



FOM Hochschule für Oekonomie & Management

Hochschulzentrum Siegen

Seminararbeit

im Rahmen der Lehrveranstaltung

IT-Infrastruktur

über das Thema

Dialogbasierter Zugriff auf eine KI über eine Django REST API

von

Henning Beier

Betreuer : Daniel Bitzer

Matrikelnummer : 517370

Abgabedatum : 29. August 2022

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	III
Abkürzungsverzeichnis	IV
1 Einleitung und Zielsetzung	1
1.1 Praktische Relevanz und Problemstellung	1
1.2 Methodik	2
2 Theorie: Begrifflichkeiten und Grundlagen	3
2.1 REST API	3
2.2 KI-Anwendungen und -Frameworks	3
2.3 Django Web-Framework	4
3 Praktischer Teil: Vom Skript zum Webservice	6
3.1 Vorbereitung einer KI-Anwendung	6
3.2 Einrichtung Django Grundinstallation	11
3.3 Zugriff mit einem Web-Frontend (Vue.js und Axios)	17
4 Fazit und Reflexion	20
Literaturverzeichnis	21

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Entwicklung der KI-Framework Nutzung auf Github.com	4
Abbildung 2:	Logo des Web-Frameworks Django	5
Abbildung 3:	Programmcode: model.py aus Chatbot Tutorial	7
Abbildung 4:	Auszug der Eingabedatei für das KI-Modell „intents.json“	8
Abbildung 5:	Programmcode: Main()-Funktion aus KI-Anwendung	10
Abbildung 6:	Hilfemenü der KI-Anwendung bei Konsolenaufruf	11
Abbildung 7:	Dateiinhalte der „Pipfile“ für die Django Grundinstallation	12
Abbildung 8:	Bildschirmfoto von lokal laufender Swagger Instanz	13
Abbildung 9:	Auszug der „README.md“-Datei: Zeilenweise Konfiguration	13
Abbildung 10:	Auszug der „models.py“-Datei: Das Django Datenmodell	14
Abbildung 11:	Auszug der „views.py“-Datei: Die Django Sichten	15
Abbildung 12:	Ordnerinhalt Django Grundinstallation	16
Abbildung 13:	Antwort des Webservices auf Chatbot-Eingabe	16
Abbildung 14:	Auszug der „views.py“-Datei: Berechtigungen einer Klasse	17
Abbildung 15:	Programmcode: Verbindungskonfiguration Back- und Frontend	18
Abbildung 16:	Bildschirmfoto: Mit Vue.js und Axios erstellte Webseite	19
Abbildung 17:	Bildschirmfoto: Das Web-Frontend wurde für Dialog genutzt	20

Abkürzungsverzeichnis

API	Application Programming Interface
HTTP/S	Hypertext Transfer Protocol (Secure)
KI	Künstliche Intelligenz
REST	Representational State Transfer
UUID	Universally Unique Identifier

1 Einleitung und Zielsetzung

In dieser Seminararbeit soll eine Künstliche Intelligenz (KI)-Anwendung über eine Representational State Transfer (REST) Application Programming Interface (API) aufrufbar gemacht werden. Eine REST API ist eine Programmierschnittstelle mit einem Architekturansatz der speziell Webservices entwickelt und konzipiert wurde. Eine KI-Anwendung muss dazu in einer Art eingebunden werden, die es erlaubt auf diese selbst in geeigneter Weise über die Endpunkte einer API zuzugreifen. Das bedeutet, dass die KI-Anwendung als Webservice zur Verfügung gestellt wird und damit auch einen dialogbasierten Zugriff auf die KI-Anwendung und dessen Funktionen selbst ermöglicht.

Verwendet werden dazu soll Django, ein quelloffenes Web-Framework das weit verbreitet im produktiven Einsatz ist und ebenso wie viele KI-Anwendungen in der Programmiersprache Python geschrieben wurde. Dieses zusammenführen und bereitstellen als eine Lösung im Softwarebereich, bzw. hier als Dienst, stellt dabei einen typischen Arbeitsbereich der IT-Infrastruktur dar. Die KI-Anwendung muss also in eine geeignete IT-Infrastruktur eingebunden werden. Ein sicherer und belastbarer Webservice, ist das angestrebte Ziel dieser Seminararbeit.

Die Seminararbeit mit allen Anlagen, dem Programmcode, allen Skripten und Quellen wird auch auf Github.com unter <https://github.com/haenno/ai-api/> zur Verfügung gestellt um den Zugriff auf darauf zu erleichtern. Ebenso findet sich unter <https://ai-api.tstsrv.de/> eine laufende Instanz der fertigen Lösung zum einfachen ausprobieren.

1.1 Praktische Relevanz und Problemstellung

Aktuell werden in vielen Bereichen neue Projekte und Lösungen mit KI entworfen, entwickelt und getestet. Dazu werden KI-Frameworks wie TensorFlow, PyTorch oder Keras benutzt. Für die vorgenannten, aber ebenso wie auch für andere KI-Frameworks, hat sich Python als Programmiersprache durchgesetzt. Dies, da sich mit Python große Datenmengen vergleichsweise einfach aufnehmen, verarbeiten und ausgeben lassen. Große Datenmengen sind für die KI-Entwicklung, häufig z.B. als Trainingsdatensätze, unverzichtbar.

Entwürfe und Testentwicklungen von KI-Anwendungen erfolgen insbesondere in frühen Phasen meist lokal in einer Entwicklungsumgebung. Ergebnisse zu präsentieren oder ein Austausch mit Dritten darüber ist damit nicht immer einfach möglich. Zumeist müssten

Dritte erst einen Python-Interpreter sowie umfangreiche weitere Abhängigkeiten, wie z.B. das verwendete KI-Framework selbst, installieren um die KI-Anwendung überhaupt erst Ausführen zu können. Das fällt nicht jedem interessieren leicht. Auch gibt es, durch die dynamische Entwicklung, meist verschiedenste Versionen der Software und Komponenten die zu unbeabsichtigten und unerwarteten Problemen und Hürden führen können.

1.2 Methodik

Die Seminararbeit soll das gewünschte Ziel, durch exploratives, vertikalen Prototyping erreichen. Vertikal bedeutet dabei, dass von der einfachen Konsolen KI-Anwendung bis hin zum dialogbasierten Aufruf über den Webserver, alle Ebenen durchdrungen werden sollen. Dabei sollen alle Schritte, jede eingesetzte Software und Lösung gründlich betrachtet und alle Schritte und Entscheidungen nachvollziehbar dokumentiert werden.

Zuerst soll eine einfache KI-Anwendung, die als Konsolenanwendung lokal in einer Entwicklungsumgebung, lauffähig ist erstellt werden. Hier ist ein üblicher Prototyp einer KI-Anwendung, z.B. aus einem einfach Tutorial, aus. Zum Erreichen des Ziels, reicht es dabei aus, wenn nur wenige einfache Funktionen des verwendeten KI-Frameworks zum Einsatz kommen.

Im Anschluss daran, soll ermittelt werden auf welche Arten die Einbindung einer solchen KI-Anwendung in das Django-Framework möglich ist. Mögliche Lösungsansätze sollen ermittelt, betrachtet und bewertet werden.

Die schrittweise Einrichtung einer Django-Installation wird analog durchgeführt und alle gemachten Einstellungen, eingerichteten Erweiterungen und Anpassungen nachvollziehbar dokumentiert. Dies umfasst dabei auch die notwendigen Module für Bereitstellung der API sowie den Einsatz von Django in einem produktiven Umfeld.

Im Schlussschritt werden die Django-Installation und die, für die Einbindung vorbereitete, KI-Anwendung zusammengeführt. Der dann mögliche, dialogbasierte Zugriff auf die KI-Anwendung als Webservice, die Django REST API, soll durch den Einsatz eines dynamischen Frontends, belegt werden.

2 Theorie: Begrifflichkeiten und Grundlagen

In diesem Abschnitt werden einige für das weitere Verständnis hilfreiche Begrifflichkeiten und Grundlagen kurz erklärt und eingeordnet. Dabei wird als Zielgruppe der Seminararbeit, eine zumindest in IT-Grundlagen versierte, Leserschaft angenommen.

2.1 REST API

Die Abkürzung API bedeutet Application Programming Interface, ins Deutsche übersetzt also „Schnittstelle zur Programmierung von Anwendungen“. Eine API ist damit eine Schnittstelle zu einem Programm oder zu einer Programmierung und erlaubt es, meist anhand detaillierten Dokumentation, den Zugriff auf die bzw. die Verarbeitung von Daten aus der Schnittstelle. Im heutigen Sprachgebrauch ist mit API meist der Zugriff auf einen Webservice gemeint. Grundsätzlich aber, umfasst der Begriff API nicht nur die vorgenannten Webservices, die eine Protokollorientierte Schnittstelle sind, sondern auch API anderer Typenklassen wie Datei-, Funktions- oder Objektorientierte APIs.

Mit REST beschreibt Fielding erstmals im Jahr 2000 in seiner Arbeit *Architectural styles and the design of network-based software architectures* einen hybriden Architekturansatz aus der Vermischung verschiedener netzwerkbasierter Architekturansätze für Schnittstellen. Dieser Ansatz hat sich zwischenzeitlich durchgesetzt und wird vielfach in modernen Webservices verwendet. Fielding beschreibt in seiner Arbeit umfassend wie eine zustandslose Kommunikation zwischen Client und Server über eine einheitliche Schnittstelle (API) mittels bekannter und bewährter Hypertext Transfer Protocol (Secure) (HTTP/S)-Methoden, wie GET, POST, PUT und DELETE, umgesetzt wird.

Heute werden REST APIs vielfältig eingesetzt: Ob zum Datenaustausch zwischen Unternehmen oder auch der Realisierung verschiedener Frontends bzw. Endgeräte für eine Anwendung – Aus der Praxis sind Schnittstellen dieser Art heute nicht mehr wegzudenken.

2.2 KI-Anwendungen und -Frameworks

Die Konrad-Adenauer-Stiftung e. V. (Wangemann, 2020) wie auch das Bundesministerium für Bildung und Forschung, Referat Künstliche Intelligenz (2022) selbst, beschreiben in ihren jüngsten Veröffentlichungen in ausführlicher Breite wie wichtig die Entwicklung von KI in allen Bereichen und auf allen Ebenen ist.

Dabei ist der praktische Einstieg in das Thema KI-Entwicklung im Vergleich zu anderen Forschungsfeldern ungemein leichter. Es werden, für einen Start in den Themenbereich, nicht viel mehr als ein Rechner und eine Internetverbindung benötigt. Die Entwickler der gängigen bzw. etwa weiter verbreiteten KI-Frameworks, stellen umfangreiche Dokumentation mit die anhand praxisnaher Beispiele und Anleitungen, den Einstieg leicht machen sollen.

Die KI-Frameworks TensorFlow, Keras und PyTorch haben sich über die letzten Jahre nicht nur auf dem Markt gehalten, sondern wurden von der Entwicklergemeinschaft deutlich mehr genutzt. Besonders die positive Entwicklung von PyTorch, hier mit einem Zuwachs von 468% gemessen an Aktivitätsindikatoren auf Github.com, hebt sich hier noch weiter von den beiden anderen, vorgenannten mit jeweils etwa 50% ab.

Abbildung 1: Entwicklung der KI-Framework Nutzung auf Github.com

KI-Framework	Forks (10/2018)	Forks (08/2022)	Veränderung in %	Pull Requests (10/2018)	Pull Requests (08/2022)	Veränderung in %	Issues (10/2018)	Issues (08/2022)	Veränderung in %	Ges. (10/2018)	Ges. (08/2022)	Veränderung in %
TensorFlow	68.709	87.100	27%	8.941	21.654	142%	14.037	35.427	152%	91.687	144.181	57%
Keras	13.094	19.200	47%	3.292	5.491	67%	8.133	11.405	40%	24.519	36.096	47%
Microsoft Cognitive Toolkit	4.089	4.400	8%	458	555	21%	2.985	3.268	9%	7.532	8.223	9%
Torch	2.312	2.400	4%	509	511	0%	664	726	9%	3.485	3.637	4%
PyTorch	4.772	16.200	239%	7.282	56.052	670%	5.578	27.925	401%	17.632	100.177	468%
Caffe	15.777	19.000	20%	2.164	2.233	3%	4.401	4.781	9%	22.342	26.014	16%

Hinweise:

- Eigene Zählung am 27.08.2022 auf den in der Spalte URL genannten Seiten.

- Heise, 10/2018, Artikel "Vergleich von Machine-Learning-Frameworks", URL: <https://www.heise.de/tests/Vergleich-von-Machine-Learning-Fr>

- Forks, Pull Requests und Issues jeweils von Github.com, wo zutreffend Gesamtwerte (offene und geschlossene)

KI-Framework	URL
TensorFlow	https://github.com/tensorflow/tensorflow/
Keras	https://github.com/keras-team/keras
Microsoft Cognitive Toolkit	https://github.com/microsoft/CNTK
Torch	https://github.com/torch/torch7
PyTorch	https://github.com/pytorch/pytorch
Caffe	https://github.com/BVLC/caffe

Quelle: Eigene Darstellung

2.3 Django Web-Framework

Django ist ein quelloffenes und frei verfügbares Web-Framework, dass nach eigenen Angaben schnell, vollständig, sicher, skalierbar und vielseitig ist (Django Software Foundation, 2022). Untermauert wird diese eigene Behauptung von Django durch bekannte

Anwendern und Nutzer wie z.B. Instagram, Pinterest und Delivery Hero (StackShare, Inc., 2022). Eine Studie bestätigt Django weiter eine große Gemeinschaft an Entwicklern, eine bedeutsame Anzahl an Fragen und Antworten bei Stackoverflow und wird auch als gute Lösung für größere Projekte betrachtet (Ghimire, 2020).

Abbildung 2: Logo des Web-Frameworks Django



Quelle: Django Software Foundation,
<https://www.djangoproject.com/community/logos/>

Django lässt sich dabei einfach um Funktionen und Pakete erweitern. Der Modulare Aufbau mit Datenmodellen, Sichten und Einstiegspunkten lässt zusammen mit dem Template-System und der einfachen Abstraktion für verschiedene Datenbanken sowie einer praktischen Administrationsoberfläche lässt dabei dennoch eine schnelle Entwicklung von Webseiten zu.

3 Praktischer Teil: Vom Skript zum Webservice

Die Entwicklung erfolgt in verschiedenen Phasen, die aufeinander aufbauen. Erkenntnisse aus einer Phase, bedingen darauf folgende Schritte. Ein Wechsel zwischen den Bereichen und ein wiederholtes Aufgreifen einer Teils der Lösung, ist daher nicht als Zeichen von Unstrukturiertheit zu verstehen, sondern als für den Prozess des hier angewendeten, vertikalen Protoypings schlicht notwendig.

3.1 Vorbereitung einer KI-Anwendung

Als Beispiel für bereitzustellende die KI-Anwendung wurde ein Chatbot gewählt. Eine Chatbotanwendung bietet sich an, da die Verarbeitung von menschlicher Sprache ein bedeutets Forschungsfeld innerhlab der KI ist. Bereits seit Jahrzehnten wird in diesem Berich intensiv Forschung betrieben: Von Mitte der 1960er Jahre an mit z.B. ELIZA, einer Sprachverarbeitung die im wesentlichen auf Mustererkennung abzielt und seinerzeit vor allem durch den fehlenden Zugriff auf Informationen beschränkt war (Weizenbaum, 1983). Bis hin zu jüngsten Entwicklungen die auch durch Schlagzeilen in der allegmeinen Presse Aufmerksamkeit erlangten: Microsofts Chatbot Tay funktionierte technisch, wurde aber bereits nach wenigen Tagen wieder abgeschaltet, da sich ihr Charkter in unerwünschte Richtungen entwickelte: Sie verbreitete Hassbotschaften und leugnete den Holocaust (heise online, Andreas Wilkens, 2016). Noch mehr Aufmerksamkeit erlangte jüngst der Chatbot LaMDA von Google. Dies, da einer der Entickler, zu der Überzeugung gelangte, dass der Chatbot ein Bewusstsein und sogar eine Seele entwickelt habe (heise online, Martin Holland, 2022).

Für die Seminararbeit hier, wird jedoch nur eine sehr einfache Ausführung eines Chatbots herangezogen. Grundlage dafür ist ein Tutorial in dem der Autor Loeber Grundlagen über den Aufbau einer KI-Anwendung näher bringt (Loeber, 2020).

Speziell dieses Tutorial wurde gewählt, da es als KI-Framework PyTorch verwendet. PyTorch ist neben TensorFlow eines der aktuelle führenden KI-Frameworks (siehe auch Abbildung 1), hat jedoch für diesen Anwendungsfall den Vorteil, dass es deutlich weniger Abhängigkeiten hat und kleiner in der Grundinstallation ist.

Zuerst wurde das gesamte Tutorial von mir durchgeführt und die KI-Anwendung lokal nachgebaut und getestet. Hier bei gab es keine nennenswerten Besonderheiten. Das vom Autor aufgebaute KI-Modell in der Datei `model.py` ist in diesem Fall ein künstliches, neuronales Netz mit drei Ebenen:

Abbildung 3: Programmcode: model.py aus Chatbot Tutorial

```
1  import torch
2  import torch.nn as nn
3
4
5  class NeuralNet(nn.Module):
6      def __init__(self, input_size, hidden_size, num_classes):
7          super(NeuralNet, self).__init__()
8          self.l1 = nn.Linear(input_size, hidden_size)
9          self.l2 = nn.Linear(hidden_size, hidden_size)
10         self.l3 = nn.Linear(hidden_size, num_classes)
11         self.relu = nn.ReLU()
12
13     def forward(self, x):
14         out = self.l1(x)
15         out = self.relu(out)
16         out = self.l2(out)
17         out = self.relu(out)
18         out = self.l3(out)
19         # no activation and no softmax at the end
20         return out
```

Man erkennt hier in Zeile 14 die sichtbare Eingabeebene, folgend eine verborgene Ebene Zeile 16 sowie Ausgabeebene in Zeile 18. Da hier eine verborgene Ebene verwendet wird, spricht man von einem „Deep Learning“-Modell. Es handelt sich bei dieser Künstliche Intelligenz um ein künstliches neuronales Netz (KNN), das mit maschinellen Lernen (ML) ein mehrschichtiges bzw. tiefes Lernen (Deep Learning) durchführt. Mehr und tiefer soll in dieser Seminararbeit jedoch nicht darauf eingegangen werden, da es den Rahmen der Seminararbeit sprengen würde und nicht zum Thema selbst gehört. Deutlich wird aber, dass schon mit einer einfachen KI-Anwendung, also hier dem Einsatz des KI-Frameworks PyTorch, direkt wesentliche und grundlegende Anwendungsfälle und mögliche Anforderungen abgedeckt werden können. Deutlich komplexere Modelle sind hier nun also nur noch eine Frage der tatsächlichen Umsetzung und eine Umsetzung scheitert hier nicht mehr an einer fehlenden IT-Infrastruktur.

Mit Abschluss des Tutorials umfasst die Anwendung nicht nur die Datei `model.py`, sondern auch eine `train.py` die er erlaubt, dass KI-Modell anhand der Eingabedaten in der Datei `intents.json` zu trainieren. Die Eingabedaten sind dabei wie folgt aufgebaut:

Abbildung 4: Auszug der Eingabedatei für das KI-Modell „intents.json“

```

1 {
2   "intents": [
3     {
4       "tag"      : "Begrüßung",
5       "patterns" : ["Hi", "Hallo", "Guten Tag"],
6       "responses": ["Hallo auch!", "Schön dich zu sehen!", "Willkommen!"]
7     },
8     {
9       "tag"      : "Verabschiedung",
10      "patterns" : ["Tschüss", "Bis bald", "Bye"],
11      "responses": [
12        "Danke für das Gespräch — Tschüss!",
13        "Pass auf das die Tür zu geht. Nodda."
14      ]
15    },
16    (...)
17  ]
18 }

```

An der Struktur dieser Daten kann die Funktionsweise nachvollzogen werden: Die KI-Anwendung überprüft Eingaben und versucht diese Anhand der erlernten Muster (Zeilen 5 und 10) einem Thema (Zeilen 4 und 9) zuzuordnen. Gelingt dies mit einer bestimmten Sicherheit, werden Antworten entsprechend dem Thema (Zeilen 6 und 11-13) zurückgegeben.

Der Vollständigkeit halber verweise ich noch kurz auf den Teil der KI-Anwendung die in dieser Eingabedatei vorhandene, natürliche Sprache verarbeitet. Bevor diese Daten für das Training und die Verwendung im Gespräch mit dem Chatbot verwendet werden können, müssen die mittels Algorithmen der Verarbeitung natürlicher Sprache (Natural Language Processing, NLP) für die KI aufbereitet werden. Dazu werden die Sprachdaten tokenisiert, also die Eingabe in Sätze und die Sätze in Wörter aufgeteilt. In diesem Tutorial mithilfe des Paketes „nltk“ (Natural Language Toolkit).

In einem nächsten Schritt werden diese Wörter dann auf Ihren Wortstamm zurückgeführt. Dies war eine der ersten Stellen an denen ich das Ergebnis des Tutorials angepasst habe. Ich habe ein entsprechendes Paket für die Verarbeitung deutscher Sprache gesucht und mit „HanTa“ gefunden (Wartena, 2019). Dieser Programmablauf erfolgt nicht nur beim Training des KI-Modells, sondern auch beim Gespräch mit Chatbot über die `chat.py`.

Weitere Anpassungen durch mich in dieser allerersten Entwicklungsstufe der KI-Anwendung direkt nach Abschluss des Tutorials waren das Hinzufügen einer Log-Funktion die alle Eingaben und Antworten in Log-Dateien (hier als CSV) abspeichert. Ebenso erzeuge ich für jedes geführte Gespräch einen eindeutigen Identifikator (hier als Universally Unique Identifier (UUID)), der es erlaubt geführte Gespräche in den Log-Dateien anhand der UUID vollständig nachzuvollziehen.

Alle Einstellungen und Parameter der KI-Anwendung habe ich in der Datei `config.py` zusammengefasst. Abschließend habe ich die für das Starten der KI-Anwendung notwendigen Abhängigkeiten und Pakete für die Verwendung mit dem Python Tool „Pipenv“ in der Datei „Pipfile“ zusammengefasst.

Den gesamten ersten Entwicklungsstand, wie er bis hier beschrieben wurde, habe ich in den Anlagen zur Seminararbeit sowie auf Github.com im Unterorder `10-example-ai-app` dokumentiert. Die KI-Anwendung in diesem Entwicklungsstand kann ausgeführt und getestet werden indem der Ordner `10-example-ai-app` mit einem Terminal betreten wird und unten stehende Befehle ausgeführt werden:

```
pipenv install
pipenv run python train.py
pipenv run python chat.py
```

Vorraussetzung dafür ist ein installierter Python-Interpreter ab Version 3.9 und das Python-Tool „Pipenv“.

Für die Einbindung dieser KI-Anwendung, muss diese nun aber in einer Form vorliegen, die es erlaubt das Programm oder Programmteile an anderen Stellen einzubinden oder Teile davon aufzurufen. Die bisher vorliegende Datei- bzw. Skriptensammlung ist dazu so nicht nutzbar. Die KI-Anwendung muss daher umgebaut werden zu einem Python Modul. Ein Python Modul zeichnet sich dadurch aus, dass die notwendigen Dateien incl. einer `__init.py__`-Datei in einem entsprechenden Dateiodner liegen. Der Aufruf kann dann aus anderen Python Skripten mittels `import NameDesModulOrdners` aufgerufen werden. Programmfunktionen aus dem Moduls können dann mit `NameDesModulOrdners.FunktionsName` aufgerufen und gestartet werden.

Ich habe die notwendigen Anpassungen an der KI-Anwendung vorgenommen, alle Inhalte in einer Datei zusammengetragen, gesamte Logik in passende Funktionen verpackt und aufrufbar über eine `main()`-Funktion gemacht.

Als weitere Möglichkeit zum Aufruf der KI-Anwendung wurde das Modul `argparse` in das Modul eingebunden. Damit ist der Aufruf von Programmteilen direkt über die Konsole möglich. Das Modul `argparse` stellt dabei Funktionen zur Verfügung die an die Anwendung übergebene Parameter auf der Konsole parst, also Verarbeitet. Außerdem werden automatisiert, nützliche Hilfetexte für die Kommandozeile erzeugt.

Hier im Detail ein Auszug aus der Datei `__init.py__` des Moduls `chatbot` :

Abbildung 5: Programmcode: Main()-Funktion aus KI-Anwendung

```

1 def main():
2     parser = ArgumentParser(description='Allows the use of a chatbot with PyTorch.')
3
4     parser.add_argument('-u', '--newuuid', action='store_true',
5                         help='Get a new, unique id for a conversation.')
6
7     parser.add_argument('-t', '--train', action='store_true',
8                         help='Trains the NN model based on current data.')
9
10    parser.add_argument('-c', '--chat', action='store_true',
11                        help='Chat with the chatbot.')
12
13    parser.add_argument('-i', '--textinput', type=str,
14                        help='Give an text input to the chatbot and recive a answer. \
15                             Provide a UUID for the conversation with -cu or --conversationuuid \
16                             followed by the UUID.')
17
18    parser.add_argument('-cu', '--conversationuuid', type=str,
19                        help='Needed when using -i, --textinput. Provide a UUID to a \
20                             conversation.')
21
22    args = parser.parse_args()
23
24    if vars(args)['newuuid']:
25        print(str(get_new_uuid()))
26        quit()
27
28    if vars(args)['train']:
29        train()
30        quit()
31
32    if vars(args)['chat']:
33        chat()
34        quit()
35
36    # check for complete input for a 'singlechat' call
37    complete_text_input = 0
38    if vars(args)['textinput']:
39        complete_text_input += 1
40    if vars(args)['conversationuuid']:
41        complete_text_input += 1
42
43    if complete_text_input == 1:
44        parser.error("Too few arguments: -cu/--conversationuuid and -i/--textinput are \
45                     both needed.")
46
47    if complete_text_input == 2:
48        print(str(singlechat(str(args.conversationuuid), str(args.textinput))))
49        quit()
50
51    parser.print_help()
52
53 if __name__ == '__main__':
54     main()

```

Anhand des strukturierten Aufbaus kann man die Programmlogik und die wesentlichen Aufrufe, gut ablesen. Wird das Modul aufgerufen, springt Python in die `main()`-Funktion (Zeilen 53 und 54). In dieser Funktion dann, wird zuerst das Modul `ArgumentParser` initialisiert (Zeile 2) und dann die möglichen Aufrufe über Konsolen-

parameter konfiguriert (Zeilen 4 bis 19). In Zeile 20 werden tatsächlich beim Programmaufruf mitgegebenen Parameter verarbeitet (geparst). Entsprechend der mitgegebenen Parameter werden dann in den Zeilen 24 bis 48 die jeweiligen je nach Programmfunktionen gestartet und das Skript beendet. Fand keine Auswahl statt, wird durch Zeile 50 das hier zu sehende Hilfemenü auf der Konsole ausgegeben:

Abbildung 6: Hilfemenü der KI-Anwendung bei Konsolenaufruf

```

pipenv run python -m chatbot
usage: __main__.py [-h] [-u] [-t] [-c] [-i TEXTINPUT] [-cu CONVERSATIONUUID]

Allows the use of a chatbot with PyTorch.

options:
  -h, --help            show this help message and exit
  -u, --newuuid          Get a new, unique id for a conversation.
  -t, --train            Trains the NN model based on current data.
  -c, --chat            Chat with the chatbot.
  -i TEXTINPUT, --textinput TEXTINPUT
                        Give an text input to the chatbot and recive a answer.
                        Provide a UUID for the conversation with
                        -cu or --conversationuuid followed by the UUID.
  -cu CONVERSATIONUUID, --conversationuuid CONVERSATIONUUID
                        Needed when using -i, --textinput. Provide a UUID to a
                        conversation.

```

Neben dem Umbau zur Python Modul und der Einbindung der Konsolenparameter, wurde noch das Logging weiter verfeinert und vervollständigt. Dieser Entwicklungsstand findet sich im Unterorder `20-prepared-ai-app`. Der Inhalt ist ebenfalls wieder in Anlage zu dieser Seminararbeit sowie auch auf Github.com zu finden. Der Aufruf kann wieder über die Konsole mit folgenden Befehlen erfolgen:

```

pipenv install
pipenv run python -m chatbot -t
pipenv run python -m chatbot

```

Dieser Aufruf führt dann dem oben sichtbaren Hilfemenü. Mit dem Befehl `pipenv run python -m chatbot -c` kann ein Chat auf der Konsole im direkten Dialog gestartet werden.

Die Vorbereitung der KI-Anwendung, des Chatbots, kann damit an dieser Stelle abgeschlossen werden. Die Einbindung in ein anderes Python Skript und auch der Aufruf über die Konsole sind möglich.

3.2 Einrichtung Django Grundinstallation

Die Bereitstellung des Webservices als REST API soll über Django erfolgen. Daher wird zuerst eine Grundinstallation von Django vorgenommen. Eine fertige Django Grundin-

stallation sowie die Dokumentation über die Installation findet sich in den Anlagen zur Seminararbeit und auf Github.com im Ordner `30-django-base-install` in der Datei `README.md`.

Bei dieser Installation wurden alle notwendigen Pakete und Abhängigkeiten mit berücksichtigt, die für die Einbindung der zuvor vorbereiteten KI-Anwendung notwendig waren. Auch einige weitere Pakete und Funktionen wurden vorrausschauend bereits mit installiert. Neben zwingend für die Umsetzung notwendigen Paketen wie dem „Django Toolkit für REST API“, dem „Django REST framework“, wurden vor allem Pakete installiert, die Funktionen bereitstellen, die den Zugriff auf die API erleichtern.

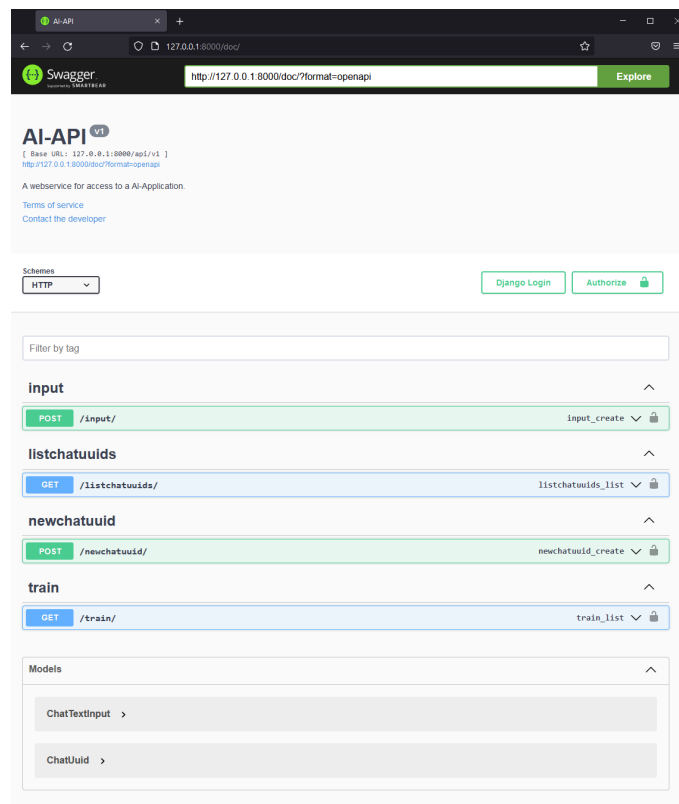
Abbildung 7: Dateiinhalte der „Pipfile“ für die Django Grundinstallation

```

1  [[source]]
2  url = "https://pypi.org/simple"
3  verify_ssl = true
4  name = "pypi"
5
6  [packages]
7
8  Django = "==4.1" # Django itself
9  django-rest-framework = "==3.13.1" # Django toolkit for rest api
10 drf-yasg = "==1.21.3" # Swagger for Django / OpenAPI 2.0
11 django-cors-headers = "==3.13.0" # for cross site access from a frontend
12 daphne = "==3.0.2" # to serve django
13 whitenoise = "==6.2.0" # to serve static files
14 tzdata = "==2022.2" # to fix dependency error on some systems
15
16 # for the chatbot module
17 numpy = "==1.23.2"
18 nltk = "==3.7"
19 HanTa = "==0.2.0" # 0.2.1 seems broken, fallback to 0.2.0
20 torch = "==1.12.1"
21
22 [dev-packages]
23
24 [requires]
25 python_version = "3"

```

Über das Paket `drf-yasg` bzw. „Yet another Swagger generator“ z.B. wird vollautomatisch eine Webseite generiert (Swagger), die der OpenAPI 2.0 Spezifikationen entspricht und Dritten damit eine vollständige Dokumentation der API bereitstellt und die Verwendung der API damit ermöglicht.

Abbildung 8: Bildschirmfoto von lokal laufender Swagger Instanz

Quelle: Eigenes Bildschirmfoto

Der Installations- und Einrichtungsprozess ist bei Django gut zu dokumentieren. Die Schritte sind kleinteilig und führen, in der korrekten Abfolge ausgeführt, regelmäßig zum gleichen Ergebnis. Für diese Grundinstallation sind 14 Schritte erforderlich, die in einem Zeitraum von etwa 30 Minuten von einer Person mit IT-Kenntnissen gut abgearbeitet werden können. Es müssen z.B. verschiedene Konsolenbefehle, wie z.B. `pipenv run python manage.py createsuperuser` für die Anlage eines Administratoraccounts oder `pipenv run python -m chatbot -t` zum initialen Training des KI-Modells, eingegeben werden. Auch müssen verschiedene Dateien angelegt oder bestehenden Dateien Inhalte an der korrekten Stelle hinzugefügt werden. Dazu ein Auszug aus der Anleitung:

Abbildung 9: Auszug der „README.md“-Datei: Zeilenweise Konfiguration

```

1 # Pay attention to the order:
2 MIDDLEWARE = [
3     'corsheaders.middleware.CorsMiddleware', # add cors as the first line
4     ...
5     'django.middleware.security.SecurityMiddleware', # look out for this line and
    insert whitenoise below
6     'whitenoise.middleware.WhiteNoiseMiddleware', # for static files
7     ...

```

Neben diesen einfacheren Schritten, war es aber auch notwendig die KI-Anwendung selbst einzubinden. Dazu wird während des Installationprozesses die KI-Anwendung aus dem Ordner `20-prepared-ai-app` in den Ordner der Django Grundinstallation kopiert. Damit können Funktionen der KI-Anwendung als Modul an jeder Stelle von Django importiert und aufgerufen werden.

Dann folgend müssen für die Funktionen der KI-Anwendung entsprechende Programmierungen in Django erstellt werden: Das Datenmodell muss abgebildet werden, die Sichten auf die Daten müssen ertelt werden und die entsprechenden Einstiegspunkte konfiguriert werden. Innerhalb von Django finden sich diese Programmierungen bzw. Konfigurationen in den Dateien `models.py`, `views.py` und `urls.py` wieder. Je nach Organisation finden sich diese Dateien an unterschiedlichen Stellen von Django wieder. Auch lassen sich die Inhalte auf verschiedene Hierarchien aufteilen und damit nach Programmteil getrennt hinterlegen. Das kann die Organisation von Anwendungen deutlich erleichtern.

In den in Django angelegten Datenmodellen erkennt man z.B. schnell, dass diese vom Aufbau im wesentlichen den bisherigen Log-Dateien entsprechen. Folgend sind die beiden Klassen zu den Datenmodellen zu sehen. Wie man erkennt, können diese auch mit Informationen angereichert werden, die im Webservice wichtige Hinweise zur korrekten Nutzung geben:

Abbildung 10: Auszug der „models.py“-Datei: Das Django Datenmodell

```

1  class ChatUuid(models.Model):
2      chatuuid = models.UUIDField(unique=True, default=uuid.uuid4,
3                                  editable=False, help_text="The UUID for a Chatbot
4                                  conversation.")
5      created = models.DateTimeField(auto_now_add=True)
6      agreed = models.TextField(
7          blank=True, help_text="If user agreed to the service terms (http://...),
8          send 'Einverstanden'."
9      )
10
11     def __str__(self):
12         return str(self.chatuuid)
13
14     class ChatDialogue(models.Model):
15         chatuuid = models.UUIDField(blank=False)
16         created_at = models.DateTimeField(auto_now_add=True)
17         updated_at = models.DateTimeField(auto_now=True)
18         input = models.TextField(blank=False)
19         probability = models.FloatField(blank=True)
20         understood = models.BooleanField(blank=True)
21         output = models.TextField(blank=True)
22
23     def __str__(self):
24         return str(self.input)

```

So kann man durch die Angaben im Attribut `help_text='...'` in den Zeilen 3 und 6 der Abbildung 10 hinterlegen, was für Nutzer der API relevant ist. Hier wird z.B.

der Klasse `ChatUuid` die Information mitgegeben, dass es sich dabei um eine UUID für ein Gespräch mit dem Chatbot handelt. Eine `ChatUuid` aber, wird nur vergeben, so das Einverständnis zu den Nutzungsbedingungen erteilt wurde. Hier indem der Parameter `agreed` mit dem Inhalt „Einverstanden“ übergeben wurde. Eine entsprechende Fehlermeldung wurde über einen Inhalt in der Datei `views.py` programmiert:

Abbildung 11: Auszug der „views.py“-Datei: Die Django Sichten

```

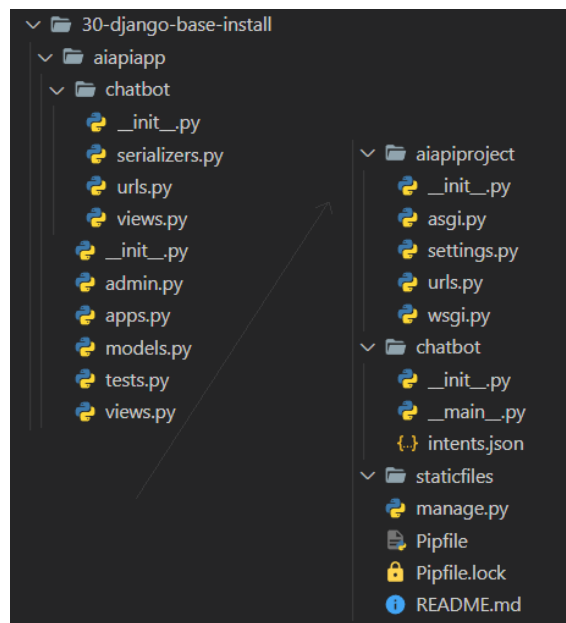
1  class ChatUuidNewAPIView(CreateAPIView):
2      model = ChatUuid
3      serializer_class = ChatUuidSerializer
4      queryset = ChatUuid.objects.all()
5
6      def post(self, request, *args, **kwargs):
7          request.data["chatuuid"] = get_new_uuid()
8
9          if request.data["agreed"] != "Einverstanden":
10             return Response(data="If 'agreed' is not 'Einverstanden' you can not
                use the services.",
11                             status=status.HTTP_400_BAD_REQUEST)
12
13         return self.create(request, *args, **kwargs)

```

In Abbildung 11 findet man ein Klasse des Typs `CreateAPIView`. Diese stellt über des „Djangao Rest framework“ einen Endpunkt für POST Anfragen bereit. In der Zeile 6 sieht man entsprechend ein die Methode `def post(...):`. Die Programmlogik für die Fehlermeldung findet sich in der Zeilen 9: Hier wird überprüft ob der bereits bekannte Parameter `agreed` mit dem Inhalt „Einverstanden“ befüllt ist. Ist das nicht der Fall, wird über Zeile 10 eine Rückgabe mit Fehlermeldung und HTTP-Statuscode 400 (keine Verarbeitung aufgrund clientseitigem Fehler) zurückgegeben.

Nach dieser Systematik wurden für alle Funktionen der KI-Anwendung entsprechend Sichten und Einstiegspunkte programmiert, die der Installationsanleitung `30-django-base-installREADME.md` in den Anlagen und auf Github.com entnommen werden kann. Auch finden sich natürlich alle Programmierungen und Konfigurationen in dem Ordner zur Django Grundinstallation selbst (`30-django-base-install`).

Den vollständigen Ordnerinhalt zeigt die folgende Abbildung:

Abbildung 12: Ordnerinhalt Django Grundinstallation

Quelle: Eigenes Bildschirmfoto

Für die API wurden insgesamt vier Endpunkte, also die Zugriffspunkte auf die KI-Anwendung, erstellt. Zwei der Endpunkte, `input` und `newchatuuid`, sind dabei für das Gespräch mit dem Chatbot notwendig. Mittels einer POST HTTP-Anfrage an `/api/v1/chatbot/input` können schon mit den beiden Pflichtparametern `input` und `chatuuid` Eingaben an die KI-Anwendung übergeben werden. Der Chatbot verarbeitet diese dann über den Modulaufruf aus einer Django Sicht bzw. View heraus, und gibt die Antwort im Feld `output`, zusammen mit einigen anderen Feldern wie z.B. der Wahrscheinlichkeit des Verständnisses, im direkten Dialog als Antwort auf die Anfrage selbst, mit einem HTTP-Statuscode 200 (erfolgreich) zurück wie die folgende Abbildung zeigt:

Abbildung 13: Antwort des Webservices auf Chatbot-Eingabe

```
{
  "id": 112,
  "chatuuid": "3fa85f64-5717-4562-b3fc-2c963f66afa6",
  "created_at": "2022-08-28T20:31:48.580175Z",
  "updated_at": "2022-08-28T20:31:48.580175Z",
  "input": "Magst du Katzen?",
  "probability": 0.9999604225158691,
  "understood": true,
  "output": "≥O∪O≤"
}
```

Quelle: Eigenes Bildschirmfoto

Einen weiteren Endpunkt gibt es zum Training des KI-Modells, den `/api/v1/chatbot/train`. Dieser Endpunkt ist für die Verwendung mit einer GET Methode angelegt. Der Aufruf jedoch, wird nur erlaubt wenn über eine HTTP Basis Authentifizierung ein Benutzername und das entsprechende Passwort eines Administratorkontos der Anfrage mitgegeben wird. Bei fehlenden Authentifizierungsdaten erfolgt die Antwort mit HTTP-Statuscode 403 (verboten) und der Fehlermeldung `{ "detail": "Authentication credentials were not provided." }`. Werden falsche Angaben gemacht, erfolgt die Antwort mit gleichem Statuscode, jedoch der Fehlermeldung `{ "detail": "Invalid username/password." }`. Diese Fehlermeldungen werden dabei von Django bzw. dem „Django Rest framework“ automatisch erzeugt und übermittelt. Die einzige Einstellung dazu erfolgte in den Sichten, der Datei `views.py`, in Zeile 2 durch eine Angabe im Parameter `permission_classes`:

Abbildung 14: Auszug der „views.py“-Datei: Berechtigungen einer Klasse

```

1 class ChatTrainAPIView(views.APIView):
2     permission_classes = [permissions.IsAdminUser]
3
4     def get(self, request, format=None):
5         """
6         Returns the console output from the training process.
7         Only Admin Users can start the training.
8         """
9         trainoutput = train()
10
11        return Response(data=str(trainoutput), status=status.HTTP_200_OK)

```

Der Aufruf des `train`-Endpunkts dauert meist zumindest einige Sekunden. Es wird dadurch klar, dass die direkte, dialogbasierte Kommunikation vor allem durch Antwortzeiten beschränkte Grenzen hat. Anfragen die in aller Regel länger als den Bruchteil einer Sekunde dauern, könnten über die API eine Rückmeldung geben, die anzeigt, dass die finale Antwort noch nicht in der nun erhaltenen Rückmeldung enthalten war. Es könnte dabei ein Token zur Nachfrage zum Bearbeitungsstand und Abholung des finalen Ergebnisses bei dem Webservice übergeben werden. Auch sehr lange laufende Verarbeitungen, könnten damit für Nutzer der API transparent verarbeitet werden. Eine Umsetzung dieser Idee, erfolgte hier jedoch aus Gründen des Umfangs der Seminararbeit nicht.

3.3 Zugriff mit einem Web-Frontend (Vue.js und Axios)

Für den einfachen Zugriff und um die Funktionalität abschließend zu bestätigen, soll auch ein Zugriff auf den neuen Webservice der KI-Anwendung über ein Web-Frontend durchgeführt werden. Dazu wurde eine einfache Webseite erstellt, die Schrittweise die

diaglobalisierte Kommunikation mit der KI-Anwendung, also dem Chatbot, aufbaut und durchführt. Die Auswahl des zum Einsatz kommenden Frameworks, fiel hier auf „Vue.js“ das als leichtgewichtiges, quelloffenes und schnell einzurichtendes Framework ideal für diesen Anwendungsfall ist. Ein Chatdialog erfordert hier keinen besonders komplexen oder aufwändigen Aufbau. Lediglich HTTP-Anfragen müssen an eine REST API gestellt werden können. Dazu kommt „Axios“ als HTTP-Bibliothek auf der Web-Seite zum Einsatz.

Die Erstellung der Webseite erfolgte durch Nutzung einer, auf eine einfache und in den Funktionen leicht nachvollziehbare, Beispielanwendung (bezkoder, 2021). Die dort erstellte Anwendung wurde gründlich gesichtet und konnte in der Funktionsweise nachvollzogen werden. Weitere Anpassungen und Optimierungen konnten darauf erfolgen, insbesondere der Funktionsumfang konnte noch weiter zusammengeschrumpft werden. Dies da in dem Anwendungsfall des Chatbot, nur noch POST-Methoden zum Einsatz kommen.

Die erstellte Webseite befindet sich in den Anlagen und auf Github.com im Ordner `40-vue-axios-webpage`. Der Start der Webseite erfolgte nach Installation von „node.js“ mittels Eingabe von `npm install` und `npm run server` im Projektordner.

Die Verbindung zwischen dem Frontend (Webseite, Vue.js mit Axios) und Backend (Django, KI-Anwendung) wird in der Datei `http-common.js` eingestellt:

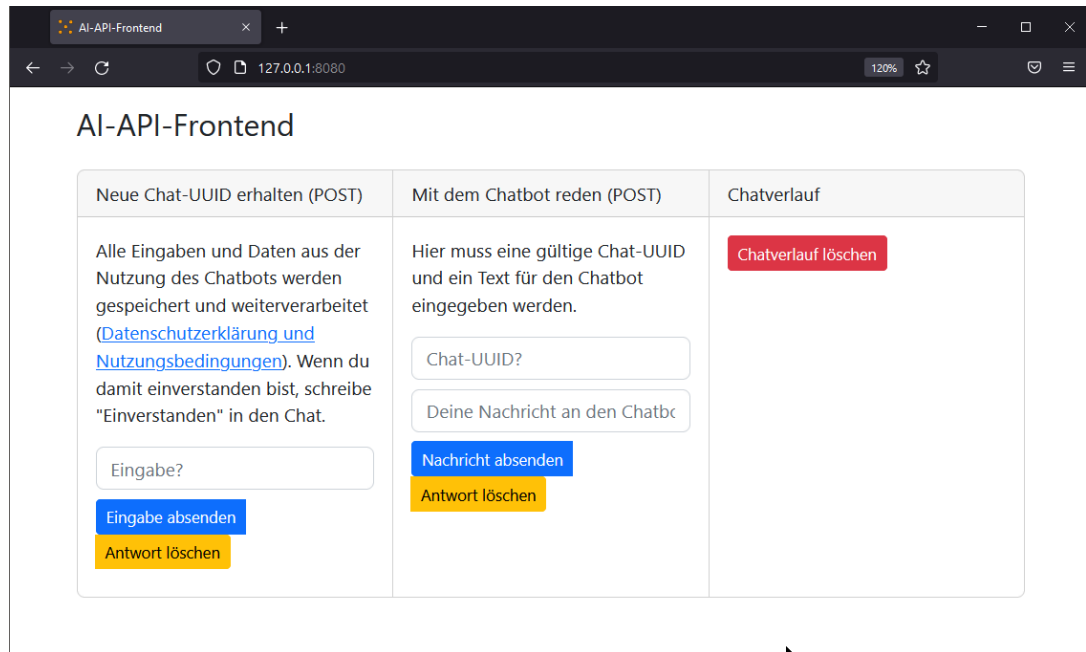
Abbildung 15: Programmcode: Verbindungskonfiguration Back- und Frontend

```
1 import axios from "axios";
2
3 export default axios.create({
4   baseURL: "http://127.0.0.1:8000/api/v1",
5   headers: {
6     "Content-type": "application/json",
7   },
8 });
```

Das Web-Frontend wurde passend zum Webservice entworfen. Damit das Durchführen von Tests und ein Eingriff in die Abläufe leicht möglich ist sowie zur leichten Fehlersuche, wurde die Webseite bewusst nicht als fertige Chatanwendung mit nur einer Eingabezeile und einem Ausgabefenster entworfen. Die Webseite bildet den mehrstufigen Verbindungsauf zwischen dem Client und Server. Zuerst muss eine Chat-UUID durch Übermittlung des Einverständnisses zu den Nutzungsbedingungen abgeholt werden. Dies ist in Abbildung ?? unten, links zu sehen. Erst dann kann mit dieser Chat-UUID mit dem Chatbot gesprochen werden. Im mittleren Teil der Webseite, kann dann die Chat-UUID sowie die

Nachricht an den Chatbot eingetragen werden. Die Antwort wird dann im rechten Teil der Webseite dargestellt.

Abbildung 16: Bildschirmfoto: Mit Vue.js und Axios erstellte Webseite



Quelle: Eigenes Bildschirmfoto

In der Abbildung 17 erkennt man dann, das Ergebnis eines erfolgten Dialogs. Die Antworten incl. technischer Details werden jeweils unter der Aktion dargestellt. Sichtbar in den grauen Feldern der linken und mittleren Teil der Webseite. Im rechten Bereich wird der erfolgte dialog mit dem Chatbot dargestellt.

Abbildung 17: Bildschirmfoto: Das Web-Frontend wurde für Dialog genutzt

AI-API-Frontend

Neue Chat-UUID erhalten (POST)	Mit dem Chatbot reden (POST)	Chatverlauf
<p>Alle Eingaben und Daten aus der Nutzung des Chatbots werden gespeichert und weiterverarbeitet (Datenschutzerklärung und Nutzungsbedingungen). Wenn du damit einverstanden bist, schreibe "Einverstanden" in den Chat.</p> <p><input type="text" value="Einverstanden"/></p> <p>Eingabe absenden Antwort löschen</p> <pre>{ "status": "201-Created", "headers": { "content-length": "123", "content-type": "application/json" }, "data": { "id": 5, "chatuuid": "b8b3f808-e5d7-4782-9212-f6", "created": "2022-08-28T22:36:09.234795Z", "agreed": "Einverstanden" } }</pre>	<p>Hier muss eine gültige Chat-UUID und ein Text für den Chatbot eingegeben werden.</p> <p><input type="text" value="b8b3f808-e5d7-4782-9212-f6ffc8b89a84"/></p> <p><input type="text" value="Bye"/></p> <p>Nachricht absenden Antwort löschen</p> <pre>{ "status": "201-Created", "headers": { "content-length": "259", "content-type": "application/json" }, "data": { "id": 10, "chatuuid": "b8b3f808-e5d7-4782-9212-f6", "created_at": "2022-08-28T22:36:45.1326", "updated_at": "2022-08-28T22:36:45.1326", "input": "Bye", "probability": 0.9964902997016907, "understood": true, "output": "Pass auf das die Tür zu geht" } }</pre>	<p>Chatverlauf löschen</p> <p>Eingabe: Bye Antwort: Pass auf das die Tür zu geht. Nodda.</p> <p>Eingabe: Bist du ein Mensch? Antwort: Beep beep, bitte Eingabe wiederholen, Beep! d[o_0]b</p> <p>Eingabe: Magst du Katzen? Antwort: =^..^=</p> <p>Eingabe: Wie geht es dir? Antwort: Tippi toppi! Danke der Nachfrage :-)</p> <p>Eingabe: Guten Tag! Antwort: Schön dich zu sehen!</p>

Quelle: Eigenes Bildschirmfoto

4 Fazit und Reflexion

Es hat gut geklappt. Alles geht wie gewünscht.

Herausforderung und Schwierigkeit bei der Bereitsstellung ist es, eine Grezne zwischen der API und der Anwendung aufrecht zu erhalten. Die Inhalte verschwimmen und verwachsen sehr schnell miteinander. Während der Umsetzung war es sehr schwer, die Funktionen der KI-Anwendung im Stand der Konsolenanwendung voll umfänglich in die API einzubinden, ohne an den Funktionen der KI-Anwendung im vorliegenden Zustand Veränderungen vorzunehmen.

Die Vorstellung die KI-Anwendung selbst vollständig in Django zu integrieren war dabei verlockend. Alle Daten und Logs hätten statt in einer Datei direkt über die Django Datenmodelle und Abstraktion bequem in einer Datenbank gespeichert werden können.

Literaturverzeichnis

- Fielding, R. T. (2000). *Architectural styles and the design of network-based software architectures*. Irvine: University of California.
- Ghimire, D. (2020). Comparative study on Python web frameworks: Flask and Django.
- Wangermann, T. (2020). KI in KMU: Rahmenbedingungen für den Transfer von KI-Anwendungen in kleine und mittlere Unternehmen.
- Wartena, C. (2019). A probabilistic morphology model for German lemmatization. In *Proceedings of the 15th Conference on Natural Language Processing (KONVENS 2019)* (S. 40–49).
- Weizenbaum, J. (1983). Eliza—a computer program for the study of natural language communication between man and machine. *Communications of the ACM*, 26(1), 23–28.

Internetquellen

- bezkoder (2021). *Vue Axios example with Rest API*. Verfügbar unter <https://github.com/python-engineer/pytorch-chatbot> [27. 08. 2022].
- Bundesministerium für Bildung und Forschung, Referat Künstliche Intelligenz (2022). *Zwischenbericht zur KI-Strategie*. Verfügbar unter https://www.ki-strategie-deutschland.de/home.html?file=files/downloads/Zwischenbericht_KI-Strategie_Final.pdf&cid=806 [27. 08. 2022].
- Django Software Foundation (2022). *Django overview*. Verfügbar unter <https://www.djangoproject.com/start/overview/> [27. 08. 2022].
- heise online, Andreas Wilkens (2016). *Microsofts Chatbot Tay nach rassistischen Entgleisungen abgeschaltet*. Verfügbar unter <https://heise.de/-3151646> [16. 06. 2022].
- heise online, Martin Holland (2022). *Hat Chatbot LaMDA ein Bewusstsein entwickelt? Google beurlaubt Angestellten*. Verfügbar unter <https://heise.de/-7138314> [16. 06. 2022].
- Loeber, P. (2020). *Implementation of a Contextual Chatbot in PyTorch*. Verfügbar unter <https://github.com/python-engineer/pytorch-chatbot> [27. 08. 2022].
- StackShare, Inc. (2022). *Django - Reviews, Pros and Cons, Companies using Django*. Verfügbar unter <https://stackshare.io/django> [27. 08. 2022].

Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit versichere ich, dass die vorliegende Arbeit von mir selbstständig und ohne unerlaubte Hilfe angefertigt worden ist, insbesondere dass ich alle Stellen, die wörtlich oder annähernd wörtlich aus Veröffentlichungen entnommen sind, durch Zitate als solche gekennzeichnet habe. Ich versichere auch, dass die von mir eingereichte schriftliche Version mit der digitalen Version übereinstimmt. Weiterhin erkläre ich, dass die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde/Prüfungsstelle vorgelegen hat. Ich erkläre mich damit nicht einverstanden, dass die Arbeit der Öffentlichkeit zugänglich gemacht wird. Ich erkläre mich damit einverstanden, dass die Digitalversion dieser Arbeit zwecks Plagiatsprüfung auf die Server externer Anbieter hochgeladen werden darf. Die Plagiatsprüfung stellt keine Zurverfügungstellung für die Öffentlichkeit dar.

Wilnsdorf, 29. August 2022

(Ort, Datum)

A handwritten signature in black ink, reading "Henning Beier". The signature is written in a cursive style with a horizontal line underneath it.

(Eigenhändige Unterschrift)