

Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg
Fakultät für Informatik und Mathematik

Bachelorarbeit

Zur Erlangung des akademischen Grades
Bachelor of Science (B. Sc.)

Analyse, Konzeption und Implementierung eines Tools für das automatisierte Testen, Einreichen und Benoten von Programmieraufgaben

Vorgelegt von: Andreas Huber <andreas.huber@st.oth-regensburg.de>

Matrikelnummer: 3180161

Studiengang: Allgemeine Informatik

Erstgutachter: Prof. Dr. Markus Heckner

Zweitgutachter: Prof. Dr. Johannes Schildgen

Abgabefrist: 25. April 2022

Erklärung zur Bachelorarbeit

1. Mir ist bekannt, dass dieses Exemplar der Abschlussarbeit als Prüfungsleistung in das Eigentum der Ostbayerischen Technischen Hochschule Regensburg übergeht.
2. Ich erkläre hiermit, dass ich diese Abschlussarbeit selbständig verfasst, noch nicht anderweitig für Prüfungszwecke vorgelegt, keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt sowie wörtliche und sinngemäße Zitate als solche gekennzeichnet habe.

Regensburg, den 1. April 2022

Andreas Huber

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	IV
1 Einleitung und Motivation	1
1.1 Herausforderung Digitales Lernen	1
1.2 Kurs Digital Skills als Zusatzstudium	1
1.3 Struktur der Arbeit	2
2 Anforderungsanalyse	4
2.1 Funktionale Anforderungen	4
2.1.1 Studierende	4
2.1.2 Lehrende	5
2.2 Nichtfunktionale Anforderungen	6
3 Softwarearchitektur	7
3.1 Versionskontrolle mit Git	7
3.1.1 Allgemein	7
3.1.2 Repositorys und Commits	8
3.1.3 Branches	10
3.2 Softwaretests	13
3.2.1 Allgemein	13
3.2.2 Unit-Testing	13
3.3 Vergleich vorhandener Systeme	16
3.3.1 CS50 der Harvard University	16

3.3.2	Code FREAK der Fachhochschule Kiel	21
3.3.3	GitHub Classroom	24
3.3.4	Bewertung und Entscheidung der vorhandenen Systeme	25
3.4	Finale Architektur des Digital Skills Coding Course	28
3.4.1	Tutors als Aufgabensammlung	28
3.4.2	Replit als Online-Entwicklungsumgebung	29
3.4.3	GitHub Classroom als Abgabe- und Bewertungssystem	29
4	Konfiguration und Implementierung	31
4.1	Tutors als Aufgabensammlung	31
4.2	GitHub Classroom	31
4.2.1	Konfiguration	31
4.2.2	Erste Aufgaben	32
4.2.3	Tests und Benotung	32
4.3	Erstellung eines Replit-Starter-Templates	33
4.3.1	Template-Repository	33
4.3.2	Hilfsprogramme (get, check, submit)	34
4.3.3	OTH-Console	35
4.3.4	SSH-Keys	35
5	Studie: Test an fachfremden Studierenden	37
5.1	Allgemein	37
5.2	Methode	37
5.2.1	Teilnehmende	37

5.2.2	Ablauf des Tests	38
5.2.3	Materialien	39
5.3	Deskriptive Ergebnisse	44
6	Zusammenfassung und Ausblick	47
	Quellenverzeichnis	IV
	Anhang	VII
A	CS50: E-Mail von Carter Zenke	VII
B	Feldstudie: Testkonzept	VIII
C	Digital Skills Coding Course: Infodokument	X
D	Feldstudie: Beobachternotizen	XI

Abkürzungsverzeichnis

IDE Integrated Development Environment

Bash Bourne-again shell

LMS Learning Management System

LDAP Lightweight Directory Access Protocol

SD Standardabweichung

1 Einleitung und Motivation

1.1 Herausforderung Digitales Lernen

Deutschland gilt als sehr rückschrittlich im Thema Digitalisierung an Schulen und Universitäten. Nicht zuletzt hat die Corona-Pandemie den Rückstand Deutschlands in vielen Bereichen offengelegt. Neben Verwaltungen, Unternehmen, Schulen oder Gerichten hat die Pandemie vor allem viele Hochschulen dazu gezwungen, umzudenken und digitale Lerninhalte bereitzustellen. Mit dieser Herausforderung kamen jedoch einige Einrichtungen und Lehrende¹ ohne jegliche Vorbereitungen schnell an ihre Grenzen. (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, n. d.)

Professor Doktor Markus Heckner hat sich dieser Problemstellung angenommen und hat gemeinsam mit Mitarbeitenden der Hochschule Regensburg an einer Lösung gearbeitet. Das Ergebnis ist ein optionales Zusatzstudium, um die sogenannten „Digital Skills“ der Studierenden zu verbessern und zu intensivieren. Langfristig gesehen sollen die Zusatzmodule die digitalen Fähigkeiten der Teilnehmenden fördern und somit zur Einholung des digitalen Rückstands in Deutschland beitragen. (Regensburg School of Digital Sciences, n. d.)

1.2 Kurs Digital Skills als Zusatzstudium

Digital Skills ist ein aus drei Semestern bestehendes Zusatzstudium für alle Studierenden der Hochschule Regensburg. Ausgenommen hiervon sind Studierende der Fakultät Informatik und Mathematik. Wie der Name bereits sagt, findet das Programm parallel zum Hauptstudium der Studierenden statt.

Das Zusatzstudium soll den Teilnehmenden vor allem digitales Wissen näherbringen. Im ersten Semester lernen die Studierenden unter dem Motto „Technologische Skills“ die Grundlagen der Programmierung, sowie das Verständnis von Internet of Things. Das zweite Semester befasst sich mit „Future Work Skills“ und bringt den Studierenden das Verständnis der Themen „Data Science“, „Digitale Ethik“, „Agile Working“, sowie „Coaching-Fähigkeiten“ bei. Im letzten Semester haben die Lernenden die Möglichkeit ein eigenes Digitalisierungsprojekt zu planen und umzusetzen.

¹Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in der gesamten Arbeit auf die gleichzeitige Verwendung der Sprachformen männlich, weiblich und divers (m/w/d) verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter. Ist eine spezifische Geschlechtergruppe gemeint, wird das entsprechende Adjektiv vorangestellt (z.B. „männliche Studenten“)

Die studienbegleitende Ausbildung wird den Studierenden nach Abschluss aller Veranstaltungen in Form eines offiziellen Hochschulzertifikats angerechnet.

Um im ersten Semester die Grundlagen der Programmierung automatisiert und trotzdem mit verständlichem Feedback zu lehren, wird eine zeit- und ortsunabhängige, innovative Lernplattform benötigt. Die Teilnehmer sollen dabei trotzdem eine möglichst realitätsnahe Programmierumgebung kennenlernen. Um solch ein System nachhaltig bereitzustellen, wird viel Planung benötigt. Dazu gehört eine Anforderungsanalyse, ein durchdachtes Konzept, sowie der Vergleich mit bereits etablierten Plattformen. Genau mit dieser Aufgabe beschäftigt sich der Kern dieser Arbeit.

1.3 Struktur der Arbeit

Die Arbeit besteht aus mehreren wesentlichen Bestandteilen. Abschnitt 2 behandelt alle nötigen Anforderungen, die für den Aufbau einer Online-Programmierplattform wichtig sind. Diese werden hierbei unterteilt in funktionale und nichtfunktionale Anforderungen. Die funktionalen Anforderungen werden dabei aus zwei unterschiedlichen Sichten dargestellt: die Anforderungen aus der Sicht von Studierenden bzw. Teilnehmenden, sowie aus der Sicht von Lehrenden.

Abschnitt 3 wiederum vergleicht und diskutiert vorhandene Lernsysteme. Hierbei werden neben den Vorteilen auch die Probleme beim Einsatz an der Hochschule Regensburg besprochen. Zum Abschluss des Kapitels werden alle aufgeführten Online-Lernplattformen anhand der vorher aufgestellten funktionalen und nichtfunktionalen Anforderungen neutral mithilfe einer Nutzwertanalyse bewertet und schließlich miteinander verglichen. Die finale Entscheidung, welches System am besten zum Zusatzstudium Digital Skills passt, fällt auf das System, welches bei der Nutzwertanalyse am meisten Punkte erreicht.

Die endgültige Entscheidung, sowie deren Konfiguration und Implementierung wird hinterher in Abschnitt 4 näher erläutert und beschrieben. Dabei geht es vor allem um technische Details, wie z.B. zusätzliche Software, die zur Unterstützung der Teilnehmenden entwickelt werden muss.

Anschließend wird die Programmierlernplattform in Abschnitt 5 in Form einer Feldstudie an nicht Informatik oder Mathematik studierenden Testprobanden getestet. Am Anfang des Kapitels wird das Testkonzept und der Aufbau der Studie erläutert. Danach folgt die Auswertung der Testergebnisse.

Schließlich fasst Abschnitt 6 die Ergebnisse zusammen und gibt einen weiteren Ausblick auf

die Zukunft des Zusatzstudiums Digital Skills, sowie auf den darin enthaltenen automatisierten Programmierkurs.

2 Anforderungsanalyse

Funktionale Anforderungen beschreiben, welche Features und Funktionen das Projekt bieten muss. Diese Informationen sind wichtig, um die richtigen Werkzeuge und Programme für die Umsetzung auszuwählen. Dabei geht es meist um sehr konkret formulierte Wünsche. Nichtfunktionale Bedingungen sind wiederum Bedingungen, wie zum Beispiel Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit oder diverse Sicherheitsanforderungen. Sie lassen sich eher als Qualitätseigenschaften beschreiben.

Die folgenden Anforderungen werden durch die wissenschaftliche Mitarbeiterin Julia Ruhland und dem Studierenden Andreas Huber festgelegt. Die funktionalen Anforderungen werden durch Andreas Huber entwickelt. Gemeinsam mit Frau Ruhland sammelt Herr Huber außerdem User-Stories aus der Sicht der Studierenden und den Dozierenden in der Online-Plattform Trello. Die nichtfunktionalen Anforderungen werden dann wiederum von den User-Stories abgeleitet.

Alle Anforderungen, welche mit dem Schlüsselverb „muss“ beschrieben werden, sind verpflichtend und müssen erfüllt werden. Währenddessen steht, das Schlüsselverb „soll“ für eine optionale, aber wünschenswerte, Anforderung.

2.1 Funktionale Anforderungen

2.1.1 Studierende

Den Studierenden sollte eine Kursübersicht mit allen Aufgaben zur Verfügung gestellt werden. Sowohl der persönliche Fortschritt der jeweiligen Aufgaben als auch mögliche Deadlines oder maximale Bearbeitungszeiten sollten bei jeder Aufgabe deutlich erkennbar sein.

Des Weiteren muss es Studierenden möglich sein, ohne die Installation von zusätzlichen Programmen, die Aufgaben online bearbeiten, prüfen und abgeben zu können. Trotzdem soll ihnen die Option offen stehen, die Übungen in der Entwicklungsumgebung ihrer Wahl zu lösen.

Eine weitere wichtige Anforderung bei der Prüfung der Aufgaben ist, dass die Bearbeiter der Aufgaben sogenannte *human-readable* (für den Menschen lesbare) Fehlermeldungen erhalten müssen. Das bedeutet, dass die Fehlermeldungen bei der Überprüfung auch für fachfremde Studierende leicht verständlich sein müssen. Fehlermeldungen bzw. konstruktives Feedback muss dabei automatisiert und jederzeit generiert werden können.

Die Möglichkeit, Aufgabenversuche abzugeben, muss ebenfalls mit wenig Aufwand behaftet sein. Falls ein Versuch fehlschlägt, oder nicht die volle Punktzahl erreicht wird, sollte der Teilnehmende jederzeit die Möglichkeit haben, einen neuen Versuch hochladen zu können.

2.1.2 Lehrende

Lehrende müssen neue Aufgaben anlegen und konfigurieren können, dazu gehört unter anderem die Festlegung eines Abgabedatums.

Zusätzlich müssen Dozierende die Möglichkeit haben eine Übersicht an Aufgaben des jeweiligen Kurses einzusehen und davon einzelne Übungen temporär zu verstecken oder zu deaktivieren.

Darüber hinaus muss es möglich sein, mehrere Administratoren zu den Kursen hinzuzufügen. Dadurch können verschiedene Personen Aufgaben erstellen und die abgegebenen Lösungen herunterladen. Dies ist gleichzeitig die nächste Anforderung: Administratoren müssen mit wenig Aufwand alle Abgaben der Teilnehmenden herunterladen können.

Ferner müssen sowohl die Aufgaben, als auch die jeweiligen Deadlines nach der Erstellung editierbar sein. Infolgedessen können Dozierende ihre Aufgaben stetig verbessern.

Um einen Überblick über den Schwierigkeitsgrad der Aufgaben zu behalten, müssen Lehrende den Aufgaben-Fortschritt der Studierenden je nach Kurs übersichtlich einsehen können. Sollte ein Großteil der Teilnehmenden an einzelnen Aufgaben scheitern, kann die Aufgabenstellung im Einzelnen erneut evaluiert und verbessert werden.

2.2 Nichtfunktionale Anforderungen

Das eingesetzte System muss neben den funktionalen Anforderungen auch diverse nicht-funktionale Anforderungen erfüllen, um von der OTH als sinnvolle Lernplattform eingesetzt werden zu können.

Die erste wichtige Anforderung ist eine hohe Zuverlässigkeit der Lernplattform. Zur Zuverlässigkeit gehört neben einer hohen Verfügbarkeit auch eine skalierende Performance, wenn viele Studierende gleichzeitig die Software nutzen wollen.

Ein weiterer Punkt ist die Wartbarkeit. Die Plattform sollte mit möglichst wenig Wartung sicher bestehen bleiben können. Außerdem sollte nur auf externe Systeme gesetzt werden, von denen ausgegangen werden kann, dass diese noch einige Jahre gepflegt werden. Hier empfiehlt sich ein Aufteilen der Plattform auf mehrere externe Tools, um bei einem Ausfall oder Außerbetriebnahme eines einzelnen Tools noch einen Notbetrieb zu gewährleisten. Der Austausch gegen eine andere neue Softwarekomponente gestaltet sich dadurch leichter.

Die Ressourcenlast und die damit verbundenen Kosten spielen eine weitere wichtige Rolle bei der Entscheidungsfindung. Wenn Teile der Lernplattform auf OTH-Servern gehostet werden müssen, sollten diese möglichst ressourcenschonend sein. Serverressourcen sind teuer und können das Projekt im Zweifelsfall unrentabel machen, wenn das System bei paralleler Nutzung durch mehrere Studierende eine inadäquate Serverlast voraussetzen würde. Selbiges gilt für Lizenzgebühren möglicher Anwendungen und Tools.

Neben den Kosten ist es auch wichtig, dass die Plattform zusammen mit dem Learning Management System (LMS) bzw. der Lernplattform der Hochschule arbeiten kann. Der Vorteil einer LMS-Integration wird später im Unterabschnitt 3.3.2 näher erläutert.

Zu guter Letzt ist es wünschenswert, dass der Programmierkurs bei der Auswahl der Programmiersprache flexibel ist. So sollte es beispielsweise möglich sein, dass die erste Aufgabe mit der Programmiersprache Java gelöst wird, während die zweite mit Python gelöst werden muss.

3 Softwarearchitektur

Dieses Kapitel befasst sich mit der für das Projekt benötigten *Toolchain* und der damit einhergehenden Softwarearchitektur.

Eine Toolchain ist eine Sammlung verschiedener Anwendungen, die gemeinsam eine Lösung bzw. ein Produkt erzeugen. Durch den Vergleich mit verschiedenen bestehenden digitalen Lernplattformen ist es möglich, optimale bereits etablierte und intensiv getestete Software-Werkzeuge für die Hochschule Regensburg zu finden und schließlich einzusetzen.

Die Softwarearchitektur erläutert in diesem Zusammenhang die einzelnen Softwarekomponenten der Toolchain und beschreibt deren Zusammenspiel innerhalb eines Systems.

3.1 Versionskontrolle mit Git

3.1.1 Allgemein

Die Versionskontrolle oder Quellcodekontrolle ermöglicht es, Änderungen an Softwarecode zu verfolgen. Die Verfolgung aller Änderungen erlaubt bei Bedarf die Wiederherstellung eines früheren Datenstands. (Atlassian, n. d.)

Versionskontrollsysteme, wie Git, speichern jede Änderung am Code in speziellen Git-Datenbank-Dateien. Programmierer können dadurch in ihren Teams genau analysieren, wer welche Zeile wann geändert oder neu eingesetzt hat.

Durch Git können mehrere Entwickler an demselben Projekt bzw. Repository arbeiten und sogar dieselben Dateien gleichzeitig ändern. Oftmals entstehen Konflikte, wenn zwei oder mehr Personen an derselben Datei arbeiten. Git enthält hierfür Prozesse, um solche Konflikte sauber lösen zu können. Beim Zusammenführen der beiden Zustände kann man entscheiden, welche Zeile man aus welcher Änderung übernimmt.

Git bietet durch die Speicherung jeder Änderung nicht nur den Vorteil gemeinsamen Arbeitens, sondern auch eine Art „Backup“. Durch den genauen Verlauf des Quellcodes, können Fehlerursachen schneller analysiert, gefunden und verifiziert werden. Um die einzelnen Snapshots bzw. Schnappschüsse des aktuellen Standes zu markieren, gibt es in Git die sogenannten Commits.

Die folgenden Begriffsklärungen und Anleitungen rund um das Versionskontrollsystem Git sind wichtig, um den Rest der Arbeit besser verstehen zu können.

3.1.2 Repositorys und Commits

Das Git-Repository ist der Kern des Projekts und umfasst alle Dateien, die von Git überwacht werden sollen. Es ist sozusagen das Projekt, an dem die Entwickler arbeiten. Um ein Repository anzulegen, braucht es nur einen Ordner, in dem man in der Konsole folgenden Befehl ausführt:

```
$ git init
```

Daraufhin wird in diesem Verzeichnis ein neuer `.git`-Ordner erstellt, welcher alle Informationen über das gerade erstellte Repository enthält. Sobald man nun beispielsweise eine neue Textdatei anlegt, wird der Erstellvorgang im `.git`-Ordner getrackt.

Git arbeitet mit Snapshots, die manuell angelegt werden müssen. Wenn der Entwickler nun täglich einen Absatz in die Textdatei schreibt, gibt es hierfür keine Historie. Git weiß nur, dass im ersten Snapshot keine Datei vorhanden war und nun eine Datei mit gefülltem Text vorliegt.

Um einen Verlauf der Erstellung zu speichern, muss der Entwickler sogenannte Commits mit aktuellen Zeitstempeln erstellen. Wann die Commits jeweils erstellt werden, ist dem Entwickler selbst überlassen. In der Regel werden Commits immer nach dem Erreichen eines Meilensteins erstellt. In diesem Fall wäre ein täglicher Meilenstein das Abschließen eines neuen Absatzes in der Textdatei. Zuerst können alle geänderten Dateien in der Konsole mit folgendem Befehl abgerufen werden:

```
$ git status
On branch main

No commits yet

Untracked files:
(use "git add <file>..." to include in what will be committed)
    hallo-welt.txt

nothing added to commit but untracked files present (use "git add" to track)
```

Wie die Ausgabe auf der vorherigen Seite bereits verrät, wurde bisher noch kein Commit angelegt. Außerdem zeigt sie, dass die Datei `hallo-welt.txt` angelegt wurde, bisher jedoch nicht getrackt wird. Nun kann der Entwickler die Änderung tracken, indem er folgenden Befehl ausführt:

```
$ git add hallo-welt.txt
```

Durch den Befehl `git add .` wäre es zudem möglich mit einem Kommando alle *untracked* (nicht verfolgten) Änderungen verschiedener Dateien in den neuen Commit hinzuzufügen. Schließlich weiß Git jetzt, welche Änderungen committet werden sollen. Mit dem Befehl

```
$ git commit -m "Neue Hallo Welt Datei angelegt"
```

wird ein Commit mit der Nachricht „Neue Hallo Welt Datei“ angelegt. Dies ist nun ein neuer Snapshot, welcher in der Commit-Historie gespeichert wird. Sollte der Programmierer die Datei erneut verändern, kann er die neuen Änderungen wieder tracken und schließlich committen. An diesem Punkt könnte er jedoch jederzeit zu dem alten, bereits committeten Zustand zurückkehren.

Damit ein Repository im Internet verfügbar ist, benötigt man einen Server mit einer Kopie des lokalen Repositorys. Diese Repositorys nennt man auch Remote-Repositorys. Der bekannteste Dienstleister für die Speicherung von Remote-Repositorys ist GitHub. Der Vorteil von einer Online-Version des eigenen Repositorys ist, dass andere Entwickler das Projekt klonen und anschließend daran mitarbeiten können. Nach dem Klonvorgang haben diese Personen ebenfalls eine lokale Kopie des Repositorys auf ihrem Endgerät. Um nun einen lokalen Commit online verfügbar zu machen, muss dieser *gepusht* werden.

Zuerst muss über folgenden Befehl geprüft werden, ob im lokalen Repository das richtige Remote-Repository referenziert wird:

```
$ git remote -v
origin https://github.com/user/repository-name (fetch)
origin https://github.com/user/repository-name (push)
```

Sollten die Adressen zum richtigen Online-Repository verweisen, kann mit folgendem Befehl ein Commit hochgeladen werden:

```
$ git push
```

Um mögliche Änderungen durch andere Mitarbeitende in das eigene lokale Repository zu laden, benötigt man wiederum einen sogenannten *Pull*:

```
$ git pull
```

Der Git-Workflow umfasst noch viele weitere Befehle und kann für Unerfahrene schnell sehr kompliziert werden. Aus diesem Grund enthalten die meisten gängigen Entwicklungsumgebungen grafische Oberflächen für die Verwendung von Git. So benötigt der Entwickler weder die Kommandozeile noch tieferes Fachwissen über die genaue Verwendung bzw. Syntax der Befehle.

3.1.3 Branches

Git bietet neben der Kontrolle und Verfolgung von Commits und Änderungen auch die Möglichkeit echt parallel zu arbeiten. In einem großen Softwareprojekt sind zur Laufzeit auftretende Fehler in der Regel unumgänglich. Um keine Kunden zu verlieren, müssen einige dieser Fehler gegebenenfalls schnellstmöglich behoben werden.

In diesem beispielhaften Fall, dass in einer Software ein gravierender Fehler auftritt, sollte möglichst schnell ein Update mit einer Lösung ausgearbeitet werden. Es kann jedoch sein, dass ein Teil des Entwicklungsteams gerade an einem sehr großen neuen Feature arbeitet, welches nicht unvollständig veröffentlicht werden darf. Es muss also eine Lösung gefunden werden, damit eine neue Version mit dem behobenen Fehler veröffentlicht werden kann, ohne, dass die Arbeit an dem neuen Feature gestört oder rückgängig gemacht werden muss. Git stellt mit dem Konzept von Branches eine Lösung für dieses Problem dar.

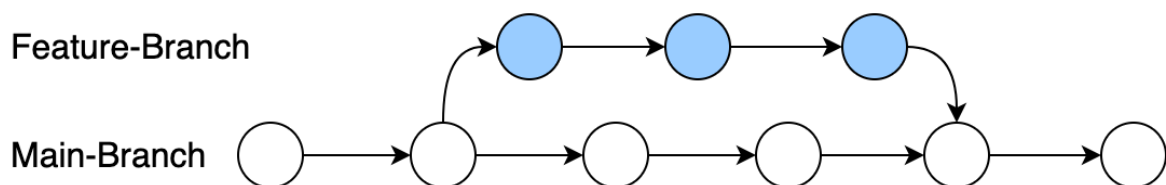


Abbildung 1: Git: Branches
Quelle: Eigene Darstellung

Branches (Äste) teilen den linearen Entwicklungsablauf in mehrere parallele Zustände. Standardmäßig arbeitet man bei Git auf dem **Main-Branch** – Der Hauptzweig sozusagen (siehe Abbildung 1, der weiße Strang). Die weißen Kugeln stellen in der Grafik jeweils einzelne

Commits dar. Sobald ein neues Feature entwickelt wird, möchte der zuständige Programmierer nicht, dass sich während der Entwicklung der Funktion etwas am restlichen Code ändert. Aus diesem Grund eröffnet der Feature-Programmierer, wie in Abbildung 1 ersichtlich, einen neuen Branch auf den aktuellen Commit des Hauptzweigs (blauer Zweig). Wenn sich der Hauptzweig nun durch Überarbeitungen von anderen Kollegen ändert, merkt der Feature-Programmierer nichts davon, weil er sich auf einem anderen Ast (Branch) befindet und dabei seine ganz eigene Kopie des Projekts bearbeitet. Sobald er mit dem Feature fertig ist, kann er seinen Branch mit dem **Main**-Branch wieder zusammenführen. Falls sich in der Zwischenzeit die Dateien und Zeilen, die auch er bearbeitet hat, geändert haben, müssen die Konflikte in aller Regel manuell gelöst werden. Sollten nicht dieselben Zeilen bearbeitet worden sein, löst Git die Konflikte selbst und führt die zwei Zustände automatisch zusammen.

Eine bekannte Konvention unter Programmierern ist es, dass der **Main**-Branch immer eine lauffähige Version der Software hält. Es darf nie ein nicht-kompilierbarer oder unfertiger Stand auf dem Hauptzweig landen. So stellt man sicher, dass neue abzweigende Branches immer auf einer lauffähigen Basis aufbauen. (Michelle Gienow, 2018)

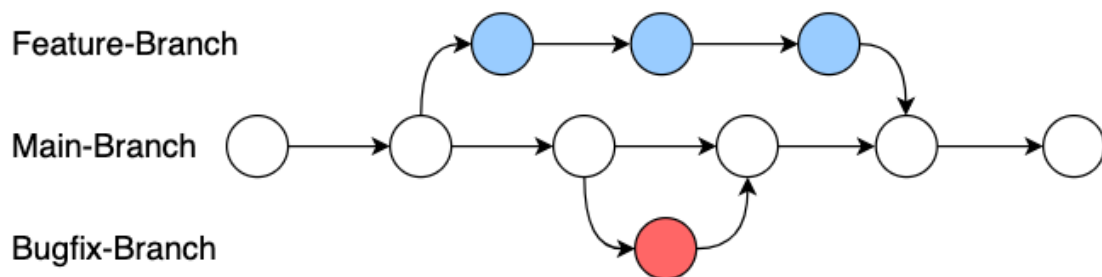


Abbildung 2: Git: Branches (Bugfix-Branch)
Quelle: Eigene Darstellung

Wie in Abbildung 2 zu erkennen, werden auch Fehlerbehebungen (Bugfixes) meist in einem anderen Branch behandelt. Nun lässt sich auch die anfangs erläuterte Problemstellung leicht erklären. Wenn ein gravierender Softwarefehler auftritt, kann das Team ausgehend vom lauffähigen **Main**-Branch einen neuen Zweig zur Fehlerbehebung eröffnen (siehe Abbildung 2, roter Kreis). Auf diesem Zweig können sie unabhängig von der Entwicklung eines neuen Features den Fehler beheben, mit dem Hauptzweig zusammenführen und das Update veröffentlichen. Wenn das Feature fertig ist, wird der **Feature**-Branch mit dem Hauptzweig zusammengeführt und der Fehler auch darin automatisch behoben. Sollte der Fehler so gravierend sein, dass

er die Entwicklung des **Feature**-Branches behindert, kann man jederzeit den nun fehlerfreien **Main**-Branch in den **Feature**-Branch mergen und den **Feature**-Branch somit wieder auf den aktuellen Stand bringen. Mergen heißt hier nichts anderes als das Zusammenführen zweier Codebasen. Dies ist auch sinnvoll, wenn die Entwicklung eines Features einen längeren Zeitraum beansprucht. Ansonsten geht man die Gefahr ein, dass sich der Hauptzweig bei der Zusammenführung so sehr verändert hat, dass er sich zu sehr vom **Feature**-Zweig unterscheidet und ein Merge sehr viel manuelle Arbeit erfordern würde.

3.2 Softwaretests

3.2.1 Allgemein

Um Programmieraufgaben vollständig automatisiert bewerten zu können, benötigt man eine Methode, welche es ermöglicht einzelne Funktionen oder Klassen eines Quellcodes auf ihre Funktionalität zu testen. In professionellen Softwareteams kommen oft *Unit-Tests*, oder auch Modultests bzw. Komponententests zum Einsatz. Sie dienen dazu, mit einer gewissen *Code Coverage* (Testabdeckung) sicherstellen zu können, dass alle Komponenten einer Applikation ordnungsgemäß funktionieren.

3.2.2 Unit-Testing

Unit-Testing ist eine Methode, um Software-Quellcode zu testen. Bei dieser Methode werden einzelne Komponenten bzw. Einheiten (Units) des Programms unabhängig voneinander mit allen erforderlichen Abhängigkeiten getestet. Meist werden Unit-Tests von den Entwicklern geschrieben, die auch das jeweilige Modul des Programms entwickelt haben. Im Fall des Online-Programmierungskurses werden die Unit-Tests durch die Aufgabensteller erstellt. Der Studierende kann dann seinen Lösungsversuch der jeweiligen Übung mithilfe der bereits gegebenen Komponententests (Unit-Tests) überprüfen. (Pajankar, 2022)

In folgendem Beispiel wird mithilfe der Python Unit-Test-Bibliothek Pytest ein einfacher Komponententest durchgeführt:

```
1  # test_my_name_is.py
2
3  # Zu testende Funktion
4  def my_name_is(name):
5      return f'Hallo, mein Name ist {name}'
6
7  # Unit-Test Funktion
8  def test_my_name_is():
9      assert my_name_is('Andreas') == 'Hallo, mein Name ist Andreas'
```

In diesem Code-Ausschnitt wird die Methode `my_name_is(name)` mithilfe der Unit-Test-Funktion `test_my_name_is()` getestet. Die Methode `my_name_is(name)` in Zeile 4 hat die Aufgabe, abhängig des in der Variable `name` übergebenen Namens, die Nachricht „Hallo, mein Name ist <NAME>“ auszugeben. <NAME> ist hier ein Platzhalter die Variable `name`.

Die Unit-Test-Funktion `test_my_name_is()` ruft die Methode `my_name_is(name)` mit dem Namen „Andreas“ auf und vergleicht das Ergebnis der Funktion mit dem erwarteten Ergebnis. Entscheidend für diesen Vergleich ist das Keyword `assert`. Nun kann der Test mit Pytest gestartet werden. Hierfür benötigt man lediglich folgenden Kommandozeilen-Befehl:

```
$ pytest test_my_name_is.py
```

Daraufhin erhält man beim erfolgreichen Bestehen des Tests folgende Ausgabe:

```
collected 1 item

test_my_name_is.py . [100%]

===== 1 passed in 0.00s =====
```

Würde man die Methode `my_name_is(name)` verändern und in das „Hallo“ ein weiteres „a“ einsetzen, würde der Komponententest wie folgt aussehen:

```
collected 1 item

test_my_name_is.py F [100%]

===== FAILURES =====
----- test_my_name_is -----

    def test_my_name_is():
>     assert my_name_is('Andreas') == 'Hallo, mein Name ist Andreas'
E     AssertionError: assert 'Haallo, mein...e ist Andreas' == 'Hallo, mein Name
ist Andreas'
E         - Hallo, mein Name ist Andreas
E         + Haallo, mein Name ist Andreas
E         ? +

test_my_name_is.py:6: AssertionError
===== short test summary info =====
FAILED test_my_name_is.py::test_my_name_is - AssertionError: assert 'Haallo,
mein...e ist Andreas' == 'Hallo, mein Name ist Andreas'
===== 1 failed in 0.01s =====
```

Pytest schlüsselt den Fehler sehr genau auf und visualisiert, wie in der Ausgabe zu erkennen ist, die Fehlerstelle auf das Zeichen genau. Direkt unter die erwartete Ausgabe gibt Pytest die tatsächliche Ausgabe aus. So kann man den entstandenen Fehler sehr schnell finden und beheben.

Die Genauigkeit und Lesbarkeit der Ausgabe ist wichtig, damit die Studierenden später bei den Programmierübungen wenig bis keine Schwierigkeiten bei der Bearbeitung haben.

3.3 Vergleich vorhandener Systeme

Nachdem die Grundlagen und Voraussetzungen für die folgende Arbeit geklärt sind, werden nun vorhandene etablierte Online-Lernsysteme miteinander verglichen und bewertet. Dabei wird jeweils der Ablauf für Studierende sowie der Ablauf für Lehrende beschrieben. Außerdem werden für jedes System mögliche Hindernisse und Probleme beim Einsatz an der Hochschule Regensburg diskutiert.

3.3.1 CS50 der Harvard University

3.3.1.1 Allgemeines

CS50 ist die ursprüngliche Bezeichnung eines Informatik-Kurses, welcher von der Harvard University ins Leben gerufen wurde und weiterhin betreut wird. Der Kurs wurde aufgrund seines Erfolgs digitalisiert und wird nun unter dem Namen CS50x auf der Online-Lernplattform edX angeboten. Die folgenden Recherchen und Aussagen über CS50 beziehen sich jeweils immer auf die Online-Version CS50x.

Der Kurs CS50 lehrt Schülern die Grundlagen der Informatik. Dabei werden diverse Programmierübungen abgefragt. Aufgrund der hohen Anzahl an Teilnehmenden besitzt der Kurs ein automatisiertes Abgabe- und Benotungssystem.

Das System hinter CS50 wird mittlerweile vielfältig eingesetzt und wurde zu einem universalen Online-Lernsystem erweitert. Jeder kann sich durch eine Authentifizierung über die Plattform GitHub im Abgabesystem von CS50 einloggen und eigene Kurse erstellen. (Harvard University, n. d. b)

3.3.1.2 Ablauf für Studierende

Den Teilnehmenden wird jede Woche ein neues Kapitel präsentiert. Dabei können sie sich sowohl durch ein Vorlesungsvideo, als auch durch geschriebene Materialien über das Thema der Woche informieren. Mit Beginn der Woche bekommen die Teilnehmenden neben den Materialien auch Programmieraufgaben, welche sie mit dem vorher genannten System bearbeiten können. (Harvard University, n. d. c)

Die Programmieraufgaben können entweder mit der, auf AWS Cloud9 basierten, Integrated Development Environment (IDE) *CS50-IDE* von Harvard, oder in jeder anderen beliebigen Ent-

wicklungsumgebung bearbeitet werden. Dies wird durch die flexible Architektur des Systems ermöglicht. Jede Funktionalität des vollautomatisierten Kurses geschieht durch öffentlich bereitgestellte Kommandozeilen-Tools. Dieses System hat den Vorteil, dass es unabhängig von der eingesetzten IDE (Entwicklungsumgebung) funktioniert. Es wird lediglich ein Terminal mit den jeweiligen Tools benötigt. (Harvard University, n. d. d)

Um einen Lösungsversuch abzugeben wird das sogenannte Werkzeug *submit50* verwendet. Um den Code vor Abgabe auf Fehler zu überprüfen, stellt Harvard das Tool *check50* bereit. Auch die Sauberkeit und Qualität des Codes können mithilfe eines Werkzeugs überprüft werden. Hierfür heißt die Softwarelösung *style50*. (Harvard University, n. d. e)

3.3.1.3 Ablauf für Lehrende

Harvard stellt die *me50-Plattform* kostenfrei zur Verfügung. Diese Plattform gestattet es Programmierkurse auf Basis der CS50-Technik zu erstellen. Hierzu müssen Lehrende genau folgenden Link in ihrem Browser eingeben: <https://submit.cs50.io/courses/new>. Der Link führt zu einer Seite, auf der man einen neuen Kurs anlegen kann. Auf die Erstellungsseite gelangt man nur über den Direktlink – eine Schaltfläche gibt es dafür nicht. Nach der Eingabe eines neuen Kursnamens öffnet sich die Einstellungsseite des neu angelegten Kurses. Dort können neben dem gerade festgelegten Namen auch die Beschreibung des Kurses, die enthaltenen Aufgaben sowie die zuständigen Admin-Accounts der Dozierenden festgelegt und geändert werden.

Neue Aufgaben bzw. Probleme können mithilfe der folgenden Anleitung erstellt werden: https://cs50.readthedocs.io/projects/check50/en/latest/check_writer. Nach der Erstellung einer Übung kann der sogenannte Slug (Name der Aufgabe) in den Kurseinstellungen referenziert werden. Dadurch wird die Übung automatisch dem vorher erstellten Kurs hinzugefügt.

In der Kursübersicht der *me50-Plattform* können Lehrende die Abgaben und Versuche der Studierenden sehen. Bei jedem Eintrag wird jeweils die erreichte Punktzahl von *check50* und *style50* angezeigt. Eine Übersicht der Abgaben können Dozierende jederzeit in Form einer *.csv*- oder *.json*-Datei pro Aufgabe herunterladen.

3.3.1.4 Architektur

Die Harvard University hält den Aufbau von CS50 weitestgehend transparent. Viele der eingesetzten Werkzeuge sind öffentlich als Open-Source-Projekte unter der GitHub-Organisation „CS50“ zu finden (Harvard University, n. d. a). Darunter befinden sich unter anderem folgende Projekte:

- submit50: Abgabe des Codes
- check50: Funktionalitätstests des Codes
- render50: Erzeugung von .PDF-Dateien aus dem Code
- ide50: Online-Entwicklungsumgebung
- style50: Überprüfung der Code-Qualität
- compare50: Plagiatserkennung von abgegebenen Projekten
- server50: Webserver

In Abbildung 3 auf der nächsten Seite ist der Aufbau der Lernplattform CS50 vereinfacht grafisch dargestellt. Die Rechtecke und Strichmännchen sind die beteiligten Komponenten des Systems. Die Pfeile zwischen den Komponenten beschreiben die jeweiligen Relationen. Von der CS50-Programm-Komponente ausgehende gestrichelte Pfeile zeigen, je nach ausgeführtem Befehl, verschiedene mögliche Relationen.

Teilnehmende dieses Online-Lehrangebots erhalten von den Dozierenden einen Einladungslink zum Kurs. Dieser Link führt sie zur me50-Plattform (<https://submit.cs50.io/>), welche gleichzeitig als Aufgabenübersicht dient. Die Authentifizierung mit der Plattform geschieht dabei über GitHub. Auf dieser Plattform können Studierende sowohl ihre Abgaben, als auch ihre Kurse übersichtlich verwalten. Neben der Weiterleitung zur me50-Plattform wird gleichzeitig in der me50-GitHub-Organisation ein leeres Repository mit dem GitHub-Username des Teilnehmers angelegt.

Nach Annahme des Einladungslinks können Studierende in jeder beliebigen Entwicklungsumgebung die Aufgaben auf der CS50-Plattform (<https://cs50.harvard.edu/>) lösen. Das Korrigieren und Abgeben der Aufgabe benötigt mindestens Zugriff auf die Kommandozeilen-Tools check50 und submit50. Diese sind über den Python-Paketmanager frei verfügbar. Harvard stellt außerdem eine kostenlose Online-IDE bereit, welche die genannten Python-Programme bereits vorinstalliert zur Verfügung stellt.

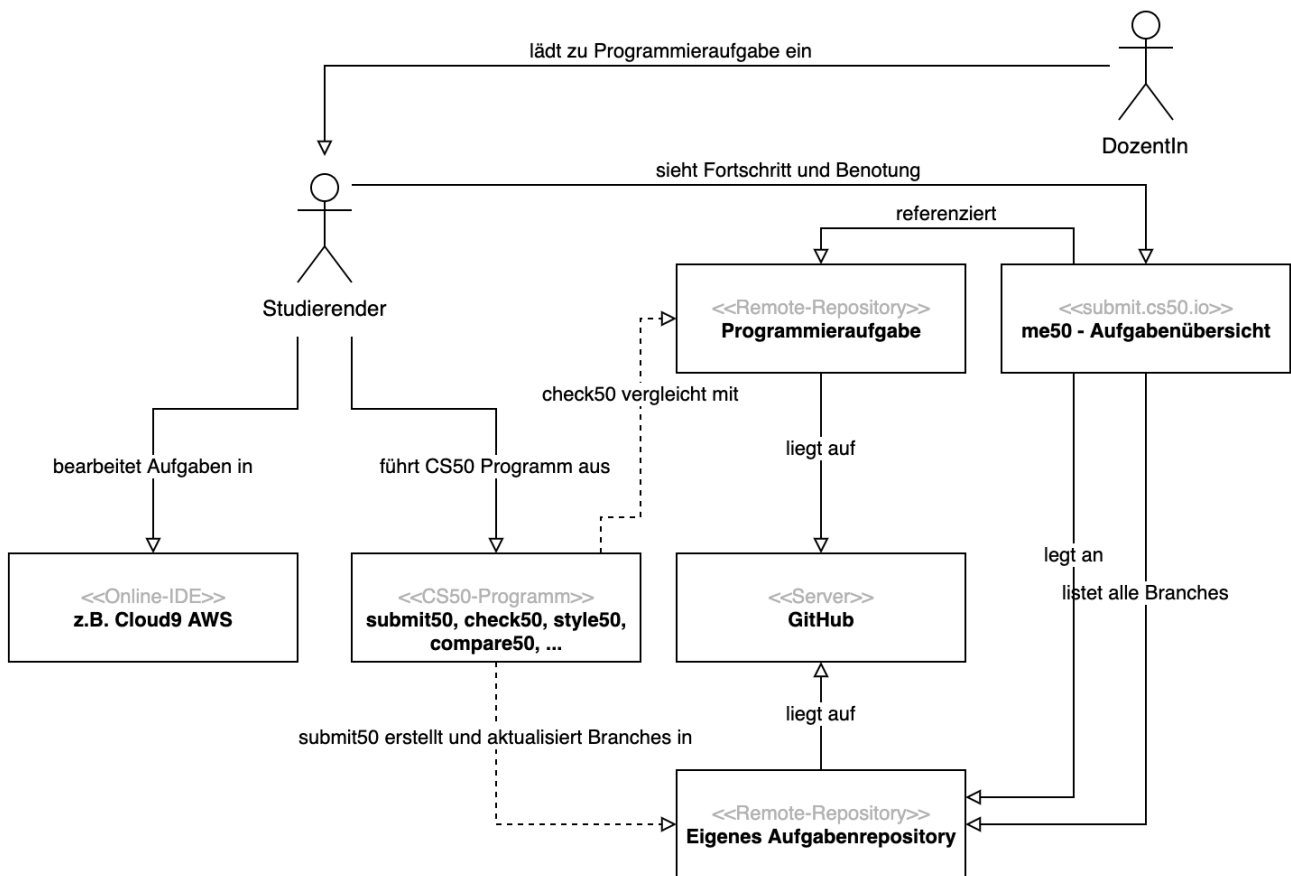


Abbildung 3: CS50 Architektur
Quelle: Eigene Darstellung

Sobald der Studierende eine Aufgabe erfolgreich gelöst hat, kann er mithilfe des Namens der Aufgabe die Lösung überprüfen und schließlich abgeben. Eine Abgabe über die Konsole kann dann beispielsweise so aussehen:

```
~/hello/ $ submit50 cs50/problems/2021/x/hello
Connecting.....
Authenticating...
Verifying.....
Preparing.....
Files that will be submitted:
./hello.c
Keeping in mind the course's policy on academic honesty, are you sure you want
to submit these files (yes/no)? yes
Uploading....
.....
Go to https://submit.cs50.io/users/ndhbr/cs50/problems/2021/x/hello to see your
results.
```

Der Parameter `cs50/problems/2021/x/hello` im Aufruf von `submit50` ist der im vorherigen Abschnitt erläuterte Slug. Das Programm `check50` wird ebenfalls mit dem Slug als Parameter aufgerufen. Durch diese Information wissen die Programme, mit welcher Aufgabe sie die Lösung des Teilnehmenden vergleichen sollen.

Die letzte Zeile verlinkt erneut auf die `me50`-Plattform und zeigt dem Kursteilnehmenden seine Abgaben dieser Aufgabe und seine damit erreichte Punktezahl. Gleichzeitig verlinkt die `me50`-Plattform auf das vorher erstellte GitHub-Repository des Lernenden. Die Plattform legt bei jeder neu abgegebenen Aufgabe einen neuen Git-Branch für diese an. Nach der Abgabe des vorherigen Beispiels hätte die Plattform folgenden Branch in dem Repository angelegt `cs50/problems/2021/x/hello`. Durch die Commit-History in diesem Branch kann man später den Verlauf der Versuche nachverfolgen.

3.3.1.5 Probleme beim Einsatz an der OTH

Die Toolchain von CS50 wäre grundsätzlich adäquat für den Einsatz an der OTH-Regensburg. Jedoch ist eines der Projekte aktuell noch nicht Open-Source: die Website zur Erstellung von neuen Kursen, Abgaben und Mitgliederverwaltung. Das heißt, dass der Quellcode dieses Projekts nicht öffentlich zugänglich ist.

Dieses Projekt ist gleichzeitig der größte Bestandteil des Netzwerks und ist deshalb essenziell für die Verwendung der Werkzeuge an der Regensburger Hochschule. Nach Rücksprache mit Herrn Carter Zenke der Harvard University ist ein Neuaufbau dieser Website mit einhergehender Veröffentlichung als Open-Source-Projekt gerade in Planung (siehe Anhang A). Einen genauen öffentlichen Zeitplan hierfür gibt es aktuell nicht. Infolgedessen ist ein Einsatz des CS50-Systems an der OTH zum heutigen Datum nicht möglich.

3.3.2 Code FREAK der Fachhochschule Kiel

3.3.2.1 Allgemeines

Code FREAK ist eine All-in-one-Lösung für Online-Programmieraufgaben mit automatisiertem Feedback. Die von der Hochschule Kiel entwickelte Open-Source-Software soll den Einstieg in eine digitale Lernumgebung vereinfachen. Die Zielgruppe von Code FREAK bezieht sich hierbei explizit auf Hochschulen und Universitäten. (Kiel University of Applied Sciences, 2019-2020)

Des Weiteren wirbt Code FREAK mit einer *LMS-Integration*. LMS ist die englische Abkürzung für Learning Management System (Lernplattform). Viele Schulen und Universitäten verwenden bekannte LMS-Systeme, wie Moodle, um Kurse, Fächer und Studierende zu verwalten (moodle.de, n.d.). Dies hat den Vorteil, dass Studierende kein extra Nutzerkonto für Code FREAK anlegen müssen. Sie können sich direkt mit ihrem gewohnten Hochschulzugang anmelden.

3.3.2.2 Ablauf für Studierende

Studierende können nach Anmeldung am System, an für sie sichtbaren Kursen (Assignments) teilnehmen. Dies geschieht meist durch einen vom Dozierenden generierten Einladungslink. Jedes Assignment enthält eine oder mehrere Aufgaben (Tasks). Sobald der Einladungslink zum Assignment akzeptiert wurde, hat die teilnehmende Person Zugang zu allen in dem Assignment enthaltenen Tasks. Die einzelnen Aufgaben werden dann entweder über die integrierte Online-Entwicklungsumgebung, durch Hochladen der Lösung, oder durch die Angabe eines Git-Remote-Repository-Links bearbeitet.

Mit dem Klick auf die „Start Evaluation“ Schaltfläche wird die hochgeladene Lösung der Aufgabe überprüft. Die Ergebnisse der einzelnen Test-Schritte werden in einem weiteren Tab visualisiert. Zusätzlich zu den üblichen Unit-Tests enthalten die Test-Schritte unter Umständen auch sogenannte *Stylechecks*. Ein Stylecheck überprüft, ob der geschriebene Code nach den für die Programmiersprache üblichen Konventionen formatiert ist. Die Evaluation einer Aufgabe kann beliebig oft wiederholt werden. Wenn alle Tests der Aufgabe bestanden wurden, wird der Task mit einem grünen Haken versehen. So sieht der Schüler in der Assignment-Ansicht auf einen Blick, welche Aufgaben er bereits gelöst hat und an welchen Aufgaben er noch arbeiten muss.

3.3.2.3 Ablauf für Lehrende

Lehrende erstellen in Code FREAK Aufgaben in einem sogenannten *Task Pool*. In diesem Task Pool können beliebig viele Tasks angelegt werden. Zusätzlich zum Verfassen einer ausführlichen Anleitung, enthält Code FREAK bei der Erstellung neuer Tasks außerdem einen Bereich, um einzelne Test-Schritte festzulegen. Diese Schritte erlauben es neben den vorher erklärten Unit-Tests (siehe Unterabschnitt 3.2.2) zusätzliche Tests, wie beispielsweise Stylechecks, nacheinander auszuführen.

Anschließend erstellen Lehrende Assignments, welche aus den vorher angelegten Tasks im Task Pool bestehen. Der Task Pool hat den Vorteil, dass mehrere Kurse dieselben Aufgaben wiederverwenden können, ohne diese redundant anlegen zu müssen. Dieses Vorgehen erhöht die Wartbarkeit der Aufgaben ungemein. Die Einzelansicht eines Kurses erlaubt es zusätzlich eine optionale Deadline sowie eine maximale Bearbeitungsdauer anzugeben. Außerdem gibt es eine Schaltfläche, um Ergebnisse und Bewertungen der Studierenden als .CSV-Datei zu exportieren. Die Lösungsversuche der Teilnehmenden werden wiederum als .ZIP- oder als .TAR-Datei zum Herunterladen angeboten.

3.3.2.4 Architektur

Code FREAK wird als fertiger Docker-Container ausgeliefert. Docker ist eine Software, um mithilfe von Containervirtualisierung einzelne Anwendungen voneinander zu isolieren. Durch die Containervirtualisierung werden unter anderem viele Abhängigkeits-, Sicherheits-, Netzwerk- und Einrichtungsprobleme beseitigt. Der Container enthält alle Bibliotheken und Abhängigkeiten, die die Software für die Laufzeit benötigt (Mouat, 2015). Docker entstand auf Basis von Linux-Containern, welche einen oder mehrere Prozesse vom restlichen System isolieren können (Red Hat, 2018).

Durch diese Handhabung kann Code FREAK mit nur einem Befehl in der Kommandozeile installiert und gestartet werden. Die Software benötigt grundsätzlich nur einen Container. Benutzt ein Studierender jedoch die integrierte Online-Entwicklungsumgebung, muss für jede Instanz ein zusätzlicher Container mit der Laufzeitumgebung der IDE gestartet werden. Jeder weitere Container benötigt weiteren Arbeitsspeicher und erhöht die Prozessorlast.

3.3.2.5 Probleme beim Einsatz an der OTH

Beim Einsatz von Code FREAK an der Hochschule Regensburg gibt es einige Probleme. Das erste Hindernis bezieht sich auf den vorher erwähnten Arbeitsspeicher. Die Praxis zeigt, dass eine Instanz der Online-IDE schon nach wenigen Quellcodedateien rund drei Gigabyte an Arbeitsspeicher verwendet. Um eine reibungslose und parallele Nutzung für alle Studierenden des Kurses gewährleisten zu können, werden dementsprechend sehr hohe Serverkosten fällig. (Kiel University of Applied Sciences, n. d. b)

Eine weitere Hürde ist die Stabilität der Software. Code FREAK befindet sich, Stand 1. April 2022, mitten in der Entwicklung, weshalb einige Funktionen und Features noch nicht ordnungsgemäß funktionieren – darunter die vorher angeworbene LMS-Integration (Kiel University of Applied Sciences, n. d. a). Zum heutigen Zeitpunkt ist das Lightweight Directory Access Protocol (LDAP) die einzige Möglichkeit, sich mit dem System zu authentifizieren. Ein eigenes Anmeldeverfahren gibt es bisher noch nicht.

LDAP steht für Lightweight Directory Access Protocol und ist ein Netzwerkprotokoll zur Durchführung von Abfragen und Änderungen in einem verteilten Verzeichnisdienst. LDAP ist der de facto Industriestandard für Authentifizierung und Autorisierung. (LDAP, n. d.)

Der Kurs Digital Skills soll den Teilnehmenden einen Überblick über den Arbeitsalltag eines Informatikers geben. Dazu gehört unter anderem die Kommandozeile. Eine Anforderung der Lernplattform ist deshalb, dass man optional neue Aufgaben herunterladen und Lösungsversuche über Befehle in der Kommandozeile testen und abgeben kann. In Code FREAK kann man Aufgaben lediglich über die Oberfläche testen und abgeben.

3.3.3 GitHub Classroom

3.3.3.1 Allgemeines

GitHub Classroom ist ein weiterer Kandidat für den Einsatz an der Hochschule Regensburg. Die Plattform ermöglicht die automatisierte Erstellung von Repositorys auf GitHub. Außerdem hilft Classroom dabei, Aufgabenvorlagen und dazugehörige Abgaben einfach zu verwalten und automatisch zu benoten. Dabei enthalten die von GitHub Classroom erstellten Aufgaben-Repositorys bereits vorkonfigurierte Zugriffskontrollen. (GitHub Inc., n. d. c)

3.3.3.2 Ablauf für Studierende

Studierende bekommen pro Programmieraufgabe einen Einladungslink. Nach Annahme der Einladung wird für jeden Studierenden automatisch ein Repository für die jeweilige Aufgabe angelegt. Dieses Repository enthält die Vorlage, welche zum Bearbeiten der Aufgabe benötigt wird.

Sobald der Studierende eine Lösung zur Korrektur abgeben möchte, kann er per Push die Änderungen in das Remote-Repository hochladen. Je nach Konfiguration der Aufgabe starten daraufhin serverseitig ein oder mehrere Tests. Wenn alle Tests bestanden sind, hat der Studierende die Aufgabe erfolgreich abgeschlossen.

3.3.3.3 Ablauf für Lehrende

Um eine Aufgabe in GitHub Classroom zur Verfügung zu stellen, bedarf es zuerst einer GitHub Organisation, sowie eines Kurses in GitHub Classroom. Sobald beides erstellt ist, können Lehrende neue Assignments (Aufgaben) mithilfe von bestehenden Vorlage-Repositorys erstellen. In der Vorlage befindet sich in der Regel ein Ordner mit Tests, welche das Ergebnis des Programms prüfen sollen. In GitHub Classroom kann demnach eine Reihe an Kommandozeilenbefehlen festgelegt werden, die dann diese Tests ausführen und je nach Ergebnis bepunkten.

Eine Übersicht über die Abgaben und erreichten Punktzahlen der Studierenden kann sich der Dozierende jederzeit per Klick auf eine Aufgabe anzeigen lassen. Gleichzeitig ist es in dieser Ansicht möglich, alle Noten als .CSV-Datei und alle Repositorys als .ZIP-Datei herunterzuladen.

3.3.3.4 Architektur

GitHub Classroom ist ein Bildungsservice der Firma GitHub Inc. und ist, Stand 1. April 2022, kostenfrei (Areliä Jones, 2020). Die Software basiert auf der Automatisierung von Repositorys. Jeder bei GitHub registrierte Nutzer kann einen sogenannten *Classroom* erstellen und darin Aufgaben auf Basis vorhandener öffentlichen GitHub-Repositorys erstellen.

3.3.3.5 Probleme beim Einsatz an der OTH

Es gibt keine Möglichkeit, das System von GitHub Classroom auf einem lokalen Git-Server zu replizieren. Aufgrund dessen schafft man sich durch die Verwendung von Classroom eine externe Abhängigkeit an GitHub. Dies kann unter Umständen zu erheblichen Problemen führen, wenn der Dienst beispielsweise nicht erreichbar oder eingestellt wird. Durch die Größe und Infrastruktur des Unternehmens ist jedoch weder ein häufiger Ausfall noch eine Auflösung des Dienstes zu erwarten.

Eine weitere Herausforderung ist der Bedarf an weiterer Software. GitHub Classroom alleine ist nicht ausreichend, um als vollständige Lernplattform für den Kurs Digital Skills zu fungieren. Hier bietet es sich an, eine eigene statische Website mit Anleitungen und Erklärungen zu bauen, welche dann jeweils auf Classroom Einladungslinks verweist. Als Online-Entwicklungsumgebung kann der Dienst Replit verwendet werden. In Replit ist es möglich, ein vorhandenes Git-Repository als Template (Vorlage) für eine neue Umgebung zu verwenden. Dieses Template könnte dann Hilfsprogramme für den Git-Workflow enthalten. Der Vorteil daran: Studierende bekommen erste Erfahrungen mit der Kommandozeile, müssen jedoch keine komplexen Git-Kommandos im Zusammenhang mit GitHub Classroom absetzen.

3.3.4 Bewertung und Entscheidung der vorhandenen Systeme

Die auf der nächsten Seite folgende Abbildung 4 visualisiert die erläuterten Systeme und bewertet diese anhand der vorher definierten Anforderungen (siehe Abschnitt 2). Die blau hinterlegten Zeilen repräsentieren die nichtfunktionalen Anforderungen. Alle rosa hinterlegten Zeilen wiederum repräsentieren die funktionalen Anforderungen aus der Sicht des Teilnehmers. Der letzte, gelb hinterlegte, Teil spiegelt schließlich die funktionalen Anforderungen aus der Sicht der Lehrenden wider.

Die erste Spalte enthält die Namen der Anforderungen, während in der zweiten Spalte die Gewichtungen der Anforderungen aufgeführt sind. Der valide Bereich dieser Spalte befindet sich

zwischen einschließlich 0,00 und 1,00. Eine 1,00 bedeutet, dass die Anforderung für den Einsatz an der Hochschule sehr wichtig ist. Je niedriger der Wert, desto unwichtiger die Anforderung.

Die Spalten drei, vier und fünf enthalten die Bewertungen, in welchem Grad die Systeme die Anforderungen erfüllen. Hierbei gilt ähnlich wie bei der Gewichtung: je höher der Wert, desto besser. Der valide Bereich befindet sich hier jedoch zwischen 0,0 und 3,0. Der Wert 0 bedeutet, dass das Feature nicht vorhanden ist, oder nicht zutrifft. Eine 3 wiederum stellt eine völlige Übereinstimmung mit der geforderten Anforderung dar. Alle Werte dazwischen bilden lineare Zwischenwerte. Die Spalten enthalten hierbei das Ergebnis der Multiplikation aus der Bepunktung mit der Gewichtung. Sowohl die Punkteverteilung und Festlegung der Gewichtungen als auch die Recherchen über die gegebenen Plattformen und Anforderungen wurden von Andreas Huber durchgeführt.

Anforderungen:
Blau: Nichtfunktionale Anforderungen
Rosa: Funktionale - Studierende
Gelb: Funktionale - Lehrende

Punkte:
0: Nicht vorhanden
1: Mangelhaft
2: Befriedigend
3: Gut

Gewichtung:
0,00: Unwichtig
1,00: Sehr wichtig

Anforderung	Gewichtung	submit50	GitHub Classroom	Code FREAK
Open Source	0,50	0,5	0	1,5
Stabilität	1,00	3	3	1
Lokales Hosting möglich	0,70	0,7	0	1,4
Kosten bzw. benötigte Ressourcen	1,00	3	3	3
Moodle-/LMS-Integration	0,80	0	2,4	0,8
Anzahl möglicher Programmiersprachen	0,80	0,8	2,4	2,4
Intuitiv für Nicht-Informatiker nutzbar	0,80	0,8	1,6	2,4
Fortschritts-Übersicht	0,80	1,6	1,6	2,4
In-Browser-IDE	1,00	3	3	1
Unabhängigkeit IDE	1,00	3	3	2
Konstruktives Feedback	1,00	3	3	3
Code Style Check	0,80	2,4	1,6	2,4
Einfache Abgabe	0,80	1,6	1,6	2,4
Abgabemöglichkeit über Commandline	1,00	3	3	0
Versuchsverlauf	0,80	2,4	2,4	1,6
Aufwand neue Aufgaben zu erstellen	1,00	1	2	2
Deadline-Funktion	1,00	0	3	3
Aufgaben vorläufig unsichtbar machen	0,30	0	0	0,9
Mehrere Administratoren	0,50	1,5	1,5	0
Download aller Abgaben eines Kurses	1,00	2	3	3
Aufgaben editierbar	1,00	3	3	3
Liste der Aufgaben sortiert nach Kurs	0,50	0	0	0
Fortschrittsübersicht der Studierenden	0,80	1,6	1,6	2,4
Summe		37,9	45,7	41,6

Abbildung 4: Vergleich und Benotung der Systeme
Quelle: Eigene Darstellung

Zusammenfassend befinden sich in der letzten Zeile die Summen der Benotungen. In diesem Fall hat das System mit GitHub Classroom die meisten Punkte erreicht und wird somit als geeigneter Kandidat für die Programmierplattform des Zusatzstudiums Digital Skills weiter evaluiert.

3.4 Finale Architektur des Digital Skills Coding Course

3.4.1 Tutors als Aufgabensammlung

Das freie Open-Source-Projekt *Tutors* ist eine Sammlung von Softwarepaketen, die entwickelt wurden, um Online-Kurse mit Vorlesungen, Übungen, Videos und Kursmaterialien zu erstellen und durchzuführen. (Tutors Team, n. d.)

Durch die Funktionalität, Kursmaterialien und Übungen zu erstellen, dient Tutors ideal als Aufgabensammlung des Programmierkurses. Auf der Plattform kann neben dem Programmierkurs auch der gesamte Inhalt des Zusatzstudiums eingeteilt in Semester, Module und Labs hochgeladen werden. Im Programmierkursmodul verweist jede Aufgabe jeweils auf den Einladungslink der GitHub-Classroom-Aufgabe.

Neue Anleitungsseiten können mithilfe der in der Informatik üblichen Dokumentensprache Markdown angelegt, formatiert und präsentiert werden. Wie der Abbildung 5 auf der nächsten Seite zu entnehmen ist, kann eine Markdown-Anleitung in jedem beliebigen Text-Editor geschrieben werden.

In diesem Fall befindet sich links der Text-Editor und rechts die Vorschau des daraus interpretierbaren Dokuments. Grundsätzlich bleibt eine Markdown-Datei unkompiliert. Es gibt jedoch einige Programme und Tools, die die Dateien nach dem Markdown-Standard interpretieren und für den Betrachter formatiert ausgeben.

Die elfte Zeile des Markdown-Dokuments im Text-Editor zeigt eine Überschrift, welche durch zwei Rautezeichen (##) markiert wird. Diese Überschrift ist bereits eine Unterüberschrift. Der Titelüberschrift wird lediglich ein Rautezeichen vorangesetzt, währenddessen eine Unterunterüberschrift drei Rautezeichen benötigt (siehe Zeile 29 in Abbildung 5).

Projekte, wie Tutors, interpretieren diese Rautezeichen als Überschrift und können so die Schriftgröße und Abstände für alle hinter den Rautezeichen stehenden Wörter anpassen. Das Rautezeichen ist nur ein Beispiel für eines von vielen verschiedenen Formatierungszeichen. Aus diesen simplen Formatierungszeichen entsteht später für den Teilnehmenden ein gut lesbares Online-Dokument. (Liepins, n. d.)

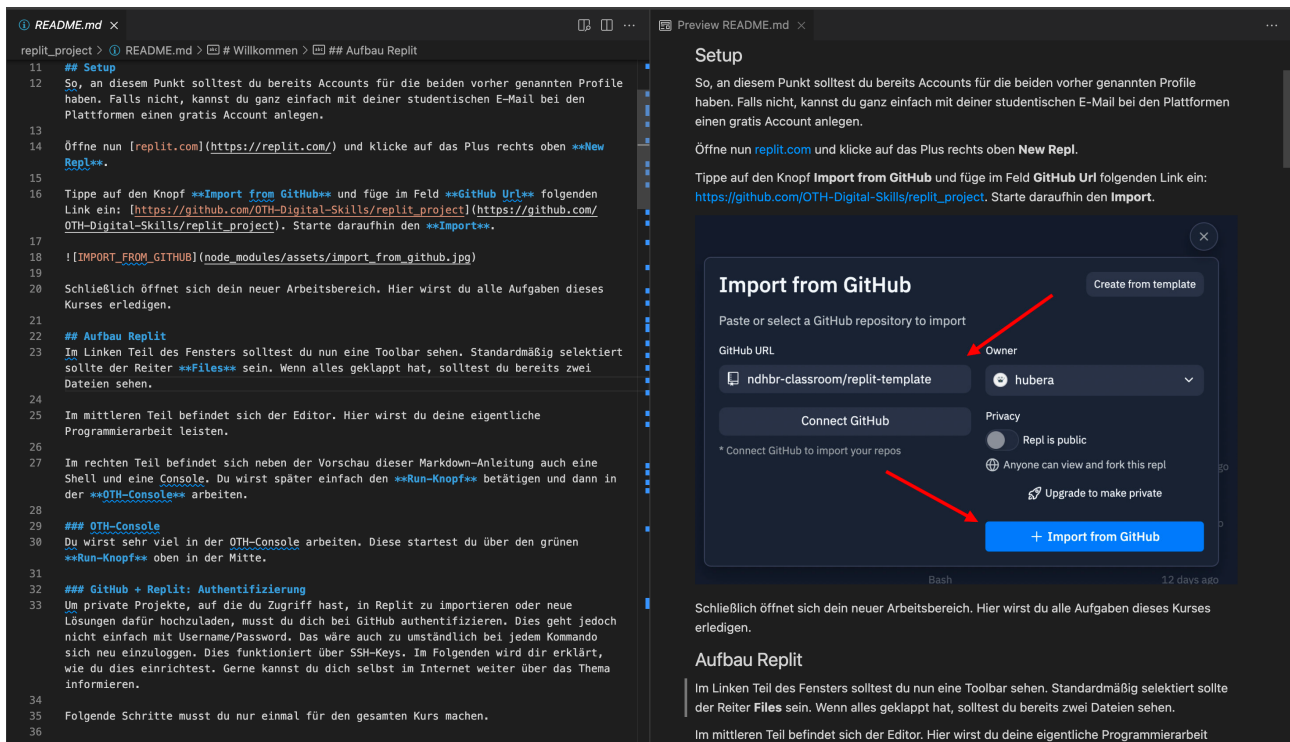


Abbildung 5: Erstellung eines Markdown-Dokuments
Quelle: Eigene Darstellung

3.4.2 Replit als Online-Entwicklungsumgebung

Der Programmierkurs soll für jeden Teilnehmer ohne komplizierte Installationen durchführbar sein. Aus diesem Grund wurde die Entscheidung gefällt, eine Online Entwicklungsumgebung einzusetzen.

Der Vorteil an Replit ist, dass man den Studierenden durch ein Vorlagenrepository alle nötigen Konfigurationen und Programme im Vorhinein bereitstellen kann. Sobald ein sogenanntes *Repl* (Bezeichnung für ein Projekt in Replit) mit der erwähnten Vorlage erstellt wurde, kann der Studierende ohne Installation geräteübergreifend online programmieren (Replit Docs, n. d. b). Der Teilnehmer muss daraufhin lediglich auf den „Run“-Knopf drücken, welcher die später näher erläuterte *OTH-Console* startet und schließlich alle benötigten Abhängigkeiten bereitstellt.

3.4.3 GitHub Classroom als Abgabe- und Bewertungssystem

GitHub Classroom eignet sich für den Einsatz an der Hochschule vor allem durch seine Flexibilität und Einfachheit. Durch diese Flexibilität ist es möglich, GitHub Classroom nur als

eine austauschbare Komponente des Systems zu verwenden. Classroom übernimmt im System die Rolle des Aufgabenservers. Hier werden alle Aufgabenvorlagen, sowie alle Versuche der Studierenden gespeichert und bewertet.

Sollte diese Komponente des Systems ausfallen, besteht weiterhin Replit als Online-IDE, sowie Tutors mit den jeweiligen Anleitungen. Dadurch muss lediglich ein adäquater Ersatz für GitHub Classroom gefunden und installiert werden. Selbiges Austauschprinzip gilt für alle anderen Komponenten des Systems auch.

4 Konfiguration und Implementierung

Nachdem die Entscheidung über die zu verwendende Architektur getroffen ist, folgt nun die Konfiguration der einzelnen Komponenten. Im ersten Schritt wird Tutors als Aufgabensammlung erläutert. Danach geht es um die Automatisierung der Benotung und Quellcodeverwaltung mit GitHub Classroom. Anschließend folgt die Erstellung und Programmierung eines Template-Repositorys, welches diverse Hilfsprogramme enthält, um den Workflow für die Studierenden zu erleichtern.

4.1 Tutors als Aufgabensammlung

Da der Programmierkurs nur ein Teil eines ganzen Modulkatalogs des Studiums Digital Skills ist, übernehmen die Einrichtung und Konfiguration von Tutors die hierfür zuständigen wissenschaftlichen Mitarbeitenden des Zusatzstudiums.

Für die Einpflegung der Aufgaben werden lediglich Anleitungen sowie jeweils dazugehörige Thumbnails (Vorschaubilder) benötigt. Die Anleitungen werden, wie in Unterabschnitt 3.4.1 genauer erläutert, im standardisierten und weit verbreiteten Format Markdown verfasst.

Anleitungen können durch Markdown mit verhältnismäßig wenig Aufwand verfasst werden und schließlich als `README.md`-Datei im Aufgaben-Repository abgelegt werden. Dies hat den Vorteil, dass die Anleitung auch in der Versionskontrolle der Aufgabe enthalten ist. Außerdem bieten GitHub und Replit die Funktionalität beim Klick auf die Aufgabe die Anleitung neben Tutors auch zusätzlich formatiert anzuzeigen.

4.2 GitHub Classroom

4.2.1 Konfiguration

Für die Einrichtung wird eine GitHub Organisation erstellt. GitHub Organisationen können von jedem GitHub-User erstellt werden und benötigen lediglich einen Namen und eine Kontakt-E-Mail-Adresse (GitHub Inc., n. d. b). Die Organisation dieses Kurses beherbergt alle Aufgabenvorlagen, die später näher erläuterte Vorlage für Replit, sowie alle Aufgabenrepositories der Studierenden.

4.2.2 Erste Aufgaben

Nach der Erstellung der OTH-Organisation werden die Aufgabenvorlagen erstellt. Aufgabenvorlagen sind in GitHub Classroom normale Repositorys, welche in GitHub als Template markiert wurden. Sie beinhalten meist zusätzlich Unit-Tests, um den Code darin zu prüfen.

Das Kursmodul „Grundlagen der Programmierung“ setzt im ersten Schritt auf Übungen mit der Programmiersprache Python. Sobald die Organisation mit Python-Aufgaben gefüllt ist, kann der Classroom für den Kurs angelegt werden. Anfangs ist ein Classroom, wie die Organisation auch, leer. Über die Oberfläche können neue Assignments erstellt werden. Assignments sind Aufgaben, welche dem Studierenden zur Verfügung stehen. Für jedes vorher angelegte Aufgabenrepository wird ein Assignment erstellt. Bei der Erstellung gibt man verschiedene Konfigurationsparameter an. Dazu gehört die Auswahl, ob eine Übung von Einzelpersonen oder einer Gruppe bearbeitet werden kann, oder ob die jeweiligen Versuche für alle Studierenden oder nur für die Lehrenden sichtbar sein sollen. Ferner gibt es die Möglichkeit eine Deadline, sowie den Starter Code anzugeben. Für den Starter Code wird in diesem Fall immer jeweils das Aufgabenrepository aus der vorher erstellten Organisation ausgewählt. (GitHub Inc., n. d. a)

4.2.3 Tests und Benotung

Im nächsten Schritt legt man die Benotung und das Feedback fest. Das Autograding (die Benotung) geschieht über Kommandos in der Konsole. Im vorliegenden Fall beinhaltet jedes Aufgabenrepository einen Ordner mit Pytest-Tests. Pytest ist eine Code-Test-Bibliothek für Python. Die Assignments wurden so konfiguriert, dass GitHub nach jedem Push zum Repository des Studierenden die Pytest-Tests startet. Wenn alle Tests erfolgreich sind, erhält der Studierende eine vorkonfigurierte Punktzahl. Durch Classroom ist es außerdem möglich, jedem Test eine individuelle Punktzahl zuzuweisen. So kann man dem Schüler neben der erfolgreichen Ausführung beispielsweise noch Bonuspunkte für das Berücksichtigen von nicht geplanten Eingaben vergeben. (GitHub Inc., n. d. a)

4.3 Erstellung eines Replit-Starter-Templates

Sobald die Anleitungen in Tutors veröffentlicht und die Aufgaben in GitHub Classroom als Assignments erstellt wurden, folgt nun die Konfiguration von Replit. Damit der Workflow der Studierenden mit der Online-IDE unterstützt wird, erstellt Herr Huber ein dafür hilfreiches Template-Repository.

4.3.1 Template-Repository

Wie vorher bereits erwähnt, heißen Projekte in Replit Repls. Ein Repl ist in Replit ein vollumfänglicher Arbeitsbereich, um neue oder bestehende Software zu entwickeln. Neben einer Dateiübersicht, einem Texteditor und einer Konsole enthält der Arbeitsbereich viele weitere Funktionen. Dazu zählt unter anderem eine eingebaute Oberfläche für die Versionskontrolle Git, ein Quellcode-Debugger, eine lokale Key-Value-Datenbank, private Umgebungsvariablen, sowie ein spezieller Bereich für Unit-Tests.

Repls können auf Basis von bestehenden GitHub Repositories erzeugt werden. Durch den Import eines Repositories, werden alle im Repository vorhandenen Dateien in den neuen Arbeitsbereich kopiert. Diese Funktionalität ermöglicht das Bereitstellen von Hilfsprogrammen und Dateien, die die Bearbeitung der Kursaufgaben für den Teilnehmenden erleichtern.

Aus diesem Grund wurde ein öffentliches Repository in der vorher erstellten GitHub Organisation angelegt. Dies ist das Template, welches später von den Studierenden als Starter-Vorlage in Replit verwendet wird (Huber, 2022d). Replit versteckt zudem alle Dateien, welche sich in einem Ordner namens `node_modules` befinden. Normalerweise wird der Ordner automatisch im Kontext mit externen Modulen der JavaScript-Bibliothek Node.js verwendet (npm Inc., n. d.). Das ist auch der Grund, weshalb Replit diesen Ordner automatisch versteckt. Dieses Verhalten nutzen wir, um Hilfsprogramme und Konfigurationen zu verstecken.

Studierende werden den ganzen Kurs in einem einzigen Repl absolvieren. Jede Programmieraufgabe wird als Ordner in den Repl Arbeitsbereich abgespeichert. Um die Aufgaben herunterladen, prüfen und schließlich abgeben zu können, benötigt man Git-Kenntnisse, sowie Erfahrungen mit Test-Frameworks, wie zum Beispiel pytest. Im `node_modules`-Ordner des Starter-Templates befinden sich diverse Hilfsprogramme, welche den Studierenden bei der Einrichtung und Verwaltung der Programmieraufgaben unterstützen.

4.3.2 Hilfsprogramme (get, check, submit)

Die Kommandozeilen-Tools `get`, `check` und `submit` sind Bourne-again shell (Bash) Skripte. Über den Konsolenbefehl `get <PROJEKT-REPOSITORY>` kann der Studierende die Aufgabe in seinen Arbeitsbereich (Repl) laden. Das Skript durchsucht die im Code definierte Organisation nach einem Repository mit dem übergebenen Namen und lädt es schließlich über den Befehl `git clone` in den Arbeitsbereich herunter.

Der Befehl `check <PROJEKT-REPOSITORY>` erlaubt es, die Aufgabe auf Fehler überprüfen zu lassen. In jedem Aufgabenrepository befindet sich eine `.language`-Datei, welche die für die Aufgabe verwendete Programmiersprache enthält. Das `check`-Skript liest die `.language`-Datei aus und entscheidet daraufhin, welche Befehle zum Ausführen der Tests nötig sind. Python ist die vom Zusatzstudium Digital Skills verwendete Programmiersprache. In diesem Fall installiert das Skript zuerst die nötigen Abhängigkeiten mit

```
$ pip3 install pytest --quiet
```

Der Parameter `--quiet` verhindert für den Teilnehmer unübersichtliche Konsolenausgaben. Sobald das Testframework für Python installiert ist, führt das Skript den Befehl `pytest` aus und startet somit die Ausführung der Unit-Tests.

Schließlich pusht der Befehl `submit <PROJEKT-REPOSITORY>` den Lösungsversuch in das GitHub Classroom Aufgabenrepository des Kursteilnehmers. Dazu überprüft das Skript zuerst, ob es in der Zwischenzeit Änderungen am Repository gab und lädt diese gegebenenfalls zuerst herunter. Anschließend erstellt das Skript einen automatisierten Commit und lädt diesen in das Remote-Repository in die GitHub-Organisation des Kurses hoch.

Damit die Skripte ordnerunabhängig ausgeführt werden können, werden Konsolenalias benötigt. Konsolenalias können in einer Bash-Konsole beispielsweise über das Anhängen folgender Zeile an die `.bashrc`-Datei erstellt werden:

```
$ alias befehl="echo Hallo"
```

Bash ist eine Art „Standard-Shell“ unter Linux und wird auch von Replit als Konsole eingesetzt (ubuntu Deutschland e.V., n.d.). Bei jeder neuen Konsolensitzung wird dann der Alias aus der Datei eingelesen und angewendet. Die genannte Datei befindet sich in der Regel im Benutzerverzeichnis, welches außerhalb des Arbeitsbereiches in Replit liegt. Alle Änderungen außerhalb des Arbeitsbereiches werden jedoch von Replit nach jeder Sitzung zurückgesetzt. Um dieses Problem zu umgehen, hat Herr Huber die nun folgende *OTH-Console* entwickelt.

4.3.3 OTH-Console

Sobald der Studierende in seinem Repl auf den Run-Knopf drückt, startet die sogenannte OTH-Console in der Konsole. Dies ist eine neue modifizierte Konsoleninstanz, welche alle für die Arbeit benötigten Konfigurationen enthält.

Beim Start der OTH-Console beginnt die Ausführung des Python-Einrichtungsskripts `setup.py`, welches die benötigten Dateien in das Benutzerverzeichnis schreibt.

Zuerst wird eine Konfigurationsdatei für Bash angelegt. In diese werden alle benötigten Aliase (`get`, `submit`, `check` und `github`) geschrieben. Außerdem wird GitHub, falls noch nicht vorhanden, zu den sogenannten *Known Hosts* im SSH-Ordner hinzugefügt. Der Vorteil daran ist, dass der Studierende bei der ersten Verbindung mit GitHub (bspw. durch den `get`-Befehl) keine SSH-Authentizitätsprüfung bestätigen muss (`ssh.com`, n. d.). Als letztes wird in der Konfigurationsdatei noch das Aussehen des *Bash Prompts* festgelegt.

Im nächsten Schritt wird die passwortlose Authentifizierung mit GitHub eingerichtet. Hierzu benötigt man ein SSH-Schlüssel-Paar, welches automatisch, falls nicht vorhanden, durch das Einrichtungsskript erzeugt wird. Nach der Erzeugung wird es neben dem SSH-Ordner auch in die Repl-Nutzer-Datenbank geschrieben. Die Datenbank ist ein simpler Key-Value-Speicher, welcher jeweils pro Replit-Projekt existiert (Replit Docs, n. d. a). Sobald der Studierende Replit neu startet und das Benutzerverzeichnis gelöscht wurde, holt sich das Einrichtungsskript die SSH-Keys aus der Datenbank und schreibt sie wieder zurück in die jeweiligen Dateien. Dasselbe Verfahren wird ebenfalls für die Konfiguration von Git angewandt. Git benötigt, um Commits zu pushen, einen Namen mit zugehöriger E-Mail-Adresse (Software Freedom Conservancy, n. d.). Diese Daten werden zusammen mit den SSH-Keys in der Replit-Datenbank gespeichert.

Nach der Ausführung des Einrichtungsskripts, wird eine neue Bash-Konsolen-Instanz, mit der gerade angelegten Konfigurationsdatei als Parameter, gestartet.

4.3.4 SSH-Keys

Um das vorher generierte SSH-Schlüsselpaar für die Authentifizierung gegen GitHub zu verwenden, muss der öffentliche Schlüssel noch zu dem GitHub-Profil des Studierenden hinzugefügt werden. Hierfür enthält das Starter-Template ein weiteres Programm auf Basis von Python, welches mit dem Befehl `github` in der OTH-Console ausgeführt werden kann. Dieses weitere Tool lädt den im SSH-Ordner gespeicherten öffentlichen Schlüssel und gibt ihn zusammen mit einem Link zum Hinzufügen von SSH-Keys in GitHub aus.

Des Weiteren überprüft das Programm, ob Git bereits konfiguriert ist. Um Commits zu erstellen, benötigt Git wie vorher bereits erwähnt einen Namen sowie eine dazugehörige E-Mail-Adresse. Sind die benötigten Werte nicht in der Replit-Datenbank vorhanden, fragt das Programm den User nach dem Namen und der studentischen E-Mail-Adresse. Nach gültiger Eingabe der Daten werden diese Werte in der nutzerspezifischen Replit-Datenbank des Arbeitsbereiches hinterlegt. Damit Git die Werte übernehmen kann, werden sie, wie beim Einrichtungsskript auch, direkt in eine dafür vorgesehene Git-Konfigurationsdatei geschrieben.

5 Studie: Test an fachfremden Studierenden

5.1 Allgemein

In einer Studie sollen Fehler und mögliche Hindernisse in den Aufgaben der Programmierplattform gefunden und analysiert werden. Damit die Studie möglichst realitätsnah ist, fällt die Wahl hierbei auf eine Feldstudie mit fachfremden Studierenden. Wie im späteren Anwendungsfall auch werden Studierende mithilfe der Online-Programmierplattform selbstständig Aufgaben lösen. (Prof. Dr. Rudolf Johannes Wilhelm Bergius, n. d. a)

Nach Vollendung der Tests sollen Schwachstellen und Lücken der Programmieraufgaben (Anleitungen, Fehlerbeschreibungen, Aufbau, Schwierigkeit, ...) gefunden, behoben und für zukünftige Aufgaben berücksichtigt werden.

5.2 Methode

Um für jeden Durchlauf gleiche Testbedingungen sicherstellen zu können, wird von Herrn Huber ein Testkonzept ausgearbeitet. Bei jeder Durchführung wird sich auf die Regeln und den Ablauf des Testkonzepts bezogen. Das vollständige Testkonzept befindet sich im Anhang B.

Das Testkonzept legt im Grunde die Metadaten der Studie fest. Neben der Zielsetzung, der Zielgruppe und der Dauer des Tests wird in dem Konzept auch die Methodik festgelegt.

5.2.1 Teilnehmende

Die Zielgruppe der Studie lässt sich durch wenige Parameter definieren. Sie ist äquivalent zur Zielgruppe des Zusatzstudiums Digital Skills. Gesucht sind folglich Studierende, welche keine Studiengänge der Fakultät Informatik und Mathematik belegen. Mit dieser Vorraussetzung qualifiziert man sich für die Teilnahme am Zusatzstudium Digital Skills und dadurch implizit auch für die Anteilnahme an der folgenden Studie.

Um eine gleichmäßig verteilte Stichprobenmenge zu erhalten, werden mindestens fünf Testpersonen aus fünf unterschiedlichen Studiengängen für die Durchführung benötigt. Wie auf der nächsten Seite in Tabelle 1 absolut dargestellt, ist das Geschlechterverhältnis mit 40 % männlichen Teilnehmern sehr ausgeglichen. Folgende Tabelle enthält neben dem Geschlecht auch das jeweilige Alter, sowie den Studiengang und das Semester der Testpersonen. Das Alter ist wichtig, um eine realistische Abbildung der Zielgruppe von Digital Skills zu erzeugen.

Geschlecht	Alter	Studiengang	Semester
Weiblich	22	Betriebswirtschaftslehre (B.A.)	5
Weiblich	21	Bauingenieurwesen (B.Eng.)	5
Weiblich	22	Psychologie (M.Sc.)	3
Männlich	23	Brauwesen und Getränketechnologie (M.Sc.)	1
Männlich	23	Regenerative Energietechnik (B.Eng.)	6

Tabelle 1: Studienteilnehmer:innen

5.2.2 Ablauf des Tests

Die Studienbefragungen fanden zwischen dem 11. Februar 2022 und dem 6. März 2022 statt. Die Tests wurden in Form eines Interviews online über eine Software für Videokonferenzen durchgeführt.

Am Anfang wurde vom Beobachter der Studie, Andreas Huber, das Zusatzstudium Digital Skills anhand eines einseitigen Infodokuments vorgestellt (siehe Anhang C). Das Infodokument wurde von Frau Lachmann erstellt und enthält eine Kurzzusammenfassung des Programms. Frau Lachmann ist zudem zuständig für die Konzeption und Evaluation innerhalb des Zusatzstudiums.

Danach wurde den Teilnehmern die Agenda (siehe Anhang B) vorgetragen. Anschließend wurden den Personen jeweils vier Fragen gestellt. Die Fragen mussten mit Schulnoten von 1 bis 6 beantwortet werden. Die Note 6 bedeutete hier immer eine vollständige Verneinung, während eins einer völligen Zustimmung entsprach. Alle restlichen Noten bildeten wie gewohnt lineare Zwischenwerte.

Nachdem die Fragen von der teilnehmenden Person beantwortet wurden, wurde sie dazu aufgefordert die Bildschirmübertragung starten. Währenddessen notierte der Beobachter die Ergebnisse der Fragen in eine vorher angelegte Tabelle.

Der Teilnehmer wurde nachfolgend darauf hingewiesen, dass die Studie der Think-Aloud-Methodik folgt. Die Think-Aloud-Methode ist eine Forschungsmethode, bei der der Testteilnehmer darum gebeten wird, seine Gedanken laut auszusprechen. Mit dieser Methode können mögliche Aufhänger und Probleme in den Anleitungen der Aufgaben leichter gefunden werden. Der Beobachter des Tests schreibt alle Anomalien kategorisiert nach Teilnehmenden und Fortschritt des Tests auf. (Prof. Dr. Rudolf Johannes Wilhelm Bergius, n. d. b)

Aufkommende Fragen konnten vom Beobachter beantwortet werden. Sollte eine Frage bzw. Aufgabe unlösbar erscheinen, gab es am Ende jeder Aufgabe einen Lösungsvorschlag. Dieser sollte jedoch nur aufgeklappt werden, wenn keine realistische Chance der selbstständigen Lösung des Problems bestand.

Als Nächstes wurden die im folgenden Unterabschnitt 5.2.3 erläuterten Aufgaben durch den Testteilnehmer bearbeitet. Während der Bearbeitung wurde die dafür benötigte Zeit durch den Beobachter mit einer Stoppuhr gestoppt.

Abschließend konnte der Studierende die Bildschirmübertragung wieder beenden und sich auf das Nachgespräch konzentrieren. Hierbei wurden dem Teilnehmer noch fünf weitere Fragen gestellt. Die Fragen mussten – wie vorher auch – in Schulnoten von 1 bis 6 beantwortet werden. Die Ergebnisse der Fragen wurden vom Beobachter notiert und in die vorher erwähnte Datentabelle eingetragen.

Als grober Leitfaden wurde eine Dauer von 30 bis 60 Minuten festgelegt, dies sollte jedoch kein hartes Zeitlimit darstellen. Der Test sollte möglichst unabhängig ablaufen und konnte bei möglichen Unverständnissen auch deutlich länger dauern. Gemäß einer Feldstudie darf das Ergebnis der Studie nicht durch eine mögliche Manipulation, wie beispielsweise durch eine zeitliche Barriere, verfälscht werden.

Auf eine Entschädigung der Teilnehmenden wurde aufgrund mangelnder Budgets verzichtet. Alle Teilnehmenden absolvierten die Studie freiwillig.

5.2.3 Materialien

5.2.3.1 Fragen

Folgende Fragen wurden den Teilnehmenden vor Beginn der Bearbeitung gestellt:

- Hast du schon einmal erwägt, eine Programmierausbildung anzustreben? (1: will ich definitiv noch machen; 6: noch nie) [**PRE1**]
- Hast du schon einmal programmiert? (1: ständig; 6: noch nie) [**PRE2**]
- Wie fit fühlst du dich am PC? (1: sehr fit; 6: gar nicht) [**PRE3**]
- Würde für dich das Zusatzstudium Digital Skills in Frage kommen? (1: unbedingt; 6: auf keinen Fall) [**PRE4**]

Nach Bearbeitung der Aufgaben mussten die Studierenden noch folgende fünf Fragen beantworten:

- Wie schwer kam dir die Einrichtung, bis zum Zeitpunkt, an dem du die erste Aufgabe heruntergeladen hast, vor? (1: sehr leicht; 6: sehr schwer) [**PAST1**]
- Hattest du Schwierigkeiten mit Aufgabe 1? (1: nein, keine; 6: zu komplex) [**PAST2**]
- Hattest du Schwierigkeiten mit Aufgabe 2? (1: nein, keine; 6: zu komplex) [**PAST3**]
- Hast du verstanden, was du in den Aufgaben genau gemacht hast? (1: ja vollkommen; 6: nein, gar nicht) [**PAST4**]
- Würdest du nach Abschluss des Tests deine Meinung zur Frage am Interesse eines Zusatzstudiums für Digital Skills ändern? (1: unbedingt; 6: auf keinen Fall) [**PAST5**]

Alle aufgezeigten Fragen wurden durch den Beobachter und Initiator der Studie, Andreas Huber, selbst entwickelt. Die in eckigen Klammern stehenden Bezeichnungen dienen zur Identifikation der jeweiligen Fragen für die später folgende Auswertung.

5.2.3.2 Aufgaben

Der Test besteht aus vier für die Studie vereinfachten Aufgaben. Die erste Aufgabe beschäftigt sich lediglich mit der Einrichtung des Arbeitsplatzes in Replit und GitHub-Classroom. Die Studierenden sind dazu aufgefordert, das in Unterabschnitt 4.3 besprochene Replit-Template zu klonen und in Replit einzurichten. Dazu gehört das Hinzufügen des SSH-Keys zu GitHub, sowie das Herunterladen der ersten Aufgabe. (Huber, 2022d)

Die zweite Aufgabe ist eine Programmieraufgabe mit der Sprache Python. Es handelt sich hierbei um eine vereinfachte Version der später in produktiv eingesetzten Aufgabe „Lab 4: Hello“. Die bereits gegebene Vorlage der Aufgabe fragt den User nach seinem Namen. Nach der Eingabe schließt sich das Programm wieder. (Huber, 2022a)

Die Aufgabe des Teilnehmenden ist es nun den Namen in folgenden Format wieder auszugeben: `Hallo, mein Name ist <NAME>`. Der Platzhalter `<NAME>` soll dabei durch den vorher abgefragten Namen ersetzt werden. Diese Aufgabe kann der Teilnehmer mit einer einzigen Codezeile lösen. Die Ausgabe der Lösung sieht, wie auf der nächsten Seite dokumentiert, in etwa so aus:

```
$ python main.py
Wie ist dein Name? Andreas
Hallo, mein Name ist Andreas!
```

Der ausgegebene Name ist wie vorher beschrieben flexibel und abhängig von der Eingabe des Nutzers.

Die dritte Aufgabe ist ebenfalls eine Programmieraufgabe mit der Sprache Python. In dieser Übung geht es um die erste Verwendung einer **for**-Schleife. Am Anfang der Anleitung wird sehr ausführlich erklärt, was eine **for**-Schleife ist, weshalb man sie braucht und wie man sie anwendet. Danach wird die Aufgabenstellung erklärt, welche ähnlich zur zweiten Aufgabe ist. (Huber, 2022a)

Dieses Mal wird der Nutzer nach Start des Programms nicht nur nach seinem Namen gefragt, sondern auch nach der Anzahl, wie oft der Name ausgegeben werden soll. Wie auch in der vorherigen Aufgabe schließt sich standardmäßig das Python-Skript gleich wieder. Der Testteilnehmer muss nun eine Schleife programmieren, sodass der Name mit der aktuellen Zählvariable *n*-mal ausgegeben wird. Der Name und die Anzahl an Ausgaben wird wieder per Funktion als Parameter übergeben. Die Ausgabe in der Konsole soll wie folgt aussehen:

```
$ python main.py
Wie ist dein Name? Andreas
Wie oft soll der Name ausgegeben werden? 5
Andreas 0
Andreas 1
Andreas 2
Andreas 3
Andreas 4
```

Falls die Aufgaben reibungslos funktioniert haben, kann der Studierende die Herausforderung einer optionalen Bonusaufgabe annehmen. Um diese Bonusaufgabe zu lösen, muss der Teilnehmer die vorherige Aufgabe modifizieren, sodass die Ausgabe in der Konsole wie folgt aussieht:

```
$ python main.py
Wie ist dein Name? Andreas
Wie oft soll der Name ausgegeben werden? 5
Andreas 1
Andreas 2
Andreas 3
Andreas 4
Andreas 5
```

Der Unterschied hier ist die Nummerierung. Im Standardfall zählt das Programm von 0 bis $n - 1$. Um die Bonusaufgabe zu bewältigen, muss das Programm von 1 bis n zählen.

Die vierte und letzte Aufgabe beschäftigt sich mit der Generierung von Text-Pyramiden, welche der ursprünglichen Version des Videospiele Super Mario Bros.©² entsprechen sollen. (Huber, 2022b)

Der Nutzer wird beim Start des Programms nach der gewünschten Größe bzw. Höhe der Pyramide gefragt. Nach Eingabe eines gültigen Werts liefert das Skript, ausgegeben mit Raute-Zeichen, die linke Seite einer klassischen Super Mario Pyramide. Die Ausgabe der gelösten Aufgabe sieht beispielhaft so aus:

```
$ python main.py
Höhe: -1
Höhe: 0
Höhe: 6
    #
   ##
  ###
 ####
#####
#####
```

²Super Mario Bros.© ist eine geschützte Marke der Nintendo Co., Ltd.

Das Beispiel zeigt neben der Pyramide auch, dass das Skript ungültige Größenangaben erkennen und ignorieren soll. Aufgrund der erhöhten Schwierigkeit dieser Aufgabe wurde entschieden, die letzte Aufgabe für die Feldstudie zu verwerfen.

5.2.3.3 Test-Classroom

Für die Vorbereitung der Interviews wird eine neue GitHub-Organisation, sowie ein neuer GitHub-Classroom angelegt. Sowohl das Replit-Template als auch die im vorherigen Kapitel beschriebenen Aufgaben werden als Template-Repositorys in der Test-Organisation abgelegt. (Huber, 2022c)

Für die Aufgaben werden mithilfe des Test-Frameworks Pytest Benotungstests programmiert und in GitHub-Classroom konfiguriert. Jede gelöste Aufgabe belohnt den Studienteilnehmenden pauschal mit zehn Punkten.

Neben den Programmieraufgaben werden auch ausführliche Anleitungen mit Bildern geschrieben. Diese befinden sich in den jeweiligen Aufgabenrepositorys unter dem Dateinamen `README.md`. Nach der Erstellung von Vorschaubildern können diese in der, auch später produktiv genutzten, Plattform Tutors hochgeladen werden. Die Studienteilnehmenden erhalten zu Beginn des Probelaufs einen Link zur Übersicht der benötigten Anleitungen in Tutors.

5.3 Deskriptive Ergebnisse

Nach Verarbeitung der Ergebnisse der Fragen können nun die einzelnen Resultate analysiert und interpretiert werden. Die folgende Tabelle 2 enthält in der ersten Spalte die Identifikationsbezeichnung der Frage. Die zweite und dritte Spalte beinhaltet den Durchschnitt und die dazugehörige Standardabweichung (SD). Die vierte, fünfte und sechste Spalte enthalten den Medianwert, das Minimum und schließlich das Maximum der Antworten.

Ergebnisse Fragen	Durchschnitt	SD	Median	Min.	Max.
Alter	22.200	0.837	22.000	21	23
PRE1	3.600	2.300	3.000	1	6
PRE2	2.600	1.670	3.000	1	5
PRE3	2.600	0.894	2.000	2	4
PRE4	2.600	1.820	2.000	1	5
PAST1	2.600	1.520	2.000	1	5
PAST2	3.200	1.300	4.000	1	4
PAST3	3.800	1.790	5.000	1	5
PAST4	2.200	1.100	3.000	1	3
PAST5	3.800	2.170	3.000	1	6

Tabelle 2: Auswertung der Studienergebnisse

Wie man der Alterszeile entnehmen kann, sind die Teilnehmenden im Schnitt 22 Jahre alt. Das Durchschnittsalter trifft genau den deutschen Altersdurchschnitt von Studierenden und ist somit als Zielgruppe für das Zusatzstudium geeignet. (Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2005-2012)

Die Ergebnisse der Fragen PRE1 und PRE2 deuten darauf hin, dass das Interesse an der Informatik sehr gemischt sind. Der Bereich zwischen Minimum und Maximum ist in beiden Fragen sehr hoch. Dies verdeutlicht, dass es sowohl Teilnehmende gibt, die bereits ständig mit Programmieren zu tun haben, als auch welche, die noch absolut keine Berührungen mit der Materie hatten.

Das Wohlbefinden am Computer wurde mit der Frage PRE3 abgefragt. Ein Interpreta-

tionsversuch der Minima und Maxima ist, dass die Teilnehmenden aus Angst später Fehler zu machen niemals die Note 1 vergeben haben. Damit ist diese Frage auch die einzige mit Schulnoten zu bewertende Frage, welche in der Umfrage keine Note 1 als Minimum erhalten hat.

Die Frage PRE4 bezieht sich auf das Interesse an einem Zusatzstudium für Digital Skills. Der Durchschnitt der Antworten auf diese Frage liegt bei 2,600, der Median noch besser bei 2,000. Das heißt, dass die Mehrheit der Testpersonen vor der Bearbeitung der Aufgaben, einer Teilnahme an einem solchen Zusatzstudium nicht abgeneigt waren. Nach der Absolvierung der Programmieraufgaben werden die Teilnehmer erneut nach ihrer Meinung bzw. einer Änderung dieser Einschätzung gefragt (Frage: PAST5). Hier wird anhand des Durchschnitts, sowie des Medians eine deutliche negative Tendenz ersichtlich. Durch die hohe Standardabweichung bei der Frage PAST5, kann man nicht auf eine vollständige Abneigung der Studierenden schließen. Trotzdem kann die negative Tendenz des Interesses auf zu schwere oder dürftig erklärte Aufgaben hindeuten. Ein weiterer Interpretationsversuch ist, dass die Studierenden nach der Präsentation des Zusatzstudiums andere Vorstellungen zum Programmiermodul hatten.

Die Fragen PAST1, PAST2 und PAST3 beziehen sich jeweils auf das Schwierigkeitsempfinden der Studierenden in Bezug auf die drei Programmieraufgaben. Die erste Programmieraufgabe ist in diesem Fall die Einrichtungsaufgabe des Arbeitsbereichs. Mit dem Design der Aufgaben wird versucht die Schwierigkeit mit jeder Aufgabe zu steigern. Die Durchschnitte der Umfrage bestätigen den Erfolg eines linearen Schwierigkeitsanstiegs. Während PAST1 einen Durchschnitt von 2,600 aufweist, scheint die Schwierigkeit bei der ersten Python-Programmieraufgabe (PAST2) mit einem Durchschnittswert von 3,200 deutlich höher zu liegen. Erneut gesteigert hat sich das Schwierigkeitsempfinden mit der dritten Aufgabe (PAST3) auf einen Durchschnittswert von 3,800. Die Differenz der Durchschnitte beträgt bei beiden Anstiegen genau 0,800 Notenpunkte.

Das allgemeine Verständnis der Aufgaben wird mit der Frage PAST4 abgefragt. Für diese Frage wurde die 3 als Maximalnote aufgezeichnet. Der Durchschnitt liegt wiederum bei 2,200 Notenpunkte und ist somit im positiven Bereich.

Die Auswertung der handschriftlichen Notizen des Studienbeobachters haben ergeben, dass es vor allem wichtig ist Variablen, Methodenparameter und Kontrollstrukturen vorher genau zu erklären (siehe Anhang D). Für fachfremde Personen erschien das Konzept dahinter anfangs sehr verwirrend und überfordernd.

Außerdem wurde festgestellt, dass zwei Anweisungen in einer Zeile meist dazu führten, dass nach Befolgung der ersten Anweisung die zweite übersprungen wurde und direkt mit

der nächsten Zeile fortgefahren worden ist. Daraus folgt die Erkenntnis, dass maximal eine Anweisung pro Zeile gegeben werden sollte.

Zu guter Letzt taten sich nach Angaben der Notizen viele Studierende schwer, einen Überblick über die offenen Dokumente und Browsertabs zu halten. Die Erklärungen zu den in der OTH-Console installierten Hilfsprogrammen wurden meist bis zum Bedarf bei der Bearbeitung der Aufgaben wieder vergessen. Hier würden möglicherweise stellenweise Wiederholungen der Befehle an den richtigen Stellen weiterhelfen. Ein Inhaltsverzeichnis mit genauen Links zu den einzelnen Kapiteln und Aufgaben würde Interessierten außerdem helfen den Überblick zu behalten.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Nach der abgeschlossenen Studie folgt nun eine Zusammenfassung. Die Aufgabenstellung war die Analyse, Konzeption und Implementierung eines Tools für das automatisierte Testen, Einreichen und Benoten von Programmieraufgaben. Diese Aufgabenstellung konnte nach erfolgreicher Analyse und Vergleich bestehender Online-Programmierplattformen mithilfe von GitHub-Classroom als Werkzeug erfolgreich absolviert werden.

Neben GitHub Classroom wird Replit als Online-Entwicklungsumgebung eingesetzt. Um die Studierenden zu unterstützen, bekommen sie Zugang zu einem GitHub-Repository, welches als Vorlage für die Einrichtung eines Workspace dient. In diesem Replit-Workspace können die Studierenden alle Programmieraufgaben des Zusatzstudiums erledigen. Damit die Bearbeitung leichter fällt, enthält das Template außerdem verschiedene Skripte. Darin eingeschlossen sind Aufgabenmanagement-Tools, welche es erlauben, die Aufgaben herunterzuladen, zu überprüfen und abzugeben, sowie ein Einrichtungsskript für GitHub und eine eigene angepasste Konsoleninstanz. Die Aufgabenstellungen werden zusammen mit den anderen Aufgaben des Kurses auf der Plattform Tutors gehostet.

Das Zusatzstudium Digital Skills kann durch den Einsatz dieser Lernplattform sehr profitieren. Sowohl bei den Korrekturen, als auch bei den Aufgabenstellungen werden die zuständigen Dozierenden entlastet. Sie müssen lediglich bereit sein, den Studierenden bei Fragen zur Seite zu stehen. Die Materialien aller Fächer des Zusatzstudiums befinden sich auf der genannten Plattform Tutors. Durch die Einbindung der Programmierplattform in die vorhandenen Kursmaterialien wurde ein einheitliches Lernsystem geschaffen. Doch auch die Teilnehmenden werden von der Programmierplattform profitieren. Alle Module und Aufgaben von Digital Skills befinden sich sortiert an einem gesammelten Ort. Dadurch müssen sich Studierende nicht in diversen Plattformen registrieren und können leichter die Übersicht behalten. Das selbstständige Lösen der Aufgaben unterstützt außerdem den Lernprozess und intensiviert die Lerninhalte.

Die durchgeführte Feldstudie war ein Erfolg. Schwierige Stellen und Hürden konnten gefunden werden. Die Tests deckten außerdem auf, dass selbst einfache Python-Aufgaben ohne exakt durchdachte Anleitungen für fachfremde Personen schnell zu Problemen werden können.

Diese Kenntnisse können nun für den zukünftigen produktiven Einsatz im Zusatzstudium Digital Skills berücksichtigt und angewandt werden. Die Ergebnisse des Interviews zeigten auch, dass durchaus einige Studierende Interesse an dem Zusatzstudium haben.

Alles in allem hilft die in dieser Arbeit geplante, analysierte und implementierte Online-Programmierplattform dem Zusatzstudium Digital Skills dabei, die Digitalisierung in Deutschland voranzutreiben und zu stärken. Das automatisierte Testen und Benoten von Programmieraufgaben unterstützt die zuständige Abteilung ebenfalls in der Entlastung der Dozierenden. Den technologischen Rückstand Deutschlands kann das Zusatzstudium sicherlich nicht alleine aufholen. Trotzdem ist der Kurs Digital Skills zusammen mit der dafür entwickelten Lösung, um online Programmieraufgaben automatisiert bewerten zu können, ein wichtiger Schritt in die richtige Richtung. Das Zusatzstudium wirkt mit, um zukünftige Generationen besser auf die digitale Welt und den Arbeitsplatz von morgen vorzubereiten.

Abbildungsverzeichnis

1	Git: Branches	10
2	Git: Branches (Bugfix-Branch)	11
3	CS50 Architektur	19
4	Vergleich und Benotung der Systeme	26
5	Erstellung eines Markdown-Dokuments	29

Quellenverzeichnis

- Arelia Jones. (2020). *Set up your digital classroom with GitHub Classroom*. Verfügbar 28. Januar 2022 unter <https://classroom.github.com>
- Atlassian. (n.d.). *Was ist Versionskontrolle?* Verfügbar 21. März 2022 unter <https://www.atlassian.com/de/git/tutorials/what-is-version-control>
- Bundesministerium für Bildung und Forschung. (2005-2012). *Studierende nach Alter, ISCED-Bildungsbereichen und Geschlecht (dl-de/by-2-0)*. Verfügbar 30. März 2022 unter <https://www.datenportal.bmbf.de/portal/de/Tabelle-2.5.96.html>
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (n.d.). *Digitalisierung in Deutschland – Lehren aus der Corona-Krise*. Verfügbar 10. März 2022 unter https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Ministerium/Veroeffentlichung-Wissenschaftlicher-Beirat/gutachten-digitalisierung-in-deutschland.pdf?__blob=publicationFile
- GitHub Inc. (n.d. a). *Create an individual assignment*. Verfügbar 7. Februar 2022 unter <https://docs.github.com/en/education/manage-coursework-with-github-classroom/teach-with-github-classroom/create-an-individual-assignment>
- GitHub Inc. (n.d. b). *Creating a new organization from scratch*. Verfügbar 7. Februar 2022 unter <https://docs.github.com/en/organizations/collaborating-with-groups-in-organizations/creating-a-new-organization-from-scratch>
- GitHub Inc. (n.d. c). *GitHub Classroom*. Verfügbar 28. Januar 2022 unter <https://classroom.github.com>
- Harvard University. (n.d. a). *CS50 GitHub*. Verfügbar 28. Januar 2022 unter <https://github.com/cs50>
- Harvard University. (n.d. b). *CS50: Introduction to Computer Science*. Verfügbar 28. Januar 2022 unter <https://pll.harvard.edu/course/cs50-introduction-computer-science>
- Harvard University. (n.d. c). *CS50's Introduction to Computer Science*. Verfügbar 28. Januar 2022 unter <https://www.edx.org/course/introduction-computer-science-harvardx-cs50x>
- Harvard University. (n.d. d). *Online - CS50 Docs*. Verfügbar 28. Januar 2022 unter <https://cs50.readthedocs.io/ide/online/>
- Harvard University. (n.d. e). *submit50 - CS50 Docs*. Verfügbar 28. Januar 2022 unter <https://cs50.readthedocs.io/submit50>
- Huber, A. (2022a). Aufgabe 2: Erste Schleife. Verfügbar 2. Februar 2022 unter <https://github.com/ndhbr-classroom/first-loop>
- Huber, A. (2022b). Aufgabe 3: Mario. Verfügbar 30. März 2022 unter <https://github.com/ndhbr-classroom/python-mario-less>
- Huber, A. (2022c). DSCC - Digital Skills Coding Course. Verfügbar 30. März 2022 unter <https://github.com/ndhbr-classroom>

- Huber, A. (2022d). Replit-Template. Verfügbar 26. Januar 2022 unter <https://github.com/ndhbr-classroom/replit-template>
- Kiel University of Applied Sciences. (n. d. a). *Code FREAK Documentation :: Code FREAK Docs*. Verfügbar 28. Januar 2022 unter <https://docs.codefreak.org/codefreak/index.html>
- Kiel University of Applied Sciences. (n. d. b). *Installation Guide :: Code FREAK Docs*. Verfügbar 28. Januar 2022 unter https://docs.codefreak.org/codefreak/for-admins/installation.html#_dedicated_docker_host
- Kiel University of Applied Sciences. (2019-2020). *Code FREAK / Code Feedback, Review & Evaluation Kit*. Verfügbar 28. Januar 2022 unter <https://codefreak.org/#about>
- LDAP. (n. d.). *LDAP.com - Lightweight Directory Access Protocol*. Verfügbar 28. Januar 2022 unter <https://ldap.com>
- Liepins, L. (n. d.). *Markdown: Syntax*. Verfügbar 22. März 2022 unter <https://markdown.de/>
- Michelle Gienow. (2018). *Working with Branches in Git and GitHub*. Verfügbar 30. März 2022 unter <https://thenewstack.io/dont-mess-with-the-master-working-with-branches-in-git-and-github/>
- moodle.de. (n. d.). *Lernerfolg mit Moodle*. Verfügbar 28. Januar 2022 unter <https://moodle.de>
- Mouat, A. (2015). *Using Docker: Developing and Deploying Software with Containers*. O'Reilly Media, Inc.
- npm Inc. (n. d.). *folders - Folder Structures Used by npm*. Verfügbar 7. Februar 2022 unter <https://docs.npmjs.com/cli/v7/configuring-npm/folders>
- Pajankar, A. (2022). *Python Unit Test Automation*. Apress.
- Prof. Dr. Rudolf Johannes Wilhelm Bergius. (n. d. a). *Feldstudie, Feldforschung – Dorsch - Lexikon der Psychologie*. Dorsch - Lexikon der Psychologie. Verfügbar 18. März 2022 unter <https://dorsch.hogrefe.com/stichwort/feldstudie-feldforschung>
- Prof. Dr. Rudolf Johannes Wilhelm Bergius. (n. d. b). *lautes Denken – Dorsch - Lexikon der Psychologie*. Dorsch - Lexikon der Psychologie. Verfügbar 18. März 2022 unter <https://dorsch.hogrefe.com/stichwort/lautes-denken>
- Red Hat. (2018). *Was ist ein Linux-Container?* Verfügbar 31. Januar 2022 unter <https://www.redhat.com/de/topics/containers/whats-a-linux-container>
- Regensburg School of Digital Sciences. (n. d.). *Zusatzstudium "Digital Skills"*. Verfügbar 29. März 2022 unter https://rsds.info/wp-content/uploads/2022/03/neu_FINAL_FLYER-Digital-Skills.pdf
- Replit Docs. (n. d. a). *Database FAQ*. Verfügbar 7. Februar 2022 unter <https://docs.replit.com/hosting/database-faq>
- Replit Docs. (n. d. b). *Replit and GitHub: Using and contributing to open-source projects*. Verfügbar 7. Februar 2022 unter <https://docs.replit.com/tutorials/06-github-and-run-button>

Software Freedom Conservancy. (n. d.). *1.6 Getting Started - First-Time Git Setup*. Verfügbar 7. Februar 2022 unter <https://git-scm.com/book/en/v2/Getting-Started-First-Time-Git-Setup>

ssh.com. (n. d.). *SSH Host Key - What, Why, How*. Verfügbar 7. Februar 2022 unter <https://www.ssh.com/academy/ssh/host-key>

Tutors Team. (n. d.). *Tutors Open Source Project*. Verfügbar 5. März 2022 unter <https://tutors.dev/>

ubuntu Deutschland e.V. (n. d.). *Bash*. Verfügbar 7. Februar 2022 unter <https://wiki.ubuntuusers.de/Bash/>

Anhang

A CS50: E-Mail von Carter Zenke

Von: Carter Zenke <carter@cs50.harvard.edu>
Antworten an: "carter@cs50.harvard.edu" <carter@cs50.harvard.edu>
Datum: Samstag, 6. November 2021 um 01:26
An: Andreas Huber <andreas.huber@st.oth-regensburg.de>
Betreff: Re: [EXT] Re: Bachelor Thesis: Automated Code Review

Hi Andreas,

Unfortunately I don't think we're currently at a point where submit50, and especially submit50.cs50.io, could be open source and public. I would hesitate to give a timeline for rebuilding submit50, but would be happy for you to check back in January!

All my best,
Carter

B Feldstudie: Testkonzept

Testkonzept

Probedurchlauf des Pilotprojekts DSCC (Digital Skills Coding Course)

Zielsetzung

Nach Vollendung der Tests, sollen Schwachstellen und Lücken der Programmieraufgaben (Anleitungen, Fehlerbeschreibungen, Aufbau, Schwierigkeit, ...) gefunden, behoben und für zukünftige Aufgaben berücksichtigt werden.

Zielgruppe

Studierende aus einem nichttechnischen Studiengang.

Anzahl an Probanden

Mindestens fünf Testprobanden.

Dauer des Tests

30-60 Minuten pro Probanden.

Methodik

Der Studierende tritt der Zoom-Sitzung bei. Während der Sitzung bearbeitet der Studierende live mit Bildschirmübertragung sowohl die Einrichtung als auch Aufgabe 1 und Aufgabe 2.

Vor dem Start werden dem Studierenden folgende Fragen gestellt. Die Fragen sollen dabei jeweils mit einer Skala von eins bis zehn beantwortet werden:

- Hast du schon einmal erwägt, eine Programmierausbildung anzustreben? (1: will ich definitiv noch machen; 6: noch nie)
- Hast du schon einmal programmiert? (1: ständig; 6: noch nie)
- Wie fit fühlst du dich am PC? (1: sehr fit; 6: gar nicht)
- Würde für dich ein Zusatzstudium für Digital Skills in Frage kommen? (1: unbedingt; 6 auf keinen Fall)

Der Studierende ist dazu aufgefordert möglichst laut zu denken. Auffälligkeiten werden vom Beobachter (Andreas H.) dokumentiert. Aufkommende Fragen können ebenso jederzeit vom Beobachter beantwortet werden. Sollte die Testperson trotzdem nicht weiterkommen, kann Sie die Lösung am Ende der Aufgabe aufklappen und übernehmen.

Am Ende des Tests werden der Testperson, durch den Beobachter, noch folgende Fragen mündlich gestellt. Die Fragen sollen dabei jeweils, wie vorher auch, mit einer Skala von eins bis zehn beantwortet werden:

- Wie schwer kam dir die Einrichtung, bis zum Zeitpunkt, an dem du die erste Aufgabe heruntergeladen hast, vor? (1: sehr leicht; 6: sehr schwer)
- Hattest du Schwierigkeiten mit Aufgabe 1? (1: nein, keine; 6: zu komplex)
- Hattest du Schwierigkeiten mit Aufgabe 2? (1: nein, keine; 6: zu komplex)
- Hast du verstanden, was du in den Aufgaben genau gemacht hast? (1: ja vollkommen; 6: nein, gar nicht)
- Würdest du nach Abschluss des Tests deine Meinung zur Frage am Interesse eines Zusatzstudiums für Digital Skills ändern? (1: unbedingt; 6 auf keinen Fall)

C Digital Skills Coding Course: Infodokument



D Feldstudie: Beobachternotizen

Studie: Interview 01

am 11. Februar 2022

Teilnehmende Person

Zensiert

Notizen

Allgemein

- Testaccount bereitstellen

Einrichtung

- Tipp zur Anmeldung einfügen
- Falscher Pfeil in Grafik (Anleitung Stop)
- Username + E-Mail Adresse GitHub Config, übersehen
- Tutors-Navigation wird nicht verstanden
- Rechtschreibfehler: „Nun kannst sollte“ (bei „Wie bearbeite ich eine Aufgabe“)
- Files (Dateien) genauer erklären
- CD (Change Directory) genauer erklären
- Nach check: submit aufrufen – ggf. in Konsole Hinweis ausgeben?

Aufgabe 1

- Variablen erklären! Person hat den „+ name“ mit echtem Namen ersetzt

Aufgabe 2

- DRINGEND VARIABLEN BESSER ERKLÄREN
- DRINGEND METHODEN BESSER ERKLÄREN

Studie: Interview 02

am 15. Februar 2022

Teilnehmende Person

Zensiert

Notizen

Allgemein

- Überliest einige Punkte
- CD (Change Directory) genauer erklären
- get/check/submit vergessen
- Findet Punkte der Anleitungen nicht mehr (zu unübersichtlich)
- Zu viele Tabs

Einrichtung

- Grammatikfehler: „Wie kann ich eine Aufgabe bearbeiten“ (2. Satz

Aufgabe 1

- Anleitung statt „Shell“ lieber „Console“ schreiben

Aufgabe 2

- python main.py (zum Ausführen der Software) öfter erwähnen
- Variablen bzw. Methodenparameter erklären

Studie: Interview 03

am 17. Februar 2022

Teilnehmende Person

Zensiert

Notizen

Allgemein

- Hat bereits Vorerfahrung mit Python

Einrichtung

- Plus oben rechts, in neue Zeile, wird überlesen
- Keine zwei Anweisungen in eine Zeile

Aufgabe 1

- Einrückungen im Aufgabenvorlagen beheben
- Teilnahmelink öffnen – hinschreiben, hervorheben
- Rechtschreibfehler: AutoMMMed commit

Aufgabe 2

- Return Einrückung beheben

Studie: Interview 04

am 5. März 2022

Teilnehmende Person

Zensiert

Notizen

Allgemein

- Überliest alles, versucht auf eigenem Weg
- Hat lange gebraucht, weil immer „selbst gedacht“ bevor gelesen wurde

Einrichtung

- Variablen + Methodenparameter besser erklären!

Aufgabe 1

- Hatte Schwierigkeiten mit Einrückungen in Python -> besser erklären

Aufgabe 2

- Wollte plötzlich in der Konsole Python-Code eingeben

Studie: Interview 05

am 6. März 2022

Teilnehmende Person

Zensiert

Notizen

Allgemein

- Liest sehr genau
- Unbedingt erwähnen, dass man nicht „Strg-C“ verwenden soll, sondern Rechtsklick Kopieren/Einfügen
- Replit Konsole liefert bei zweizeiligem Input eine fehlerhafte Ausgabe

Einrichtung

- Wechsle zu den Einstellungen vielleicht GitHub eher verlinken
- Screenshot falsch bei SSH-Key, Pfeil
- Wo wird man nach E-Mail-Adresse gefragt? Am besten davor noch: „Du kannst den Tab nun schließen“

Aufgabe 1

- Falsche Sprache: Enter your name zu „Wie ist dein Name?“
- Dateinamen zu verwirrend?

Aufgabe 2

- Variablen und Methoden nicht auf Anhieb verstanden -> besser erklären!