probleme anwenden kann, muss er entweder die Lernebene wechseln oder das „passende“ Hintergrundwissen ebenfalls erlernen.

Im Sinne des Lernmodells von Laurillard und der Bedeutung des Kontexts aus der Kommunikationswissenschaft, wird Feedback nachfolgend als Intervention der Lerner in Bezug auf ihre eigene Lernebene betrachtet. Kommt es dazu, dass Lerner erkennen, dass das vermittelte Wissen nicht zum Kontext passt, können sie intervenieren, um diesen Missstand zu korrigieren. Sie wechseln dann in die dritte Ebene.

Die Perspektive, dass Lerner lernen indem sie Konzepte in der Lernebene 1 aufnehmen und in der Lernebene 2 auf spezifische Probleme adaptieren, führt zu den folgenden drei Situationen:

1. Ein Lerner versteht das Konzept auf Ebene 1 und kann es auf Probleme der Ebene 2 adaptieren
2. Ein Lerner versteht das Konzept auf Ebene 1 nicht und kann es daher auch nicht auf Probleme der Ebene 2 adaptieren
3. Ein Lerner missversteht das Konzept auf Ebene 1 und glaubt es auf Probleme der Ebene 2 adaptieren zu können

In Szenario 1 ist alles in Ordnung, der Lerner lernt das vermittelte Wissen. In Szenario 2 versteht der Lerner, dass er ein Problem hat, da sein Kontext nicht zum „neuen“ Wissen passt. In Szenario 3 versteht der Lerner nicht, dass er ein Problem hat.

Die Feedback-Kommunikation hat als Interventions-Werkzeug nun zwei Funktionen zur Intervention in den beiden problematischen Szenarien 2 und 3, um Lerner in die dritte Lernebene zu bewegen. Zum einen kann Feedback Lernern dabei helfen den „richtigen“ Kontext zu finden (Szenario 2), indem das Kontext-Problem kommuniziert wird. Zum anderen kann Feedback Lernern dabei helfen zu erkennen, dass es ein Verständnis-Problem gibt, weil sie durch Diskussionen anderer Lerner von anderen Kontexten erfahren (Szenario 3).

In Bezug auf die vorhergehenden Ergebnisse aus Kapitel 6.2, wird angenommen, dass Tweedback aktiven Nutzern in Szenario 2 und passiven Nutzern in Szenario 3 hilft. Es ergeben sich daher die folgenden Anschlussfragen:

F4) Auf welchen Ebenen des Lernmodells hilft Tweedback beim Lernen?

F5) Besteht eine Affinität zur Feedback-Kommunikation bei aktiven Lernertypen?

Die durchgeführte Untersuchung basiert auf der oben beschriebenen Annahme der Lernebenen von Laurillard in Kombination mit der Perspektive, dass Feedback als Interventionen in diesen Lernebenen betrachtet wird. Die Idee dazu wurde in [66] erstmals veröffentlicht. Eine erste Evaluation, mit geringerer Datenmenge wurde in [67] publiziert. Die nachfolgend vorgestellten Ergebnisse basieren auf einer größeren Datenmenge und ermöglichen dadurch eine genauere Charakterisierung der Lernertypen als bisher.

6.3.1 Material und Methode

In der Untersuchung wurden Fragebögen an 208 Studenten über einen Zeitraum von drei Semestern (2013 bis 2015) ausgeteilt. Die Rücklaufquote beträgt zwar 100%, wobei nur 176 Fragebögen vollständig ausgefüllt wurden. Die Studenten stammen aus den Fächern der Agrarökonomie, Informatik, Elektrotechnik und Medizin. Davon waren 45,8% jünger als 22, 50,2% waren zwischen 22 und 27 Jahre alt und 3,9% waren älter als 27. Die restlichen 2,4% machten keine Angabe bezüglich ihres Alters. Für die Auswertung wurden nur die 176 vollständig ausgefüllten Fragebögen verwendet.

Ziel der Umfrage war die verschiedenen Lernertypen zu identifizieren, um diese hinsichtlich ihrer Einstellung zum Lernen mit Tweedback und den Lernebenen von Laurillard zu differenzieren. In dem Fragebogen wurden Fragen zu den Laurillard-Ebenen, der Tweedback-Nutzung und -Features, dem Verhältnis von Studenten und Dozenten, der allgemeinen Zufriedenheit mit Tweedback und zur Technikbegeisterung gestellt.

Um die bisher bekannten Lernertypen zu charakterisieren und eventuell weitere Typen zu identifizieren, wurden die Ergebnisse geclustert. Dazu wurden fünf Variablen verwendet, die sich auf folgende Themen und deren Fragen fokussierten:

- Nutzung: „Meine Nutzung von Tweedback ist...?“ – „aktiv“, „passiv“, „eher keine“
- Perspektive auf Lernen: „Es ist mir grundsätzlich wichtig, in dieser Lehrveranstaltung unterschiedliche Perspektiven auf ein Thema kennenzulernen.“ - „stimme voll zu“ (1) bis „stimme gar nicht zu“ (5)
- Tweedback hilft bei Diskussion: „Tweedback ermöglicht es mir, an Diskussionen besser teilzunehmen.“ - „stimme voll zu“ (1) bis „stimme gar nicht zu“ (5)
- Tweedback ist überflüssig: „Den Einsatz von Tweedback in Lehrveranstaltungen halte ich für überflüssig.“ - „stimme voll zu“ (1) bis „stimme gar nicht zu“ (5)
- Tweedback hilft mit anderen zu vergleichen: „Tweedback hilft mir, meine Lern- und Arbeitsweise mit anderen Studenten/Dozenten zu vergleichen.“ - „stimme voll zu“ (1) bis „stimme gar nicht zu“ (5)

Das Clustering erfolgte mit dem Ward-Verfahren [88], weil sich dieses hierarchisch agglomerative Verfahren besonders für kleine Datenmengen dieser Größenordnung eignet [89]. Die für das Clustering notwendigen Ähnlichkeiten sind anhand der quadrierten euklidischen Distanz berechnet. Grundlage für die Distanzen bildeten die sechs ausgewählten Variablen, die alle ordinal skaliert sind.

Das Ward-Verfahren clustert Datensätze, indem sukzessive Gruppen von ähnlichen Datensätzen zusammengefasst werden, um so die Varianz der Cluster möglichst klein zu halten. Im ersten Schritt existieren daher genauso viele Cluster wie Datensätze. Im zweiten Schritt werden die jeweils zwei ähnlichsten Datensätze miteinander vereinigt („fusioniert“). Die Zahl der Cluster verringert sich daher mit jedem Schritt, bis es nur noch ein einziges Cluster gibt. Bei der Anwendung des Ward-Verfahren auf die hier zur Verfügung stehenden Datensätze entstanden im vorletzten Schritt zwei Cluster, die die Lerner in eine konservative und eine progressive Lernergruppe klassifizieren. Im davor durchgeführten Clustering-Schritt wurden diese beiden Lernergruppen bzw. -typen jeweils in zwei Untertypen klassifiziert. Das nachfolgende Kapitel stellt diese Ergebnisse genauer vor. Eine Übersicht der einzelnen Schritte des Ward-Verfahren sind in Anhang C abgebildet.

6.3.2 Ergebnisse

Nach der Clusteranalyse wurden zwei Hauptlertypen identifiziert, die, wie zuvor beschrieben, ebenfalls in jeweils zwei weitere Lerntypen aufgeteilt sind. Die nachfolgende Abbildung stellt die Zusammenhänge der Cluster und der entsprechenden Lernertypen grafisch dar.

Der erste Hauptlertyp beinhaltet Cluster 1 und Cluster 3 und charakterisiert konservative oder teilweise unentschlossene Lerner. Der zweite Hauptlertyp sind die progressiven Lerner, die weiter in Cluster 2 und Cluster 4 unterteilt werden können.

Das Cluster 1 bildet die konservativen Lerntypen, sie lernen auf der Lernebene 1 und können bereits sehr gut das vermittelte Wissen der Dozenten in die Probleme der Lernebene 2 adaptieren. Sie verwenden Tweedback nicht.

Das Cluster 2 umfasst die aktiven progressiven Lerner. Sie lernen durch die aktive Kommunikation von Feedback, um sich selbst in die dritte Lernebene zu begeben. Sie verwenden Tweedback aktiv, um bei Kontextunklarheiten zu intervenieren.

Das Cluster 3 beschreibt die teilweise unentschlossenen Lerner. Sie besitzen keine eindeutige Lernebene und erkennen die Interventionsfähigkeit von Tweedback nicht als Mehrwert an. Tweedback könnte ihnen wahrscheinlich bei der Erkenntnis von Problemen helfen, es wird von der Gruppe allerdings sehr wenig verwendet.

Das Cluster 4 beinhaltet die passiven progressiven Lerner. Sie lernen in der Lernebene 2, indem sie Wissen auf spezifische Probleme anwenden. Allerdings fällt ihnen die Adaption des Wissens häufiger schwer. Tweedback hilft Ihnen dies zu erkennen, da die aktiven Lerner ähnliche/gleiche Lernebenen-Interventionen kommunizieren.

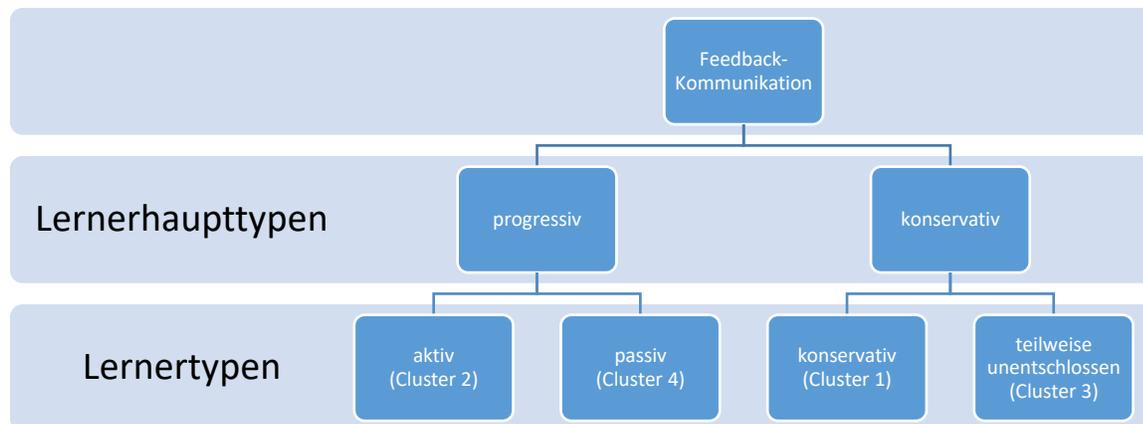


Abbildung 32: Übersicht und Zusammenhänge der Lernertypen

Im Folgenden werden die einzelnen Lernertypen und ihre Cluster in Bezug auf die untersuchten Variablen im Detail erläutert.

Tweedback-Nutzung

In Bezug auf die eigene Nutzung von Tweedback konnten Lerner angeben, ob sie aktiv, passiv oder Tweedback eher nicht verwenden. Wie in Abbildung 33 zu sehen ist, befinden sich die progressiven Lerner (Cluster 2, rot und Cluster 4, gelb) stark in den aktiven und passiven Bereichen. Die konservativen Lerner (Cluster 1, blau und Cluster 3, grau) liegen hingegen stark im Bereich derjenigen Lerner, die Tweedback gar nicht verwenden. Auffällig ist hier die relativ hohe Verteilung von passiv progressiven Lernern, die Tweedback eher nicht nutzen.

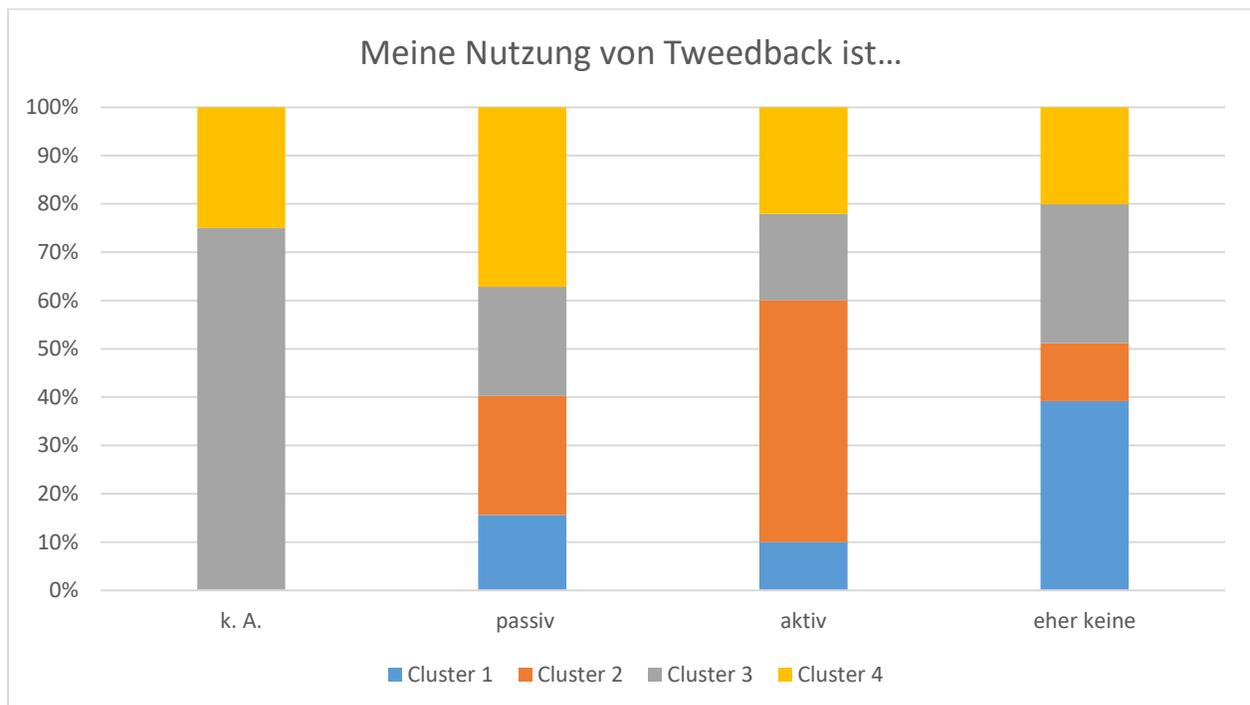


Abbildung 33: Umfrageergebnisse zur Nutzung von tweedback

Bessere Teilnahme an Diskussionen

Um herauszufinden, ob die Funktion der Chatwall den Studenten dabei hilft Feedback besser zu kommunizieren und zu intervenieren, wurden sie danach gefragt, ob Tweedback dabei hilft besser an Diskussionen teilzunehmen. Das Ergebnis ist für die progressiven Lerner (Cluster 2 in Rot, Cluster 4 in Gelb in Abbildung 35) wieder sehr eindeutig links-geprägt: Sie stimmen dem stark zu. Die konservativen Lerner lehnen diese Aussage fast komplett ab. Die teilweise unentschlossenen Lerner sind sich bei der Beantwortung der Frage nicht einig, tendieren aber eher ebenfalls dazu diese Aussage abzulehnen.

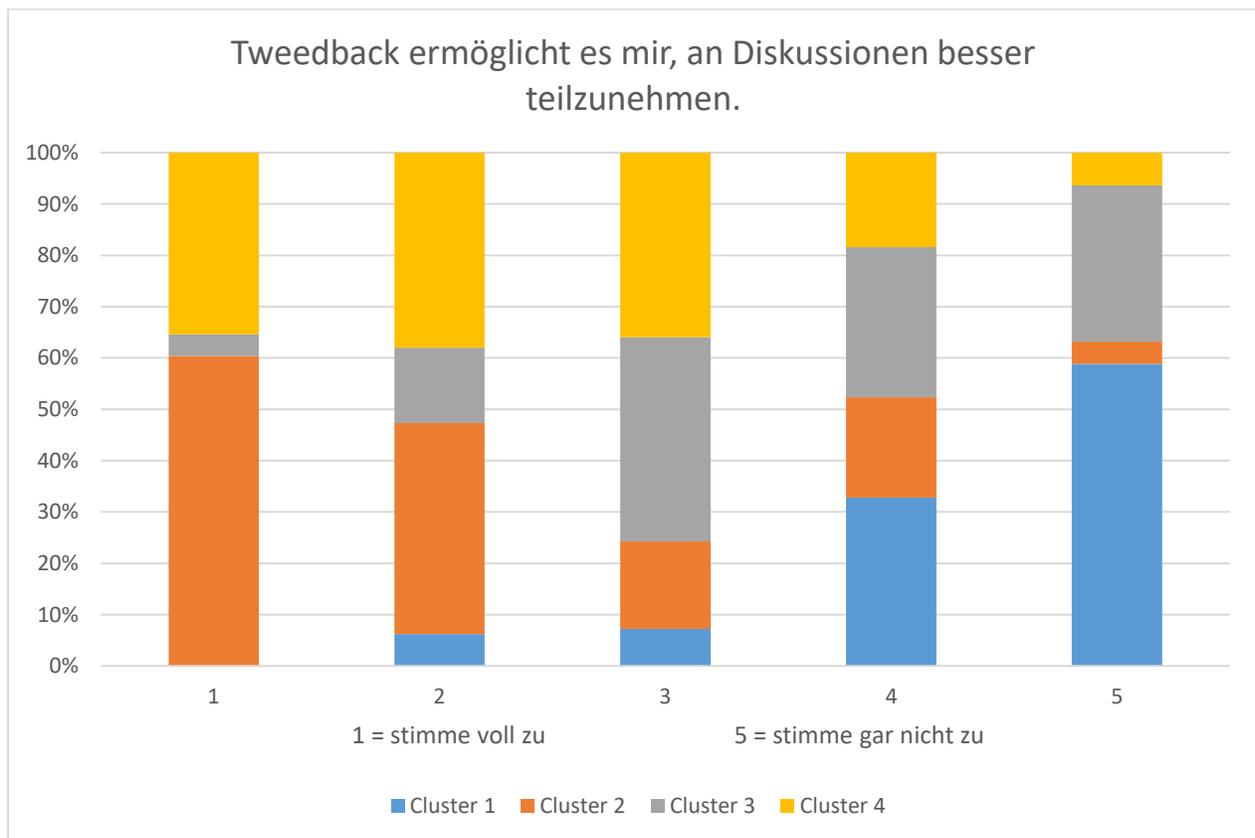


Abbildung 35: Umfrageergebnisse zur besseren Teilnahme an Diskussionen durch Tweedback

Tweedback als überflüssiges Instrument

Um die Affinität der Lernertypen zu Tweedback herauszufinden, wurden die Studenten danach gefragt, ob sie den Einsatz von Tweedback in der Lehrveranstaltung für überflüssig halten. Die Antwort der konservativen Lerner (Cluster 1 (blau) in Abbildung 36) ist sehr eindeutig: Sie lehnen Tweedback eindeutig ab. Für die progressiven Lerner (Cluster 2 (aktiv progressiv) in rot, Cluster 4 (passiv progressiv) in orange) ist das Ergebnis umgekehrt: Sie halten Tweedback mit großer Mehrheit für nicht überflüssig. Auch hier sind die teilweise unentschlossenen Lerner (Cluster 3 in grau) nicht klar einer Meinung zuzuordnen. Die Tendenz geht eher in die Richtung, dass sie Tweedback nicht für überflüssig halten, obwohl sie es eher nicht nutzen.

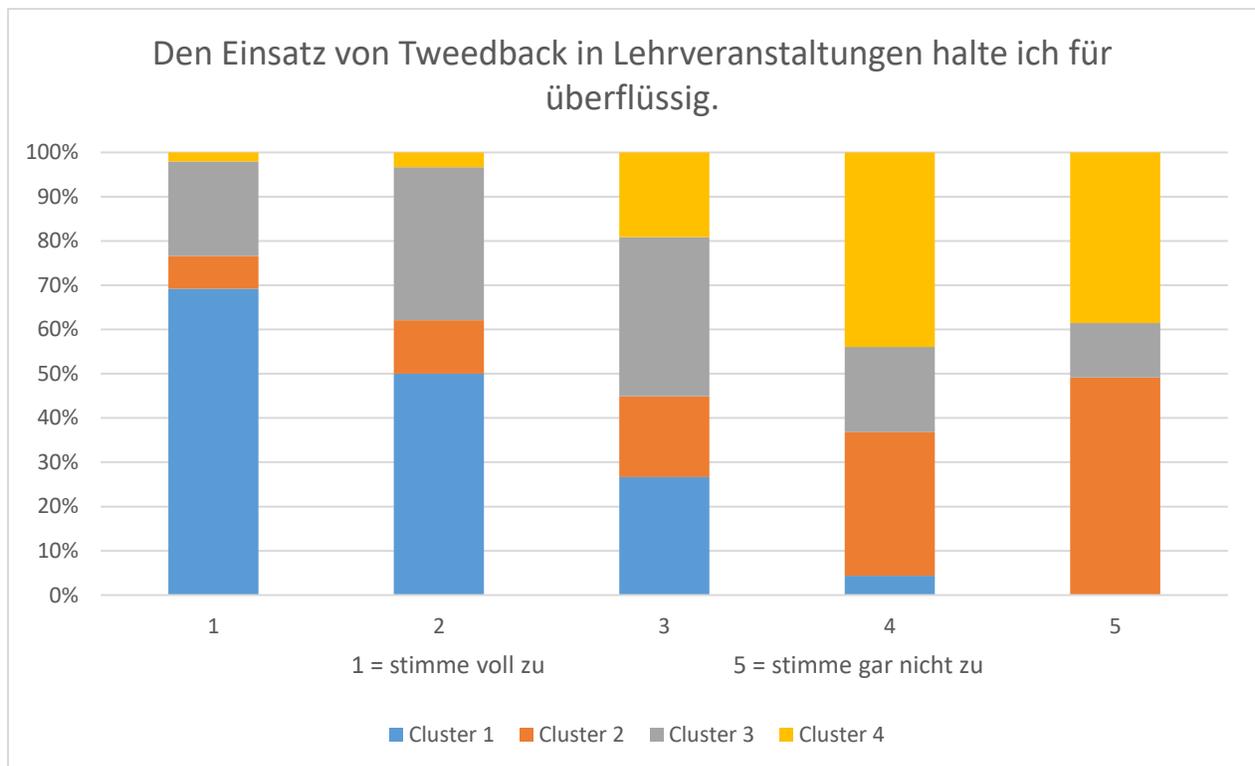


Abbildung 36: Umfrageergebnisse zur Frage ob Tweedback überflüssig ist

Zusammenhangsuntersuchung

Die ermittelten Ergebnisse wurden im Anschluss auf die Stärke des Zusammenhangs zwischen den gefundenen Clustern und den verwendeten Variablen anhand zweier Variablen überprüft. Zum einen wurde dafür die Variable der Nutzergruppen ausgewählt, um die Annahme zu überprüfen, dass das Nutzungsverhalten einen Einfluss auf den Lernertypen hat. Zum anderen wurde dafür die Variable verwendet, die explizit das Kommunikationsverhalten auf der Chatwall fokussiert: „Tweedback ermöglicht es mir, an Diskussionen besser teilzunehmen.“

Für beide Variablen liegt der Chi-Quadrat-Test unter 0,001, daher wird ein starker Zusammenhang vermutet. Allerdings beinhalten die verwendeten Variablen und Daten mehr als zwei Merkmale mit jeweils mehr als zwei Merkmalsausprägungen, daher wird der Zusammenhang zusätzlich anhand des Cramérs V untersucht. Der später ermittelte Wert von Cramérs V wird nach Cohen [90] in Bezug auf den dF-Wert interpretiert. Der dF-Wert ist abhängig von der Anzahl der Merkmale beziehungsweise Merkmalsausprägungen und beträgt in dieser Untersuchung 3. Bei einem dF von 3 wird der Wert des Cramérs V nach Cohen wie folgt bewertet [90]:

- Cramérs V unter 0.06: kein Zusammenhang
- Cramérs V größer/gleich 0.06 und kleiner 0.17: schwacher Zusammenhang
- Cramérs V größer/gleich 0.17 und kleiner 0.29: mittlerer Zusammenhang
- Cramérs V größer/gleich 0.29: starker Zusammenhang

Für die erste Variable der Nutzgruppen liegt der Wert des Cramérs V bei 0,237 und weist damit einen mittleren Zusammenhang auf. Für die zweite Variable liegt der Cramérs V Wert allerdings bei 0,362 und deutet damit auf einen starken Zusammenhang hin. Die identifizierten Lernertypen stehen somit in mittlerem bis starkem Zusammenhang mit den untersuchten Variablen.

6.3.3 Schlussfolgerungen

Wird Feedback als Interventionen in das Lernen der Lernebenen von Laurillard betrachtet, dann hilft Tweedback den progressiven Lernern beim Lernen: Aktive Lerner können ihre Intervention über Tweedback kommunizieren und passive Lerner erkennen eigene Probleme durch Feedback und Interventionen anderer.

Allerdings wird Tweedback als Feedback-Proxy anscheinend nur von aktiven und passiven Lerner verwendet. Tweedback scheint darüber hinaus das Verhalten von Lernern nicht zu verändern, sondern nur höchstens zu verstärken (aktive Lerner).

Um auf die am Anfang vor der Untersuchung gestellten Fragen zurückzukommen, werden die Ergebnisse nachfolgend dahingehend ausgewertet und zusammengefasst.

F1) Welche Lernertypen gibt es (neben den aktiven und passiven Typen)?

Es stellte sich heraus, dass die aktiven und passiven Lerner nicht die gesamte Breite an Lernertypen abdecken. Neben diesen progressiven Lernern, existieren noch die konservativen und teilweise unentschlossenen Lerner.

F2) Wie sind die Lernertypen charakterisiert? Wie unterscheiden sie sich beim Lernen und bei der Nutzung von Tweedback (der Kommunikation von Feedback)?

F3) Wann und warum kommunizieren die unterschiedlichen Lernertypen Feedback?

Progressive Lerner nutzen Tweedback um Kontext-Probleme aufzuzeigen oder zu erkennen. Aktive progressive Lerner kommunizieren dies auf Tweedback während die passiven progressiven Lerner davon profitieren. Beide Lernertypen lernen eher in Laurillard's Ebene 2, indem sie Wissen auf Probleme adaptieren. Konservative Lerner benötigen die Kommunikation von Feedback nicht oder sind sich dessen vielleicht noch nicht bewusst.

F4) Auf welchen Ebenen des Lernmodells hilft Tweedback beim Lernen?

F5) Besteht eine Affinität zur Feedback-Kommunikation bei aktiven Lernertypen?

Tweedback hilft den progressiven Lernern in die dritte Ebene zu wechseln, um den Kontext zu verstehen und das eigene Problem zu kommunizieren.

Die Autoren der Publikation [91] kommen mit einem ähnlichen Ansatz, der Betrachtung von Feedback aus kommunikationswissenschaftlicher Sicht, auf ähnliche Ergebnisse. Obwohl die Studie einen anderen Fokus hat, ermitteln auch hier die Autoren zwei unterschiedliche Typen von Lernern. Zum einen die „elite learner“, für die ein Classroom Response System weniger Vorteile bietet und zum anderen die „majority learner“. Letztere sind der Großteil der Lerner, die auch ganz klare Vorteile in der Kommunikation von Feedback mit ihren Dozenten und Mit-Lernern sehen.

Um die Lernertypen noch genauer zu differenzieren, sollten in diesem Bereich weitere Untersuchungen unternommen werden. So ist es interessant zu verstehen, ob sich der Lernertyp über die Zeit ändert und ob der Lernertyp einen Einfluss auf die Abschlussnoten oder auf die Zufriedenheit mit dem Lernerfolg hat. Hier sind Quer- und Langzeitstudien sinnvoll.

Eventuell ist sogar die Gruppe der teilweise unentschlossenen ein ungünstiger Mix aus weiteren zu differenzierenden Lernertypen. Auch hier sollten zukünftige Forschungsarbeiten ansetzen.

6.4 Nutzung von Dozenten

Für Dozenten soll Tweedback ein digitales Werkzeug sein, um Feedback in der Lehrveranstaltung zu bekommen. Um die eingangs aufgestellten Leitfragen zu beantworten, muss die Nutzung von Dozenten untersucht werden. Da die Zahl der Dozenten im Vergleich zu denen der Lerner sehr gering ist, wird hier eine qualitative Untersuchung durchgeführt.

In der Studie wurden Dozenten in Leitfaden-gestützten Interviews zu ihren Herausforderungen und Wünschen von Tweedback befragt. Die Interviews wurden zu einem frühen Entwicklungszeitpunkt von Tweedback durchgeführt. Zu diesem Zeitpunkt standen aber bereits alle Features mit ihrer Grundfunktionalität zur Verfügung.

Die nachfolgend vorgestellten Ergebnisse stammen aus der Studie [77] und wurden vom Autor im Rahmen der Arbeiten an Tweedback begleitet und unterstützt.

6.4.1 Material und Methode

Der Leitfaden wurde zu Beginn mit acht Fragen konzipiert, nach einem Test mit einem Dozenten auf vier Fragen bezüglich der Funktion, der Integration in die Lehrveranstaltung, die Bedienung und Wünsche für zukünftige Entwicklung reduziert. Letztendlich ergaben sich die folgenden Fragen:

1. Funktion und Nutzen: War Ihnen zu jeder Zeit klar, welche Funktionen es in Tweedback gibt und wie diese zu verwenden sind?
2. Integration: Hat sich die Nutzung von Tweedback nahtlos in Ihre Vorlesung eingefügt, oder hat das den Ablauf gestört?
3. Bedienung: Konnten Sie Tweedback auf Ihrem Endgerät (welches?) problemlos bedienen?
4. Wünsche: Haben Ihnen Funktionen oder Bedienfeatures gefehlt?

Es wurden insgesamt fünf Dozenten interviewt. Ein Interview konnte nicht ausgewertet werden, sodass vier Interviews für die Ergebnisse analysiert wurden. Aus jedem Interview wurden Themenkomplexe zu den Fragen identifiziert und die Häufigkeit der Erwähnungen gezählt. Mehrfach erwähnte Themenkomplexe wurden mehrfach gezählt.

6.4.2 Ergebnisse

Die unten aufgeführte Tabelle 10 zeigt das Ergebnis der Themenkomplexe und deren Häufigkeit. Im Allgemeinen ist zu sehen, dass die Kommunikation häufig erwähnt wird, ebenso wie die problemlose Integration in die Lehrveranstaltung und die problemlose Bedienung.

Zu den Fragen bezüglich Funktion und Nutzen, die die Intention von Tweedback in Bezug auf die Kommunikation von Feedback erfragen soll, skizzierten die Dozenten alle ein positives Bild. Vor allem die

direkte Rückmeldung durch die Chatwall und die indirekte Rückmeldung durch das Quiz wurden positiv hervorgehoben. Zur Kommunikation äußerten sich die Dozenten insgesamt sehr positiv.

Darüber hinaus wurde die Chatwall sowohl positiv, als auch negativ beurteilt. Als negativen Aspekt erwähnten einige Dozenten zu viele Nachrichten beziehungsweise zu viele irrelevante Nachrichten. Zur Rezeption wurde positiv angemerkt, dass die Lerner gefühlt ein höheres Konzentrationsniveau hatten und kreative Denkvorgänge angestoßen wurden. In den sonstigen Anmerkungen wurden eher weniger wichtige, sehr spezielle Hinweise zur Funktion und dem Nutzen gesammelt.

Die Integration in den Vorlesungsablauf bewerteten alle Dozenten als durchweg positiv. Hier machte sich die geringe Einstiegsschwelle von Tweedback positiv bemerkbar. Es wurden nur zwei Probleme angemerkt. Zum einen helfe Tweedback Dozenten nicht, die von sich aus schon einen interaktiven Präsentationsstil hätten. Zum anderen äußerten Dozenten Bedenken, die von einem Assistenten bei der Anwendung von Tweedback unterstützt wurden. Ihre Sorge war, dass sie der großen Menge an Feedback nicht gerecht werden könnten.

Die Bedienung wurde von fast allen als positiv wahrgenommen. Einige Dozenten wiesen darauf hin, dass bei einem Classroom Response System die Hemmschwelle zum Einstieg so gering wie möglich sein müsste, was anscheinend bei Tweedback der Fall ist. Bei den Wünschen äußerten ein paar Dozenten, dass sie sich eine automatische Quizauswertung und eine bessere Integration in das Präsentationssystem wünschten.

Tabelle 10: Themenkomplexe, geäußert von Dozenten (basierend auf [77])

<i>Frage</i>	<i>Themenkomplex</i>	<i>Anzahl Äußerungen</i>
<i>Funktion und Nutzen</i>	Feedback	5
	Kommunikation	7
	Rezeption	6
	Sonstiges	6
<i>Integration (technisch)</i>	Ohne Probleme	7
	Mit Problemen	2
<i>Bedienung</i>	Ohne Probleme	6
	Anmerkungen	3
<i>Wünsche</i>	Quizauswertung	3
	Präsentationssystem	2
	Keine	2

6.4.3 Schlussfolgerungen

Aus den Interviews ist zu entnehmen, dass die Dozenten zum großen Teil zufrieden mit der Nutzung von Tweedback sind. Allerdings stellte sich mehrfach heraus, dass eine große Menge an Rückmeldungen, beispielsweise in Form von Nachrichten auf der Chatwall zu Problemen oder Bedenken führen.

Zum einen liegt das daran, dass Dozenten sich vor dem Problem sehen irrelevante Nachrichten zu empfangen, zum anderen liegt es daran, dass sie wichtige Nachrichten verpassen könnten. Eine Lösung für dieses Problem ist in Kapitel 5 beschrieben. Das nachfolgende Kapitel 6.5 untersucht diese Lösung.

Die Wünsche der Dozenten, für eine automatische Quizauswertung und eine bessere Integration in die Präsentationssoftware werden später im Ausblick mit in die weiteren Entwicklungspotentiale und -Möglichkeiten in Kapitel 0 aufgenommen.

6.5 Verringerung der Feedback-Latenz

Wie aus den vorherigen Untersuchungen hervorgeht, stehen Dozenten nicht selten vor dem Problem, dass sie während des Vortrags die Menge an Feedback nicht aufnehmen können. Bei der Nutzung durch Dozenten zeigte sich zusätzlich, dass einige den Bildschirm des Classroom Response Systems nicht permanent im Blick haben. Für diese Probleme wurde in Kapitel 5 eine Lösung vorgestellt, die mithilfe einer Smartwatch die Dozenten proaktiv benachrichtigt.

Dabei wurden für die Umsetzung der Lösung verschiedene Annahmen getroffen. Zum einen wurde angenommen, dass Dozenten in der Lage sind verschiedene Benachrichtigungsformen unterscheiden zu können. Zum anderen wird die Annahme getroffen, dass Dozenten auch während des Vortrags diese Unterscheidungen durchführen können. Um diese Annahmen zu überprüfen, wird in diesem Kapitel die Fähigkeit Benachrichtigungsformen unterscheiden zu können, untersucht.

Die Ergebnisse basieren auf einer Studie aus der vom Autor betreuten Abschlussarbeit von Oleg Wagenleitner [80].

6.5.1 Material und Methode

Für die Beantwortung der Frage, ob Dozenten während des Vortrags Benachrichtigungen einer Smartwatch unterscheiden können, ist zuerst die Form der Benachrichtigungen festzulegen.

Prinzipiell ist jeder Aktor einer Smartwatch für Benachrichtigungen nutzbar. Bei den zur Verfügung stehenden Smartwatches war dies der Monitor und der Vibrationsmotor. Akustische Signale konnten auf den verwendeten Smartwatches nicht verwendet werden. Somit werden in dieser Studie nur visuelle und haptische Benachrichtigungen verwendet.

Wie in Kapitel 5 beschrieben, können für diese Aktoren verschiedenste Ausprägungen festgelegt und kombiniert werden. Visuelle und haptische Benachrichtigungen können daher parallel oder sequentiell ausgelöst werden. Darüber hinaus gibt es die Möglichkeit die Farbe des visuellen Aktors zu ändern und die Vibrationsdauer des Vibrationsmotors zu bestimmen. Es ergeben sich somit unendlich viele mögliche Kombinationen von Benachrichtigungsformen.

Diese Studie beschränkt sich daher auf zwei Aktoren mit jeweils zwei unterschiedlichen Ausprägungen: Kurze und lange Vibrationen und die Farben Rot und Blau. Weiter wurde festgelegt, dass eine Benachrichtigung immer aus zwei aktiven Aktoren besteht. Es gibt daher vier unterschiedliche Benachrichtigungstypen, die in Tabelle 11 dargestellt sind.

Tabelle 11: Verwendete Benachrichtigungstypen

		Vibration	
		kurz (200ms)	Lang (1000ms)
Farbe	rot	Benachrichtigungstyp A	Benachrichtigungstyp B
	blau	Benachrichtigungstyp C	Benachrichtigungstyp D

Für die Studie wird untersucht, ob Dozenten diese vier Benachrichtigungstypen auseinanderhalten können, während sie ihren Vortrag halten. Da das Vortragen eine intellektuell herausfordernde Tätigkeit ist, werden den Probanden während der Studie Aufgaben gestellt, die sie in einer bestimmten Zeit lösen müssen.

Das Studiendesign sieht daher vor, dass Probanden mehrere Aufgaben in einer vorgegebenen Zeit lösen müssen. Während des Lösens tragen Sie eine Smartwatch. Nach vordefinierten Zeitpunkten wird eine Benachrichtigung in Form einer der vier Benachrichtigungstypen ausgelöst. Die Probanden müssen daraufhin so schnell wie möglich auf diese Benachrichtigung reagieren und angeben, welchen Typ sie erkannt haben. Ziel ist die Reaktionszeiten auf die Benachrichtigungstypen zu messen und mit der korrekten Beantwortung der intellektuell herausfordernden Aufgabe zu vergleichen. Abbildung 38 stellt beispielhaft eine Aufgabe dar. Abbildung 39 zeigt die Oberfläche für die Erkennung des Benachrichtigungstyps.

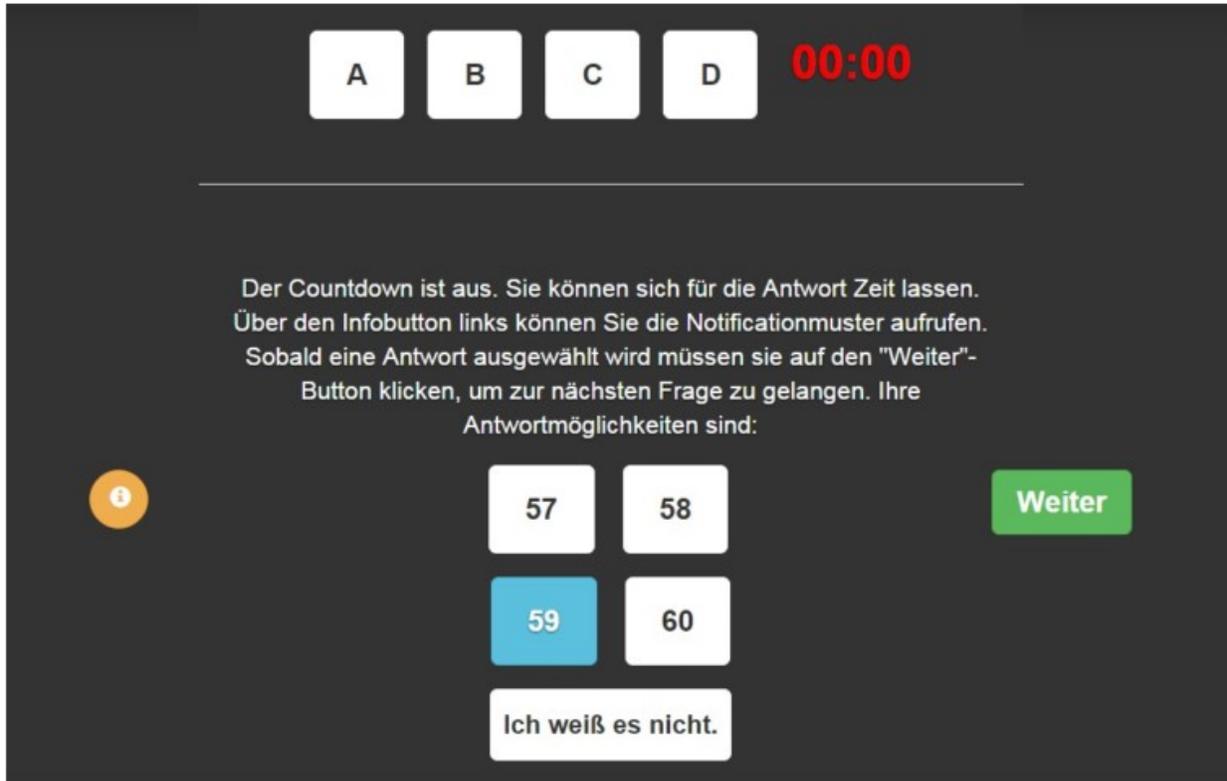


Abbildung 38: Beispiel einer intellektuell herausfordernden Aufgabe (aus [80])

Für die Durchführung der Studie wurden 10 Aufgaben entworfen. Die Aufgaben umfassten alle das Zählen eines bestimmten Buchstabens. Jede Aufgabe musste innerhalb von einer Minute beantwortet werden. Am Ende einer Aufgabe konnten die Probanden zwischen vier Antwortmöglichkeiten und der Option „Ich weiß es nicht“ auswählen. Für jede Aufgabe gab es darüber hinaus festgelegte Zeitpunkte, ab denen die Benachrichtigungen auf der Smartwatch ausgelöst wurden.

Jeder Proband erhielt vor der Durchführung der Studie eine kurze Erläuterung über den Zweck der Studie und hatte die Möglichkeit die verwendeten Benachrichtigungstypen zu testen. Darüber hinaus wurden ihm einige Fragen bezüglich seiner Erfahrung mit Smartwatches gestellt. Vor der ersten Aufgabe mussten die Probanden die Smartwatch anlegen, nach der letzten Aufgabe durften sie diese wieder abnehmen.

An der Studie nahmen zwölf Probanden teil. Unter den Probanden waren Dozenten, Studenten und weitere Hochschulmitarbeiter. Es gab einen Probanden, der regelmäßig eine Smartwatch verwendet, drei Probanden die schon Erfahrungen mit Smartwatches hatten und acht Probanden die noch nie zuvor eine Smartwatch ausprobiert haben.

Für jeden Probanden wurden während der Studie die folgenden Daten gemessen: Anzahl richtiger Fragen, Zeit von der Anzeige der Benachrichtigung bis zur Reaktion und Anzahl richtiger Erkennungen (der Benachrichtigungen)

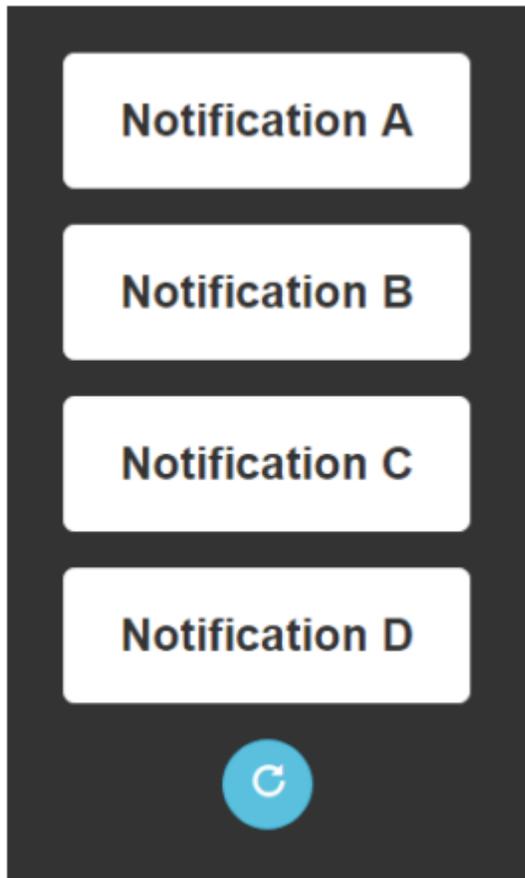


Abbildung 39: Beispiel einer Benachrichtigung dessen Typ erkannt werden muss (aus [80])

6.5.2 Ergebnisse

Die untersuchten Benachrichtigungstypen können sehr gut unterschieden werden. Im Durchschnitt wurden 92% aller Benachrichtigungen richtig erkannt. Allerdings geht diese hohe Erkennungsrate einher mit einer sehr geringen Anzahl an korrekt beantworteter Fragen: Nur circa 36% der Fragen wurden korrekt beantwortet. Die nachfolgende Abbildung 40 stellt die Verteilung der Erkennungsraten grafisch dar.

Die Dauer bis zur Erkennung einer Benachrichtigung liegt im Schnitt bei 3.958 Millisekunden. Das Minimum liegt bei 3.051 Millisekunden, während das Maximum bei 5.663 Millisekunden liegt. Im Durchschnitt haben also alle Probanden nur circa 4 Sekunden benötigt um eine Benachrichtigung zu erkennen. Abbildung 41 zeigt die durchschnittlichen Reaktionszeiten der Probanden.

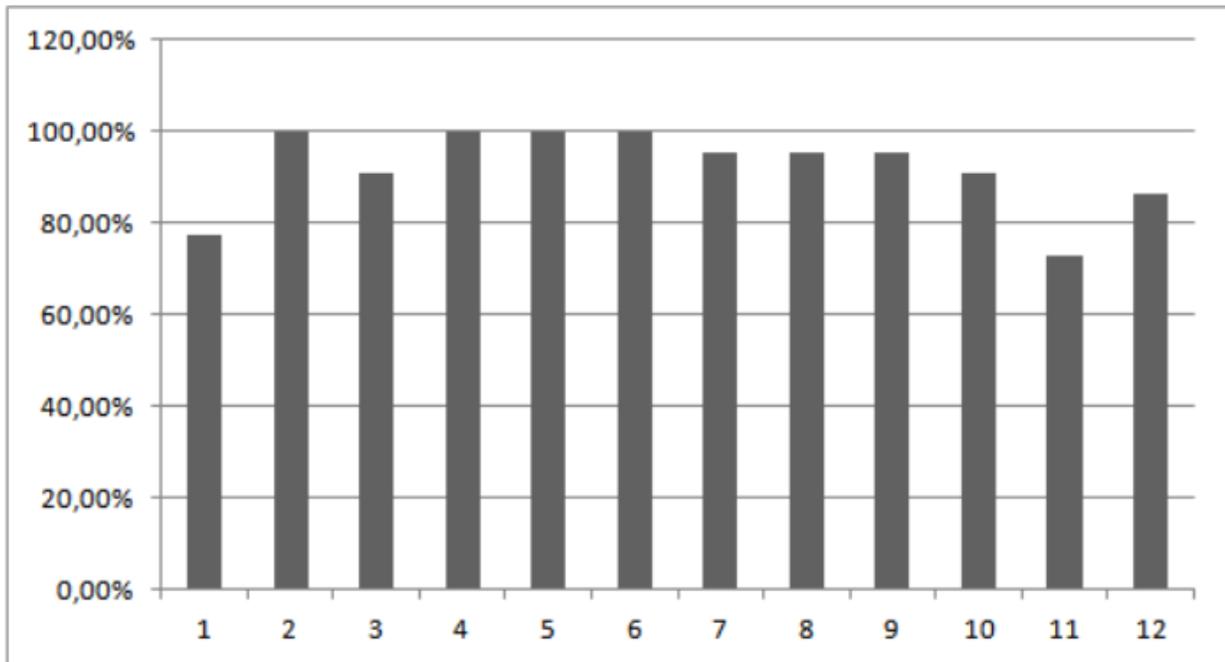


Abbildung 40: Erkennungsraten der Probanden (aus [80])

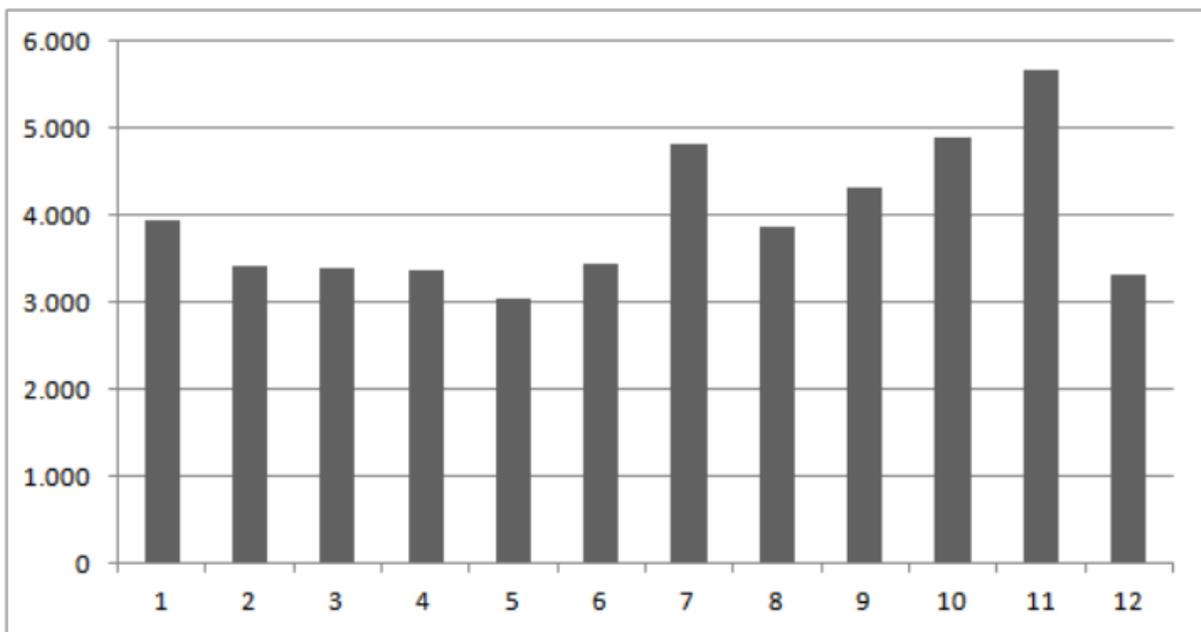


Abbildung 41: Reaktionszeit der Probanden in Millisekunden (aus [80])

Anzumerken ist, dass theoretisch von diesen Zeiten die Kommunikationszeit des mobilen Betriebssystems (Android 6) subtrahiert werden müsste. Dies lag nach mehreren Messungen bei 2.200 Millisekunden.

Dadurch ergibt sich ein deutlich positiveres Bild: Im Schnitt benötigten die Probanden nur 1,8 Sekunden um eine Benachrichtigung zu erkennen.

6.5.3 Schlussfolgerungen

Aus den Ergebnissen ist zu entnehmen, dass die Probanden die unterschiedlichen Benachrichtigungstypen gut unterscheiden können, allerdings mit dem Nebeneffekt, dass Sie ihre Hauptaufgabe dann nicht mehr gut erledigen können. Hier könnte ein Lerneffekt eine positive Auswirkung haben. Da ein Großteil der Probanden keine Erfahrungen mit Smartwatches hatte und die Benachrichtigungstypen zum ersten Mal erlebt hat, könnte eine Trainingsphase die Erkennungsrate stabil halten, aber die korrekte Beantwortung der Aufgaben-Frage verbessern.

Bisher gibt es nur wenige Forschungsgruppen aus dem Gebiet der Classroom Response Systeme, die die Nützlichkeit von Wearables für Dozenten untersuchten. Sapargaliyev untersucht in [92] eben jene Anwendung, fokussiert sich aber hauptsächlich auf Google Glasses und kommt zu dem Schluss, dass weitere Forschungsarbeit investiert werden sollte. Auch die Autoren von [65] kommen zu einem ähnlichen Schluss, untersuchen aber die Möglichkeiten nicht tiefgründiger.

Für eine allgemeingültige Aussage sollte daher eine größere Studie mit einer größeren Anzahl von Probanden und mehreren Ausprägungen der Aktoren und Kombinationen durchgeführt werden. Darüber hinaus sollte der Einfluss einer Trainingsphase untersucht werden. So können die vorhandenen Potentiale und vielversprechenden ersten Ergebnisse dieser Arbeit weiter untersucht werden, um Dozenten noch besser unterstützen zu können.

7 Zusammenfassung & Ausblick

Seit Jahren werden an deutschen Hochschulen stetig wachsende Studentenzahlen in Vorlesungen verzeichnet. Dies stellt ein wachsendes Problem bezüglich der Dozent-Lerner-Kommunikation dar. Mehr Studenten werden zum Lernen in eine nicht gleichstark wachsende Zahl von Lehrveranstaltungen geschickt. Daraus folgend haben Dozenten weniger Möglichkeiten, um auf die Probleme des Einzelnen einzugehen. Auf der anderen Seite trauen sich Lerner nicht, vor hunderten von anderen Studenten die Hand zu heben und eine Frage zu stellen – obwohl Dozenten gerade an diesen Fragen interessiert sind.

Lerner und Dozenten stehen somit in großen Lehrveranstaltungen vor dem Problem, sich gegenseitig Feedback zu kommunizieren. Obwohl schon andere Forschungsgruppen versuchen, vor allem aus dem Bereich der Classroom Response Systeme, ähnliche Probleme zu lösen, fokussieren sie meistens nur eine Erweiterung der zuvor existierenden analogen Classroom Response Systeme („Hardware Clicker“). Trotz der Möglichkeiten der Digitalisierung und der Verbreitung von mobilen Geräten werden deren Potentiale nicht genutzt. Außerdem betrachten diese Forschungsgruppen meistens nur die einseitige Feedback-Kommunikation vom Dozenten hin zum Lerner. Häufig bleibt die Feedback-Kommunikation zwischen Lernern – unabhängig vom Dozenten – außen vor.

Das Ziel dieser Arbeit ist es, das Problem der Feedback-Kommunikation im Sinne des Technology Enhanced Learnings (TEL) zu lösen und durch die Konzeption eines TEL – Design Patterns zu erforschen. Darüber hinaus wird die Feedback-Kommunikation über einen digitalisierten Kanal in mehrere Richtungen betrachtet. Um das Potential mobiler Geräte auszuschöpfen und den Anforderungen der Digitalisierung in der Lehre gerecht zu werden, wird das konzipierte Design Pattern für Mobilgeräte aufgebaut, umgesetzt und untersucht.

Die Forschungsfragen dieser Arbeiten lauten daher:

- 1) Wie muss ein digitalisierter Kanal konstruiert sein, um die Feedback-Kommunikation zu ermöglichen?
- 2) Wie wird der Kanal zur Feedback-Kommunikation von Lernern genutzt? Welche Charakteristiken weisen Lerner dabei auf?
- 3) Wie wird die Feedback-Kommunikation von Dozenten genutzt? Wie kann die Latenz zwischen dem Auftreten von Feedback und der Rezeption beim Dozenten verringert werden?

7.1 Zusammenfassung

Dazu wird der digitalisierte Kanal zu Beginn aus seinen Anforderungen abgeleitet und anhand des Konzepts eines Proxys, wie er in der Informations- und Kommunikationstechnologie bekannt ist, als das neue Design Pattern des „Feedback-Proxys“ entworfen. Aufbauend auf diesem Design Pattern, das zugleich eine neue

Generation von Classroom Response Systemen darstellt, wird anschließend die Plattform Tweedback entwickelt. Tweedback ist eine Instanz eines Feedback-Proxys und als Web-Application implementiert, sodass jedes Internet-fähige Mobilgerät verwendet werden kann, um Feedback in einer Lehrveranstaltung zu kommunizieren.

Mithilfe von Tweedback und der Nutzungs-Beobachtung wird das Verhalten und die Beschaffenheit von Feedback-Proxys untersucht und verbessert, sodass mit dieser Arbeit eine Referenzarchitektur für Feedback-Proxys entsteht. Unter Verwendung dieser Referenzarchitektur sind weitere, zukünftige Forschungsgruppen in der Lage, Classroom Response Systeme zu erweitern oder neu zu entwickeln, die die Feedback-Kommunikation in mehrere Kommunikationsrichtungen ermöglichen.

Die erarbeitete Lösung des Feedback-Proxys und seiner Implementierung Tweedback wird im Anschluss mit Hinblick auf die eingangs aufgestellten Forschungsfragen untersucht. Aus der Sicht der Lerner, die Tweedback nutzen, zeigt sich, dass sich die Nutzer hauptsächlich in aktive und passive Nutzer unterteilen. Wie sich herausstellt, sind vor allem die aktiven Lerner/Nutzer für einen Großteil der Nachrichten verantwortlich. Darüber hinaus durchlaufen aktive Lerner einen gewissen „Einspieleffekt“ bei der Anwendung von Tweedback, da sie für die Lehrveranstaltung irrelevante Nachrichten häufiger zu Beginn eines Semesters verfassen, als im restlichen Verlauf des Semesters.

Um dieses Verhalten besser zu verstehen, werden die beiden Lernertypen durch eine quantitative Untersuchung weiter differenziert. Es zeigt sich, dass sich Lerner nicht nur in aktive und passive Nutzer unterscheiden, sondern eher in progressive (passiv und aktiv) und konservative (konservativ und unentschlossen) Lerner. Aufbauend auf dem Lernmodell von Laurillard zeigt die Arbeit, dass die progressiven Lerner (aktiv und passiv) Tweedback nutzen, um das eigene Verständnis mit dem vom Dozenten vermittelten Wissen abzugleichen. Konservative Lerner hingegen benötigen diese Funktion von Tweedback entweder nicht oder sind sich noch nicht bewusst, wie ihnen die Kommunikation von Feedback helfen kann (unentschlossene Lerner).

Neben der Untersuchung der Nutzung von Lernern, betrachtet diese Arbeit ebenso die Herausforderungen von Dozenten bei der Nutzung von Tweedback. In einer qualitativen Untersuchung weisen einige Dozenten darauf hin, dass die Menge irrelevanter Nachrichten teilweise zu groß ist, um sie effektiv bearbeiten zu können und dass zu viel Zeit zwischen dem Auftreten von Feedback und der Kenntnisnahme bei den Dozenten vergeht. Während für die erste Herausforderung aufgezeigt wurde, dass die Zahl der irrelevanten Nachrichten mit der Zeit abnimmt, ist aus der zweiten Herausforderung abzuleiten, dass Dozenten Hilfsmittel für eine kürzere Latenz zwischen Feedback-Entstehung und -Rezeption benötigen.

Zur Verringerung der zuvor beschriebenen Latenz bei Dozenten zwischen der Entstehung von Feedback und der Rezeption bei Dozenten untersucht diese Arbeit eine Lösung mithilfe von Wearables:

Unterschiedliches Feedback wird über die verschiedenen Aktoren einer Smartwatch an den Dozenten übermittelt. Es zeigt sich, dass die dabei verwendeten Kombinationen von Aktoren und Benachrichtigungsparametern von allen Probanden sehr schnell und akkurat unterschieden wurden. Während die Benachrichtigungen allerdings als Nebentätigkeit konzipiert waren, weil die Benachrichtigungen auch in der Lehrveranstaltung nur neben der Hauptaufgabe des Vortragens erscheinen, zeigte sich, dass die Probanden in ihrer Hauptaufgabe schlechter abschnitten.

Durch die Entwicklung des Feedback-Proxys und dessen Umsetzung in Tweedback demonstriert diese Arbeit, dass die Feedback-Kommunikation über Mobiltelefone zum einen möglich und zum anderen nötig ist. Ein Teil der Lerner hat das Bedürfnis aktiv Feedback zu kommunizieren, während ein anderer Teil sehr stark davon profitiert, daran teilzuhaben. Die Implementierung des Design Patterns des Feedback-Proxys in Form der Web-Anwendung Tweedback zeigt, dass die Kommunikation von Feedback aktiv in der digitalisierten Lehre verwendet wird.

7.2 Ausblick

Trotz der breiten Anwendung von Tweedback, den positiven Ergebnissen in den Untersuchungen und der Resonanz in den veröffentlichten Forschungsarbeiten, zeigt diese Arbeit aber nur eine Tendenz in der digitalisierten Lehre auf. Das hier entstandene Design Pattern des Technology Enhanced Learning kann auf viele Bereiche der Präsenzlehre angewendet werden, weitergehende Forschungsarbeiten aber sollten sich darauf fokussieren, dieses Design Pattern in andere Design Pattern und Systeme zu integrieren und die daraus resultierenden Effekte untersuchen.

So kann es Sinn machen, diese neue Form der Classroom Response Systeme in vorhandene Learning Management Systeme [93] einzubinden, um so den Lernern ganzheitliche Lernplattformen zu bieten. Im Allgemeinen sollte dabei der Fokus auf die Verbesserung der Awareness von Classroom Response Systemen geachtet werden. Ähnlich wie in [94] sind Awareness-Erweiterungen wie ein „Busy mode“, der das CRS für einen Lerner zeitweise „stumm“ schaltet“, ein Followship von Nutzer, sodass nur Nachrichten von Follows⁵ angezeigt werden (ähnlich wie bei Twitter⁵) oder die Einführung einer Reputation (ähnlich wie bei Stackoverflow⁶) sehr sinnvoll und sollten weiter untersucht werden.

Darüber hinaus sollten die Lernertypen noch weiter analysiert und evaluiert werden. Hier gilt es herauszufinden, welche Ursachen die unterschiedlichen Lernertypen haben. Eventuell sind sie sogar vom Dozenten oder vom Fachgebiet abhängig. Zukünftige Forschungsarbeiten sollten diese Typen über einen längeren Zeitraum, idealerweise über den gesamten Studienverlauf hin untersuchen. Es ist möglich, dass

⁵ <https://twitter.com> (Zugriff am 3. Oktober 2017 um 1:06)

⁶ <https://stackoverflow.com> (Zugriff am 3. Oktober 2017 um 1:07)

es einen Zusammenhang zwischen dem Erfolg des Studienabschlusses und den Lernertypen gibt. Konservative und aktiv progressive Lerner könnten bessere Abschlüsse haben als passiv progressive Lerner, da sie einen Weg der Kommunikation beim Lernen für sich etabliert haben. Unentschlossene Lerner könnten eine höhere Quote beim Abbruch des Studiums haben. Diese Ideen sind momentan aber spekulativer Natur und müssen untersucht und überprüft werden.

In Bezug auf die Anwendbarkeit bei Dozenten sollten weitere Studien zur Integration von Wearables in die digitalisierte Lehre erfolgen. Aufgrund der Beschaffenheit von Wearables eignen sie sich besonders, um Dozenten bei der Lehre, vor allem der Präsenzlehre, zu unterstützen. Im Speziellen sollten zukünftige Forschungsarbeiten die unterschiedlichen Kombinationen von Aktoren und deren Parametern in Bezug auf die Anwendbarkeit im Hörsaal untersuchen. Grenzen der Anwendbarkeit gilt es herauszufinden, um Dozenten optimal zu unterstützen.

Im Allgemeinen sollten die bei der Anwendung von Feedback-Proxys anfallenden Daten unter dem Aspekt der Learning Analytics [95] betrachtet werden. Es ist denkbar, dass dadurch der Lernertyp beispielsweise automatisch erkannt werden kann oder aber für Dozenten irrelevante Nachrichten gar nicht erst zum Dozenten weitergeleitet werden. Hier gibt es noch viel Potential, um Dozenten und Lerner weiter zu differenzieren und anschließend besser unterstützen zu können. So könnte eine differenzierte Analyse des Lernertyps, in Abhängigkeit von Semester und Vorlesung, Dozenten dabei helfen, ihr Lehrmaterial auf die individuellen Bedürfnisse der Lerner abzustimmen

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Das „Conversational Framwork“ von D. Laurillard [9] mit den drei Ebenen des Lernens	28
Abbildung 2: Die Feedback-Kommunikation MANY-TO-ONE (UML Kommunikationsdiagramm)	32
Abbildung 3: Die Feedback-Kommunikation MANY-TO-MANY (UML Kommunikationsdiagramm)	33
Abbildung 4: Die Feedback-Kommunikation ONE-TO-MANY (UML Kommunikationsdiagramm)	34
Abbildung 5: Ablauf der Feedback-Kommunikation über Feedback-Proxy für einen spezifischen Lerner (UML Kommunikationsdiagramm)	38
Abbildung 6: Der Proxy - aus [71]	39
Abbildung 7: Der Feedback-Proxy (UML Kommunikationsdiagramm)	40
Abbildung 8: Kumulierte Anzahl von Nutzern auf tweedback.de im Zeitraum von Oktober 2013 bis einschließlich Februar 2017 (Ein Nutzer ist eine eindeutige Browser-Session, die an einer Veranstaltung teilgenommen hat)	45
Abbildung 9: Ansicht des Quiz für Dozenten mit aktivem Bereich "Aktuelles Quiz" (blau) und passivem Bereich "Abgeschlossene Quiz" (grün)	48
Abbildung 10: Ansicht des Quiz für Lerner mit aktivem Bereich "Aktuelle Quiz" (blau) und passivem Bereich "Abgeschlossene Quiz" (grün)	49
Abbildung 11: Die Abbildung zeigt den zeitlichen Verlauf der abgegebenen Antworten im Vergleich zu den manuell vom Dozenten beendeten Quiz. So wurden innerhalb der ersten Minute 76,2% aller Antworten bereits abgegeben („Antworten Prozent“, blau), während nur 52,5% aller Quiz bis dahin von Dozenten manuell beendet wurden („Quiz Beendet Prozent“, rot)	50
Abbildung 12: Prozentuale Verteilung aller in Tweedback jemals erstellten Quiz (7.391 Veranstaltungen, die mindestens 1 Quiz enthalten)	52
Abbildung 13: Prozentuale Verteilung der Anzahl an Quiz (rot) und Anzahl an Antworten (blau) je Quiz-Typ	53
Abbildung 14: Prozentuale Verteilung zwischen veröffentlichten und nicht-veröffentlichten Quiz von allen jemals in Tweedback erstellten Quiz	53
Abbildung 15: Ansicht der Chatwall für Dozenten mit aktivem Bereich (blau markiert) und passivem Bereich (grün markiert)	55
Abbildung 16: Ansicht der Chatwall für Lerner mit aktivem Bereich (blau markiert) und passivem Bereich (grün markiert)	56
Abbildung 17: Häufigkeit der Länge (Zeichenanzahl) aller Posts in Tweedback	57

Abbildung 18: Verlauf der aktiven Nutzer des Problem-Features, die im Zeitraum von Oktober 2013 bis Februar 2017 an einer Veranstaltung von Tweedback teilgenommen haben.....	60
Abbildung 19: Verlauf Teilnehmerzahlen der Veranstaltungen.....	60
Abbildung 20: Komponenten	65
Abbildung 21: Vereinfachtes UML Klassendiagramm des Client mit den beiden unterschiedlichen Paketen für Lerner und Dozenten	68
Abbildung 22: Vereinfachtes UML Klassendiagramm des Servers.....	71
Abbildung 23: Referenzarchitektur des Servers eines Classroom Response Systems der dritten Generation	73
Abbildung 24: Referenzarchitektur des Clients eines Classroom Response Systems der dritten Generation	74
Abbildung 25: Ablauf von Ereignissen bei der Erstellung eines Posts in der Chatwall in Tweedback	76
Abbildung 26: Komponenten für die Integration einer Smartwatch	81
Abbildung 27: Ablauf von Ereignissen und Benachrichtigungen in Tweedback auf der Smartwatch	83
Abbildung 28: Benachrichtigung mittels einfacher visueller Darstellung (weißer Hintergrund) einer Chatwall-Nachricht (aus [64]).....	83
Abbildung 29: Erweiterung der Frontend-Referenzarchitektur um Benachrichtigungen über Wearables	85
Abbildung 30: Entwicklung der relevanten und irrelevanten Posts im Semesternicht-relevanten Posts im Semester.....	93
Abbildung 31: Anteil relevanter Posts in Abhängigkeit von der Definition kleiner Veranstaltungen.....	94
Abbildung 32: Übersicht und Zusammenhänge der Lernertypen.....	100
Abbildung 33: Umfrageergebnisse zur Nutzung von tweedback.....	101
Abbildung 34: Umfrageergebnisse zur Affinität zu unterschiedlichen Perspektiven auf ein Thema	102
Abbildung 35: Umfrageergebnisse zur besseren Teilnahme an Diskussionen durch Tweedback	103
Abbildung 36: Umfrageergebnisse zur Frage ob Tweedback überflüssig ist	104
Abbildung 37: Umfrageergebnisse zur Frage ob Tweedback beim Vergleich mit anderen und deren Lern & Arbeitsweisen nützlich ist.....	105
Abbildung 38: Beispiel einer intellektuell herausfordernden Aufgabe (aus [80]).....	112
Abbildung 39: Beispiel einer Benachrichtigung dessen Typ erkannt werden muss (aus [80])	113
Abbildung 40: Erkennungsraten der Probanden (aus [80])	114
Abbildung 41: Reaktionszeit der Probanden in Millisekunden (aus [80]).....	114

9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über aktive Classroom Response Systeme mit mindestens einer wissenschaftlichen Publikation.....	22
Tabelle 2 - Funktionale Anforderungen des Feedback-Proxy	36
Tabelle 3 - Nicht-Funktionale Anforderungen des Feedback-Proxy.....	37
Tabelle 4: Kombinierte visuell-haptische Benachrichtigungsform bestehend aus jeweils drei Wertebereichen und somit neun möglichen Benachrichtigungsformen.....	80
Tabelle 5: Aktive und Passive Nutzung von Tweedback.....	88
Tabelle 6: Mehrwert von Tweedback.....	89
Tabelle 7: Mehrwert von tweedback -aktiv und passiv	89
Tabelle 8: Nutzerzufriedenheit.....	90
Tabelle 9: Anteil Relevanter Posts nach Definition der Veranstaltungsgröße (N=387)	95
Tabelle 10: Themenkomplexe, geäußert von Dozenten (basierend auf [77])	109
Tabelle 11: Verwendete Benachrichtigungstypen	111

10 Literaturverzeichnis

- [1] Deutsche Presse-Agentur GmbH, "Überfüllte Hörsäle: Immer mehr Studenten, immer weniger Profs", 2017. [Online]. URL: <http://www.wiwo.de/erfolg/campus-mba/ueberfuellte-hoersaele-immer-mehr-studenten-immer-weniger-profs/19202798.html>. [Abgerufen am: 01-05-2017].
- [2] J. E. Caldwell, "Clickers in the Large Classroom: Current Research and Best-Practice Tips", *CBE - Life Sciences Education*, vol. 6, S. 1–15, 1993, American Society for Cell Biology, ISBN 1931-7913 (Electronic), ISSN 0004-069X, DOI:10.1187/cbe.06.
- [3] C. H. Crouch und E. Mazur, "Peer Instruction: Ten years of experience and results", *American Journal of Physics*, vol. 69, no. 9, S. 970, Sep. 2001, American Association of Physics Teachers, ISSN 0002-9505, DOI:10.1119/1.1374249.
- [4] Hochschulforum Digitalisierung, "Diskussionspapier - 20 Thesen zur Digitalisierung der Hochschulbildung", *Zur Halbzeitkonferenz des Hochschulforums Digitalisierung Arbeitspapier*, Geschäftsstelle Hochschulforum Digitalisierung, Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V., Berlin, ISSN 2365-7081, 2015.
- [5] B. Chen, R. Seilhamer, L. Bennett, und S. Bauer, "Students' Mobile Learning Practices in Higher Education: A Multi-Year Study", *Educause Review Online*, vol. 7, 2015, EDUCAUSE, ISSN 1945-709X.
- [6] T. Laband, "The connected world of students", Report, adsquare GmbH, Berlin, 2015.
- [7] D. Losch, D. A. Groneberg, D. Ohlendorf, und E. M. Wanke, "Handynacken", *Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie*, vol. 67, no. 4, S. 234–236, 2017, Springer Medizin, ISSN 0944-2502, DOI:10.1007/s40664-017-0190-4.
- [8] P. Goodyear und S. Retalis, *Learning, Technology, and Design*. Rotterdam, Sense Publishers, 2010, ISBN 978-94-6091-060-9, ISSN 1475-939X, DOI:10.1080/14759390802383827.
- [9] D. Laurillard, *Rethinking university teaching : a conversational framework for the effective use of learning technologies*. RoutledgeFalmer, 2002, ISBN 9780415256797.
- [10] L. Bischof und T. von Stuckrad, *Die digitale (R)evolution? Chancen und Risiken der Digitalisierung akademischer Lehre*, no. 174. Gütersloh, Centrum für Hochschulentwicklung, 2013, ISBN 978-3-941927-47-6.
- [11] Harris Poll, "Student mobile device survey 2015". Report, Pearson, S. 53, 2015.
- [12] D. Laurillard, "How should professors adapt to the changing digital education environment?", in *From Books to MOOCs*, 88th ed., E. De Corte, L. Engwall, und U. Teichler, (Hrsg.) Portland Press, 2016, S. 3–16, ISBN 978-1-85578-200-6.
- [13] K. Wannemacher, I. Jungermann, J. Scholz, H. Tercanli, und A. von Villiez, "Digitale Lernszenarien im Hochschulbereich", *Hochschulforum Digitalisierung - Arbeitspapier Nr. 15*, vol. 2, no. 15, Geschäftsstelle Hochschulforum Digitalisierung, Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V., Berlin, ISSN 2365-7081, S. 114, 2016.
- [14] G. Siemens und R. S. J. d. Baker, "Learning analytics and educational data mining", in *Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge - LAK '12*, ACM Digital Library, 2012, S. 252, ISBN 978-1-4503-1111-3, DOI:10.1145/2330601.2330661.
- [15] S. Höfer, I. Schünemann, und O. Janoschka, "The Digital Turn – Hochschulbildung im digitalen Zeitalter. Arbeitspapier Nr. 28", *Hochschulforum Digitalisierung - Arbeitspapier Nr. 28*, vol. 19, no. 1, Geschäftsstelle Hochschulforum Digitalisierung, Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V., Berlin, ISSN 2365-7081, S. 59–73, 2016.
- [16] J. Behrens, "Interview mit Prof. Dr. Sönke Knutzen", *Digitalisierung der Bildung*, Feb-2017. [Online]. URL: <https://www.digitalisierung-bildung.de/2017/02/08/interview-mit-prof-dr-soenke-knutzen-die-schwelle-muss-gering-sein/>. [Abgerufen am: 01-05-2017].
- [17] P. Goodyear, "Teaching as design", *HERDSA Review of Higher Education Volume 2*, vol. 2, S. 27–50, 2015, ISBN 1469-8366.
- [18] C. Fies und J. Marshall, "Classroom response systems: A review of the literature", *Journal of Science*

- Education and Technology*, vol. 15, no. 1, S. 101–109, 2006, Kluwer Academic Publishers-Plenum Publishers, ISSN 1573-1839, DOI:10.1007/s10956-006-0360-1.
- [19] M. Cubric und A. Jefferies, “The benefits and challenges of large-scale deployment of electronic voting systems: University student views from across different subject groups”, *Computers & Education*, vol. 87, S. 98–111, 2015, Elsevier Ltd, ISSN 0360-1315, DOI:10.1016/j.compedu.2015.04.004.
- [20] R. H. Kay und A. LeSage, “Examining the benefits and challenges of using audience response systems: A review of the literature”, *Australasian Journal of Educational Technology*, vol. 25, no. 3, S. 235–249, 2009, Elsevier Ltd, ISSN 1449-5554, DOI:10.1016/j.compedu.2009.05.001.
- [21] D. Bruff, “Classroom Response Systems (‘Clickers’) | Center for Teaching | Vanderbilt University”, 2012. [Online]. URL: <https://cft.vanderbilt.edu/guides-sub-pages/clickers/>. [Abgerufen am: 18-02-2015].
- [22] E. Scornavacca und S. Marshall, “TXT - 2 - LRN: improving students’ learning experience in the classroom”, *System Sciences, 2007. HICSS 2007. 40th Annual Hawaii International Conference*, 2007, IEEE, ISBN 0-7695-2755-8, DOI:10.1109/HICSS.2007.579.
- [23] S. L. Cheung, “Using Mobile Phone Messaging as a Response Medium in Classroom Experiments”, *Journal of Economic Education, Forthcoming*, 2006, ISSN 00220485, DOI:10.3200/JECE.39.1.51-67.
- [24] M. A. Ayu, K. Taylor, und T. Mantoro, “Active learning: Engaging students in the classroom using mobile phones”, *2009 IEEE Symposium on Industrial Electronics & Applications*, vol. 2, no. Isiea, S. 711–715, 2009, IEEE, ISBN 978-1-4244-4681-0, DOI:10.1109/ISIEA.2009.5356379.
- [25] S. Voelkel und D. Bennett, “New uses for a familiar technology: introducing mobile phone polling in large classes”, *Innovations in Education and Teaching International*, vol. 51, no. March 2015, S. 46–58, 2014, Taylor & Francis, ISSN 1470-3297, DOI:10.1080/14703297.2013.770267.
- [26] H. Shon und L. Smith, “A Review of Poll Everywhere Audience Response System”, *Journal of Technology in Human Services*, vol. 29, no. 3. Taylor & Francis, S. 236–245, Jul-2011, ISBN 1522-8835, ISSN 15228991, DOI:10.1080/15228835.2011.616475.
- [27] D. Kundisch, P. Herrmann, M. Whittaker, J. Neumann, J. Magenheimer, W. Reinhardt, M. Beutner, und A. Zoyke, “Designing a web-based classroom response system”, *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 7939 LNCS, S. 425–431, 2013, Springer Berlin Heidelberg, ISBN 978-3-642-38826-2, ISSN 0302-9743, DOI:10.1007/978-3-642-38827-9_32.
- [28] L. Feiten, M. Buehrer, S. Sester, und B. Becker, “SMILE - SMARTPHONES IN LECTURES - Initiating a Smartphone-based Audience Response System as a Student Project”, in *4th International Conference on Computer Supported Education*, 2012, S. 288–293, SCITEPRESS, ISBN 978-989-8565-06-8.
- [29] J. Vetterick, M. Garbe, und C. H. Cap, “Tweedback: A Live Feedback System for Large Audiences”, in *5th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU 2013)*, 2013, S. 194–198, SCITEPRESS, ISBN 978-989-8565-53-2, DOI:10.5220/0004414501940198.
- [30] A. Pohl und F. Bry, “Das Audience Response System Backstage”, *Forum Neue Medien Austria*, vol. 4/2014, Verein Forum neue Medien in der Lehre Austria <fnma>, Graz, ISSN 2410-5244, S. 14–19, 2014.
- [31] V. Gehlen-Baum, A. Pohl, A. Weinberger, und F. Bry, “Backstage – Designing a Backchannel for Large Lectures (Demo Paper)”, in *Proceedings of the European Conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL)*, 2012, no. 1, Springer Berlin Heidelberg, ISBN 978-3-642-33262-3.
- [32] L. Feiten, K. Weber, und B. Becker, “SMILE : Smartphones in der Lehre – ein Rück- und Überblick”, in *GI Edition Proceedings Band 220 - Informatik 2013 - Informatik angepasst an Mensch, Organisation und Umwelt*, 2013, S. 255–269, Gesellschaft für Informatik e.V. (GI), ISBN 978-3-88579-614-5.
- [33] K. Quibeldey-Cirkel und C. Thelen, “ARSnova: ein Audience Response System für Inverted-

- Classroom-Szenarien mit Unterstützung von Just-in-Time Teaching und Peer Instruction”, in *DeLFI 2013 – Die 11. e-Learning Fachtagung Informatik*, 2013, S. 1–4, Bonn, Gesellschaft für Informatik e.V., ISBN 978-3-88579-612-1.
- [34] A. Pohl, V. Gehlen-Baum, und F. Bry, “Introducing Backstage – a digital backchannel for large class lectures”, *Interactive Technology and Smart Education*, vol. 8, no. 3, S. 186–200, 2011, Emerald Group Publishing Limited, ISSN 1741-5659, DOI:10.1108/17415651111165410.
- [35] I. Eduware, “ClickerSchool | Create, Click, Engage! - Interactive activities using clickers, smart phones, and laptops.”, 2017. [Online]. URL: <https://www.clickerschool.com/Pages/SignedOutHome.aspx>. [Abgerufen am: 29-07-2017].
- [36] R. Schmid und M. Miller, “St. John Fisher College and Echo 360: Practical Applications and Uses of Echo”, in *OIT Faculty/Staff Publications*, 2013, Fisher Digital Publications at St. John Fisher College, ISBN 978-3-642-33263-0.
- [37] M. Ebner, C. Haintz, K. Pichler, und S. Schön, “Technologiegestützte Echtzeit-Interaktion in Massenvorlesungen im Hörsaal. Entwicklung und Erprobung eines digitalen Backchannels während der Vorlesung”, in *Lernräume gestalten - Bildungskontexte vielfältig denken*, Waxmann Verlag GmbH, 2014, S. 567–578, ISBN 978-3-8309-3142-3.
- [38] freemobilepolls.com, “Free online and mobile polls for lecturers, teachers, speakers and presenters - FreeMobilePolls.com”, 2017. [Online]. URL: <http://www.freemobilepolls.com/index.php>. [Abgerufen am: 29-07-2017].
- [39] J. A. Carroll, J. Rodgers, M. Sankupellay, M. Newcomb, und R. Cook, “Systematic evaluation of GoSoapBox in tertiary education: a student response system for improving learning experiences and outcomes”, in *8th International Technology, Education and Development Conference*, 2014, IATED, ISBN 978-84-616-8412-0.
- [40] LLC Macmillan Learning, “Active Learning Solutions for Instructors - iClicker”, 2017. [Online]. URL: <https://www.iclicker.com/instructors>. [Abgerufen am: 29-07-2017].
- [41] R. Dellos, “Kahoot! A digital game resource for learning”, *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, vol. 12, no. 4, 2015, IJITDL, ISSN 1550-6908.
- [42] D. Demirsoy, “Letsfeedback Funktionen”, 2017. [Online]. URL: <http://letsfeedback.com/de/funktionen/>. [Abgerufen am: 29-07-2017].
- [43] C. Little, “Mentimeter Smartphone Student Response System: A class above clickers”, *Compass: Journal of Learning and Teaching*, vol. 9, no. 13, 2016, Educational Development Unit University of Greenwich, ISSN 2044-0081.
- [44] OMBEA Ltd., “OMBEA | Abstimmungssysteme”, 2017. [Online]. URL: <http://www.ombea.com/de>. [Abgerufen am: 29-07-2017].
- [45] W. Reinhardt, M. Sievers, J. Magenheimer, D. Kundisch, P. Herrmann, M. Beutner, und A. Zoyke, “PINGO: Peer Instruction for Very Large Groups”, in *21st Century Learning for 21st Century Skills*, vol. 7563, Springer Berlin Heidelberg, 2012, S. 507–512, ISBN 978-3-642-33262-3, DOI:10.1007/978-3-642-33263-0_51.
- [46] J. M. Vargas, “Modern learning: Quizlet in the social studies classroom”, Masterarbeit, Wichita State University, USA, 2011.
- [47] P. Dervan, “Enhancing In-class Student Engagement Using Socrative (an Online Student Response System): A Report”, *AISHE-J: The All Ireland Journal of Teaching and Learning in Higher Education*, vol. 6, no. 3, 2014, All Ireland Society for Higher Education (AISHE), ISSN 2009-3160.
- [48] Tophatmonocle Corp, “How it Works - Top Hat”, 2017. [Online]. URL: <https://tophat.com/educational-technology/>. [Abgerufen am: 29-07-2017].
- [49] R. van der Meulen und A. A. Forni, “Gartner Says Worldwide Wearable Device Sales to Grow 17 Percent in 2017”, 2017. [Online]. URL: <http://www.gartner.com/newsroom/id/3790965>. [Abgerufen am: 01-10-2017].
- [50] M. E. Cecchinato und J. Bird, “Smartwatches: the Good, the Bad and the Ugly?”, in *Proceedings of*

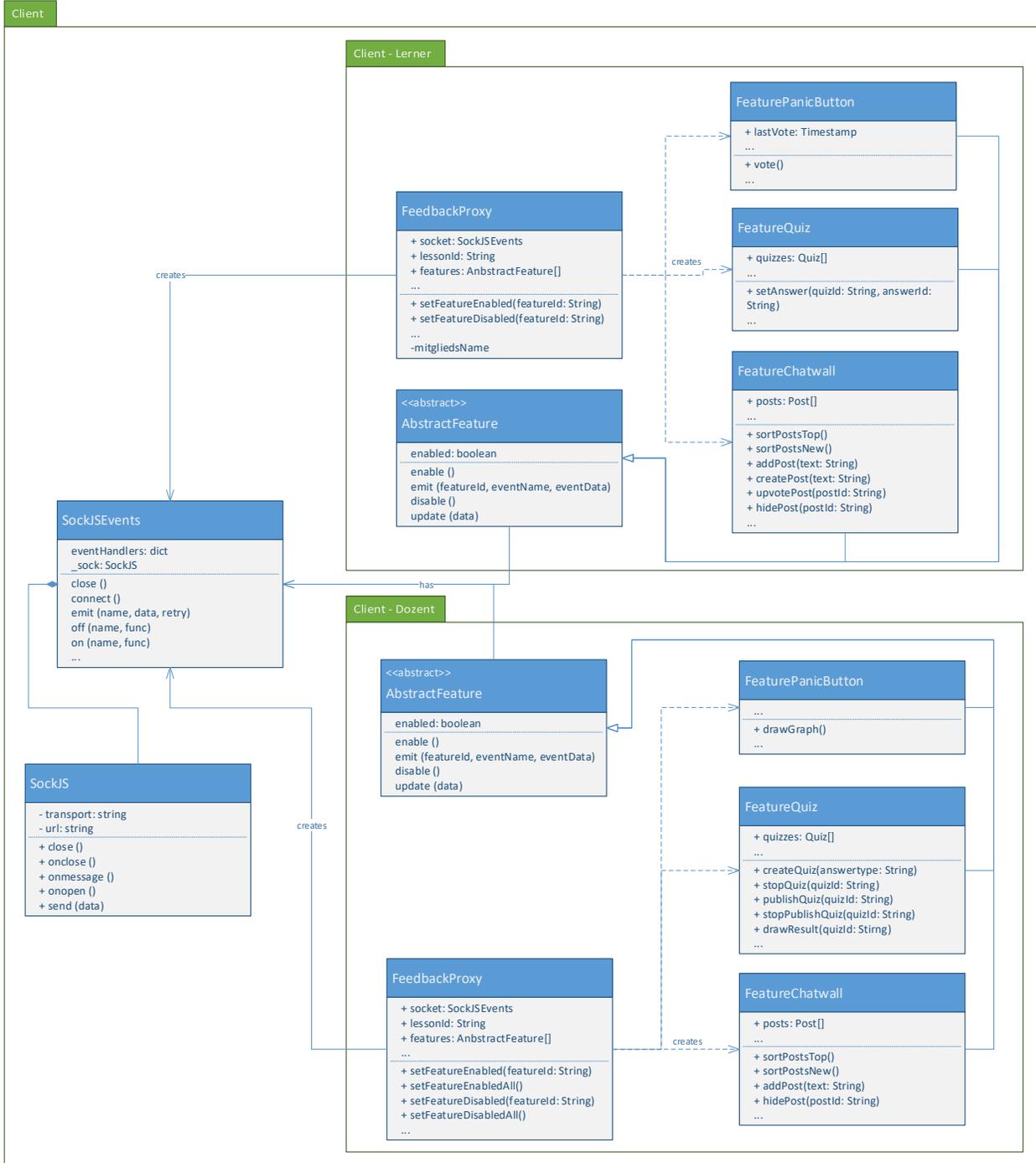
- the 33rd Annual ACM Conference extended abstracts on human factors in computing systems*, 2015, S. 2133–2138, ACM, ISBN 978-1-4503-3146-3, DOI:10.1145/2702613.2732837.
- [51] T. L. Koreshoff, T. Robertson, und T. W. Leong, “Internet of things: a review of literature and products”, in *Proceedings of the 25th Australian Computer-Human Interaction Conference on Augmentation, Application, Innovation, Collaboration - OzCHI '13*, 2013, S. 335–344, New York, New York, USA, ACM, ISBN 978-1-4503-2525-7, DOI:10.1145/2541016.2541048.
- [52] J. Holland, *Wearable Technology and Mobile Innovations for Next-Generation Education*. IGI Global, 2016, ISBN 978-1-5225-0069-8.
- [53] D. Sapargaliyev, “Learning with Wearable Technologies: A Case of Google Glass”, in *14th World Conference on Mobile and Contextual Learning, mLearn 2015*, 2015, S. 343–350, Springer International Publishing, ISBN 978-3-319-25684-9, DOI:10.1007/978-3-319-25684-9_25.
- [54] D. J. C. Matthies, F. Müller, C. Anthes, und D. Kranzlmüller, “ShoeSoleSense: Proof of Concept for a Wearable Foot Interface for Virtual and Real Environments”, in *Proceedings of the 19th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, 2013, S. 93–96, ACM, ISBN 978-1-4503-2379-6, DOI:10.1145/2503713.2503740.
- [55] T. Page, “A forecast of the adoption of wearable technology”, *International Journal of Technology*, vol. 6, no. 62, S. 12–29, 2015, IGI Global, ISSN 1947-9301, DOI:10.4018/IJTD.2015040102.
- [56] M. Alrige und S. Chatterjee, “Toward a Taxonomy of Wearable Technologies in Healthcare”, *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 9073, S. 496–504, 2015, Springer Cham, ISBN 978-3-319-18714-3, DOI:10.1007/978-3-319-18714-3_43.
- [57] S. C. Mukhopadhyay, “Wearable Sensors for Human Activity Monitoring : A Review”, *IEEE Sensors Journal*, vol. 15, no. 3, S. 1321–1330, 2015, IEEE, ISSN 1558-1748, DOI:10.1109/JSEN.2015.2475626.
- [58] P. Shyamkumar, P. Rai, S. Oh, M. Ramasamy, R. Harbaugh, und V. Varadan, “Wearable Wireless Cardiovascular Monitoring Using Textile-Based Nanosensor and Nanomaterial Systems”, *Electronics*, vol. 3, no. 3, S. 504–520, Aug. 2014, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, ISSN 2079-9292, DOI:10.3390/electronics3030504.
- [59] L. George, G. Gargiulo, T. Lehmann, und T. Hamilton, “Concept Design for a 1-Lead Wearable/Implantable ECG Front-End: Power Management”, *Sensors*, vol. 15, no. 12, S. 29297–29315, Nov. 2015, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, ISSN 1424-8220, DOI:10.3390/s151129297.
- [60] T. Coffman, T. Coffman, und M. B. Klinger, “Google Glass: Using Wearable Technologies to Enhance Teaching and Learning”, in *Society for Information Technology & Teacher Education International Conference*, 2015, S. 1777–1780, Association for the Advancement of Computing in Education (AACE), ISBN 978-1-939797-13-1.
- [61] R. Wright, L. Keith, und N. R. Glassman, “Wearable Technology: If the Tech Fits, Wear It”, *Journal of Electronic Resources in Medical Libraries*, 2015, Taylor & Francis, ISSN 1542-4065, DOI:10.1080/15424065.2014.969051.
- [62] M. Bower und D. Sturman, “What are the educational affordances of wearable technologies?”, *Computers and Education*, vol. 88, S. 343–353, 2015, Elsevier Ltd, ISSN 0360-1315, DOI:10.1016/j.compedu.2015.07.013.
- [63] J. Ertzberger und F. Martin, “Use of Fitness Bands by Teachers in the Classroom”, *TechTrends*, vol. 60, no. 4, S. 392–397, Jul. 2016, Springer US, ISSN 8756-3894, DOI:10.1007/s11528-016-0079-7.
- [64] C. H. Cap, C. Delfs, und J. Vetterick, “Tweedback goes Smart Watch — Why Classroom Response Systems Need Smart Watch User Interfaces”, in *Workshop Proceedings of the 11th International Conference on Intelligent Environments*, 2015, IOS Press, ISBN 978-1-61499-530-2, DOI:10.3233/978-1-61499-530-2-273.
- [65] H. Urwalek und M. Ebner, “Potentiale von Smartwatches für Audience-Response-Systeme”, *Zeitschrift für Hochschulentwicklung*, S. 39–50, 2016, Verein Forum neue Medien in der Lehre Austria, ISSN 2219-6994, DOI:10.3217/zfhe-11-04/03.

- [66] J. Vetterick, B. Schwennigcke, A. Langfeld, C. H. Cap, und W. Sucharowski, "Making Classroom Response Systems More Social", in *6th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU 2014)*, 2014, SCITEPRESS - Science and Technology Publications, Lda, Portuga, ISBN 978-989-758-020-8, DOI:10.5220/0004959801530161.
- [67] B. Schwennigcke, J. Vetterick, K. Marquitz, C. H. Cap, und W. Sucharowski, "Innovating Academic Knowledge Communication with Social Classroom Response Systems", *CCIS Communications in Computer and Information Science*, vol. 510, S. 160–178, 2015, Springer Cham, ISSN 1865-0929, DOI:10.1007/978-3-319-25768-6_11.
- [68] D. Laurillard, "A conversational framework for individual learning applied to the 'Learning Organisation' and the 'Learning Society'", *Systems Research and Behavioral Science*, vol. 16, no. 2, S. 113–122, Mar. 1999, John Wiley & Sons, Ltd., ISSN 1092-7026, DOI:10.1002/(SICI)1099-1743(199903/04)16:2<113::AID-SRES279>3.0.CO;2-C.
- [69] D. Laurillard, *Digital technologies and their role in achieving our ambitions for education*. University of London, Institute of Education, 2008, ISBN 0-85473-797-9.
- [70] D. Laurillard, *Teaching as a design science: building pedagogical patterns for learning and technology*. Routledge, 2012, ISBN 978-0-415-8038.
- [71] M. Shapiro, "Structure and Encapsulation in Distributed Systems: The Proxy Principle", *Icdcs*, no. 367, S. 198–204, 1986, IEEE, ISBN 0-8186-0697-5.
- [72] E. Scornavacca, S. Huff, und S. Marshall, "Mobile phones in the classroom", *Communications of the ACM*, vol. 52, no. 4, S. 142, Apr. 2009, ACM, ISSN 0001-0782, DOI:10.1145/1498765.1498803.
- [73] G. Heaslip, P. Donovan, und J. G. Cullen, "Student response systems and learner engagement in large classes", *Active Learning in Higher Education*, vol. 15, no. 1, S. 11–24, Mar. 2014, SAGE Publications Sage UK: London, England, ISSN 1469-7874, DOI:10.1177/1469787413514648.
- [74] A. Pohl, "Fostering Awareness and Collaboration in Large Class Lectures", Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität München, 2015.
- [75] T. Kwast, "Nutzererhebung für Wissensmanagement in sozialen Medien", Masterarbeit, Universität Rostock, 2014.
- [76] M. Donick, "Bericht zur Nutzbarkeit von Tweedback - Teil 1: Usability der Software Tweedback", Report, Universität Rostock, 2014.
- [77] M. Donick, "Bericht zur Nutzbarkeit von Tweedback - Teil 2: Tweedback als Medium und Schnittstelle in Vorlesungen", Report, Universität Rostock, 2014.
- [78] L. Gorlenko und R. Merrick, "No wires attached: Usability challenges in the connected mobile world", *IBM Systems Journal*, vol. 42, no. 4, S. 639–651, 2003, IBM, ISSN 0018-8670, DOI:10.1147/sj.424.0639.
- [79] C. Delfs, "Smartwatches als Hilfsmittel für Dozenten", Bachelorarbeit, Universität Rostock, 2015.
- [80] O. Wagenleitner, "Differenzierung von Notifications auf Smartwatches", Bachelorarbeit, Universität Rostock, 2016.
- [81] U. Borchardt, J. Vetterick, und C. H. Cap, "Determining the benefits of social media support in lecturing", in *2014 International Conference on Interactive Mobile Communication Technologies and Learning (IMCL2014)*, 2014, S. 24–29, IEEE, ISBN 978-1-4799-4742-3, DOI:10.1109/IMCTL.2014.7011098.
- [82] M. E. Jennex und L. Olfman, "A Model of Knowledge Management Success", *International Journal of Knowledge Management*, vol. 2, no. 3, S. 51–68, 2013, IGI Global, ISBN 978-1-59904-916-8, ISSN 1548-0666, DOI:10.4018/jkm.2006070104.
- [83] M. E. Jennex, S. Smolnik, und D. Croasdell, "Knowledge Management Success in Practice", *2014 47th Hawaii International Conference on System Sciences*, S. 3615–3624, 2014, IEEE, ISBN 978-1-4799-2504-9, ISSN 1530-1605, DOI:10.1109/HICSS.2014.450.
- [84] C.-S. Ong und J.-Y. Lai, "Measuring user satisfaction with knowledge management systems: scale development, purification, and initial test Computers in Human Behavior", *Computers in Human*

- Behavior*, vol. 23, S. 1329–1346, 2007, Elsevier Science, ISSN 0747-5632, DOI:10.1016/j.chb.2004.12.012.
- [85] L. Rao und K.-M. Osei-Bryson, “Towards defining dimensions of knowledge systems quality”, *Expert Systems with Applications*, vol. 33, no. 2, S. 368–378, 2007, ISSN 0957-4174, DOI:10.1016/j.eswa.2006.05.003.
- [86] J. Flint, R. Brumme, C. Delfs, M. Davieds, C. H. Cap, und W. Sucharowski, “Student Chatwall Use - An Extensive Analysis with the Audience Response System Tweedback”, *submitted to Computers & Education (manuscript number: CAE-D-18-00601)*, 2017, ISSN 0360-1315.
- [87] F. Bry und A. Pohl, “Large-Class Teaching with Backstage”, *Journal of Applied Research in Higher Education*, vol. 9, no. 1, S. 105–128, 2017, Emerald Group Publishing Limited, ISSN 2050-7003.
- [88] J. Bortz, *Lehrbuch der Statistik: Für Sozialwissenschaftler*. Springer Berlin Heidelberg, 2013, ISBN 978-3-662-08342-0.
- [89] H. Holling und G. Gediga, *Statistik - Deskriptive Verfahren*. Hogrefe Verlag, 2010, ISBN 978-3-8409-2134-6.
- [90] J. Cohen, *Statistical power analysis*, vol. 1, no. 3. SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, 1992, ISBN 978-0-12-179060-8.
- [91] H. Mathiasen, “Digital Voting Systems and Communication in Classroom Lectures”, *Journal of Interactive Media in Education*, vol. 2015, no. 1, S. Art. 1, Feb. 2015, Ubiquity Press, ISSN 1365-893X, DOI:10.5334/jime.ah.
- [92] D. Sapargaliyev, “Wearables in Education: Expectations and Disappointments”, *Communications in Computer and Information Science*, vol. 559, S. 73–78, 2015, Springer Berlin Heidelberg, ISBN 978-3-662-48977-2, ISSN 1865-0929, DOI:10.1007/978-3-662-48978-9.
- [93] W. R. Watson und S. L. Watson, “An argument for clarity: What are learning management systems, what are they not, and what should they become?”, *TechTrends*, vol. 51, no. 2, S. 28–34, 2007, Kluwer Academic Publishers, ISSN 8756-3894, DOI:10.1007/s11528-007-0023-y.
- [94] A. Pohl, F. Bry, J. Schwarz, und M. Gottstein, “Sensing the classroom: Improving awareness and self-awareness of students in Backstage”, in *2012 15th International Conference on Interactive Collaborative Learning, ICL 2012*, 2012, IEEE, ISBN 978-1-4673-2426-7, DOI:10.1109/ICL.2012.6402110.
- [95] M. A. Chatti, A. L. Dyckhoff, U. Schroeder, und H. Thüs, “Forschungsfeld Learning Analytics”, *I-Com*, vol. 11, no. 1, S. 22–25, 2012, Gesellschaft für Informatik e.V., ISSN 1618-162X, DOI:10.1524/icom.2012.0007.

11 Anhang A

11.1 UML Klassendiagramm Client Detailliert



12 Anhang B

12.1 Quiz – Ablauf auf tweedback.de

Dozent wechselt zum Quiz:

The screenshot displays the Tweedback interface for a quiz. At the top, the 'Tweedback' logo is on the left, and 'Lesson-ID sun' is on the right. Below the logo are icons for a flame, a bar chart, a speech bubble, and a graduation cap. A 'Feature abschalten' button is visible on the right side. The main content area is titled 'Quiz: 1' and includes a 'Titel (optional)' field with '100/100' on the right. Below this is an 'Ergebnis-Ansicht öffnen' button with an external link icon. The interface lists six question types, each with an orange button and a description: 'Ja - Nein' (Zweiteilige Ja-Nein-Fragen), 'A-B' (Zwei Antwortmöglichkeiten), 'A-B-C' (Drei Antwortmöglichkeiten), 'A-B-C-D' (Vier Antwortmöglichkeiten), 'A-B-C-D-E' (Fünf Antwortmöglichkeiten), and 'A-B-C-D-E-F' (Sechs Antwortmöglichkeiten). At the bottom, there is a copyright notice '© Tweedback 2012 - 2017' with German and US flags, and a row of links: 'Tweedback Blog', 'Lehrstuhl IuK', 'Universität Rostock', 'Nutzungsbedingungen', and 'Impressum'. Below the links, it says 'gefördert von' followed by logos for 'Studium Optimum' and the 'Bundesministerium für Bildung und Forschung'.

Dozent hat ein Ja/Nein-Quiz gestartet:

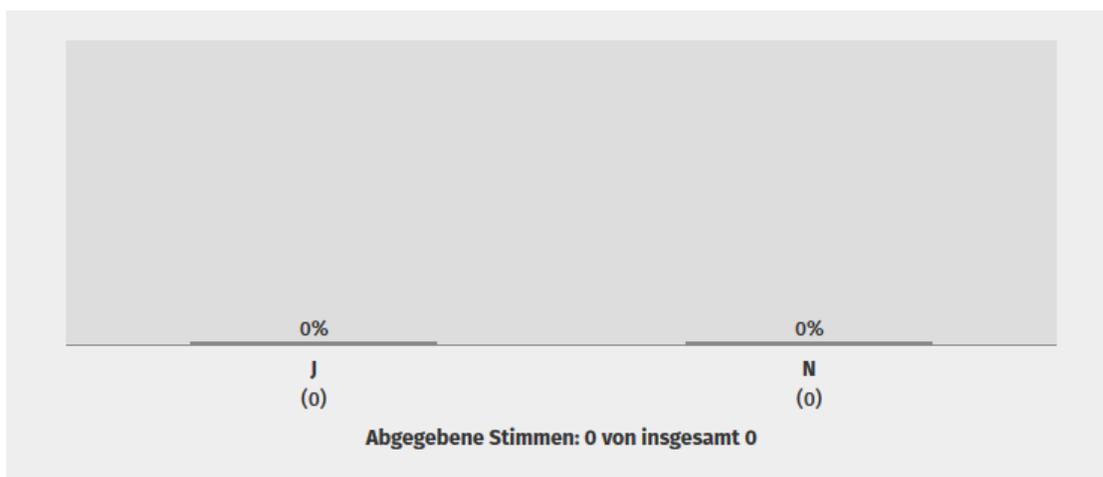
 Tweedback Lesson-ID **sun**

 Feature abschalten

Quiz: 1 (Umfrage 1)

[Ergebnis-Ansicht öffnen](#) 



[Quiz beenden](#)

[Quiz beenden und veröffentlichen](#)

© Tweedback 2012 - 2017  

[Tweedback Blog](#) [Lehrstuhl IuK](#) [Universität Rostock](#) [Nutzungsbedingungen](#) [Impressum](#)

gefördert von



Tweedback zeigt dem Dozenten die ersten Ergebnisse des Ja/Nein-Quiz in Echtzeit an:

 Tweedback Lesson-ID **sun**

[Feature abschalten](#)

Quiz: 1 (Umfrage 1) [Ergebnis-Ansicht öffnen](#)



Abgegebene Stimmen: 5 von insgesamt 3

[Quiz beenden](#)

[Quiz beenden und veröffentlichen](#)

© Tweedback 2012 - 2017  

[Tweedback Blog](#) [Lehrstuhl IuK](#) [Universität Rostock](#) [Nutzungsbedingungen](#) [Impressum](#)

gefördert von



 Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Dozent hat das Ja/Nein-Quiz beendet und veröffentlicht. Er sieht das Ergebnis als aktuelles Ergebnis (oben) und in der Liste der abgeschlossenen Quiz (unten):

Tweedback Lesson-ID **sun**

Featur abschalten

Quiz: 1 (Umfrage 1)

Ergebnis-Ansicht öffnen

Antwort	Anzahl	Prozent
J	4	67%
N	2	33%

Abgegebene Stimmen: 6 von insgesamt 4

Neues Quiz starten

Abgeschlossene Quiz

Quiz: 1 (Umfrage 1)

Antwort	Anzahl	Prozent
J	4	67%
N	2	33%

Abgegebene Stimmen: 6 von insgesamt 4

© Tweedback 2012 - 2017

[Tweedback Blog](#) [Lehrstuhl tuK](#) [Universität Rostock](#) [Nutzungsbedingungen](#) [Impressum](#)

gefördert von

Studium Optimum

Bundesministerium für Bildung und Forschung



Der Dozent hat noch kein Quiz angelegt.

© Tweedback 2012 - 2017  

[Tweedback Blog](#) [Lehrstuhl IuK](#) [Universität Rostock](#)
[Nutzungsbedingungen](#) [Impressum](#)

gefördert von



Lerner wechselt zum Quiz:



Quiz: 1 (Umfrage 1)

Ja

Nein

© Tweedback 2012 - 2017  

[Tweedback Blog](#) [Lehrstuhl IuK](#) [Universität Rostock](#)
[Nutzungsbedingungen](#) [Impressum](#)

gefördert von



Lerner sieht die Antwortmöglichkeiten des Ja/Nein-Quiz nachdem der Dozent es gestartet hat:



Quiz: 1 (Umfrage 1)

Ja

Nein

Vielen Dank für Ihre Antwort.

© Tweedback 2012 - 2017  

[Tweedback Blog](#) [Lehrstuhl IuK](#) [Universität Rostock](#)
[Nutzungsbedingungen](#) [Impressum](#)

gefördert von



Lerner wählt "Ja" als Antwort aus:



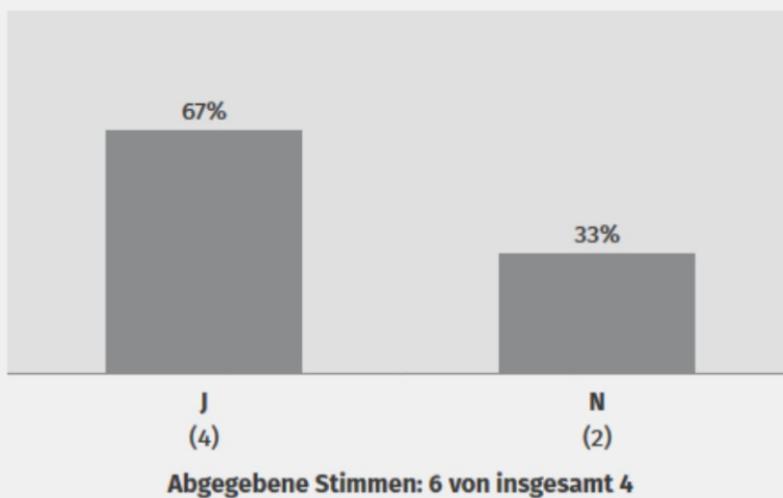
Tweedback

Lesson-ID **sun**



Abgeschlossene Quiz

Quiz: 1 (Umfrage 1)



© Tweedback 2012 - 2017  

[Tweedback Blog](#) [Lehrstuhl IuK](#) [Universität Rostock](#)
[Nutzungsbedingungen](#) [Impressum](#)

gefördert von



Lerner sieht das Ergebnis nachdem der Dozent das Ja/Nein-Quiz beendet und veröffentlicht hat:

12.2 Chatwall – Ablauf auf tweedback.de

Dozent wechselt zur Chatwall; es existiert bereits eine erste Frage:

The screenshot shows the Tweedback interface. At the top, there is a navigation bar with the Tweedback logo, a bar chart icon, a chat bubble icon, and a graduation cap icon. The text "Lesson-ID sun" is visible in the top right. Below the navigation bar, there is a "Feature abschalten" button. The main content area is titled "Einstellungen" (Settings) and contains three radio button options: "Standard Chatwall" (selected), "Moderierte Chatwall", and "Neu: Zeige nur Posts für den Redner". Below the settings, it shows "1 Posts (0 für Reder) von 1 Autoren". There are two tabs: "Neu" (selected) and "Top". A question is displayed: "user302556" asked "Was ist das für ein Zeichen auf Folie 3?" at "gerade eben". The question has three icons: a star, a close button, and a share button. At the bottom, there is a footer with copyright information "© Tweedback 2012 - 2017", links to "Tweedback Blog", "Lehrstuhl IuK", "Universität Rostock", "Nutzungsbedingungen", and "Impressum". It also mentions "gefördert von" (funded by) and shows logos for "Studium Optimum" and the "Bundesministerium für Bildung und Forschung".

Dozent sieht eine zweite Nachricht:

Tweedback Lesson-ID **sun**

Feature abschalten

Einstellungen

- Standard Chatwall**
Die anderen Optionen werden deaktiviert und die Chatwall kann wie üblich verwendet werden.
- Moderierte Chatwall**
Die moderierte Chatwall erlaubt es dem Dozenten zu kontrollieren, welche Postings angezeigt werden und welche nicht.

Neu:

- Zeige nur Posts für den Redner**
Wenn diese Option aktiviert ist, können die Zuhörer markieren, ob die Posts von besonderer Wichtigkeit für den Redner sind. Es werden dem Redner nur diese Posts angezeigt.

2 Posts (0 für Reder) von 2 Autoren

Neu **Top**

user306274 1 gerade eben
Bis wann müssen die Hausaufgaben eingereicht werden?

user302556 5 1 Min.
Was ist das für ein Zeichen auf Folie 3?

© Tweedback 2012 - 2017

[Tweedback Blog](#) [Lehrstuhl IuK](#) [Universität Rostock](#) [Nutzungsbedingungen](#) [Impressum](#)

gefördert von

Studium
Optimum

 Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Dozent wechselt die Sortierfolge von "Neu" zu "Top", sodass die Nachrichten nach ihrer Anzahl Upvotes sortiert werden:

The screenshot shows the Tweedback interface. At the top, there is a header with the Tweedback logo, navigation icons (flame, bar chart, speech bubble, graduation cap), and a 'Lesson-ID sun' indicator. Below the header is a 'Feature abschalten' button. A settings panel is open, showing 'Einstellungen' with a dropdown arrow. The settings include:

- Standard Chatwall**
Die anderen Optionen werden deaktiviert und die Chatwall kann wie üblich verwendet werden.
- Moderierte Chatwall**
Die moderierte Chatwall erlaubt es dem Dozenten zu kontrollieren, welche Postings angezeigt werden und welche nicht.
- Neu:**
- Zeige nur Posts für den Redner**
Wenn diese Option aktiviert ist, können die Zuhörer markieren, ob die Posts von besonderer Wichtigkeit für den Redner sind. Es werden dem Redner nur diese Posts angezeigt.

Below the settings, it indicates '2 Posts (0 für Reder) von 2 Autoren'. There are two tabs: 'Neu' and 'Top', with 'Top' being the active tab. The posts are:

- user302556 | 5 Upvotes | 1 Min. | **Was ist das für ein Zeichen auf Folie 3?** (5 Upvotes)
- user306274 | 1 Upvote | gerade eben | **Bis wann müssen die Hausaufgaben eingereicht werden?** (1 Upvote)

At the bottom, there is a footer with copyright information: '© Tweedback 2012 - 2017', links to 'Tweedback Blog', 'Lehrstuhl IuK', 'Universität Rostock', 'Nutzungsbedingungen', and 'Impressum'. It also mentions 'gefördert von' and shows logos for 'Studium Optimum' and the 'Bundesministerium für Bildung und Forschung'.


Tweedback

Lesson-ID sun





Hier Frage oder Kommentar eingeben

ABSENDEN

300/300
 user306274

Neu
Top

 user302556
 0
 gerade eben

Was ist das für ein Zeichen auf Folie 3?






© Tweedback 2012 - 2017  

[Tweedback Blog](#)
[Lehrstuhl IuK](#)
[Universität Rostock](#)
[Nutzungsbedingungen](#)
[Impressum](#)

gefördert von






Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Lerner wechselt zur Chatwall und sieht ebenfalls die erste Nachricht:

Lerner hat die gleiche Frage wie die der ersten Nachricht und drückt daher auf "Upvote" (Button mit

The screenshot shows the Tweedback interface. At the top, there is a header with the Tweedback logo, a Lesson-ID 'sun', and three icons: a flame, a bar chart, and a speech bubble. Below the header is a text input field with the placeholder 'Hier Frage oder Kommentar eingeben' and an orange 'ABSENDEN' button. The character count '300/300' and the user ID 'user306274' are visible. There are two sorting options: 'Neu' and 'Top'. A question is displayed: 'Was ist das für ein Zeichen auf Folie 3?' by user 'user302556', with 1 upvote and 'gerade eben' timestamp. Below the question are four icons: thumbs up, share, close, and embed. At the bottom, there is a footer with copyright information '© Tweedback 2012 - 2017', links to 'Tweedback Blog', 'Lehrstuhl IuK', 'Universität Rostock', 'Nutzungsbedingungen', and 'Impressum'. It also mentions 'gefördert von' and shows logos for 'Studium Optimum' and the 'Bundesministerium für Bildung und Forschung'.

“Daumen nach oben”):

 Tweedback Lesson-ID **sun**





Bis wann müssen die Hausaufgaben eingereicht werden?

ABSENDEN

300/300 user306274

Neu
Top

 user302556  1  gerade eben
Was ist das für ein Zeichen auf Folie 3?






© Tweedback 2012 - 2017  

[Tweedback Blog](#) [Lehrstuhl IuK](#) [Universität Rostock](#)
[Nutzungsbedingungen](#) [Impressum](#)

gefördert von






Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Lerner hat eine weitere Frage und tippt diese in das Textfeld ein:


Tweedback

Lesson-ID sun





Hier Frage oder Kommentar eingeben

ABSENDEN

300/300
 user306274

Neu
Top

 user306274
 0
 gerade eben

Bis wann müssen die Hausaufgaben eingereicht werden?






 user302556
 1
 gerade eben

Was ist das für ein Zeichen auf Folie 3?






© Tweedback 2012 - 2017  

[Tweedback Blog](#)
[Lehrstuhl IuK](#)
[Universität Rostock](#)

[Nutzungsbedingungen](#)
[Impressum](#)

gefördert von

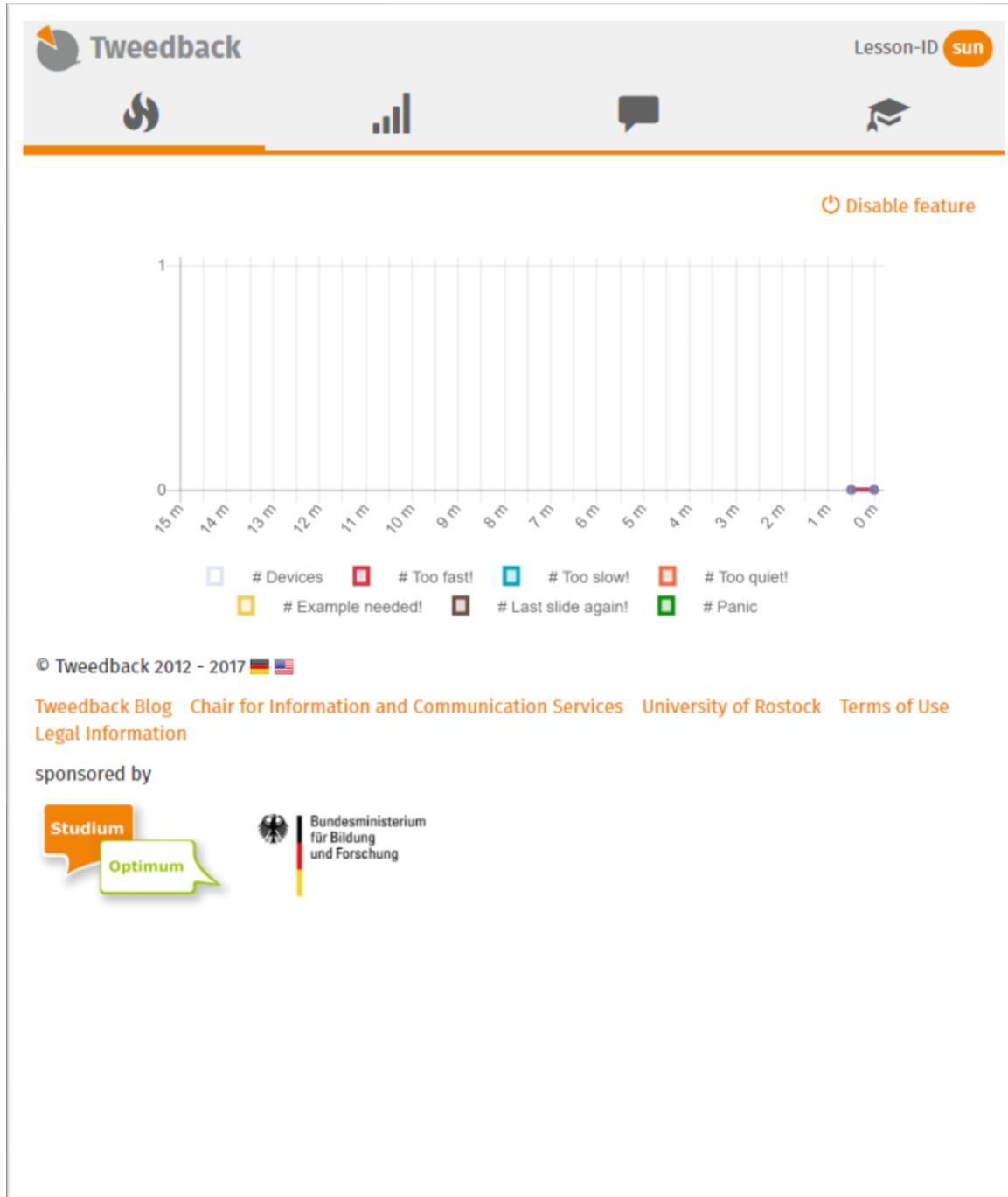





Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

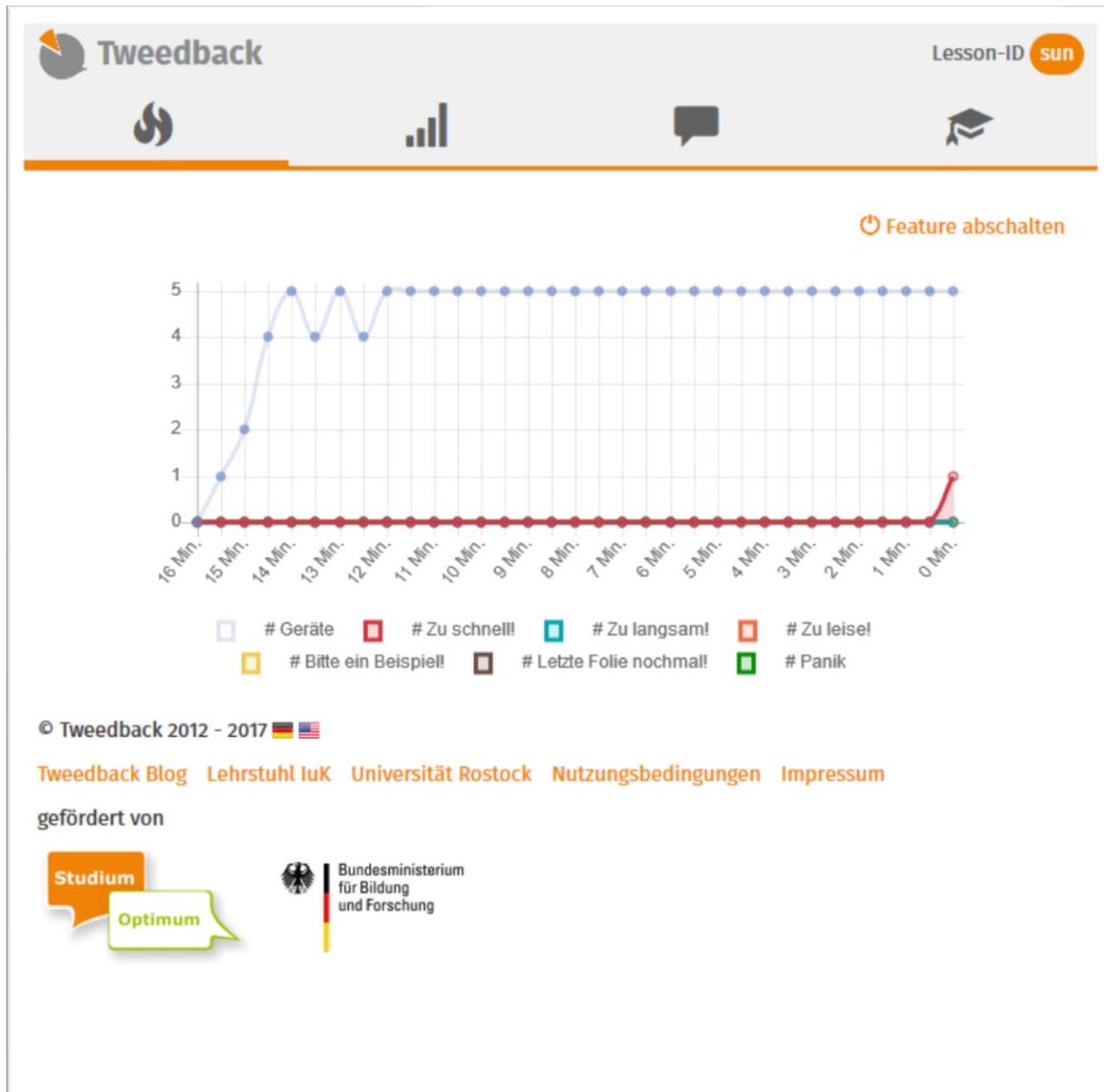
Lerner sieht seine eigene Frage als Nachricht in der Chatwall:

12.3 Problem Button – Ablauf auf tweedback.de

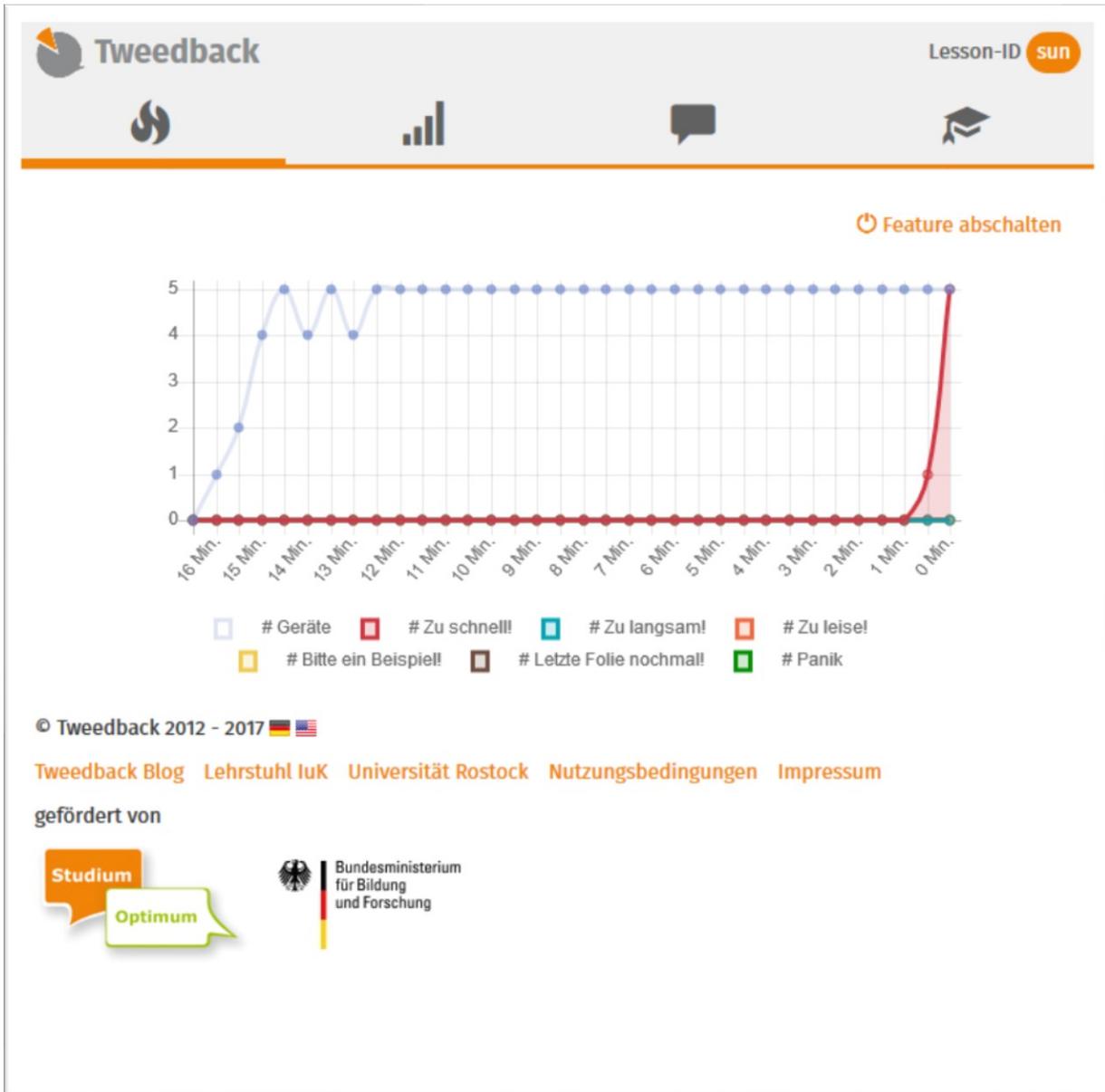


Dozent wechselt zum „Problem Button“ und sieht, dass es noch keine Meldungen gibt:

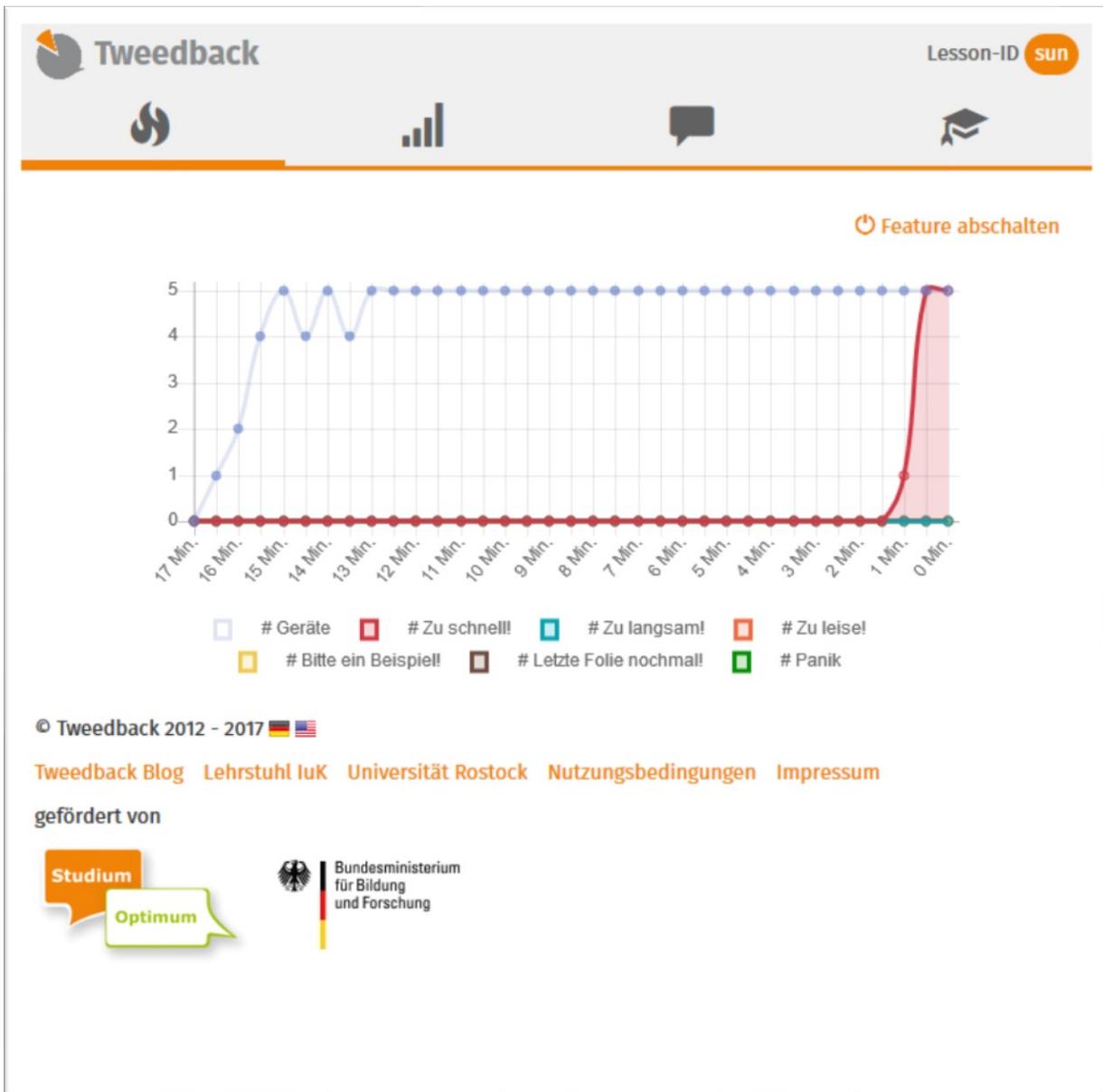
Dozent sieht nach einiger Zeit den Verlauf der verbundenen Geräte (blau/grau) und den Verlauf der



„Zu Schnell!“-Meldungen:



Dozent sieht den weiteren Anstieg der „Zu Schnell!“-Meldungen:



Dozent erkennt, dass in der nächsten Minute die Anzahl der „Zu Schnell!“-Meldungen stabil bleibt:

Tweedback Lesson-ID **sun**

You can push a button, if you have a problem.

 Too fast!	 Too slow!
 Too quiet!	 Example needed!
 Last slide again!	 Panic

© Tweedback 2012 - 2017 

[Tweedback Blog](#) [Chair for Information and Communication Services](#)
[University of Rostock](#) [Terms of Use](#) [Legal Information](#)

sponsored by

   Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Lerner wechselt zum ersten Mal zum „Problem Button“:

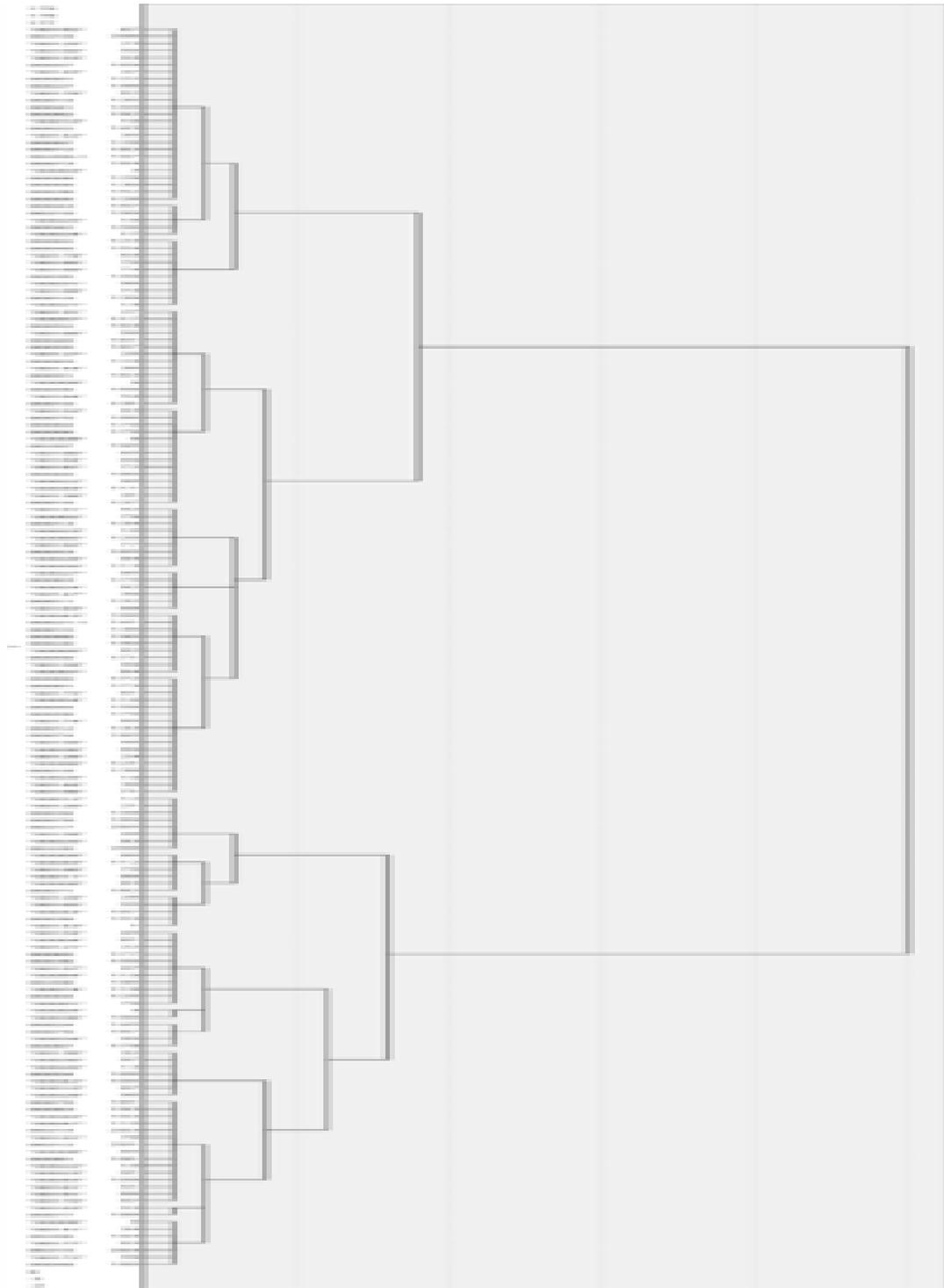
Lerner klickt auf den Button „Zu Schnell“, alle anderen Buttons werden für 90 Sekunden deaktiviert. Der

The screenshot shows the Tweedback interface. At the top, there is a header with the Tweedback logo, a Lesson-ID 'sun', and three icons: a flame, a bar chart, and a speech bubble. Below the header, the instruction reads: "Drücke einen Button, wenn du ein Problem hast." There are six orange buttons arranged in a 3x2 grid, each with a white icon and text. The buttons are: "Zu schnell! (64)" with a rabbit icon, "Zu langsam! (64)" with a turtle icon, "Zu leise! (64)" with a speaker icon, "Bitte ein Beispiel! (64)" with a flag icon, "Letzte Folie nochmal! (64)" with a double left arrow icon, and "Panik! (64)" with a question mark icon. At the bottom, there is a copyright notice "© Tweedback 2012 - 2017" with German and US flags, followed by links for "Tweedback Blog", "Lehrstuhl IuK", "Universität Rostock", "Nutzungsbedingungen", and "Impressum". Below that, it says "gefördert von" and shows logos for "Studium Optimum" and the "Bundesministerium für Bildung und Forschung".

Lerner muss noch 64 Sekunden warten (in Klammer stehend):

13 Anhang C

Dendrogramm Anwendung Ward-Verfahren (Lernertypen)



Selbständigkeitserklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe. Ich erkläre, dass in der Arbeit verwendete fremde Quellen als solche kenntlich gemacht wurden, sowohl im Fall wörtlicher Übernahmen wie auch bei Paraphrasen.

Rostock, den _____