

# A

## Appendix Structure

This appendix contains supplementary data to the thesis in order to facilitate reproducibility of the presented research. Appendix B explains how the source code of the prototype presented through out this thesis can be obtained and Appendix C holds the artefacts created for the user study.



# B

## Prototype Code

The prototype code referred to below is the final version developed for this thesis. Except for one minor fix made after the user study, this is also the state of the prototype that was used in the study described in Section 6. The code is available on GitHub under the following URL: <https://github.com/TEAMPB/ApexGPT>.

The following sections will explain the file structure of this git repository (Section B.1) and how the application can be installed and run on an Oracle database (Section B.2).

### B.1 File structure

Figure B.1 shows the file structure inside the git repository that contains the prototype's source code.

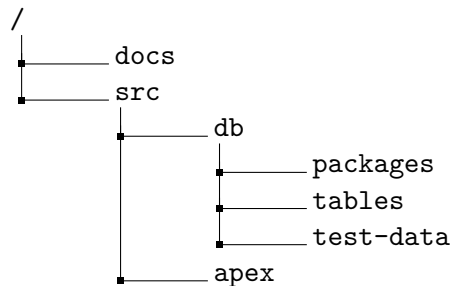


Figure B.1: The file structure of the GitHub repository that contains the prototype presented in this thesis.

The *docs* folder holds the documentation of this repository.

The *src* folder contains the source code necessary to deploy and run the ApexGPT prototype including its database objects on an Oracle Database. It also holds the *Filmapp*. This is a small example app that participants edited during our user study.

The *db* folder contains the database files. The *packages* folder holds the PL/SQL packages used by the ApexGPT app. The *tables* folder contains the table definitions needed for the ApexGPT app and the Filmapp. The files inside it that start with *tch\_* are the ApexGPT app's tables while the *movies\_schema.sql* file holds the tables for the Filmapp. The *test-data* folder contains the sample data we filled the Filmapp's database tables with for the study.

The *apex* folder holds the APEX import files for the ApexGPT app and the Filmapp. The file *f900.sql* is ApexGPT and *f300.sql* is the Filmapp. These can be used to import the respective app into an APEX workspace, as Appendix B.2 will explain.

## B.2 Installation

In order to install and run the prototype presented throughout this thesis, an Oracle database with an Oracle APEX installation and Oracle Rest Data Services (ORDS) server is necessary. The easiest way to obtain this is by creating an always free Oracle Cloud account in the Oracle Cloud Infrastructure (OCI) and provisioning an always free autonomous database with the workload type *Transaction Processing* or *APEX*. Both of these types of autonomous databases include the above installations by default. There are many guides online on how to create such a cloud account and an accompanying autonomous database<sup>1</sup>, so this will not be repeated here. Note that creating an account requires a credit card.

Once the necessary infrastructure is setup, sign into your APEX workspace. The workspace we used while working on this thesis is called WKSP\_APEXGPT. Now navigate to *SQL Workshop*  $\Rightarrow$  *SQL Scripts*. Here you have to upload all PL/SQL package files whose source code can be found under *src/db/packages* in the provided git repository. Then upload all SQL table files whose names start with *tch\_* that are located in *src/db/tables/*. Afterwards, you should see a table with all the files that you uploaded that has a column with a play button for each file on the right side. Using the play buttons, execute all table files. Then execute all package files. Make sure that you execute the .pkh-files (the headers) before the .pkb-files (the bodies). Afterwards, go to *SQL Workshop*  $\Rightarrow$  *Object Browser*. In the list on the left, you should now see the created tables under *tables* and the packages under *packages*.

Next, the ApexGPT APEX application has to be installed. To do this, navigate to *App Builder* and click on *import*. On the page that opens, upload the APEX import file from the git repository that can be found under *src/apex/f900.sql* and click on *next*. After a short wait, the *Install Application* page will show. Here you can leave all settings at their default except for *Install As Application* at the very bottom. Select *Reuse Application ID 900 From Imported Application* here, then click on *Install Application*. The application will take a short while to install, then a success message will appear. Click on *Edit Application* to get to the APEX editor of the app.

The application uses the built-in APEX authentication to log users into the app. Users need an account in the APEX workspace that has the necessary rights to view the application. To test the app, you can use the account that you used to log in to the APEX workspace. We only have to give the necessary rights to this user account. This is done by navigating to *Shared Components* from the APEX editor of the ApexGPT app that you installed. Under *Security* go to *Application Access Control*. There will be a *Role* table at the top with three roles: *Administrator*, *Contributor*, and *Reader*. Administrators have extra capabilities in the application, like accessing debug pages. You should not give these rights to normal users. For normal users, use *Contributor*-rights. You can assign these rights to a user through the lower table on the page called *User Role Assignments*. This table will be empty in the beginning. You can assign rights to a user using the button *Add User Role Assignment* on the right of the table. In the opening dialogue, simply select the right that the user should have (e.g. *Contributor* or *Administrator*) using the checkboxes and enter the user's user name. Then click *Create*

---

<sup>1</sup>See <https://docs.oracle.com/en/cloud/paas/autonomous-database/serverless/adbsb/autonomous-always-free.html#GUID-03F9F3E8-8A98-4792-AB9C-F0BACF02DC3E> and <https://docs.public.oneportal.content.oci.oraclecloud.com/en-us/iaas/apex/doc/create-and-set-up-apex-service-instance.html> as examples.

*Assignment.*

The final part of setting up the application is entering the OpenAI API key to use for the requests to the LLM. This has to be done in the ApexGPT app. Navigate to *Shared Components*  $\Rightarrow$  *Security Attributes*  $\Rightarrow$  *Database Session*. Enter the code from Listing B.1 in the *Initialization PL/SQL Code* field and replace *<your OpenAI API Key>* with your API key.

```
1 TEAM_AI.set_api_key (p_api_key => '<your OpenAI API Key>');
```

Listing B.1: The code necessary to register your OpenAI API key in the ApexGPT app

You have to obtain your own personal API key that has access to the GPT-4 Turbo model. Note that these API requests are not free. OpenAI offers guides on how to obtain your personal API key<sup>2</sup>. At the time of writing, you have to have successfully paid a bill for OpenAI to gain access to GPT-4 family models<sup>3</sup>. You can do this in your account by using pre-payment.

Now you should be able to open the app and log in to it by going to the *App Builder*, selecting the ApexGPT app, and clicking *Run Application*. As an introduction on how to use the app, please refer to the tutorial video we recorded for the user study that is described in Appendix C.1.

---

<sup>2</sup><https://platform.openai.com/docs/quickstart/account-setup>

<sup>3</sup><https://platform.openai.com/docs/guides/rate-limits/tier-1-rate-limits>



## Study Artefacts

All translations from German to English mentioned below were initially created using DeepL<sup>1</sup> and manually checked afterwards.

### C.1 Prototype Tutorial Video

This section presents the script for the tutorial video that was shown to participants of the study before they tried out the prototype. The video can be watched in its German original under <https://www.youtube.com/watch?v=oU-2004e8cw>.

**English.** The translated video script.

This is the interface of Apex GPT, the AI prototype that we will use in this study. In the large input field here, you can type in your requirements and change requests and send them to the AI. You do this either by pressing the control and enter keys simultaneously after typing, or by pressing the red "Send" button.

Below the input field is the chat history of the conversation you have had with the AI so far. The "US" stands for user, these are your messages. The "AS" stands for Assistant, these are the messages from the AI.

When the AI has made a change or you have told it in which application and on which page you want to make a change, the AI enters the current application and page in the two fields above the chat. Once the AI has done this, you can see which pages are available in the current application on the right-hand side as an assistance. And in the lower part, you can see what elements are available on the current page. Each line shows the type of element, e.g. a table column or a button, and then the title or name of the element. The number in brackets after the name of an element is the ID. This is a number or text that can be used to uniquely identify the element. This means that if, for example, two pages have the same name, they still have a different ID and can be distinguished from each other in this way. A region is a generic term for elements that can contain other elements. For example, a table region can contain several table columns, as in this example. Or a form region can contain several input fields.

When the AI has made a change, you can use the "Show edited page"-button to view the page on which the AI last made a change. This is also the page that is displayed in the "Edited page"-field below the button. If you want to view another page in the application, you can

---

<sup>1</sup><https://www.deepl.com/translator>

select another page there and then click on the “Show edited page”-button. Then you can check whether the AI has made the changes you wanted. You can then go back to the AI tool by selecting the corresponding tab in your browser.

If the AI has done something wrong, you can point this out to the AI so that it tries to rectify the error. Alternatively, you can also use the “Undo last change”-button to reset the last change made. Please note that, depending on the requests you make, the AI sometimes makes multiple changes directly after one another and you will then have to use this button several times to reset the app to the state it was in before your last message to the AI.

If you want to start a new chat history so that the AI forgets what you previously discussed with it, you can click on “Start new chat” in the red bar at the top of the page. In the dialogue that opens, you simply need to confirm this by clicking on the red button.

Now you know all the functions of our Apex GPT prototype. Please note that the AI’s range of functions is still limited. This means that it cannot carry out all possible changes independently. You will now be given a few small scenarios that you can use to try out the AI. Simply enter your requirements or change requests in the large input field. You can also ask the AI questions if, for example, you do not understand something it says.

**German.** The original video script.

Das ist Oberfläche von Apex GPT, dem KI Prototyp, den wir in dieser Studie verwenden werden. In dem großen Eingabefeld hier, können Sie ihre Anforderungen und Änderungswünsche eintippen und an die KI übermitteln. Das machen Sie, in dem Sie entweder nach dem Eintippen die Steuerung- und die Eingabetaste gleichzeitig drücken, oder auf den roten "Abschicken"-Knopf drücken.

Unter dem Eingabefeld befindet sich der Chatverlauf der Unterhaltung, die Sie bisher mit der KI geführt haben. Das “US” steht für User, das sind also Ihre Nachrichten. Das “AS” steht für Assistent, das sind also die Nachrichten der KI.

Wenn die KI eine Änderung durchgeführt hat oder Sie ihr gesagt haben, in welcher Anwendung und auf welcher Seite Sie eine Änderung durchführen wollen, trägt die KI die aktuelle Anwendung und Seite in den beiden Feldern über dem Chat ein. Wenn die KI das getan hat, können Sie als Hilfestellung auf der rechten Seite sehen, welche Seiten es in der aktuellen Anwendung gibt. Und in dem unteren Bereich, was für Elemente auf der aktuellen Seite vorhanden sind. Hier steht in jeder Zeile erst die Art von Element, um die es sich handelt, z.B. eine Tabellenspalte oder ein Button, und dann der Titel oder Name des Elementes. Die Zahl, die in Klammern hinter dem Namen eines Elements steht, ist die ID. Das ist eine Zahl oder ein Text, über den das Element eindeutig identifiziert werden kann. Das bedeutet, dass wenn z.B. zwei Seiten den gleichen Namen haben, sie immer noch eine unterschiedliche ID haben und auf diese Weise voneinander unterschieden werden können. Eine Region ist ein Überbegriff für Elemente, die andere Elemente enthalten können. Z.B. kann eine Tabellen-Region, wie in diesem Beispiel, mehrere Tabellenspalten enthalten. Oder eine Formularregion kann mehrere Eingabefelder enthalten.

Wenn die KI eine Änderung durchgeführt hat, können Sie über den “Bearbeitete Seite anzeigen”-Button, sich die Seite ansehen, an der die KI zuletzt etwas verändert hat. Das ist auch die Seite, die im “Seite bearbeiten”-Feld unterhalb des Buttons angezeigt wird. Wenn Sie eine andere Seite in der Applikation anschauen möchten, können Sie dort eine andere Seite auswählen und dann auf den “Bearbeitete Seite anzeigen”-Button drücken. Dann können Sie prüfen, ob die KI die Änderungen durchgeführt hat, die Sie wollten. Danach können Sie zurück zum KI Tool gehen, in dem Sie den entsprechenden Tab in Ihrem Browser auswählen.

Wenn die KI etwas Falsches gemacht hat, können Sie die KI darauf hinweisen, damit sie versucht den Fehler zu beheben. Alternativ können Sie auch den “Letzte Änderung rück-



gängig machen"-Button benutzen, um die jeweils zuletzt durchgeführte Änderung zurückzusetzen. Beachten Sie dabei, dass die KI, je nach dem welche Wünsche Sie äußern, manchmal mehrere Änderungen direkt hintereinander durchführt und Sie dann diesen Button mehrfach benutzen müssen, um die App auf den Stand von vor Ihrer letzten Nachricht an die KI zurückzusetzen.

Wenn Sie einen neuen Chatverlauf starten möchten, damit die KI vergisst, was Sie zuvor mit ihr besprochen haben, können Sie oben auf der Seite, in der roten Leiste auf "Neuen Chat beginnen" klicken. In dem sich öffnenden Dialog müssen Sie das dann nur einmal mit Klick auf den roten Button bestätigen.

Nun kennen Sie alle Funktionen von unserem Apex GPT Prototyp. Bitte beachten Sie, dass der Funktionsumfang der KI bisher noch eingeschränkt ist. Sie kann also nicht alle möglichen Änderungen selbstständig durchführen. Sie werden nun ein paar kleine Szenarien bekommen, anhand derer Sie die KI ausprobieren können. Geben Sie dazu einfach Ihre Anforderungen oder Änderungswunsch in das große Eingabefeld ein. Sie können der KI auch Fragen stellen, wenn Sie z.B. etwas, was sie sagt, nicht verstehen.

## C.2 Task / Scenario PDF

The following texts are the content of the task, i.e., scenario PDF given to participants during the study. It was originally written in German and then translated for this thesis.

**English.** The translated tasks description.

### Scenarios for trying out the Apex AI prototype

You have a database in which an Apex app called "Filmapp" has been created. This app is supposed to be used to maintain a list of films, film studios and locations, with information such as names, release dates, summaries and IMDB ratings of films.

Corresponding tables for the data of the film app have already been created in the database. Currently, only an empty start page and a login page are available in this app. You should expand this app in the following two scenarios. If you have not already done so, please share your screen via Teams so that we can more easily track what you are doing with the AI. We only record what you say. We do not record your screen.

Please let the study supervisor know when you are ready to start the first scenario so he can measure how long you are working on each scenario.

#### 1. Welcome-text

Add a welcome message to the start page using the AI. You can choose what exactly you want the message to say.

#### 2. Film Management

Using the AI, add the ability to manage films to the app so that you can view, create, edit and delete entries for films in the app.

**German.** The original tasks description.

### Szenarien zum ausprobieren des Apex-KI-Prototypen

Sie haben eine Datenbank, in der eine Apex App namens "Filmapp" angelegt wurde. Über diese App soll eine Liste von Filmen, Filmstudios und Drehorten, mit Informationen wie Namen, Veröffentlichungsdaten, Zusammenfassungen und IMDB-Bewertungen von Filmen, gepflegt werden können.

In der Datenbank sind bereits entsprechende Tabellen für die Daten der Filmapp angelegt. Aktuell ist in dieser App nur eine leere Startseite und eine Loginseite vorhanden. In den folgenden zwei Szenarien sollen Sie diese App erweitern. Falls noch nicht geschehen, teilen Sie bitte

Ihren Bildschirm über Teams, damit wir leichter verfolgen können, was Sie mit der KI tun. Wir zeichnen nur auf, was Sie sagen. Wir nehmen Ihren Bildschirm nicht auf.

Bitte sagen Sie dem Studienleiter Bescheid, wenn Sie bereit sind, mit dem ersten Szenario anzufangen, damit er messen kann, wie lange Sie an den beiden Szenarien jeweils arbeiten.

#### 1. Willkommenstext

Fügen Sie der Startseite mithilfe der KI eine Willkommensnachricht hinzu. Sie können selbst aussuchen, was genau in der Nachricht stehen soll.

#### 2. Filmverwaltung

Fügen Sie der App nun mithilfe der KI die Möglichkeit hinzu, Filme zu verwalten, sodass Sie Einträge zu Filmen in der App ansehen, neu erstellen, bearbeiten und löschen können.

## C.3 Demographic Questionnaire

In the following, the demographic questionnaire used for the study presented in this thesis is given. The questions are based on Veys et al.'s work [94] and were amended and changes where necessary for this study. The study was conducted using the German version. The English one was created for reporting on it in this thesis.

**English.** The translated questionnaire.

Please specify your age range:

- 18-24
- 25-34
- 35-44
- 45-54
- 55-64
- 65 or older
- Prefer not to answer

Which gender do you identify with?

- Female
- Male
- Diverse
- Self-described as: (free text)
- Prefer not to answer

What is your highest degree you have completed?

- High School
- Apprenticeship
- College
- Bachelor's Degree
- Master's Degree (or German Diploma)
- Prefer not to answer
- Other: (free text)

Which of the following statements applies to your education?

- I have an education in a subject of computer science or IT.
- I do NOT have an education in a subject of computer science or IT.

## CHAPTER C. STUDY ARTEFACTS

Have you ever used an Oracle Apex web-application?

- Yes
- No
- I don't know

Have you ever used a data-intensive web-application, that—as far as you know—was not created using Oracle Apex?

- Yes
- No
- I don't know

Have you ever described to a developer what requirements of change requests you have for an application, so that the developer would perform the necessary development work for you?

- Yes
- No
- I don't know

How would you rate your level of knowledge about editing Oracle Apex applications independently with the Apex Editor?

- 1 - I have never made any changes in the Apex Editor myself
- 2
- 3
- 4 - I can carry out moderately complex changes and extensions independently
- 5
- 6
- 7 - I am an experienced Apex developer

**German.** The original questionnaire.

Bitte geben Sie ihr ungefähres Alter an:

- 18-24
- 25-34
- 35-44
- 45-54
- 55-64
- 65 oder älter
- Ich möchte das nicht beantworten

Mit welchem Geschlecht identifizieren Sie sich?

- Weiblich
- Männlich
- Diverse
- Eigene Bezeichnung: (Freitext)
- Ich möchte das nicht beantworten

Welcher ist der höchste Bildungsabschluss, den Sie aktuell erreicht haben?

- Hauptschule
- Realschule
- Ausbildung

- Abitur / Fachabitur
- Bachelor
- Master / Diplom
- Ich möchte das nicht beantworten
- Anderes: (free text)

Welche der folgenden Aussagen über ihre Ausbildung trifft zu?

- Ich habe eine abgeschlossene Ausbildung oder ein Studium in einem Fach der Informatik bzw. IT
- Ich habe KEINE abgeschlossene Ausbildung oder Studium in einem Fach der Informatik bzw. IT

Haben Sie schonmal eine Oracle Apex Webanwendung benutzt?

- Ja
- Nein
- Ich weiß es nicht

Haben Sie schonmal eine datenintensive Webanwendung benutzt, die - so weit Sie wissen - nicht mit Oracle Apex erstellt wurde?

- Ja
- Nein
- Ich weiß es nicht

Haben Sie schonmal einer:m Entwickler:in beschrieben, welche Anforderungen oder Änderungswünsche Sie für eine Anwendung haben, sodass der:die Entwickler:in dann die nötige Entwicklungsarbeit für Sie durchgeführt hat?

- Ja
- Nein
- Ich weiß es nicht

Wie würden Sie ihren Wissensstand beim eigenständigen Bearbeiten von Oracle Apex Anwendung mit dem Apex Editor einschätzen?

- 1 - Ich habe noch nie selbst Änderungen im Apex Editor vorgenommen
- 2
- 3
- 4 - Ich kann mittelmäßig komplexe Änderungen und Erweiterungen eigenständig durchführen
- 5
- 6
- 7 - Ich bin ein:e erfahrene:r Apex Entwickler:in