

Informatik
Hauptcampus

H O C H
S C H U L E
T R I E R

Förderung des Sprachenlernens durch Visualisierung von Attention in maschinellen Übersetzungsmodellen

Wettbewerbsbeitrag zu
dem studentischen DINI-Wettbewerb 2023/2024
„Mit KI lernen: Intelligente Bildung für eine intelligente Zukunft“

Bearbeiter: Marvin Schmidt
Matrikelnummer: 970309
E-Mail-Adresse: schmidma@hochschule-trier.de

Künstliche Intelligenz und Data Science (M.Sc.)
Fachbereich Informatik
Betreuer: Prof. Dr. Tilo Mentler

Trier, 01.07.2024

Kurzfassung

Beim Erlernen einer Fremdsprache sind Sprachlernerinnen und Sprachenlerner auf die Verfügbarkeit guter Lehrmaterialien angewiesen. Neben Wörterbüchern und Sprachkursen stellen maschinelle Übersetzungsmodelle wie Google Translate oder DeepL ein wichtiges Werkzeug hierzu dar. Moderne Übersetzungsmodelle basieren, wie auch ChatGPT, auf der Transformer-Architektur. Attention, die Fähigkeit zum gezielten Richten von Aufmerksamkeit, ist ein zentraler Bestandteil dieser Architektur. Attention kann, in seiner Interpretation das als Vorwissen einer Expertin, durch passende Visualisierungen zur Unterstützung von Sprachlernerinnen eingesetzt werden. Zur interaktiven Demonstration einer möglichen Visualisierungsform wird eine Prototyp-Applikation vorgestellt. Anhand einer Evaluation des Prototypen und einer Diskussion werden Perspektiven zur Weiterentwicklung der Methodik vorgestellt.

Abstract

When learning a foreign language, learners rely on the availability of high-quality teaching materials. In addition to dictionaries and language courses, machine translation models such as Google Translate or DeepL are important tools in this regard. Modern translation models and other popular applications, including ChatGPT, are based on the Transformer architecture. Attention, referring to the ability to selectively direct focus, is a central component of this architecture. Attention can be interpreted as the expertise of a language teacher and, by appropriately visualizing it, harnessed to support language learners. A prototype application is presented to demonstrate an interactive form of such a visualization. Based on an evaluation of the prototype and a discussion, an outlook on possible further development is presented.

Vorwort

Die nachfolgende Ausarbeitung dient der Präsentation eines Werkzeugs zur Unterstützung des selbstständigen Erlernens einer Fremdsprache. Als zentrale Anlage dieser Einreichung wird ein **Prototyp zur Demonstration der erstellten Methodik** bereitgestellt, siehe Anlage A.

Die Idee zu diesem Projekt ist das Produkt der eigenen Erfahrungen zum Erlernen von Spanisch als zweite Fremdsprache. Ein Ziel, auf welches ich während des Lockdowns als Zeitvertreib im Selbststudium hinarbeitete und mir bis heute als Hobby Freude bereitet. Mein Anspruch zur Bearbeitung dieses Projekts und Teilnahme an diesem Wettbewerb ist es, ein Werkzeug zu erstellen, das ich mir als Sprachenlerner und Anfänger selbst gewünscht hätte. Die während meines Studiums erlernten Grundlagen der künstlichen Intelligenz und dem Bereich Natural Language Processing stellen die Schnittstelle hierzu dar.

Vorkenntnisse im Bereich der künstlichen Intelligenz oder Natural Language Processing sind zum Verständnis dieses Beitrages nicht erforderlich. Auf die Erklärung technischer Grundlagen oder Details zur Realisierung wird weitestgehend verzichtet. Anstelle dessen soll die praktische Umsetzbarkeit der vorgestellten Idee mithilfe eines funktionsfähigen Prototypen demonstriert werden. Eine Erläuterung der wichtigsten technischen Aspekte wurde in das Format einer kommentierten Videoanlage ausgelagert, siehe Abschnitt 3.

Eingebundene Inhalte Dritter, beispielsweise vortrainierte Übersetzungsmodelle, sind in den Anlagen B und C entsprechend ausgewiesen.

Zur inklusiven und gendergerechten Referenzierung von Personen werden nachfolgend neutrale Formulierungen oder ersatzweise das generische Femininum verwendet.

Inhaltsverzeichnis

1	Motivation	1
1.1	Problemstellung	1
1.2	Expertinnenvorwissen als Ressource	2
2	Modellierung von Vorwissen durch Attention	3
3	Prototyp	4
3.1	Visualisierung von Attention	4
3.2	Aufarbeitung aus Sprachmodellen Dritter	5
4	Evaluation	6
4.1	Ergebnisse des Benutzungstests	6
4.2	Anfängerinnen als zentrale Zielgruppe	7
5	Ausblick	8
5.1	Transferfähigkeit der Visualisierungsmethodik	8
5.2	Relevanz im Kontext der erklärbaren künstlichen Intelligenz	8
5.3	Fortführung des Projekts	9
	Literaturverzeichnis	10
	Anhang: Anleitung zur Verwendung des Prototypen	11
	Anhang: Eingebundene Übersetzungsmodelle	12
	Anhang: Eingebundene Inhalte Dritter und Hilfsmittel	13
	Anhang: Selbstständigkeitserklärung	14

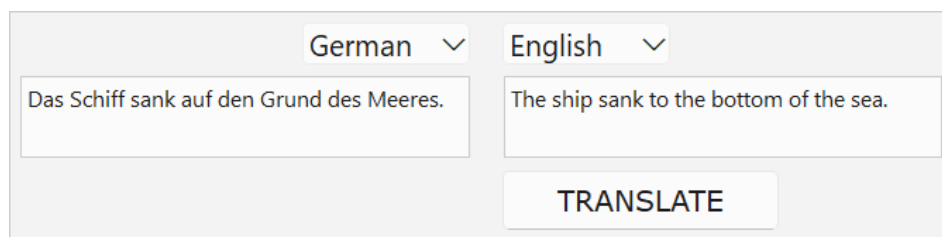
Motivation

1.1 Problemstellung

Das Erlernen einer Fremdsprache, insbesondere das Erlernen ihrer Grundlagen, geschieht in der Regel auf Basis einer bekannten Ausgangssprache. Mit dieser Ausgangssprache als Medium werden wichtige grammatikalische Elemente und erste Vokabeln vermittelt. Je nach Verwandtheitsgrad der Ausgangs- und Zielsprache können sich Elemente dieser Sprachen ähneln oder auch grundlegend unterscheiden. Die Unterschiede zwischen Deutsch und Niederländisch sind etwa gering, die Unterschiede zwischen Deutsch und Chinesisch jedoch immens. Damit einher geht das inhärente Problem, dass sprachenspezifische Ausdrucksweisen und Konzepte mit den Mitteln einer anderen Sprache eingeführt und verstanden werden müssen.

Sprachenlernenden stehen zur Lösung dieses Problems verschiedene Mittel zur Verfügung. Unter anderem Wörterbücher mit Begriffsdefinitionen, Definitionen der Grammatik, Kurse und Lernvideos, Medien wie Musik oder Filme, sowie der Kontakt zu Muttersprachlerinnen in Sprachkursen oder auf Reisen.

Zu den wohl intuitivsten und zugänglichsten Mitteln gehören auch **maschinelle Übersetzungsdienste** wie Google Translate¹ oder DeepL², die über das Medium der eigenen Ausgangssprache sinngemäße Übersetzungen in hoher Qualität erzeugen können, typischerweise in einer wie in Abbildung 1.1 gezeigten Form.



The image shows a user interface for a machine translation service. At the top, there are two dropdown menus: the first is set to 'German' and the second to 'English'. Below these, there are two text input fields. The left field contains the German sentence 'Das Schiff sank auf den Grund des Meeres.' and the right field contains the English translation 'The ship sank to the bottom of the sea.' Below the input fields is a large button labeled 'TRANSLATE'.

Abbildung 1.1: Nutzung eines Übersetzungsdienstes zur Übersetzung eines Satzes von Deutsch zu Englisch, *eigene Abbildung*.

Es zeigt sich im vorliegenden Beispiel eine für Sprecherinnen von Deutsch und Englisch natürliche Übersetzung des Ausgangssatzes.

¹ <https://translate.google.com/>

² <https://www.deepl.com/>

1.2 Expertinnenvorwissen als Ressource

Der Begriff *sea* besitzt eine direkte Entsprechung, wie in Abbildung 1.2 gezeigt. Mithilfe eines Wörterbuchs kann ein solcher Begriff auch ohne das Vorwissen einer Expertin schnell recherchiert werden.

Als etwas schwieriger gestaltet sich die sinngemäße Übersetzung des Kasus, also im vorliegenden Beispiel der deklinierten Pronomen *den* und *des*, wie in Abbildung 1.3 gezeigt. Um diese Entsprechung im Kontext als Anfängerin zu erkennen, sind bereits fortgeschrittene Kenntnisse über den Kasus im Deutschen oder die Erläuterung einer Lehrkraft erforderlich. Dies ist insbesondere der Fall, da es im Englischen keinen Kasus gibt.

Eine weitere fortgeschrittene Entsprechung im Kontext, die einschließende Satzstellung des Verbs *zurückziehen*, ausgehend von *to withdraw*, zeigt Abbildung 1.4.

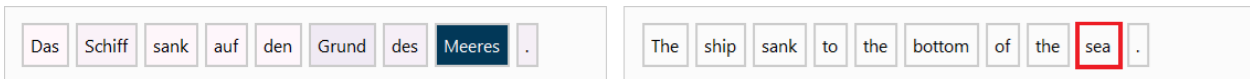


Abbildung 1.2: Grafische Darstellung einer sinngemäßen Entsprechung in einer Übersetzung (1), *eigene Abbildung*.



Abbildung 1.3: Grafische Darstellung einer sinngemäßen Entsprechung in einer Übersetzung (2), *eigene Abbildung*.

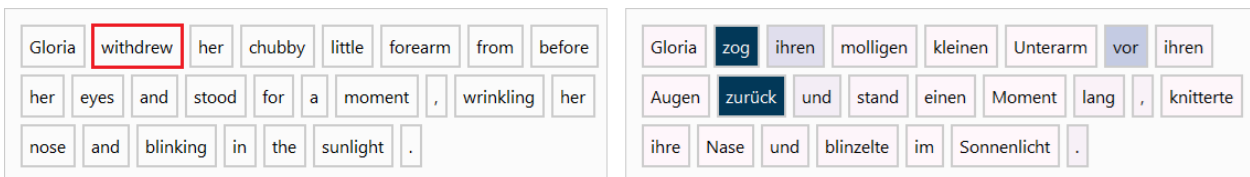


Abbildung 1.4: Grafische Darstellung einer sinngemäßen Entsprechung in einer Übersetzung (3), *eigene Abbildung*.

Das **Vorwissen** einer Expertin, die sowohl der deutschen als auch englischen Sprache mächtig ist, sinngemäß „*Das ist der Grund für diese Übersetzung*“, wie in den obigen Abbildungen gezeigt, steht Nutzerinnen von führenden Übersetzungsdiensten derzeit nicht zur Verfügung.

Die Visualisierung dieses Vorwissens, als weiteres Mittel neben bereits bestehendem Lehrmaterial, ermöglicht das sofortige Zuordnen von Konzepten der zu erlernenden Sprache und der eigenen Ausgangssprache.

Modellierung von Vorwissen durch Attention

Das vorangehend nicht weiter erläuterte Vorwissen einer Expertin findet sich im Fall von DeepL, Google Translate oder ähnlichen Diensten in einem maschinellen Übersetzungsmodell. Ein solches Modell, unter der Annahme, dass es zur Erstellung qualitativ hochwertiger Übersetzungen fähig ist, verfügt entsprechend über hochwertiges Vorwissen zur Erstellung dieser Übersetzungen.

Maschinelle Übersetzungsmodelle basieren zur Speicherung von Vorwissen und Verarbeitung von Texten auf einer bestimmten **Modellarchitektur**. Diese kann durch die Entwicklerin frei gewählt werden und verfügt über entsprechende Eigenschaften zur Erfüllung seiner Aufgabe. Ein angemessener Vergleich ist die Wahl des Antriebsstrangs bei einem KFZ – Ein Verbrennungsmotor und ein Elektromotor besitzen jeweils inhärente Eigenschaften, sowie Vor- und Nachteile zur Erreichung seines Ziels.

Moderne Übersetzungsmodelle verwenden die sogenannte **Transformer-Architektur**, die unter anderem auch in ChatGPT Anwendung findet. Vorgestellt wurde diese Architektur erstmals 2017 in der Arbeit „*Attention Is All You Need*“¹. Wie der Name bereits vermuten lässt, ist die sogenannte **Attention**², zu Deutsch **Aufmerksamkeit**, ein zentrales Element dieser Architektur.

Attention bezeichnet zwar im Kontext dieser Architektur einen formell definierten Mechanismus, jedoch kann er im Allgemeinen auch als die **Fähigkeit zum gezielten Richten von Aufmerksamkeit** verstanden werden. Mit anderen Worten, um ein Ziel zu erreichen, sind diese Modelle besonders gut darin, die Relevanz von Inhalten zu bewerten. Dienste wie ChatGPT sind etwa besonders gut in der Lage, Eingabetexte und -aufforderungen von Nutzerinnen zu verstehen.

Ausdrucksstarke Übersetzungsmodelle erstellen ähnlicher Maßen gute Übersetzungen, da sie ihre Aufmerksamkeit auf die relevanten Worte innerhalb eines Textes richten können. Exakt diese Eigenschaft wird in diesem Beitrag ausgenutzt. Die in den Abbildungen 1.2, 1.3 und 1.4 gezeigten Entsprechungen zeigen die von einem maschinellen Übersetzungsmodell intern zugeordneten Relevanzen und bilden, in seiner Interpretation, das Vorwissen ab.

¹ Erstmals vorgestellt von Vaswani et al. [VSP⁺17].

² Basierend auf der Arbeit „*Neural Machine Translation by Jointly Learning to Align and Translate*“ von Bahdanau et al. [BCB14].

Prototyp

3.1 Visualisierung von Attention

Zur Demonstration der zuvor beschriebenen Funktionalität wurde ein Prototyp, verwendbar innerhalb der Desktop-Umgebung Windows, entwickelt.

Der Arbeitstitel **TIWIPAT**, ein Akronym für „*this is what i pay attention to*“, verweist auf die Interpretation des visualisierten Vorwissens. In nahe Anlehnung an gängige Übersetzungsservices gestaltet sich das Erscheinungsbild minimalistisch. Einen Überblick der Benutzungsschnittstelle zeigt Abbildung 3.1.

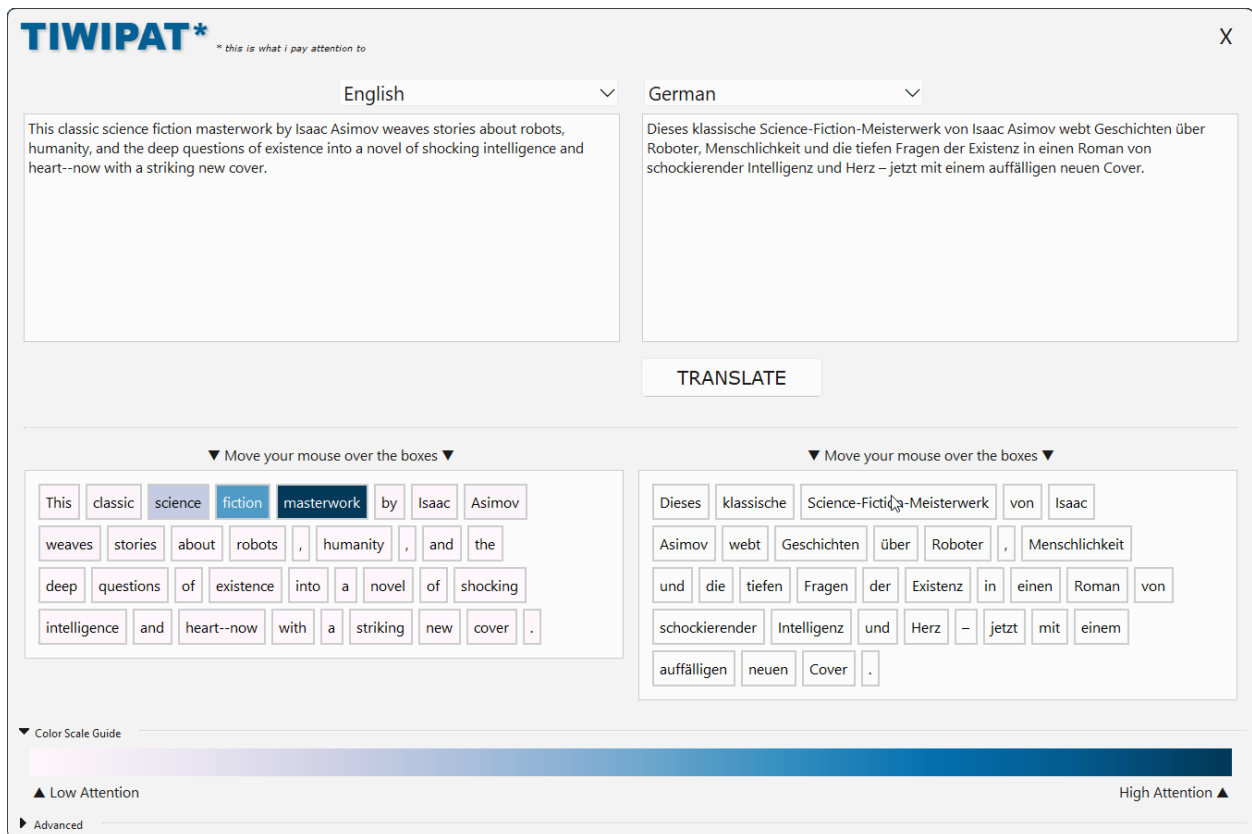


Abbildung 3.1: Erscheinungsbild der Prototyp-Applikation „TIWIPAT“.

Die Visualisierung des Vorwissens, beziehungsweise Attention, steht nach Erstellung einer Übersetzung zur Verfügung und erfolgt über das **Bewegen des Mauszeigers über ein beliebiges Wort**.

In Abbildung 3.1 befindet sich der Mauszeiger etwa auf dem Wort *Science-Fiction-Meisterwerk*. Die hierzu relevante Attention zu den Worten des Ausgangssatzes (*science*, *fiction* und *masterwork*) wird entsprechend hervorgehoben.

Die Visualisierungen sind dabei **beidseitig abrufbar**, also im gezeigten Beispiel sowohl ausgehend von Worten im deutschen als auch englischen Satz (vgl. Abbildungen 1.2, 1.3 und 1.4).

Instruktionen zur ersten Verwendung des Prototypen finden sich in Anhang A. Alternativ hierzu bietet die nachfolgende Videoanlage eine kommentierte Demonstration des Prototypen anhand praktisch relevanter Beispiele.

Videoanlage: Demonstration des Prototypen



<https://youtu.be/YM-n00F12mc>

3.2 Aufarbeitung aus Sprachmodellen Dritter

Wie in Abschnitt 2 beschrieben, besteht ein direkter Zusammenhang zwischen der Ausdrucksstärke eines Übersetzungsmodells und der Qualität des darin enthaltenen Vorwissens, beziehungsweise der Attention. Die Erstellung eines solchen ausdrucksstarken Modells erfordert jedoch ein entsprechend hohes Budget, welches außerhalb größerer Organisationen schlicht nicht realistisch aufgewendet werden kann (vgl. [LJS24]).

Die **aus Drittquellen bezogenen Übersetzungsmodelle** stellen daher einen unverzichtbaren Bestandteil für die Realisierung dieses Beitrages dar. Das **OPUS-MT**-Projekt der Language Technology Research Group der Universität Helsinki [TT20]¹ bietet eine Vielzahl ebensolcher Modelle an. Innerhalb des erstellten Prototypen konnten daher, neben der Sprachkombination Englisch–Deutsch, insgesamt **36 Übersetzungsmodelle** aus dem OPUS-MT-Projekt zur Verfügung gestellt werden. Eine Auflistung dieser findet sich in Anhang B.

Ausgehend von Übersetzungsmodellen des **OPUS-MT**-Projekts ist also der zentrale Beitrag dieser Ausarbeitung eine Aufarbeitung der inhärenten Informationen dieser Modelle. Die nachfolgende Videoanlage hebt einige hierzu interessante Aspekte in einer frei kommentieren Form hervor.

Videoanlage: Technische Details



<https://youtu.be/IPz27S7i3vI>

¹ Lizenzierung unter CC BY 4.0 DEED, siehe auch <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

Evaluation

4.1 Ergebnisse des Benutzungstests

Zur Auswertung der Visualisierungsmethodik wurde ein **Benutzungstest mit 15 Probandinnen und Probanden** mithilfe des Prototypen durchgeführt. In einem Zeitraum von etwa 10 Minuten konnten Probandinnen und Probanden den Prototypen mit beliebigen Übersetzungsmodellen und Texten frei testen. Die gesammelten Eindrücke und Erfahrungen wurden im Anschluss mithilfe einer Umfrage erhoben (vgl. Abbildung 4.1).

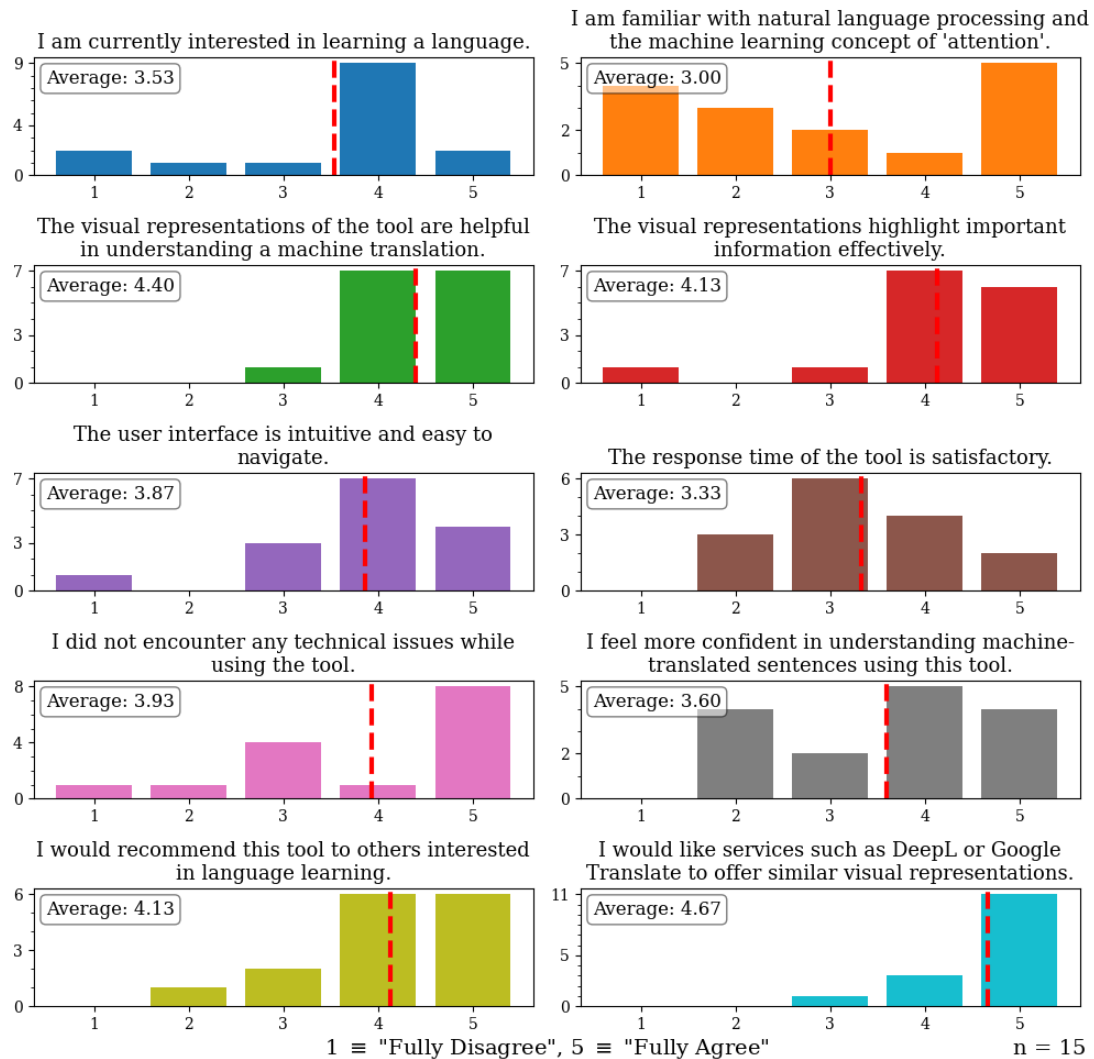


Abbildung 4.1: Auswertung des Benutzungstests, *eigene Abbildung.*

Es ist anzumerken, dass der überwiegende Großteil der befragten Personen eine Technikaffinität, sowie Interesse am Sprachenlernen aufweist.

4.2 Anfängerinnen als zentrale Zielgruppe

Durch das Erlernen der 1000 meistverwendeten Wörter einer Fremdsprache werden bereits 80% der Worte innerhalb gängiger Texte¹ abgedeckt [LRK10]. Vor Erreichen dieses Meilensteins legen Sprachenlernende noch die Grundsteine zum Verständnis der zu erlernenden Sprache. Neben den oben genannten wichtigsten Worten gehören auch das Erlernen der Satzstruktur und anderen Spezifika dazu. Mit anderen Worten, eine lernende Person erwirbt in diesem Stadium ein „Gefühl“ für diese, gegebenenfalls sehr unterschiedliche, Sprache (vgl. Abschnitt 1.1).

Probandinnen und Probanden, die gerade erst mit dem Lernen einer Sprache begonnen haben, zeigten während des Benutzungstests häufig besonders großes Interesse an den gezeigten Visualisierungen. Durch das direkte Herstellen von Bezügen werden die oben angesprochenen Grundlagen effektiv vermittelt². Ein erstes „Gefühl“ für die zu erlernende Sprache wird somit **interaktiv und im Kontext einer Übersetzung** vermittelt, ohne den Umweg des gängigen Lehrmaterials.

Der Lerneffekt für fortgeschrittene Lernerinnen, beziehungsweise Personen, die eine Sprache fließend sprechen, ist entsprechend geringer. Fortgeschrittene Erkenntnisse wie etwa kontextsensitive Ausdrucksweisen in der Umgangssprache sind hier denkbare Anwendungsfälle.

Ein für alle Kenntnisstände resultierender Vorteil ist, dass das Nachschlagen von Vokabeln in externen Wörterbüchern häufig entfällt. Die **Attraktivität** des potenziellen Angebots einer ähnlichen Visualisierungsform in Übersetzungsdiensten wie DeepL oder Google Translate wird von den Probandinnen als sehr hoch empfunden³.

¹ Im Bezug auf Englisch als zu erlernende zweite Fremdsprache.

² Probandinnen und Probanden beschreiben das Hervorheben von wichtigen Informationen als überwiegend effektiv, Mittelwert 4.13, siehe Abbildung 4.1.

³ Probandinnen und Probanden empfinden die Verfügbarkeit ähnlicher Visualisierungsformen in gängigen Übersetzungsdiensten als sehr hoch, Mittelwert 4.67, siehe Abbildung 4.1.

Ausblick

5.1 Transferfähigkeit der Visualisierungsmethodik

Unabhängig von den konkret verwendeten Übersetzungsmodellen, in diesem Fall Modelle aus dem OPUS-MT-Projekt, ist die Visualisierung von Attention für **beliebige Übersetzungsmodelle** möglich. Die Voraussetzung hierzu, wie eingehend in Abschnitt 2 erwähnt, ist die Verwendung der Transformer-Architektur. Ähnliche Visualisierungen für Übersetzungsmodelle außerhalb des OPUS-MT-Projekts, also gegebenenfalls ausdrucksstärkere Modelle, sind analog zum hier vorgestellten Beitrag umsetzbar. Der Gewinn aus der Verwendung ausdrucksstärkerer Modelle propagiert sich somit direkt auf die Qualität des visualisierten Vorwissens (vgl. Abschnitt 3.2).

Als sinnvoll könnte sich in dieser Hinsicht auch die **Ausarbeitung eines technischen Standards** herausstellen. Der Entwurf einer standardisierten Formatierung, vereinfacht gesagt von Satzbestandteilen und Attention, explizit zu Visualisierungszwecken, könnte eine weiträumigere Adaptierung von ähnlichen Visualisierungen in Anwendungen wie Übersetzungsdiensten hervorbringen.

5.2 Relevanz im Kontext der erklärbaren künstlichen Intelligenz

Der Mehrwert des in dieser Ausarbeitung gezeigten Verfahrens ergibt sich vollständig aus einer Aufarbeitung der inhärenten Eigenschaften eines bereits vorhandenen KI-Modells. Als solches ist es in den Bereich der **erklärbaren künstlichen Intelligenz**, kurz XAI¹, einzuordnen.

Die Nutzung KI-gestützter Verfahren, insbesondere seit der Veröffentlichung von ChatGPT, nimmt in alltäglichen Anwendungen stark zu. Trotz der Anwendung in mitunter kritischen Bereichen geben viele Anwendungen keinerlei Auskunft oder Erläuterungen darüber, wie eine Ausgabe erstellt wurde. Die **Notwendigkeit weiträumig verfügbarer und praktischer Verfahren**, die der **Nachvollziehbarkeit neuronaler Netze** dienen, rückt daher gegenwärtig zunehmend stärker in den Fokus. Visualisierungsformen wie hier vorgestellt fördern den Bekanntheitsgrad dieser Verfahren und die allgemeine Nachfrage nach XAI in KI-Anwendungen.

¹ Bezüglich des englischen Begriffs *Explainable Artificial Intelligence*.

5.3 Fortführung des Projekts

Die Weiterentwicklung des hier vorgestellten Projekts ist, in direktem Anschluss an diesen Beitrag, in der eigenen Master-Abschlussarbeit beabsichtigt. Dabei sollen denkbare Weiterentwicklungen entweder auf eine Standardisierung oder auf weitere Verbesserungen zur Aufarbeitung der extrahierten Attention abzielen, um die Aussagekraft und Interpretierbarkeit der Visualisierungen weiter zu steigern.

Literaturverzeichnis

- BCB14. BAHDANAU, DZMITRY, KYUNGHYUN CHO und YOSHUA BENGIO: *Neural Machine Translation by Jointly Learning to Align and Translate*, 2014.
- LJS24. LUCCIONI, SASHA, YACINE JERNITE und EMMA STRUBELL: *Power Hungry Processing: Watts Driving the Cost of AI Deployment?* In: *The 2024 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency*, 2024.
- LRK10. LAUFER, BATIA und GEKE C. RAVENHORST-KALOVSKI: *Lexical threshold revisited: Lexical text coverage, learners' vocabulary size and reading comprehension*. *Reading in a foreign language*, 22, 2010.
- TT20. TIEDEMANN, JÖRG und SANTHOSH THOTTINGAL: *OPUS-MT – Building open translation services for the World*. In: MARTINS, ANDRÉ, HELENA MONIZ, SARA FUMEGA, BRUNO MARTINS, FERNANDO BATISTA, LUISA COHEUR, CARLA PARRA, ISABEL TRANCOSO, MARCO TURCHI, ARIANNA BISAZZA, JOSS MOORKENS, ANA GUERBEROF, MARY NURMINEN, LENA MARG und MIKEL L. FORCADA (Herausgeber): *Proceedings of the 22nd Annual Conference of the European Association for Machine Translation*, 2020.
- VSP⁺17. VASWANI, ASHISH, NOAM SHAZEER, NIKI PARMAR, JAKOB USZKOREIT, LLION JONES, AIDAN N. GOMEZ, LUKASZ KAISER und ILLIA POLOSUKHIN: *Attention Is All You Need*. CoRR, abs/1706.03762, 2017.

A


Anhang: Anleitung zur Verwendung des Prototypen

Aufgrund der Dateigröße der entwickelten Anwendung ist ein Download der Prototyp-Applikation nur von extern möglich:

<https://marvinschmidt.net/dl/tiwipat-prototype-r5.exe>

Videoanlage: Erste Verwendung des Prototypen



 <https://youtu.be/MJxM137sZyw>

Beachten Sie außerdem:









































































- Die Dateigröße des Prototypen beträgt etwa **440 MB**.
- Die Dateigröße je Übersetzungsmodell beträgt etwa **250 MB**. Bei erstmaliger Verwendung eines Übersetzungsmodells muss entsprechend ein Download abgewartet werden.
- Übersetzungsmodelle werden von extern (<https://huggingface.co/>) gemäß Anhang B heruntergeladen und **lokal gespeichert**.
- Download von extern wird ggf. durch Unternehmensrichtlinien blockiert.
- Die Applikation ist **nicht signiert**. Aufgrund unklarer Vertrauenswürdigkeit wird die Ausführung der Applikation ggf. durch Unternehmensrichtlinien bzw. Windows blockiert.
- Die Übersetzungen werden auf dem eigenen System **lokal berechnet**. Keinerlei Daten über die eingegebenen Texte wird an Dritte übertragen.
- Die Qualität der erstellten Übersetzungen kann je nach verwendetem Übersetzungsmodell mitunter stark schwanken.
- Neben der hellen Darstellungsform des Prototypen wird auch ein **Dark Mode** angeboten. Die Darstellung passt sich dem gewählten Farbmodus des Windows-Betriebssystems („Hell“ oder „Dunkel“) automatisch an..

Die während der Ausführung heruntergeladenen Übersetzungsmodelle werden an folgender Stelle gespeichert: [C: \Users \Ihr Benutzername \AppData \Roaming \HelsinkiNLP](C:\Users\Ihr Benutzername\AppData\Roaming\HelsinkiNLP).

Nach Verwendung des Prototypen können die Übersetzungsmodelle zur Freigabe von Speicherplatz einfach wieder gelöscht werden.

B

Anhang: Eingebundene Übersetzungsmodelle

Ausgangssprache	Zielsprache	Model Code
 Deutsch	 Englisch	Helsinki-NLP/opus-mt-de-en
 Deutsch	 Spanisch	Helsinki-NLP/opus-mt-tc-big-de-es
 Deutsch	 Katalanisch	Helsinki-NLP/opus-mt-de-ca
 Deutsch	 Polnisch	Helsinki-NLP/opus-mt-de-pl
 Deutsch	 Niederländisch	Helsinki-NLP/opus-mt-de-nl
 Deutsch	 Ukrainisch	Helsinki-NLP/opus-mt-de-uk
 Englisch	 Deutsch	Helsinki-NLP/opus-mt-en-de
 Englisch	 Schwedisch	Helsinki-NLP/opus-mt-en-sv
 Englisch	 Spanisch	Helsinki-NLP/opus-mt-en-es
 Englisch	 Französisch	Helsinki-NLP/opus-mt-tc-big-en-fr
 Englisch	 Chinesisch	Helsinki-NLP/opus-mt-en-zh
 Englisch	 Russisch	Helsinki-NLP/opus-mt-en-ru
 Englisch	 Katalanisch	Helsinki-NLP/opus-mt-en-ca
 Englisch	 Japanisch	Helsinki-NLP/opus-mt-en-jap
 Englisch	 Ukrainisch	Helsinki-NLP/opus-mt-en-uk
 Englisch	 Albanisch	Helsinki-NLP/opus-mt-en-sq
 Englisch	 Türkisch	Helsinki-NLP/opus-mt-tc-big-en-tr
 Englisch	 Swahili (Kongo)	Helsinki-NLP/opus-mt-en-swc
 Spanisch	 Deutsch	Helsinki-NLP/opus-mt-es-de
 Spanisch	 Englisch	Helsinki-NLP/opus-mt-es-en
 Spanisch	 Katalanisch	Helsinki-NLP/opus-mt-es-ca
 Katalanisch	 Deutsch	Helsinki-NLP/opus-mt-ca-de
 Katalanisch	 Englisch	Helsinki-NLP/opus-mt-ca-en
 Katalanisch	 Spanisch	Helsinki-NLP/opus-mt-ca-es
 Schwedisch	 Englisch	Helsinki-NLP/opus-mt-sv-en
 Französisch	 Englisch	Helsinki-NLP/opus-mt-tc-big-fr-en
 Chinesisch	 Englisch	Helsinki-NLP/opus-mt-zh-en
 Russisch	 Englisch	Helsinki-NLP/opus-mt-ru-en
 Polnisch	 Deutsch	Helsinki-NLP/opus-mt-pl-de
 Japanisch	 Englisch	Helsinki-NLP/opus-mt-ja-en
 Thailändisch	 Englisch	Helsinki-NLP/opus-mt-th-en
 Ukrainisch	 Englisch	Helsinki-NLP/opus-mt-uk-en
 Ukrainisch	 Deutsch	Helsinki-NLP/opus-mt-uk-de
 Albanisch	 Englisch	Helsinki-NLP/opus-mt-sq-en
 Türkisch	 Englisch	Helsinki-NLP/opus-mt-tc-big-tr-en
 Swahili (Kongo)	 Englisch	Helsinki-NLP/opus-mt-swc-en

C

Anhang: Eingebundene Inhalte Dritter und Hilfsmittel

Zur Erstellung des in dieser Arbeit demonstrierten Prototypen wurden die nachfolgenden Inhalte und Werkzeuge Dritter verwendet.

- **Übersetzungsmodelle des OPUS-MT-Projekts** der Language Technology Research Group der Universität Helsinki [LJS24]. Siehe auch Anhang B.
Lizenzierung unter CC BY 4.0 DEED, siehe <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.
- **ChatGPT**: Diverse Hilfestellungen bei der Entwicklung (und Debugging) des Prototypen, insbesondere bei der Extraktion und Aggregation der Attention-Vektoren und Erlernen der PyQt6-Bibliothek.
Siehe <https://chat.openai.com/>.
- **Python 3.10**: Die Programmiersprache, unter dessen Nutzung der Prototyp entwickelt wurde.
Lizenzierung unter dem PSF License Agreement, siehe <https://docs.python.org/3/license.html>.
- **PyQt6**: Bibliothek zur Erstellung von grafischen Benutzeroberflächen in Python.
Lizenzierung unter GPLv3, siehe <https://pypi.org/project/PyQt6/>.
- **PyTorch**: Framework für maschinelles Lernen, das für die Entwicklung und Verwendung von neuronalen Netzwerken in Python verwendet wird.
Lizenzierung unter BSD-3, siehe <https://pypi.org/project/torch/>.
- **Numpy**: Bibliothek mit mathematischen Werkzeugen in Python, insbesondere für die Arbeit mit Matrizen.
Lizenzierung unter BSD, siehe <https://pypi.org/project/numpy/>.
- **Scipy**: Bibliothek mit mathematischen Werkzeugen und Algorithmen in Python, hier verwendet für die Aggregation von Attention-Vektoren.
Lizenzierung unter BSD, siehe <https://pypi.org/project/scipy/>.
- **matplotlib**: Bibliothek zur Erstellung von Visualisierungen und Abbildungen in Python.
Lizenzierung unter dem PSF License Agreement, siehe <https://pypi.org/project/matplotlib/>.
- **Transformers**: Bibliothek zur Verarbeitung und Anwendung von Transformer-Modellen, insbesondere für NLP-Aufgaben.
Lizenzierung unter der Apache Software License, siehe <https://pypi.org/project/transformers/>.
- **pyinstaller**: Werkzeug zum Export von Python-Applikationen in eine gesammelte `.exe`-Datei.
Lizenzierung unter GPLv2, siehe <https://pypi.org/project/pyinstaller/>.


D

Anhang: Selbstständigkeitserklärung

- Diese Arbeit wurde selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet.

Trier, der 01.07.2024

Ort, Datum



Unterschrift der Kandidatin/des Kandidaten