

it4all – Ein Korrekturframework für Programmieraufgaben

Björn Eyselein, Frank Puppe¹

Abstract: Dieses Paper stellt das E-Assessment-Framework „it4all“ vor, das an der Universität Würzburg entwickelt wird. Der Fokus liegt hierbei auf der leichten Erweiterbarkeit durch die Integration neuer Tools zur Bewertung formaler Aufgaben und der leichten Bedienbarkeit sowohl durch Lehrende als auch Lernende. Es wurden bereits verschiedene einzelne Korrekturtools, z. B. für Webprogrammierung, entwickelt und getestet.

Keywords: E-Learning, E-Assessment

1 Einleitung

Die Programmierung gehört nicht nur in der Informatik, sondern auch in der digitalen Gesellschaft zu den Kernkompetenzen. Daher ist die Programmierausbildung ein wichtiges Thema im universitären Umfeld. Eine reine theoretische Erläuterung der einzelnen Funktionen und Merkmale einer Programmiersprache sind hier nicht ausreichend, die Lernenden müssen durch „Learning by doing“, also durch das Schreiben eigener Programme, ihre eigenen „handwerklichen“ Fertigkeiten weiterentwickeln. Dabei ist es wichtig, dass die Lerner Feedback bekommen, um zu überprüfen, wie gut ihre Lösung ist. Eine früher übliche Methode ist es, die Aufgaben als Übungsblatt bereitzustellen, die Lösungen einzusammeln und durch Hilfskräfte korrigieren zu lassen. Dieses Vorgehen ist aufwendig, zudem kommt das Feedback spät, da von der Erstellung der Lösung über die Abgabe an einem meist festen Termin, der Korrektur und der Rückgabe der korrigierten Lösung zu viel Zeit vergeht.

Daher wurden in verschiedenen Arbeiten, auch an der Universität Würzburg, Tools zur automatischen Korrektur von Aufgaben zu allgemeinen Programmierung ([ST04], [Hr03]), SQL ([So10], [Ab08], [If14]) und zu UML-Diagrammen ([So10], [If14]) entwickelt. Diese sind meist jedoch nur Prototypen, um die Konzepte zu testen. Auch wenn die Tools den Alpha- oder Betastatus verlassen, sind sie meist nur für sehr spezielle Anwendungsfälle ausgelegt. Eine Benutzerverwaltung oder Integration in ein Learning-Management-System wie zum Beispiel Moodle ist, wenn überhaupt, nur als Prototyp vorhanden. Außerdem endet die aktive Entwicklung häufig mit dem

¹ Julius-Maximilians-Universität Würzburg
Lehrstuhl für Informatik VI – Künstliche Intelligenz und Angewandte Informatik
Am Hubland, 97074 Würzburg
{bjoern.eyselein, frank.puppe}@informatik.uni-wuerzburg.de

Ausscheiden der Mitarbeiter, die das Tool hauptsächlich entwickelt haben. Eine Einbindung in ein größeres Framework und eine Weiterentwicklung der Tools durch neues Personal scheitert oft an der verwendeten Programmiersprache bzw. den zur Implementierung verwendeten Tools und Bibliotheken.

Mit it4all wurde ein Framework geschaffen, das diese Probleme lösen soll. Dabei wurden auch Tools, die bereits an der Universität Würzburg entwickelt wurden und im Einsatz waren, in das neue Framework eingebunden. Dabei waren verschiedene Anpassungen und teilweise Neuimplementierung nötig.

Dies betrifft zum Beispiel die Korrektur von SQL-Anfragen, die in [If14] als „Übungsprogramm für SQL“ entwickelt wurde. Dieses Tool kann SELECT-, UPDATE-, INSERT- und DELELTE-Anfragen korrigieren. Da die verwendeten Tools und Libraries nicht mit dem Framework kompatibel waren, wurde das Tool für das Framework neu entwickelt und um die Möglichkeit der Korrektur von CREATE-Statements erweitert.

Ein weiteres integriertes Tool ist das Korrekturtool für UML-Klassendiagramme, das auch in [If14]. Hier konnten Lernende ein komplettes Klassendiagramm mit einem integrierten Editor erstellen. Dies wurde an den Server gesendet und dort mit einer Musterlösung verglichen. Auch hier wurde das Tool aufgrund der Wahl der Bibliotheken neu implementiert. Hinzugekommen ist hier die Möglichkeit, die Erstellung des Klassendiagrammes in mehreren logisch aufeinanderfolgenden Schritten vorzunehmen. In diesem Fall werden zuerst die zu erstellenden Klassen gewählt, diese korrigiert, dann die Beziehungen zwischen den nun definitiv korrekten Klassen erstellt, diese wiederum korrigiert und zum Schluss die Methoden und Attribute den jeweiligen Klassen zugeordnet.

Neu entwickelt wurde ein Tool zur Korrektur von Tabellenkalkulationsaufgaben, die mit Microsoft Office Excel oder LibreOffice Calc bearbeitet werden können. Die Lösungsdatei wird in diesem Tool auf den Server hochgeladen und dort mit einer Musterdatei verglichen. Nach dem Download der korrigierten Datei kann der Lerner seine Fehler sehen.

2 it4all als Framework

it4all stellt ein Korrekturframework mit verschiedenen bereits implementierten Tools (u. a. für Programmierung mit Python, Webprogrammierung, SQL und UML) als Scala - Webserver bereit. Es ist mit dem Play Framework implementiert. Die einzelnen Korrekturtools nutzen bei dynamischer Korrektur Docker-Container, um die Ausführung der Nutzerlösungen nicht auf dem eigentlichen Produktivserver auszuführen und somit die Sicherheit zu erhöhen. Bei der Implementierung wurde auf Wiederverwendbarkeit von Gemeinsamkeiten der verschiedenen Aufgabentypen geachtet. Dazu gehören sowohl

Eigenschaften der Aufgaben (Generelle Felder wie Autor, Titel, Text, ...) als auch komplette Funktionsweisen wie der generelle Ablauf einer Korrektur. So können sich die Nutzer an ein festes Benutzungsschema gewöhnen und müssen sich nicht für jedes neue Tool neu in eine Oberfläche einarbeiten.

Eine Einführung in die eigentlichen Themenbereiche ist dabei ausdrücklich kein Ziel von it4all. Das Framework und die Tools sind jeweils vorlesungsbegleitend als Übungshilfe gedacht, Einführungsmaterial muss aus anderen Quellen bereitgestellt werden.

Bei den bereits bestehenden Tools werden Beispielaufgaben mitgeliefert, so dass sich Lehrende bei der Erstellung einer neuen Aufgabe daran orientieren können.

2.1 Allgemeine Funktionsweise der Korrektur

Die Korrektur einer Aufgabe findet jeweils asynchron mit Hilfe eines AJAX-Requests statt. Dabei wird die generelle Vorgehensweise vom Framework vorgegeben und es müssen bei den einzelnen Tools nur noch spezielle Funktionalitäten, wie das Auslesen der Lösung, implementiert werden. Während einer Korrektur wird die Möglichkeit, eine weitere Korrektur anzufordern, gesperrt, so dass die Nutzer den Korrekturserver nicht überlasten kann. Das Resultat der Korrektur wird als JSON an den Browser des Nutzers zurückgesendet und dort von Javascript gerendert. Somit können die Resultate bei unterschiedlichen Tools unterschiedlich angezeigt werden. Außerdem können die Lernenden ihre Lösung gegebenenfalls iterativ verbessern, da die Resultate der Korrektur in der Bearbeitungsseite selbst dargestellt werden.

2.2 Integration eines neuen Tools

Ein neues Korrekturtool kann durch die Erweiterung verschiedener Basisklassen hinzugefügt werden. Dabei wird der größte Teil der Grundfunktionalität bereitgestellt, so dass nur noch toolspezifische Funktionalität implementiert werden muss, also die genaue Definition der Persistenzschicht, die Funktionsweise der eigentlichen Korrektur, eine Bearbeitungsansicht und die Darstellung der Lösung in Javascript. Die eigentliche Korrektur kann in einem Docker-Container durchgeführt werden. Die Ergebnisse müssen dann z. B. in eine Datei geschrieben und von it4all wieder ausgelesen werden. Eine Dokumentation der zu erweiternden Schnittstellen wird momentan erstellt.

2.3 Erstellung von Aufgaben

Für die Definition von Aufgaben wird die Auszeichnungssprache YAML [Ya18] genutzt. YAML ist eine Obermenge von JSON, d. h., jedes JSON-Dokument ist auch ein YAML-Dokument und kann somit auch von it4all verarbeitet werden. YAML bzw. JSON haben

gegenüber XML den Vorteil, dass weniger Text zum Auszeichnen geschrieben werden muss und somit die Struktur des Dokuments leichter erkennbar ist. YAML hat im Vergleich zu JSON zusätzlich den Vorteil, dass Strings, die länger als eine Zeile sind, getrennt werden können. Bei JSON wird die Zeile in diesem Fall sehr lange oder es muss ein Workaround (z. B. eine Konkatenierung eines Arrays) eingesetzt werden. Einige (reduzierte) Beispiele für Aufgabendefinition befindet sich auf den nächsten Seiten.

```
Aufgabenbeschreibung:
Welche Emailadresse hat Max Becker für die Arbeit?

Korrekturspezifikation:
exerciseType: SELECT
samples:
- SELECT emailaddress
  FROM employee JOIN emailaddress
  ON employee.id = emailaddress.employee_id
  WHERE firstname = 'Max' AND lastname = 'Becker'
- SELECT emailaddress FROM employee, emailaddress
  WHERE employee.id = emailaddress.employee_id
  AND firstname = 'Max' AND lastname = 'Becker'
```

Abbildung 1: SQL-Aufgabe. Das Datenbankschema ist in einem separaten Fenster gegeben und hier aus Platzgründen nicht angezeigt.

```
Aufgabenstellung:
In dieser XML-Datei soll eine Mannschaft „team“ beschrieben werden. Diese besteht aus mindestens einem Spieler „player“. Ein Spieler hat eine Nummer „number“ und einen Namen „name“.

Korrekturspezifikation:
<!ELEMENT team (player+)>          <!ELEMENT team (player+)>
<!ELEMENT player (name)>          <!ELEMENT player (name)>
<!ELEMENT name (#PCDATA)>        <!ELEMENT name (#PCDATA)>
<!ATTLIST player number           <!ELEMENT player (#PCDATA)>
  (CDATA) #REQUIRED>
```

Abbildung 2: XML-Aufgabe. Es ist möglich, mehrere DTDs anzugeben. Partiiell richtige Lösungen werden erkannt.

Aufgabenstellung:

Erstellen Sie ein Bild in HTML, das gleichzeitig ein Link ist. Verwenden Sie als Link-URL 'de.wikipedia.org/Ford_Mustang', als Bildquelle die URL '/pictures/mustang.jpg' und geben Sie als alternative Beschreibung für das Bild 'Ford Mustang' an.

Korrekturspezifikation:

- xpathQuery: /html/body//a
 - attributes:
 - {key: href, value: 'de.wikipedia.org/Ford_Mustang'}
- xpathQuery: /html/body//a//img
 - attributes:
 - {key: src, value: '/pictures/mustang.jpg'}
 - {key: alt, value: Ford Mustang}

Abbildung 3: HTML-Aufgabe. Die XPath-Query gibt das zu suchende Element an. Die nötigen Attribute werden unter Attributes angegeben

Aufgabenstellung:

Berechnen Sie den Durchschnittswert aller Elemente als Gleitkommazahl in der übergebenen Liste von (Ganz-)Zahlen! Ihr Programm sollte z. B. für die Eingabe [1, 5, 7] die Ausgabe 4.333333 zurückgeben. Erweitern Sie dazu folgenden Programmrumpf:

```
def average(my_list):  
    return 0
```

Korrekturspezifikation:

Musterlösung:

```
def average(my_list):  
    if len(my_list) == 0:  
        return "Fehler"  
    else:  
        return sum(my_list) / len(my_list)
```

Testdaten:

- {inputs: [], output: 0.}
- {inputs: [1, 3, 5], output: 3.}

Abbildung 4: Programmier-Aufgabe

Aufgabenstellung:

Im Entwurfsmuster "Komposition" sind die drei Klassen Grafik, Container und Bild vorhanden. Die Klassen Container und Bild erben von der abstrakten Klasse Grafik. Sie besitzen nur die Methode zeichnen. Ein Container kann beliebig viele Bilder enthalten.

Korrekturspezifikation:

classes:

- {classType: ABSTRACT, name: Grafik, methods: [{visibility: public, name: zeichnen, parameters: '', type: void}]}
- {classType: CLASS, name: Container}
- {classType: CLASS, name: Bild}

associations:

- {assocType: ASSOCIATION, firstEnd: Container, firstMult: SINGLE, secondEnd: Bild, secondMult: UNBOUND}

implementations:

- {subClass: Container, superClass: Grafik}
- {subClass: Bild, superClass: Grafik}

Abbildung 5: UML-Aufgabe

3 Beispiel: Korrekturtool Web

Beispielhaft stellen wir im eines der für it4all implementierten Tools genauer vor: die Korrektur von Web-Programmen. Hier wird derzeit für HTML (+ CSS) und Javascript Feedback generiert. Abbildung 1 zeigt die Bearbeitungsansicht einer Aufgabe dieses Tools (Siehe auch Aufgabenbeschreibung oben).

In der linken Hälfte des Webbrowsers wird dem Lernen ein Codeeditor mit Syntaxhighlighting zur Verfügung gestellt. Im Editor ist ein Teil der Lösung bereits eingetragen worden.

In der rechten Hälfte sind unter Reitern jeweils die Aufgabenstellung beziehungsweise die Livevorschau der von dem oder der Lernenden erstellten Webseite zu sehen. Die Aufgabenstellung zeigt einen kleinen Einführungstext zur Aufgabe und dann die einzelnen Elemente, die auf dieser Seite erstellt werden sollen. Jeder Unterpunkt stellt dabei ein Element dar. Darunter wird ein Beispiel für die Korrektur dargestellt, in der drei von vier Elementen gefunden wurden. Beim letzten Element fehlen jedoch einige Attribute.

The screenshot shows the it4all web programming editor interface. At the top, there is a navigation bar with 'it4all^{BETA}', 'Aufgabenbereiche', 'Web', 'Administrator', and 'developer'. The main area is divided into two panels: 'Aufgabenstellung' (Task Description) and 'Live-Vorschau' (Live Preview). The 'Aufgabenstellung' panel contains the following text:

Erstellen Sie ein Bild in HTML, das gleichzeitig ein Link ist.

1. Binden Sie Bootstrap über einen Link ein. Die entsprechende Datei ist unter der URL `/assets/lib/bootstrap/css/bootstrap.css` zu finden. Setzen Sie auch den entsprechenden Wert für das Attribut `'rel'`
2. Erstellen Sie eine passende `h1`-Überschrift, die 'Ford Mustang' enthält.
3. Erstellen Sie den Link auf der Seite, der auf Wikipedia verweist. Geben Sie als Ziel die URL `'https://de.wikipedia.org/wiki/Ford_Mustang'` an."
4. Erstellen Sie im Link das Bild des Ford Mustang. Geben Sie als Quelle des Bildes die URL `'https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2d/1964_12_Ford_Mustang.jpg'` und als alternative Beschreibung 'Ford Mustang' an. Geben Sie außerdem eine Breite von 250 und eine Höhe von 188 an, um das Bild zu skalieren. Geben Sie dem Bild die Klasse `'img-rounded'`.

At the bottom of the 'Aufgabenstellung' panel are two buttons: 'Lösung testen' (Test Solution) and 'Bearbeitung beenden' (End Editing).

The 'Live-Vorschau' panel is currently empty.

On the left, the code editor shows the following HTML code:

```

1 <!doctype html>
2 <html>
3 <head>
4 <!-- Hier: CSS und Javascript -->
5 </head>
6 <body>
7 <!-- Html-Elemente -->
8 <h1>Ford Mustang</h1>
9 <a href="https://de.wikipedia.org/wiki/Ford_Mustang"
10 <img src="https://upload.wikimedia.org/wikipedia/c
11 </a>
12 </body>
13 </html>

```

Below the code editor, a 'Korrektur' (Correction) panel is displayed, showing the following information:

Ihre Lösung wurde gespeichert. Sie haben 8 von 13 erreicht.

- Teilaufgabe 1 (0 / 3 Punkte)
 - Das Element konnte nicht gefunden werden!
- Teilaufgabe 2 (2 / 2 Punkte) ist korrekt.
- Teilaufgabe 3 (2 / 2 Punkte) ist korrekt.
- Teilaufgabe 4 (4 / 6 Punkte)
 - Das Element konnte gefunden werden.
 - Das Attribut `alt` hat nicht den richtigen Wert. Gesucht war `Ford Mustang` gefunden wurde
 - Das Attribut `class` hat nicht den richtigen Wert. Gesucht war `img-rounded` gefunden wurde **kein Attribut!**
 - Das Attribut `height` hat nicht den richtigen Wert. Gesucht war `188` gefunden wurde **kein Attribut!**
 - Das Attribut `src` hat den richtigen Wert.
 - Das Attribut `width` hat nicht den richtigen Wert. Gesucht war `250` gefunden wurde **kein Attribut!**

Abbildung 6: Bearbeitungsansicht Webprogrammierung mit Korrektur (vgl. Abb. 1)

3.1 Funktionsweise der Korrektur

Bei der Korrektur von HTML-Dokumenten wird auf das Vorhandensein von Elementen geprüft. Dafür wird für jedes der Elemente eine XPath-Query angegeben, die dieses in einer korrekten Lösung eindeutig im Dokument identifiziert und das Element anhand dieser Query gesucht. Wird keines gefunden, gilt diese Teilaufgabe als falsch und die Korrektur fährt mit dem nächsten Element fort. Gleiches gilt, falls mit der Query mehr als ein passendes Element gefunden wird. Nur wenn genau ein passendes Element gefunden wird, werden ein optionaler Textinhalt und die Attribute des Elements getestet.

Die Korrektur von Javascript macht sich die bereits bestehende Korrekturweise von HTML zu Nutze. Hier wird jeweils geprüft, ob die HTML-Seite eine bestimmte Vorbedingung erfüllt, also zum Beispiel die Anwesenheit eines Elements mit einem bestimmten Textinhalt. Dann wird eine Aktion ausgeführt, die eine Javascript-Funktion auslösen soll, also zum Beispiel das Klicken eines Knopfes oder das Ausfüllen von Text in einem Textfeld. Dann wird geprüft, ob die HTML-Seite die Nachbedingungen erfüllt, also ob sich zum Beispiel der Textinhalt eines Elements geändert hat.

Zusammenfassung und Ausblick

Das Programm it4all ist derzeit für die Aufgabentypen UML (Klassen- und Aktivitätsdiagramme), SQL, XML, Webprogrammierung (HTML, Javascript) und Programmierung mit Python sowie für Boolesche Algebra und Arithmetik in Binärzahlen verfügbar. Es wurde in den Vorlesungen „Einführung in die Informatik für Studierende aller Fakultäten“ und Softwaretechnik in diesem Jahr getestet. Eine umfassende Evaluation liegt noch nicht vor, die ersten Rückmeldungen sind aber sehr positiv. Dabei werden vor allem die Gestaltung und die Fairness des Feedbacks gelobt.

Literaturverzeichnis

- [If14] Marian Ifland (2014). Feedback-Generierung für offene, strukturierte Aufgaben in E-Learning-Systemen. Dissertation Universität Würzburg, Fakultät für Mathematik und Informatik
- [ST04] Sterbini, A., & Temperini, M. (2004). Automatic correction of C programming exercises through Unit-Testing and Aspect-Programming. In *Proc. of International Conference on Education and Information Systems: Technologies and Applications (EISTA'04)*, Orlando, USA.
- [Hr03] Maria Hristova, Ananya Misra, Megan Rutter, and Rebecca Mercuri. 2003. Identifying and correcting Java programming errors for introductory computer science students. In *Proceedings of the 34th SIGCSE technical symposium on Computer science education (SIGCSE '03)*. ACM, New York, NY, USA, 153-156.
- [So10] Soler, J., Boada, I., Prados, F., Poch, J., & Fabregat, R. (2010, April). A web-based e-learning tool for UML class diagrams. In *Education Engineering (EDUCON), 2010 IEEE* (pp. 973-979). IEEE.
- [So06] Soler, J., Prados, F., Boada, I., & Poch, J. (2006). A Web-based tool for teaching and learning SQL. In *International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training, ITHET*.
- [Ab08] Abelló, A., Rodríguez, M. E., Urpí, T., Burgués, X., Casany, M. J., Martín, C., & Quer, C. (2008, July). LEARN-SQL: Automatic assessment of SQL based on IMS QTI specification. In *Advanced Learning Technologies, 2008. ICALT'08. Eighth IEEE International Conference on* (pp. 592-593). IEEE.
- [Ya18] The Official YAML Web Site, yaml.org, abgerufen am 17.07.2018