
Die Grenzen von DeepFake - Anwendung von DeepFake bei Personen mit einer Fazialisparese

Masterarbeit zur Erlangung des Master-Grades
Master of Science im Studiengang Medieninformatik (MA)
an der Fakultät für Informatik und Ingenieurwissenschaften
der Technischen Hochschule Köln

vorgelegt von: Patrick Albus
Matrikel-Nr.: 11111571

Erstprüfer/in: Prof. Dr. Dietlind Zühlke
Zweitprüfer/in: Prof. Dr. Mirjam Blümm

Bergneustadt, 14. Dezember 2022

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere, die von mir vorgelegte Arbeit selbstständig verfasst zu haben.

Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Arbeiten anderer oder der Verfasserin/des Verfassers selbst entnommen sind, habe ich als entnommen kenntlich gemacht. Sämtliche Quellen und Hilfsmittel, die ich für die Arbeit benutzt habe, sind angegeben.

Die Arbeit hat mit gleichem Inhalt bzw. in wesentlichen Teilen noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen.

Bergneustadt, 14.12.2022

Ort, Datum

P. Albers

Rechtsverbindliche Unterschrift

Zusammenfassung/Abstract

Die nachfolgende Masterarbeit untersucht die Nutzung von *DeepFake*-Anwendungen bei Personen mit einer Fazialisparese. Dabei handelt es sich um eine Lähmung des Gesichtsnervs, wodurch die betroffenen Menschen keine bzw. keine vollständige Mimik im Gesicht haben. Es wird hierbei getestet, ob mithilfe von DeepFake eine möglichst realistische Mimik generiert werden kann. Für die Untersuchung werden zunächst sowohl die theoretischen Grundlagen als auch verschiedene potenzielle Anwendungen vorgestellt. Mithilfe der vorgestellten Anwendungen wird anschließend ein Versuch durchgeführt, in dem die künstliche Intelligenz mit Bildmaterial von Proband:innen trainiert und anschließend manipuliert wird. Die aus dem Versuch resultierenden Ergebnisse werden danach durch eine Umfrage mit Bildern, welche eine originale Mimik zeigen, verglichen. Dadurch soll überprüft werden, wie realistisch die manipulierten Bild- und Videomaterialien sind oder ob die künstliche Intelligenz an eine mögliche Grenze stößt. Abschließend werden weitere Forschungsansätze und Anwendungsmöglichkeiten vorgestellt, in welchem die betrachtete künstliche Intelligenz genutzt werden kann.

The following master thesis examines the use of DeepFake applications for people with facial nerve palsy. This is a paralysis of the facial nerve, whereby the affected people have no or no complete facial expressions. It will be tested here whether realistic facial expressions can be generated with the help of DeepFake. For the investigation, first the theoretical basics as well as different potential applications are presented. With the help of the applications presented, an experiment is then carried out in which the artificial intelligence is trained with image material from test subjects and then manipulated. The results of the experiment are then compared with images showing original facial expressions by means of a survey. This is to check how realistic the manipulated image and video material is or whether the artificial intelligence has reached a possible limit. Finally, further research approaches and application possibilities are presented, in which the considered artificial intelligence can be used.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen Menschen herzlich danken, die mich bei der Entstehung meiner Masterarbeit in irgendeiner Form unterstützt haben.

Ein sehr großes Dankeschön gilt dabei Frau Prof. Dr. Dietlind Zühlke und Frau. Prof. Dr. Mirjam Blümm für ihre fachkundige und unterstützende Begleitung, in Form von konstruktiver Rückmeldung, klärenden Angaben und kritischen Fragen.

Weiter möchte ich meinen Freunden vom Stammtisch danken, ohne die die Idee für das Thema nie zustande gekommen wäre, und allen Informatiker in meinem Bekanntenkreis, welche mir bei technischen Fragen zur Seite gestanden haben.

Ein besonders herzliches und großes Danke geht darüber hinaus an Marie-Sophie Bernitz und Sarina Schlosser, welche mir während der Masterarbeit immer wieder Mut zugesprochen und ein offenes und kritisches Ohr geschenkt haben.

Der größte Dank geht jedoch an alle Proband:innen, welche Bildmaterial für den Versuch zur Verfügung gestellt haben, und an die Teilnehmer:innen, die an der zugehörigen Umfrage teilnahmen. Ohne diese Personen wäre die Masterarbeit nicht umzusetzen gewesen.

Dazu gehört auch der *Moebius-Syndrom Deutschland e. V.*, welcher mir geholfen hat, entsprechende Proband:innen zu akquirieren und mir hilfreiche Quellen zum Thema *Fazialisparese* empfohlen hat.

Inhaltsverzeichnis

Teil I - Theoretische Grundlage	1
1. Einleitung	2
2. Theoretische Grundlage	3
2.1 Was sind DeepFakes?	3
2.1.1 Funktionsweise	3
2.1.2 Probleme und Risiken	4
2.1.3 Möglichkeiten und Chancen	5
2.2 Was ist eine Fazialisparese?	7
Teil II - Potenzielle Anwendungen	9
3. Einführung in potenzielle Anwendungen	10
4. FaceSwap	11
4.1 Einrichtung	11
4.2 Ergebnis	14
5. DeepFaceLab	16
5.1 Einrichtung	16
5.2 Ergebnis	19
6. DeepFaceLive	20
6.1 Einrichtung	20
6.2 Ergebnis	23
7. Pix2Pix	25
7.1 Änderungen	25
7.2 Einrichtung	28
7.3 Ergebnis	32
8. Face2Face	40
8.1 Änderungen	40
8.2 Einrichtung	41
8.3 Ergebnis	44
Teil III - Der Versuch	45
9. Versuchsaufbau	46
9.1 Methodik	46
9.2 Versuchsumgebung	46
10. Durchführung	48
10.1 Beschaffung der Rohdaten	48
10.2 Durchführung des DeepFake	49
10.2.1 Einrichten der Versuchsumgebung	49
10.2.2 Extraktion der Rohdaten	50
10.2.3 Manipulation der Mimik	51
10.2.4 Anpassung der Bildqualität	53
11. Validierung/Auswertung der Ergebnisse	55
11.1 Anpassung der Bildqualität	56
11.2 Erkennung von DeepFakes	57
11.3 Bewertung von DeepFakes	60

11.4 Zusammenfassung	63
12. Ausblick	64
12.1 Anpassungen und Validierung dieser Arbeit	64
12.2 Gesichtsnachstellung	65
12.3 Videotelefonie	66
12.4 Forschungsfrage: Computeranimiert vs. Realität	68
13. Fazit	69
Literaturverzeichnis	70
Anhang	73

Abbildungsverzeichnis

1	Darstellung des Autoencoders zur Erstellung eines DeepFakes [46, S. 3]	3
2	DeepFake und De-Ageing von Mark Hamill in der Serie <i>The Mandalorian</i> [25] . .	6
3	Bildinstallation Mosaic Virus [16]	7
4	Fazialisparese [30]	8
5	FaceSwap - Installation	11
6	FaceSwap - Extraktion der Quelldaten	12
7	FaceSwap - Extraktion der Zieldaten	12
8	FaceSwap - Training	13
9	FaceSwap - Konvertierung	14
10	FaceSwap - Ergebnis (links manipulierte Version mit Robert Downey Jr. und rechts die originale Version von Elon Musk)	14
11	DeepFaceLab - Training	18
12	DeepFaceLab - Ergebnis (links manipulierte Version mit Robert Downey Jr. und rechts die originale Version von Elon Musk)	19
13	DeepFaceLive - verfügbare Build-Versionen	20
14	DeepFaceLive - Auswahl des Stammverzeichnisses	21
15	DeepFaceLive - Installationsprozess	21
16	DeepFaceLive - Auswahl der Dateiquelle	21
17	DeepFaceLive - Einstellung vom Gesichtsdetektor	22
18	DeepFaceLive - Einstellung vom Gesichtsmarker	22
19	DeepFaceLive - Face-Animator	23
20	DeepFaceLive - Finale Konfiguration	23
21	DeepFaceLive - Zielbild einer männlichen Person, dessen Mimik manipuliert werden soll	24
22	DeepFaceLive - Ergebnisse einer weiblichen Quell- und männlichen Zieldatei(1/3)	24
23	DeepFaceLive - Ergebnisse einer weiblichen Quell- und männlichen Zieldatei(2/3)	24
24	DeepFaceLive - Ergebnisse einer weiblichen Quell- und männlichen Zieldatei(3/3)	24
25	Pix2Pix - Darstellung der Trainingsergebnisse und Verlustdiagramme	30
26	Pix2Pix - Test eines Trainingsdatensatzes	31
27	Pix2Pix - Deepfake eines Gesichtes mit den Gesichtspunkten einer anderen Person	32
28	Pix2Pix - Test nach abgeschlossenem Training (68 Gesichtspunkte)	33
29	Pix2Pix - Deepfake von einem identischen Gesicht mit unterschiedlichen Accessoires (68 Gesichtspunkte)	34
30	Pix2Pix - Deepfake mit männlichen Trainingsdaten und weiblicher Mimik für die Eingabe (68 Gesichtspunkte)	35
31	Pix2Pix - Deepfake mit weiblichen Trainingsdaten und männlicher Mimik für die Eingabe (68 Gesichtspunkte)	36
32	Pix2Pix - Test nach abgeschlossenem Training (81 Gesichtspunkte)	37
33	Pix2Pix - Deepfake mit männlichen Trainingsdaten und weiblicher Mimik für die Eingabe (81 Gesichtspunkte)	38
34	Pix2Pix - Deepfake mit weiblichen Trainingsdaten und männlicher Mimik für die Eingabe (81 Gesichtspunkte)	39
35	Beispielkonfiguration der Versuchsdurchführung in DeepFaceLive	52

36	GFPGAN - Vergleich zwischen niedriger Auflösung (links) und automatischer Hochskalierung (rechts)	53
37	Im Vorfeld der Stichprobenauswahl herausselektiertes Ergebnisbild	55
38	Gegenüberstellung der Originalauflösung (links) mit der hochskalierten Bildauflösung (rechts) aus der Umfrage	56
39	Ausschnitt von Ergebnissen, welche mit StarGAN generiert wurden. [52]	67

Tabellenverzeichnis

1	Softwarekonfiguration für den Versuchsaufbau	46
2	Hardwarekonfiguration für den Versuchsaufbau	47
3	Auflösung der Antwortverteilung innerhalb des Bildvergleiches in der Umfrage . .	58
4	Prozentuale Aufteilung der Erkennung - Aufgeteilt in Erkennung aller gefälschten Bilder und Erkennung aller Originalbilder	59
5	Prozentuale Aufteilung der Antworten (100% = alle Bilder richtig erkannt; 0% = kein Bild richtig erkannt)	60
6	Ergebnisse der individuellen Bildbewertung in der Umfrage	61
7	Auflistung der angemerkten Auffälligkeiten in den Bildern, gemessen an ihrer Häu- figkeit	62

Abkürzungsverzeichnis

CelebA	CelebFaces Attributes
cGAN	Conditional Generative Adversarial Network
FPS	Frames per Second
KI	Künstliche Intelligenz
RaFD	Radboud Faces Database

Glossar

Begriff	Definition / Erklärung
Amimie	„Unter einer Amimie versteht man eine aufgehobene Mimik. Sie ist die schwerste Form der Hypomimie.“ [2]
Decoding	Künstliche Nachbildung des Bildes, auf Grundlage des enco- dierten Eingangsbildes. [46, S. 3]
Encoding	Erstellung eines digitalen Abbildes innerhalb des neuronalen Netzes, auf Basis des Eingabebildes. [46, S. 3]
Facepoints	Gesichtspunkte
Fazialisparese	Gesichtslähmung
Frames per Second (FPS)	Der Begriff <i>Frames per Second</i> beschreibt die Anzahl der Bilder, die in einer Animation pro Sekunde genutzt werden, um Bewegtbild abzubilden. [38]
Hypomimie	„Als Hypomimie bezeichnet man verringerte mimische Be- wegungen der Gesichtsmuskulatur.“ [40]
Idiopathisch	„Idiopathisch bedeutet ‚ohne bekannte Ursache‘ oder ‚als selbstständiger Krankheitszustand‘.“ [6]
Immunologisch	„Immunologisch bedeutet ‚das Immunsystem betreffend‘ bzw. ‚auf das Immunsystem bezogen‘.“ [4]
Inflammatorisch	„Inflammatorisch bedeutet ‚entzündlich‘.“ [3]
Iteration	Iteration beschreibt allgemein einen Prozess mehrfachen Wiederholens gleicher oder ähnlicher Handlungen zur An- näherung an eine Lösung oder eines bestimmten Zieles.
Nervus facialis	Fazialnerv

Teil I

Theoretische Grundlagen

1. Einleitung

Der Begriff *DeepFake* ist in den vergangenen Jahren immer medienwirksamer geworden. Dabei wird der Begriff in erster Linie jedoch in negativen Beiträgen verwendet. Es handelt sich um Artikel, welche von der massenhaften Verbreitung gefälschter Informationen berichten. In den meisten Fällen handelt es sich dabei um das Veröffentlichen von gefälschten Bild- und Audiomaterialien von Personen des öffentlichen Lebens.

Doch wie bei den meisten neuen Technologien entstehen nicht nur Probleme und Risiken, sondern auch neue Möglichkeiten und Chancen. Vor allem die positiven Seiten von DeepFakes können einen Mehrwert in den verschiedensten Bereichen liefern. So konnte die Anwendung in den Bereichen *der Filmbranche*, *der Kunst* und *der Medizin* bereits einige Vorteile bieten [46, S.4 f.]. Dementsprechend verschafft diese Arbeit einen kurzen Überblick über die Thematik und zeigt bereits existierende Probleme, Risiken, aber auch Möglichkeiten und Chancen auf.

Darüber hinaus können weitere Möglichkeiten identifiziert werden, in denen die Anwendung von DeepFakes einen potenziellen Vorteil liefern kann. Im Rahmen dieser Arbeit wird deshalb ein weiterer Anwendungsfall untersucht, welcher neue Chancen oder mögliche Grenzen aufzeigen kann. Damit diese weiteren Chancen oder Grenzen der Technologie ermittelt werden können, wird eine entsprechende Künstliche Intelligenz (KI) verwendet, um bei Personen mit einer Fazialisparese eine möglichst realistische Gesichtsmimik darzustellen. Mithilfe des nachfolgenden Versuchs soll die Hypothese „*DeepFakes können bei Personen mit einer Fazialisparese eine Mimik möglichst realistisch simulieren*“ bestätigt bzw. widerlegt werden.

Dafür werden zunächst verschiedene Anwendungen betrachtet, welche eine Manipulation der Mimik ermöglichen. Durch eine Evaluation soll eine entsprechende Anwendung herausgearbeitet werden, um diese im darauffolgenden Versuch zu verwenden. Hierbei wird der Fokus auf einzelne Merkmale gesetzt, damit erkannt wird, welche Technologie eine realistische Darstellung ermöglicht. So liefern Anwendungen, in denen eine Verzerrung der einzelnen Gesichtspartien entsteht, keinen Mehrwert, da die Manipulation ersichtlich ist.

Die KI, welche eine realistische Manipulation ermöglicht, wird anschließend mit Bildmaterial von Proband:innen trainiert. Diese Rohdaten sollen im Anschluss mithilfe der trainierten KI entsprechend manipuliert werden, sodass eine Mimik dargestellt wird.

Zum Schluss soll außerdem untersucht werden, wie realistisch die Manipulation ist. Mithilfe einer Umfrage wird das manipulierte Material mit Bildmaterial von originaler Gesichtsmimik gegenübergestellt. Dadurch soll festgestellt werden, ob eine realistische Darstellung möglich ist oder die KI an ihre Grenzen stößt.

2. Theoretische Grundlage

Um den Versuch umzusetzen, muss zuerst die theoretische Grundlage erläutert werden. Dazu gehören Fachbegriffe, Funktionsweisen und bereits bestehende Probleme, Risiken, Möglichkeiten und Chancen, welche nachfolgend im Detail betrachtet werden.

2.1 Was sind DeepFakes?

Der Begriff *DeepFake* setzt sich aus den beiden Begriffen *Deep Learning* und *Fake* zusammen. Er bezeichnet das Fälschen und Ändern von Video- und/oder Audioinhalten durch KI. Dafür kommen künstliche neuronale Netze und Methoden des Deep Learnings zum Einsatz. [18],[46, S.1]

2.1.1 Funktionsweise

Damit ein DeepFake von Gesichtern erstellt werden kann, benötigt die KI zum Trainieren zunächst Ausgangsmaterial. Dafür bieten sich Bewegtbilder, also Videomaterial von Personen an, welche manipuliert werden sollen. Je mehr Ausgangsmaterial vorhanden ist, desto besser kann das neuronale Netz trainiert werden. Für ein optimales Ergebnis wird darüber hinaus empfohlen, Videomaterial aus verschiedenen Perspektiven sowie mit verschiedenen Mimiken zu verwenden. [46, S. 3]

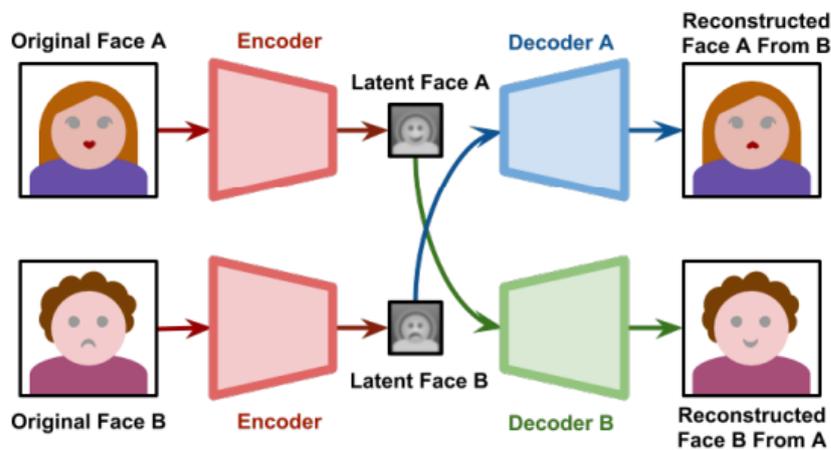


Abbildung 1 Darstellung des Autoencoders zur Erstellung eines DeepFakes [46, S. 3]

Damit aus dem Ausgangsmaterial anschließend ein DeepFake entsteht, können verschiedene Ansätze gewählt werden. Eine der gängigsten Varianten ist der *Autoencoder*. In der Abbildung 1 wird der Ablauf dieser Variante dargestellt. Dabei erstellt das neuronale Netz aus einem Eingabebild ein digitales Abbild (*Encoding*). Das Eingabebild wird während des Trainierens z.B. durch ein Verfahren wie *Max-Pooling* [47] verkleinert und auf wesentliche Kernmerkmale des Bildes reduziert. Ziel von diesem Verfahren ist es, eine Eingabedarstellung zu verkleinern, um ihre Dimensionalität zu reduzieren und Annahmen über die in den unterteilten Regionen enthaltenen Merkmalen zu ermöglichen [48]. Auf Grundlage des encodierten Bildes wird im Anschluss

versucht, das Bild künstlich nachzustellen (*Decoding*). Somit hat das Decoding das Ziel, ein identisches, künstliches Abbild des encodierten Eingabebildes zu erzeugen. Mit jeder Iteration während des Trainings wird somit das neuronale Netz immer besser und der Unterschied zwischen dem Eingangsbild und dem Ausgangsbild wird immer geringer. [46, S. 3]

Beim Tausch von zwei Gesichtern wird das Autoencoder Verfahren (bestehend aus Encoder und Decoder) jeweils auf beide Personen angewandt. Hierfür wird allerdings der gleiche Encoder verwendet, aber zwei verschiedene Decoder. Während des Trainings wird also zuerst Bildmaterial von *Person A* encodiert und im Anschluss mit dem *Decoder A* nachgestellt. Danach folgt das gleiche Training mit *Person B* und *Decoder B*. Nach dem Trainingszyklus wird der *Decoder A* aus dem Modell von *Person A* mit dem Decoder von *Person B* ausgetauscht und der DeepFake wird erstellt. [46, S. 3]

2.1.2 Probleme und Risiken

Wie bereits im Kapitel 1. Einleitung beschrieben, wird der Begriff DeepFake oft mit negativen Beiträgen assoziiert. Dabei handelt es sich um Artikel, welche von der massenhaften Verbreitung gefälschter Informationen berichten. Die bereits entstandenen Probleme sollten dementsprechend nicht außer Acht gelassen werden und es sollte beachtet werden, dass trotz der neuen Möglichkeiten das Thema DeepFake auch weiterhin mit Risiken verbunden ist.

Politik:

Durch DeepFakes steigt die Gefahr, dass an bislang vertrauenswürdigen Quellen wie Audio- und Videoaufnahmen gezweifelt werden kann. So wurde kurz vor der US-Präsidentenwahl eine alte Tonaufnahme von Donald Trump veröffentlicht, in der er sich abfällig über Frauen äußerte. Trump hat sich daraufhin öffentlich entschuldigt, sagte aber im Nachhinein, dass es sich um einen DeepFake handle. Ob es sich tatsächlich um einen DeepFake handelte oder nicht, bleibt ungeklärt. [46, S.6]

Ein weiteres Beispiel stammt aus dem Jahr 2019. In Malaysia wurde ein Skandal ausgelöst, als ein Sextape veröffentlicht wurde, welches den Wirtschaftsminister Mohamed Azmin Ali mit einem männlichen rivalisierenden Minister zeigt. Da gleichgeschlechtliche sexuelle Handlungen in diesem Land verboten sind, gab es einen öffentlichen Aufschrei. Die Regierung behauptete daraufhin, dass es sich um eine Videomanipulation handle, mit dem Ziel, die Karriere des Ministers zu sabotieren. [13] [46, S. 6]

Besonders durch die sozialen Medien ist der Missbrauch von DeepFakes relativ weit verbreitet, weil sich Falschnachrichten dort schnell verbreiten. Da die meisten Zugriffe heutzutage meist über Smartphones stattfinden, ist es darüber hinaus leicht, den Zuschauer zu täuschen, weil keine besonders hohe Qualität im Video vorgewiesen werden muss. [46, S. 6]

Durch diese Beispiele und der einfachen Verbreitung über soziale Medien stellt sich die Frage, ob bislang belastbare Quellen wie Audio- und Videoaufnahmen weiterhin verlässlich sind oder ob die Risiken durch gefälschte Informationen zu einem Problem werden, welches künftig nicht außer acht gelassen werden darf. [46, S. 6]

Diese Problematik gilt jedoch nicht nur zwangsweise für den Bereich der Politik, sondern verursacht allgemeingültige Risiken.

Identifikation:

DeepFakes können darüber hinaus auch zur Identifikation und Fälschung von Persönlichkeiten verwendet werden. Dadurch zeigen sich weitere Bedenken. So gehört das Video-Ident-Verfahren inzwischen zu den gängigsten Mitteln, um sich beispielsweise für ein neues Online-Konto zu authentifizieren. Dabei wird ein Videoanruf mit einem entsprechenden Dienstleister durchgeführt. Dieser Dienstleister prüft anschließend, ob das Gesicht mit dem Personalausweis übereinstimmt, ob alle Sicherheitsmerkmale auf dem Ausweis vorhanden sind und ob die Angaben mit denen auf dem Personalausweis übereinstimmen. In Folge dessen können DeepFakes dafür verwendet werden, sich für eine andere Person auszugeben. So kann zum Beispiel ein Angreifer den Personalausweis einer anderen Person stehlen oder fälschen und daraufhin per Video-Ident-Verfahren im Namen der Person ein Konto eröffnen. [46, S. 6]

Ein weiteres Verfahren, sich für eine andere Person auszugeben, ist das Fälschen der Stimme, zum Beispiel am Telefon. So erbeuteten im Jahr 2019 Cyber Kriminelle 220.000€, indem sie mithilfe eines DeepFakes den CEO eines Energieunternehmens aus Großbritannien täuschten. Dieser glaubte, mit dem Chef des deutschen Mutterkonzerns zu telefonieren. [46, S. 6 f.]

Pornoindustrie:

Gerade beim Thema Pornografie existiert eine große Nachfrage für die DeepFake Technologie. Dies bestätigt eine Studie des niederländischen Unternehmens Deeptrace, welche im Oktober 2019 veröffentlicht wurde. Dabei kam heraus, dass es sich bei 96% von knapp 15.000 manipulierten Videos um pornografische Videos handelte. Vorwiegend wurden dabei DeepFakes mit prominenten Personen erstellt, jedoch nicht ausschließlich. Dadurch wird die Angst vor Missbräuchen nicht nur bei Prominenten, sondern auch bei Privatpersonen größer. In Australien wurde unter anderem Noelle Martin Opfer eines DeepFakes in verschiedenen pornografischen Abbildungen. Die damals 17-Jährige setzte sich anschließend erfolgreich für ein Verbot in Australien ein. Das Gesetz wurde 2018 verabschiedet und bestraft den Missbrauch von DeepFakes. [46, S. 3 f.]

2.1.3 Möglichkeiten und Chancen

DeepFakes bieten aber nicht nur Probleme und Risiken, sondern ermöglichen neue Chancen. So werden DeepFakes in Bereichen der *Filmbranche*, *Kunst* und *Medizin* eingesetzt und liefern entsprechende Vorteile.

Filmbranche:

In der Filmbranche finden DeepFakes diverse Einsatzmöglichkeiten. So werden im Bereich der Lippensynchronisation DeepFakes genutzt, um in verschiedenen Sprachen die Mundbewegung realistischer darstellen zu können. Dadurch muss die Übersetzung des zu sprechenden Textes nicht weiter an die Lippen des Videomaterials angepasst werden, sondern kann durch die Animation gezeigt werden [43] [46, S. 4 f.]. Zusätzlich ermöglicht die Anwendung von DeepFakes Gesichter der Schauspieler auszutauschen [44]. So kann im Falle, dass ein Schauspieler verstirbt, die Rolle von einem anderen Darsteller übernommen werden, ohne dass der Unterschied für die Zuschauer ersichtlich wird. Ebenso kann dieselbe Technologie dafür genutzt werden, Schauspieler für Rückblenden oder Prequels zu verjüngen [42].



Abbildung 2 DeepFake und De-Ageing von Mark Hamill in der Serie *The Mandalorian* [25]

In der Serie *The Mandalorian* spielt zum Beispiel der Schauspieler Mark Hamill mit fast 70 Jahren die Rolle des Luke Skywalkers in seinen 30ern. Mithilfe von DeepFakes und De-Aging-Technologien wurde die Rolle so überarbeitet, dass kaum ein Unterschied zu den Filmen von 1983 ersichtlich ist [25].

Kunst:

Im Bereich der Kunst wurden verschiedene Ausstellungen mithilfe von DeepFakes ermöglicht. Zum Beispiel stellte die britische Künstlerin Anna Ridler mithilfe ihrer Ausstellung *Mosaic Virus* [16] verschiedene durch DeepFake generierte Tulpen dar. Für die Installation, welche in der Abbildung 3 gezeigt wird, sammelte die Künstlerin Bildmaterial von Tulpen, welche von Hand klassifiziert wurden, um ein neuronales Netz zu trainieren und daraus die künstlichen Tulpen dazustellen. [46, S. 5]

Anschließend wurden mithilfe der vortrainierten KI künstliche Abbildungen von Tulpen generiert. Dadurch wird ersichtlich, dass die Technologie für alle Bildgenerierungen eingesetzt werden kann und nicht ausnahmslos zur Manipulation von Gesichtern.

Medizin:

Zu guter Letzt werden in der Medizin DeepFakes eingesetzt, um zum Beispiel Personen mit Stimmverlust eine authentische Stimme zurückzugeben. Das *Project Revoice* [50] bietet dafür verschiedene Arten vor dem Verlust der Stimme das neuronale Netz zu trainieren. So können entsprechende Sätze gesprochen werden, um das Netz zu erweitern. Der Vorteil gegenüber einem Sprachcomputer soll sein, dass das Sprechen sich für die erkrankte Person natürlicher anfühlt, da es sich um die eigene Stimme handelt, die künstlich über einen Lautsprecher ausgegeben wird. [46, S. 5]



Abbildung 3 Bildinstallation Mosaic Virus [16]

2.2 Was ist eine Fazialisparese?

Etwa 25 von 100.000 Menschen erkranken jedes Jahr an einer sogenannten *Fazialisparese* (*Gesichtslähmung*) [17]. Dabei handelt es sich um eine Funktionsstörung des *Nervus facialis* (*Fazialisnerv*) mit Lähmung vor allem der mimischen Gesichtsmuskulatur sowie der anderen von diesem Nerv versorgten Muskeln und Drüsen. Die Fazialisparese wird anhand ihrer Symmetrie und ihrer Lokalisation eingeteilt. Dabei unterteilt sich die Symmetrie in die *einseitige Fazialisparese* und in die *beidseitige Fazialisparese*. Meist tritt jedoch lediglich die einseitige Lähmung auf. Bei der Lokalisierung wird darüber hinaus zwischen dem *peripheren Typ* (*periphere Fazialisparese*) und dem *zentralen Typ* (*zentrale Fazialisparese*) unterschieden. Bei dem peripheren Typ handelt es sich um eine Schädigung des Fazialisnervs, bei einer zentralen Fazialisparese hingegen um eine Schädigung der Nervenzellen innerhalb des Gehirns. [22], [30], [39]

Hierbei muss ferner beachtet werden, dass zum Beispiel die Kaumuskelatur nicht von der Lähmung betroffen ist, da sie von einem anderen Nerv (*Nervus trigeminus*) versorgt wird. [39]

Aus der Fazialisparese resultiert anschließend eine *Hypomimie* bzw. *Amimie*.

Bei der Hypomimie handelt es sich um eine herabgesetzte oder reduzierte Mimik. Dadurch wird die Ausdrucksfähigkeit des Gesichtes stark eingeschränkt, wodurch das Gesicht wie eine Maske wirkt. [40]

Unter der Amimie wird die schwerste Form der Hypomimie verstanden. Hierbei wird die Mimik komplett aufgehoben, anstatt sie nur herabzusetzen oder zu reduzieren. [2]

Die Begriffe Hypomimie und Amimie werden durch den maskenhaften Gesichtsausdruck ohne jede sichtbare Mimik ebenfalls als *Maskengesicht* bezeichnet [7], [9].

Durch eine Fazialisparese kann zusätzlich eine Gesichtshälfte erschlaffen. Wie in der Abbildung 4 dargestellt, hängt dann zum Beispiel eine Gesichtshälfte herunter [30]. Dies muss jedoch nicht bei allen betroffenen Personen der Fall sein. Dadurch ergibt sich für den Versuch, dass verschiedene Schweregrade beachtet werden müssen.

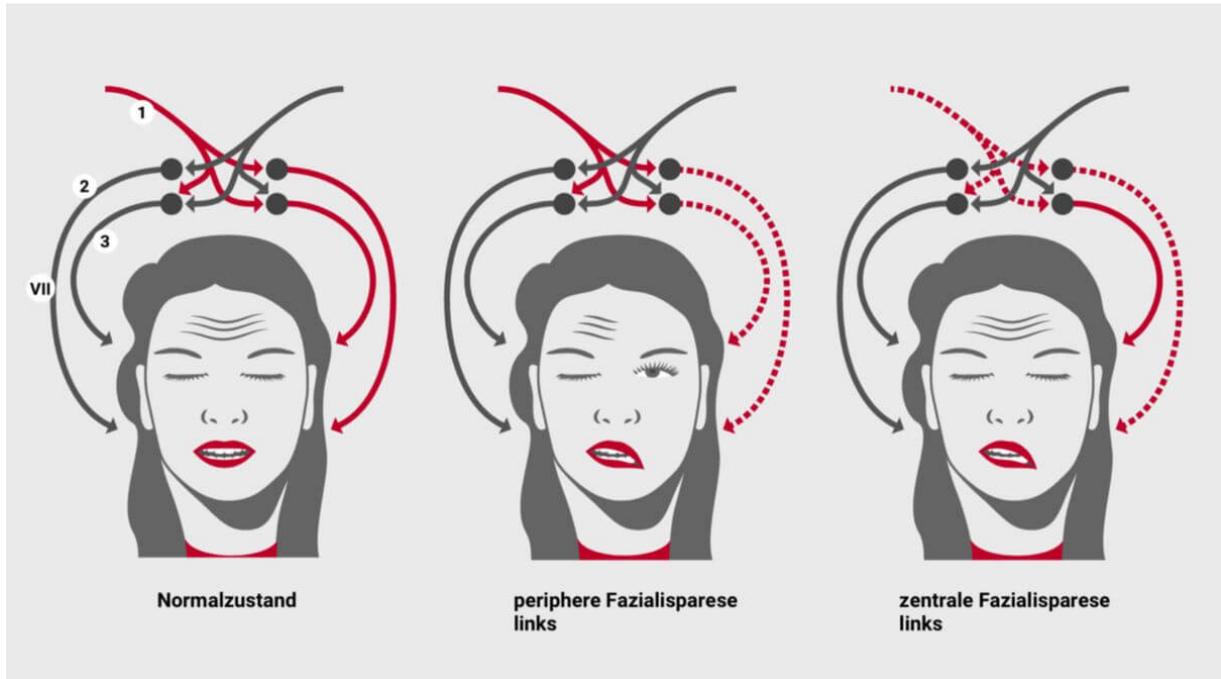


Abbildung 4 Fazialisparese [30]

Eine Fazialisparese kann vielfältige Ursachen haben, wie zum Beispiel Infektionen, neurologische Erkrankungen und andere. In der nachfolgenden Aufzählung werden einige der verschiedenen Ursachen mit entsprechenden Beispielen in Form von Krankheiten aufgezeigt [22], [30], [39], [40]:

- Idiopathisch (Bell'sche Lähmung [19])
- Angeboren (Möbius-Syndrom [5], [14])
- Neurologische Erkrankungen (Multiple Sklerose [23], Parkinson [24])
- Schlaganfall (Hirnfarkt [28], Hirnblutung [26])
- Inflammatorisch (Mittelohrentzündung [15], chronische Meningitiden [33], Lyme-Borreliose [34])
- Immunologisch (Guillain-Barré-Syndrom [31], Sarkoidose [32] bzw. Heerfordt-Syndrom [20], Melkersson-Rosenthal-Syndrom [1])

Teil II

Potenzielle Anwendungen

3. Einführung in potenzielle Anwendungen

In dem Abschnitt *Teil 2 - Potenzielle Anwendungen* werden verschiedene Programme untersucht, welche einen DeepFake realisieren können. Dabei wurden alle genannten Anwendungen im Rahmen dieser Arbeit ausgeführt, um entsprechende Ergebnisse zu erzielen und anschließend zu betrachten.

Bei einigen Anwendungen existierten versionsbedingte Abhängigkeitsprobleme, weswegen gewisse Anpassungen am Programmcode vorgenommen wurden. Hierbei lag der Fokus lediglich darauf, die Anwendung initial ausführen zu können, um anschließend einen Testdurchlauf zu realisieren. Alle vorgenommenen Änderungen werden nachfolgend entsprechend erwähnt und dokumentiert. Zusätzlich werden alle Programme und die dazugehörigen Änderungen separat in einem gesammelten GitHub-Repository [29] zur Verfügung gestellt.

Damit der Versuchsablauf reproduziert werden kann, wird darüber hinaus die Installation und Inbetriebnahme der einzelnen Anwendungen dokumentiert. Hierbei wurde sich an dem Prozess orientiert, der für die ersten erstellten Testdurchläufe verwendet wurde.

Die Ergebnisse aus den einzelnen Versuchsdurchläufen werden anschließend betrachtet und verglichen, um eine finale Anwendung für den Versuch herauszuarbeiten. Dabei wird vorerst darauf geachtet, ob eine Manipulation möglich ist und ob diese durch gewisse Details wie einer Gesichtsdeformierung ersichtlich ist. Wie realistisch die Ergebnisse schlussendlich sind, wird jedoch erst im eigentlichen Versuch betrachtet.

4. FaceSwap

FaceSwap ist ein Tool, welches mithilfe von Deep-Learning Gesichter in Bildern und Videos erkennt und austauscht. Das OpenSource Projekt wird in erster Linie zur Verfügung gestellt, um mit KI-Techniken zu experimentieren und diese zu entdecken. Außerdem wird die Anwendung für soziale oder politische Kommentare für Film und eine Reihe von ethischen und angemessenen Zwecken verwendet. Die Ersteller der Software sind selbst darüber besorgt, für welche unethischen und anrüchigen Dinge die Anwendung verwendet werden kann und versuchen dies so weit wie möglich zu unterbinden.[37]

Nachfolgend wird erläutert, wie die Anwendung eingerichtet und ausgeführt wird. Das Python-Programm, welches im Installationsprozess heruntergeladen wird, kann auf mehreren Betriebssystemen ausgeführt werden, darunter Windows, Linux und MacOS. Die nachfolgende Beschreibung bezieht sich jedoch einzig auf Windows, da FaceSwap auf diesem System getestet wurde. [37]

4.1 Einrichtung

1. **Herunterladen und Installieren der aktuellsten Version:** Die aktuellste Version von *FaceSwap* [37] muss heruntergeladen werden. Zusätzlich wird das Programm Anaconda [35] benötigt. Nachdem Anaconda installiert und FaceSwap heruntergeladen wurde, kann die entsprechende Version installiert werden. Dabei wird automatisch ein neues Anaconda Environment erstellt und alle benötigten Komponenten werden eingerichtet (siehe Abbildung 5).

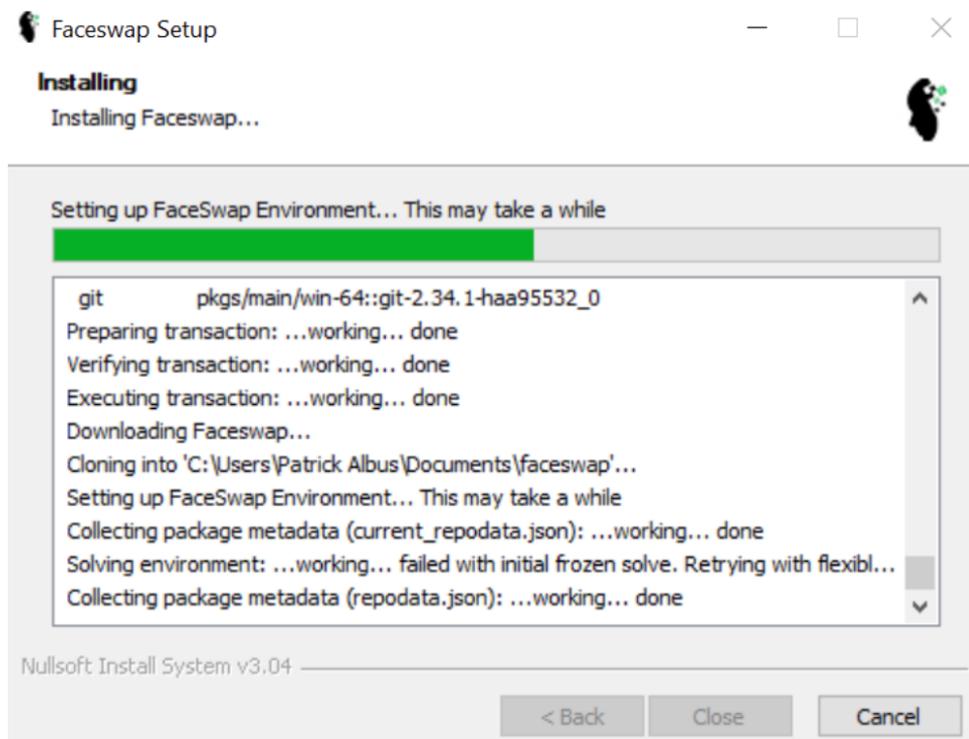


Abbildung 5 FaceSwap - Installation

2. **Ausführen der Anwendung:** In dem Installationsordner muss die Datei *faceswap_win_launcher.bat* ausgeführt werden. Damit öffnet sich die Anwendung, in welcher nachfolgend die Trainingsdaten extrahiert und anschließend trainiert werden können.

3. **Extrahieren der Quell- und Zieldaten:** Nachdem die Anwendung gestartet wurde, können im ersten Fenster die Quell- und Zieldaten aus einem Video extrahiert werden. Wie in den Abbildungen 6 und 7 dargestellt, muss sie sowohl die Videoquelle (*Input Dir*) enthalten, als auch den Zielordner (*Output Dir*), in dem die extrahierten Daten abgelegt werden sollen. Dabei ist zu beachten, dass die Quell- bzw. Zieldaten in separaten Ordnern abgelegt werden müssen.

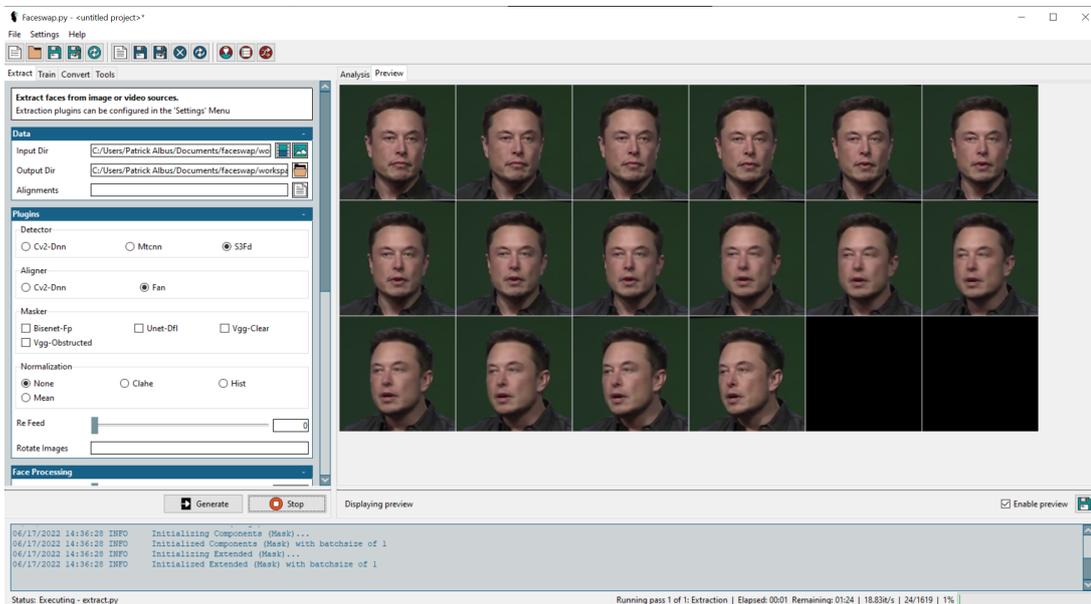


Abbildung 6 FaceSwap - Extraktion der Quelldaten

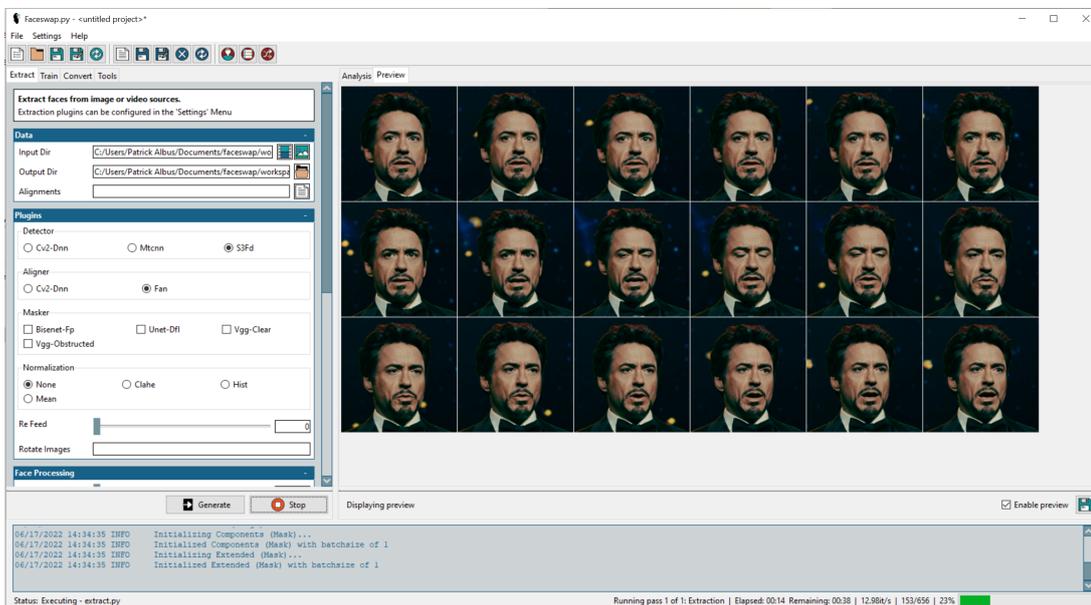


Abbildung 7 FaceSwap - Extraktion der Zieldaten

4. **Training:** Mithilfe der extrahierten Daten kann das Modell anschließend trainieren. In dem zweiten Reiter können dafür die Parameter eingegeben und das Training begonnen werden. In der Abbildung 8 wird das entsprechende Fenster gezeigt. Die entscheidenden Parameter sind dabei:

- *Input A* gibt den Pfad zu den extrahierten Zieldaten an. Hierbei handelt es sich um das ursprüngliche Gesicht, d. h. dem Gesicht, welches entfernt und durch das Gesicht B ersetzt werden soll.
- *Input B* gibt den Pfad zu den extrahierten Quelldaten an. Hierbei handelt es sich um das Tauschgesicht, d. h. das Gesicht, das auf den Kopf von Person A gesetzt werden soll.
- *Model Dir* definiert, wo das trainierte Modell gespeichert werden soll.

Die restlichen Parameter sind optional und dienen dafür, bessere Ergebnisse zu liefern.

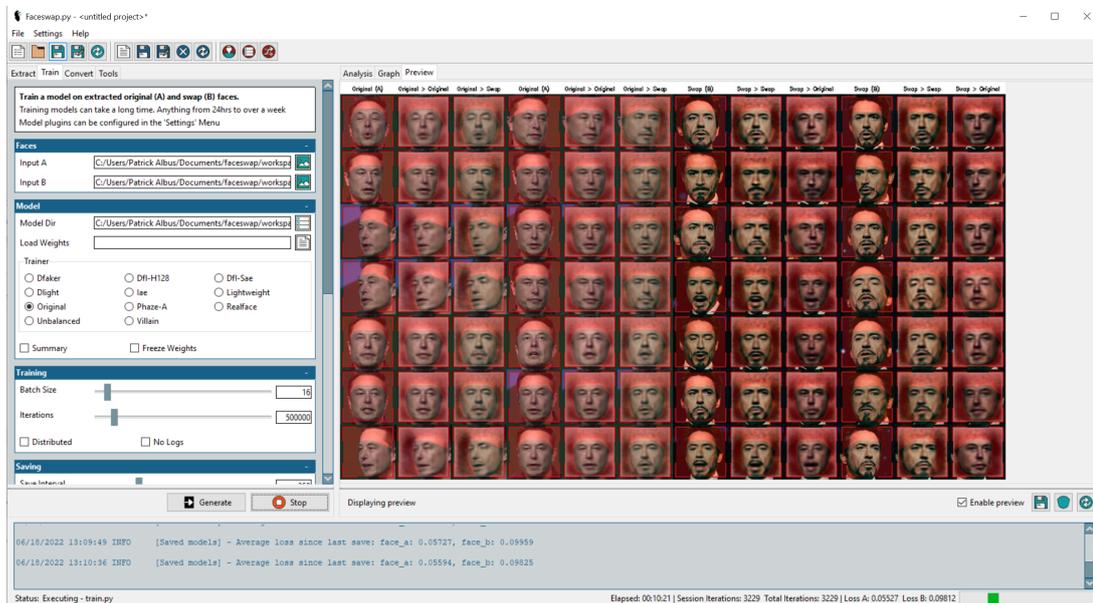


Abbildung 8 FaceSwap - Training

5. **Konvertieren der Trainingsergebnisse:** Im dritten Reiter können zum Schluss die trainierten Daten auf das entsprechende Video angewandt werden. Dafür muss das Zielvideo, der Ordner, in dem die manipulierten Bilder gespeichert werden, und das trainierte Modell ausgewählt werden. In der Abbildung 9 wird gezeigt, wie die Konvertierung aussieht. Dabei werden auf der rechten Seite die fertigen Bilder mit dem getauschten Gesicht direkt angezeigt.

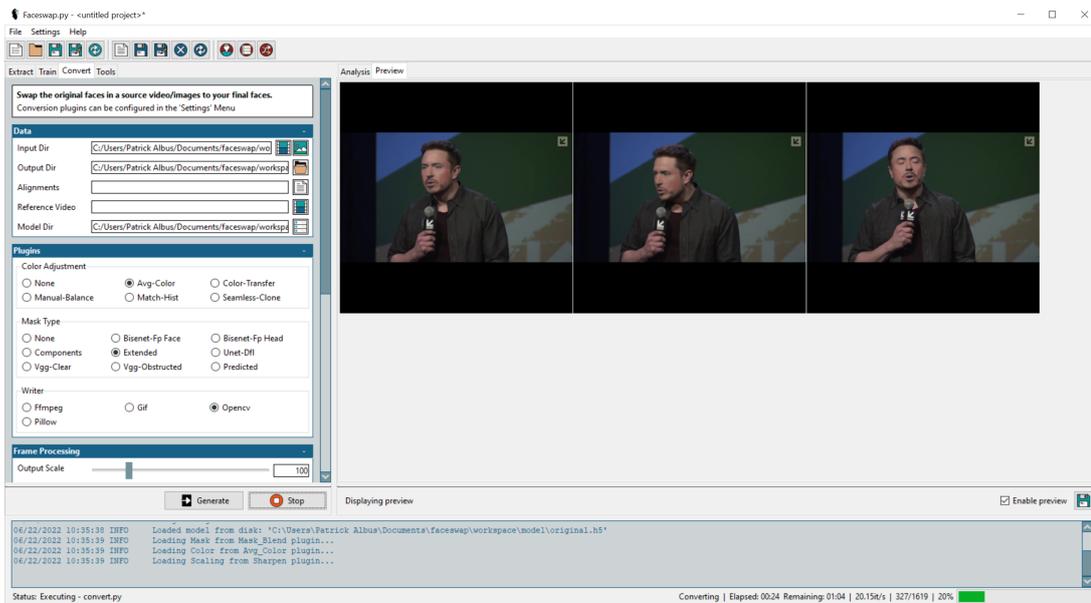


Abbildung 9 FaceSwap - Konvertierung

4.2 Ergebnis

In einem Trainingsversuch soll überprüft werden, ob die Anwendung für den Versuch mit einer Fazialisparese einen Mehrwert bietet. Hierfür wurden zwei öffentliche Videos von Elon Musk und Robert Downey Jr. verwendet. Nachdem mit beiden Gesichtern trainiert wurde, wurden die Trainingsdaten verwendet, damit das Gesicht von Robert Downey Jr. in das Video von Elon Musk übernommen werden kann. Für die Ausführung wurde ein 27-Sekunden-Video von Robert Downey Jr. verwendet, aus welchem 655 Bilder extrahiert wurden. Von Elon Musk wurde ein 54-Sekunden-Video gewählt, aus welchem 1620 Bilder extrahiert wurden. Die künstliche Intelligenz trainierte mit den extrahierten Bildern 500.000 Iterationen, um anschließend ein passendes Ergebnis zu liefern.

Das abschließende Ergebnis des Gesichtertauschs wird in der Abbildung 10 dargestellt. Auf der linken Seite ist die manipulierte Version mit dem Gesicht von Robert Downey Jr. und rechts auf der Abbildung befindet sich die originale Aufnahme von Elon Musk.



Abbildung 10 FaceSwap - Ergebnis (links manipulierte Version mit Robert Downey Jr. und rechts die originale Version von Elon Musk)

Obwohl selbst die Mimik vom originalen Gesicht auf die manipulierte Version passend angewendet wurde, ist FaceSwap nicht für das eigentliche Experiment geeignet. Das Ziel ist es, dass die Gesichter in ihrer ursprünglichen Umgebung und auch auf ihrem eigentlichen Körper bleiben. Es soll somit kein Tausch zwischen zwei Gesichtern ausgeführt werden, sondern lediglich die Mimik soll getauscht bzw. manipuliert werden.

5. DeepFaceLab

DeepFaceLab funktioniert ähnlich wie *FaceSwap*. Zwar ist die Bedienung der Anwendung komplizierter als die von *FaceSwap*, bietet aber durch die detaillierteren Konfigurationsmöglichkeiten einige weitere Optionen. Der Hauptaspekt liegt jedoch ebenfalls auf den Funktionen wie dem Ersetzen eines Gesichtes oder Kopfes sowie der Alterung bzw. Verjüngung von Gesichtern. [41]

Nachfolgend werden die Schritte erläutert, um das Tool einzurichten und wie der Probedurchlauf ausgeführt wurde. In der offiziellen Dokumentation von *DeepFaceLab* werden weitere Optionen und Konfigurationen erläutert, mit denen die Ergebnisse verbessert werden können, um eine authentischere Darstellung zu realisieren.

5.1 Einrichtung

DeepFaceLab bietet eine Vielzahl von Funktionen und Einstellungen. In der nachfolgenden Erklärung, wie das Programm eingerichtet und verwendet wird, werden nur die Funktionen betrachtet, welche für den späteren Versuch benötigt werden könnten. Weitere Informationen können im GitHub Repository [41] und dem *DeepFaceLab*-Leitfaden [21] eingesehen werden.

1. **Herunterladen der aktuellsten Version:** Die aktuellste Version von *DeepFaceLab* [41] muss heruntergeladen werden. Anschließend muss die Anwendung entpackt werden, damit die einzelnen Skripte für die Benutzung ausgeführt werden können.
2. **Arbeitsbereich leeren:** Damit der Arbeitsbereich für eine neue Durchführung bereit ist, muss dieser als Erstes geleert werden. Dieser Prozess geschieht durch das Skript 1) *clear workspace.bat* automatisch.
3. **Bereitstellung der Quell- und Zieldaten:** Das Quell- und Zielvideo wird bereitgestellt, indem es in den Ordner *workspace* kopiert wird. Das Quellvideo muss dabei den Namen *data_src* haben und das Zielvideo muss in *data_dst* umbenannt werden.
4. **Bilder aus dem Quell- und Zielvideo extrahieren:** Die einzelnen Bilder für das Training werden mit dem Skript 2) *extract images from video data_src.bat* aus dem Quellvideo und mit dem Skript 3) *extract images from video data_dst FULL FPS.bat* aus dem Zielvideo extrahiert. Nach dem Ausführen des jeweiligen Skripts werden Eingaben erwartet, welche folgende Konfigurationen übernehmen:
 - *FPS:* Gibt mithilfe eines numerischen Werts an, wie viele Bilder pro Sekunde aus dem Video gerendert werden. Zum Beispiel werden bei einer Eingabe von 5 nur 5 Bilder pro Sekunde aus dem Video extrahiert. Wenn die Eingabe für diesen Wert übersprungen wird, wird die Standard-Bildrate aus dem Video verwendet.
 - *JPG / PNG:* Gibt das Format der extrahierten Frames an. JPGs sind kleiner und haben eine niedrigere Qualität. PNGs sind größer und haben eine bessere Qualität. Es sollte keinen Qualitätsverlust mit PNG im Vergleich zum Originalvideo geben.
5. **Extrahieren von Gesichtsdatensätzen aus dem Quellvideo:** Aus den einzelnen Bildern des Quellvideos werden im nächsten Schritt die Gesichtsdatensätze extrahiert. Dies wird mit dem Skript 4) *data_src faceset extract.bat* automatisch ausgeführt. Im Anschluss können die Ergebnisse mit dem Skript 4.1) *data_src view aligned result.bat* eingesehen werden.

6. **Quelldaten sortieren und bereinigen:** Im nächsten Schritt müssen die Quelldaten bereinigt werden, sodass Frames, welche nicht in dem Training berücksichtigt werden sollten, entfernt werden. Für die vereinfachte Bereinigung gibt es die Möglichkeit, mit dem Skript 4.2) *data_src sort.bat* die Quelldaten zu sortieren. Nachfolgend werden die verschiedenen Sortiermethoden aufgelistet, welche nach dem Ausführen gewählt werden können:

[0] blur – Sortiert nach Bildunschärfe. Dies ist eine langsame Sortiermethode und **nicht** perfekt zum Erkennen und korrekten Sortieren unscharfer Gesichter.

[1] motion blur – Sortiert die Bilder nach Bewegungsunschärfe. Dabei können anschließend Gesichter mit viel Bewegungsunschärfe gut entfernt werden.

[2] face yaw direction – Sortiert nach Blickrichtung (von Gesichtern, welche nach links schauen, zu Gesichtern, die nach rechts schauen).

[3] face pitch direction – Sortiert nach Neigung (von Gesichtern, welche nach oben schauen, zu Gesichtern, die nach unten schauen).

[4] face rect size in source image – Sortiert nach Größe des Gesichts im Originalbild (vom größten zum kleinsten Gesicht).

[5] histogram similarity – Sortiert nach Histogramm-Ähnlichkeit, unähnliche Gesichter werden am Ende aufgelistet. Nützlich zum Entfernen drastisch unterschiedlich aussehender Gesichter.

[6] histogram dissimilarity – Sortiert wie [5] *histogram similarity*, jedoch werden die unähnlichen Gesichter am Anfang aufgelistet.

[7] brightness – Sortiert nach Gesamtbild-/Gesichtshelligkeit.

[8] hue – Sortiert nach Farbton.

[9] amount of black pixels – Sortiert nach der Anzahl vollständig schwarzer Pixel (z. B. wenn das Gesicht vom Rahmen abgeschnitten und nur teilweise sichtbar ist).

[10] original filename – Sortiert nach Originaldateinamen.

[11] one face in image – Sortiert die Gesichter in der Reihenfolge, wie viele Gesichter sich im Originalbild befinden.

[12] absolute pixel difference – Sortiert nach absoluten Unterschieden in der Funktionsweise des Bildes. (nützlich, um drastisch unterschiedlich aussehende Gesichter zu entfernen.)

[13] best faces – Sortiert nach mehreren Faktoren, einschließlich Unschärfe und entfernt Duplikate/ähnliche Gesichter. Es wird ein Ziel angegeben, wie viele Gesichter nach dem Sortieren vorhanden bleiben sollen. Verworfenen Gesichter werden in den Ordner *aligned_trash* verschoben.

[14] best faces faster – Ähnliche wie [13] *best faces*, verwendet aber die Gesichtsgröße im Quellbild statt Unschärfe, um die Qualität von Gesichtern zu bestimmen.

7. **Dateinamen wiederherstellen:** Nachdem die Quelldaten für das Training bereinigt wurden, wird empfohlen, die ursprünglichen Dateinamen wiederherzustellen. Dies übernimmt das Skript 4.2) *data_src util recover original filename.bat*.

8. **Extrahieren von Gesichtsdatensätzen aus dem Zielvideo:** Die Extraktion funktioniert identisch zur Extraktion aus dem Quellvideo. Jedoch müssen die folgenden Skripts

ausgewählt werden. Mit 5) *data_dst faceset extract.bat* werden die Zieldaten extrahiert und anschließend mit 5.1) *data_dst view aligned results.bat* können diese eingesehen werden.

9. **Zieldaten sortieren und bereinigen:** Nachdem die Gesichtsdaten extrahiert wurden, müssen diese ebenfalls sortiert und bereinigt werden. Der Ablauf ist identisch zu den Quelldaten. Mit dem Skript 5.2) *data_dst sort.bat* werden die Zieldaten sortiert und nach dem Bereinigen mit 5.2) *data_dst util recover original filename.bat* die ursprünglichen Namen wiederhergestellt.
10. **Training:** Wenn alle Daten vorbereitet sind, kann mit dem Training begonnen werden. *DeepFaceLab* bietet dafür verschiedene Methoden:

6) *train AMP SRC-SRC.bat*

6) *train AMP.bat*

6) *train Quick96.bat*

6) *train SAEHD.bat*

In der Evaluation für den nachfolgenden Versuch wurde die Software mit *Quick96* getestet, da diese Methode nicht zuvor konfiguriert werden muss. Die anderen Optionen sind einstellbar und bieten somit eine Vielzahl von Optimierungen. Sobald das Training gestartet wird, öffnet sich zusätzlich ein Fenster, in welchem der aktuelle Trainingsstand und der Verlustgraph einsehbar ist (siehe Abbildung 11).

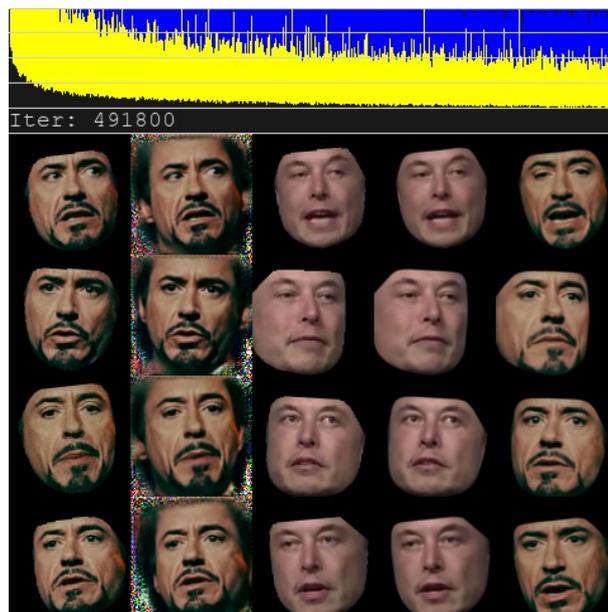


Abbildung 11 DeepFaceLab - Training

11. **Zusammenführung der Ergebnisse:** Wenn das Training beendet wurde, kann mithilfe der nachfolgenden Skripts das Video zusammengesetzt werden. Dabei muss darauf geachtet werden, dass dieselbe Methode wie beim Training gewählt wird.

7) *merge AMP.bat*

7) *merge Quick96.bat*

7) *merge SAEHD.bat*

Nachdem das Skript gestartet wurde, kann entweder die manuelle Bearbeitung der Frames oder eine automatische Bearbeitung gewählt werden. Es wird empfohlen, manuelle Anpassungen vorzunehmen, sodass potenzielle Fehlerquellen im Bild ausgeschlossen werden können.

5.2 Ergebnis

Wie zuvor in Kapitel 4.2 Ergebnis wurden erneut die zwei öffentlichen Videos von Elon Musk und Robert Downey Jr. verwendet, um die Anwendung zu untersuchen. Die Gesichter wurden aus dem Video extrahiert. Somit stimmen die Eingabedaten mit denen aus dem Versuch mit der Anwendung *FaceSwap* überein. Es wurden ebenfalls 500.000 Iterationen trainiert, sodass die beiden Ergebnisse direkt miteinander verglichen werden können.

In der Abbildung 12 wird das entsprechende Ergebnis nach dem Gesichtertausch dargestellt. Hierbei ist wieder die manipulierte Version mit dem Gesicht von Robert Downey Jr. auf der linken Seite und rechts befindet sich die originale Aufnahme von Elon Musk.

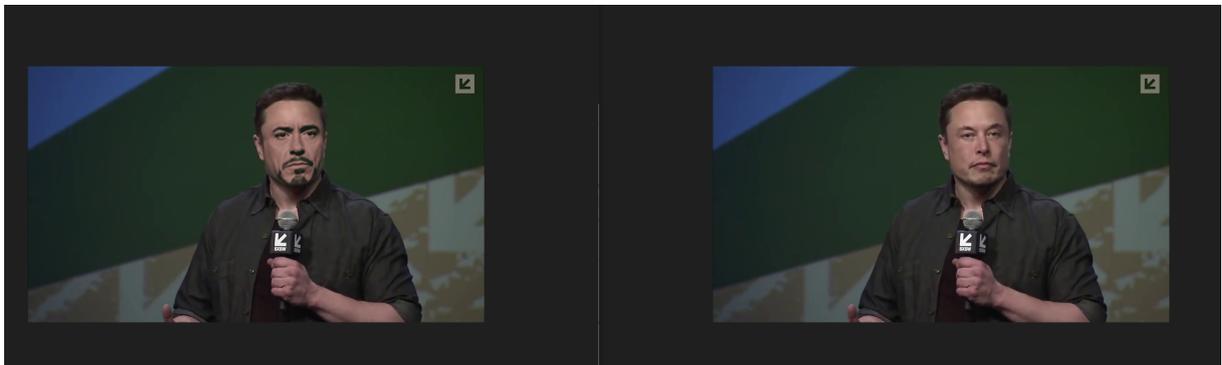


Abbildung 12 DeepFaceLab - Ergebnis (links manipulierte Version mit Robert Downey Jr. und rechts die originale Version von Elon Musk)

Die Ergebnisse sind ähnlich zu denen im Kapitel 4.2 Ergebnis. Zwar kann durch das manuelle Anpassen beim Zusammenführen der Ergebnisse die Qualität erhöht werden, dies ist jedoch mit einem Mehraufwand verbunden. Zusätzlich ist diese Anwendung ebenfalls nicht für den Versuch geeignet, da hier gleichermaßen die Gesichter bzw. Köpfe getauscht werden. Stattdessen soll aber lediglich die Mimik getauscht bzw. manipuliert werden.

6. DeepFaceLive

DeepFaceLive basiert auf demselben Grundgedanken wie *DeepFaceLab*. Der Fokus liegt hierbei jedoch primär auf der Echtzeitmanipulation für Streaming und Videotelefonate. Dafür bietet *DeepFaceLive* zwei verschiedene Optionen der Manipulation. [45]

Face-Swapper

Mithilfe der Face-Swapper-Option kann ein Gesicht von einer Webcam oder in einem Video mit trainierten Gesichtsmodellen ausgetauscht werden. Somit ist die Grundfunktionalität identisch zu *FaceSwap* und *DeepFaceLab*, nur mit Echtzeitvideos. Die verwendeten Gesichtsmodelle können mit *DeepFaceLab* trainiert und exportiert werden. [45]

Face-Animator

Zusätzlich bietet *DeepFaceLive* ein Face-Animator-Modul. Durch dieses Modul können statische Gesichtsbilder per Video oder einer Aufnahme mithilfe einer Webcam manipuliert werden. [45]

In der nachfolgenden Untersuchung wird der Fokus auf die *Face-Animator-Funktionalität* gelegt, da hierbei kein Austausch zwischen den einzelnen Gesichtern vorgenommen wird. Zuerst wird dafür die Einrichtung und Anwendung in einzelnen Schritten erklärt. Zusätzlich bietet die Anwendung weitere Konfigurationen für eine gewisse Feinabstimmung. Hier muss je nach Quell- und Zielelement mehrfach evaluiert werden, damit optimale Ergebnisse erzielt werden können.

6.1 Einrichtung

1. **Herunterladen der aktuellsten Version:** Die aktuellste Version von *DeepFaceLive* [45] muss heruntergeladen werden. In dem Download sind verschiedene Build-Versionen vorhanden (siehe Abbildung 13). Dabei handelt es sich sowohl um eine Version für *DirectX12* (NVIDIA-, AMD-, Intel-Grafikkarten), als auch um einen *NVIDIA-Build*, welcher nur für NVIDIA-Grafikkarten, die neuer als die *GT730* sind, geeignet ist.

Name	Änderungsdatum	Typ	Größe
 DeepFaceLive_NVIDIA_build_06_02_2022	03.06.2022 16:38	Anwendung	2.251.075 KB
 DeepFaceLive_NVIDIA_build_05_16_2022	03.06.2022 16:39	Anwendung	2.723.074 KB
 DeepFaceLive_DirectX12_build_06_02_2022	03.06.2022 16:34	Anwendung	935.185 KB
 DeepFaceLive_DirectX12_build_05_16_2022	03.06.2022 16:34	Anwendung	933.856 KB

Abbildung 13 DeepFaceLive - verfügbare Build-Versionen

2. **Ausführen und Entpacken der Anwendung:** Indem die gewünschte Version ausgeführt wird, kann diese in ein beliebiges Stammverzeichnis entpackt werden. Der Installationsprozess wird in den Abbildungen 14 und 15 gezeigt.

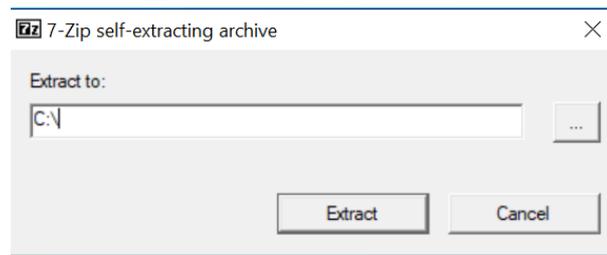


Abbildung 14 DeepFaceLive - Auswahl des Stammverzeichnisses

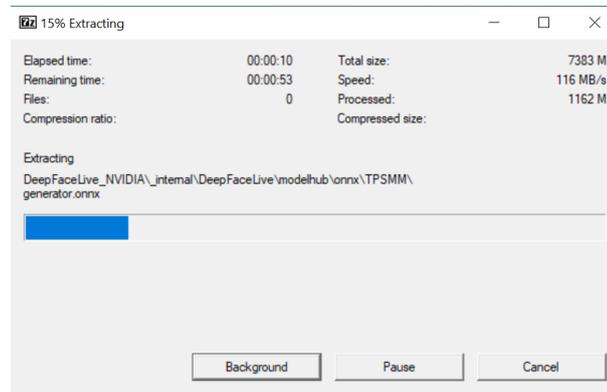


Abbildung 15 DeepFaceLive - Installationsprozess

3. **Starten der Anwendung:** Damit das Programm gestartet wird, muss in dem entpackten Verzeichnis die Datei *DeepFaceLive.bat* ausgeführt werden.
4. **Auswahl der Datenquelle:** Das Programm benötigt als Erstes eine Datenquelle. Dabei ist den Benutzer:innen die Entscheidung überlassen, ob diese eine Videoquelle oder eine Kameraquelle angeben möchte. In der Abbildung 16 ist die Auswahl eines Videos als Datenquelle dargestellt.

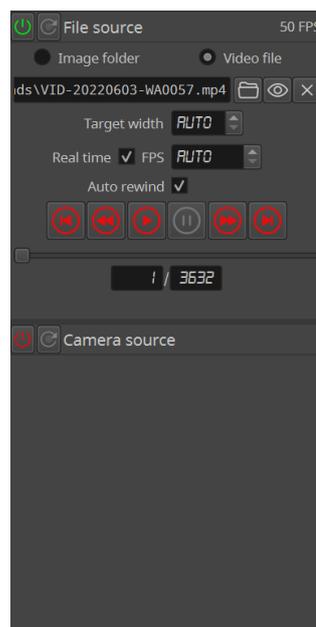


Abbildung 16 DeepFaceLive - Auswahl der Dateiquelle

5. **Auswahl vom Gesichtsdetektor:** Um aus der Datenquelle ein Gesicht zu erkennen, muss der Gesichtsdetektor (Face detector) eingestellt werden (siehe Abbildung 17). Dabei kann zum einen der Detektor an sich ausgewählt werden, als auch das Gerät, auf dem die Berechnung stattfindet.

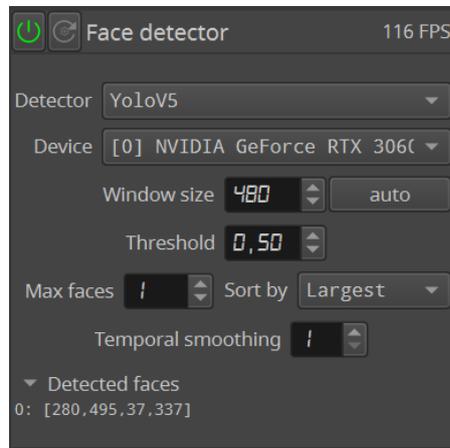


Abbildung 17 DeepFaceLive - Einstellung vom Gesichtsdetektor

6. **Auswahl vom Gesichtsmarker:** Durch den Gesichtsmarker (Face marker) werden die verschiedenen markanten Punkte des Gesichts in den einzelnen Frames erkannt und markiert. Bei den Gesichtspunkten handelt es sich um bestimmte Punkte, an denen ein Gesicht und die entsprechende Mimik erkannt werden kann. Anhand dieser Punkte wird anschließend die manipulierte Ausgabe bearbeitet. Bei der Konfiguration können sowohl verschiedene Marker als auch Geräte eingestellt werden, um die Berechnung zu optimieren (siehe Abbildung 18).

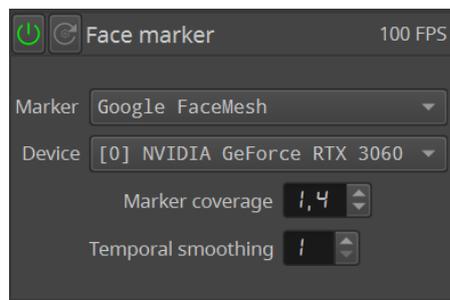


Abbildung 18 DeepFaceLive - Einstellung vom Gesichtsmarker

7. **Einstellung vom Face-Animator:** Bevor die Manipulation auf das neue Gesicht angewandt werden kann, muss ein Bild von dem Gesicht ausgewählt werden. In der Abbildung 19 wird dargestellt, wie der Face-Animator ausgewählt wird.
8. **Finale Konfiguration:** In der Abbildung 20 sind alle abschließenden Einstellungen und die entsprechenden Gesichter aufgezeigt. Die Funktionen *Face-Swapper* und *Face-Merger* sind für den geplanten Versuch nicht interessant und wurden dementsprechend in der Installation nicht weiter berücksichtigt. Die restlichen Parameter der einzelnen Module können jedoch im weiteren Verlauf je nach Quell- und Zieldatei angepasst werden, um die beste Leistung und Qualität zu erzielen, welche *DeepFaceLive* ermöglicht.

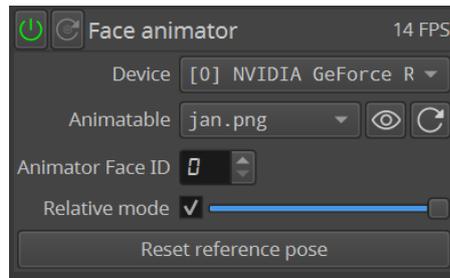


Abbildung 19 DeepFaceLive - Face-Animator

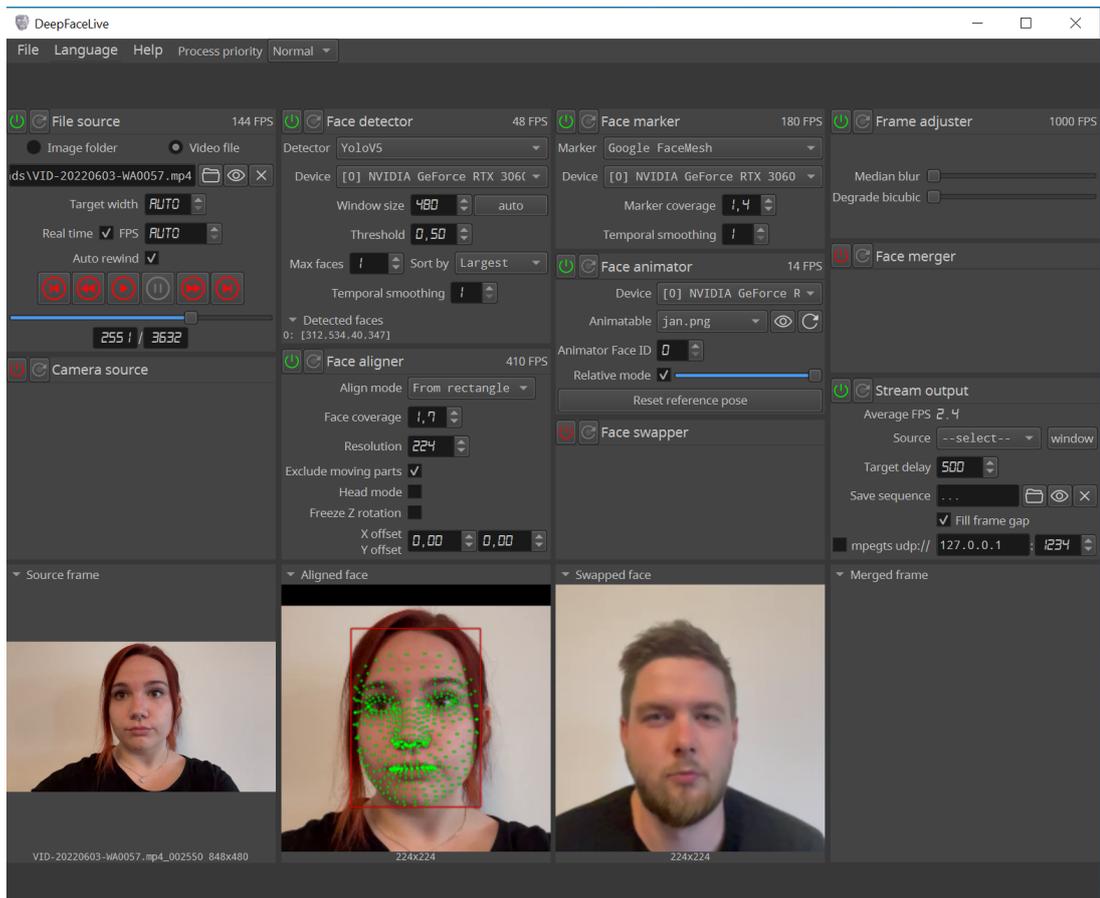


Abbildung 20 DeepFaceLive - Finale Konfiguration

6.2 Ergebnis

Für die Anwendung von *DeepFaceLive* müssen weder die einzelnen Frames aus einem Video extrahiert, noch ein langwieriger Trainingsprozess abgeschlossen werden. Stattdessen wird ein einzelnes Bild als Zieldatei eingegeben, welches die Mimik aus einem Quellvideo annehmen soll. Das Bild sollte dabei frontal und relativ neutral aufgenommen werden. In der Abbildung 21 wird das für diesen Versuch gewählte Zielgesicht gezeigt. Zusätzlich wird das entsprechende Quellvideo benötigt. Im Versuch wurde ein Video einer weiblichen Person gewählt.

In den Abbildungen 22, 23 und 24 wird das entsprechende Zielbild manipuliert, sodass die männliche Person mit der Mimik der weiblichen Person aus dem Video dargestellt wird.

Für den Versuch, eine Mimik bei einem Probanden mit einer Fazialisparese darzustellen, wäre dieses Tool somit verwendbar, da ausnahmslos die Mimik manipuliert und nicht das Gesicht getauscht wird, wie es bei 4. FaceSwap oder 5. DeepFaceLab der Fall ist.



Abbildung 21 DeepFaceLive - Zielbild einer männlichen Person, dessen Mimik manipuliert werden soll



Abbildung 22 DeepFaceLive - Ergebnisse einer weiblichen Quell- und männlichen Zieldatei(1/3)



Abbildung 23 DeepFaceLive - Ergebnisse einer weiblichen Quell- und männlichen Zieldatei(2/3)



Abbildung 24 DeepFaceLive - Ergebnisse einer weiblichen Quell- und männlichen Zieldatei(3/3)

7. Pix2Pix

Pix2Pix erstellt und trainiert ein Conditional Generative Adversarial Network (cGAN), um eine Zuordnung von Eingabebildern zu Ausgabebildern zu erlernen, wie in *Image-to-Image Translation with Conditional Adversarial Networks* von Isola et al. [8] beschrieben. Dabei ist *Pix2Pix* nicht anwendungsspezifisch. Das bedeutet, dass es auf eine Vielzahl von Aufgaben angewendet werden kann, darunter das Synthetisieren von Fotos aus Etikettenkarten, das Generieren von kolorierten Fotos aus Schwarz-Weiß-Bildern und sogar das Umwandeln von Skizzen in Fotos. [27]

Das Netzwerk besteht dabei aus zwei Hauptteilen, dem *Generator* und dem *Discriminator*. Der Generator wendet eine Transformation auf das Eingabebild an, um das Ausgabebild zu erhalten. Der Discriminator vergleicht anschließend das Eingabebild mit einem unbekanntem Bild (entweder dem Zielbild aus dem Datensatz oder ein Ausgabebild aus dem Generator) und versucht zu erkennen, ob dieses vom Generator erzeugt wurde. [11]

Damit *Pix2Pix* auf Gesichter angewandt werden kann, werden zuerst die markanten Punkte des Gesichts als Skizze herausgezeichnet. Bei den Gesichtspunkten handelt es sich um bestimmte Punkte, an denen ein Gesicht und die entsprechende Mimik erkannt werden. Anhand dieser Skizze versucht das neuronale Netzwerk eine Bild-zu-Bild-Übersetzung zwischen Skizze und dem Originalbild zu trainieren. Anschließend soll durch angepasste Skizzen eine manipulierte Version des Gesichtes bzw. der Mimik entstehen.

7.1 Änderungen

Es wurden für den Versuch drei Tools verwendet. Für die Extraktion der einzelnen Frames wurde das Projekt *Face2Face Demo* [36] genutzt. Die Anwendung ermöglicht ebenfalls eine entsprechende Manipulation und wird im Kapitel 8. *Face2Face* detaillierter vorgestellt. Für die Vorbereitung der entsprechenden Daten und auch für das eigentliche Training greift die *Face2Face*-Demo auf das Projekt *Pix2Pix-Tensorflow* [11] zu. Da es jedoch beim Training zu Kompatibilitätsproblemen zwischen der vorhandenen Hardware und der verwendeten Tensorflow Version kam, wurde das Tool, welches auf *Tensorflow* [53] basiert, durch ein abgewandeltes Projekt auf Basis von *Pytorch* [51] ausgetauscht. Das Projekt *CycleGAN and pix2pix in PyTorch* [55] nutzt dabei dasselbe Vorgehen wie das ursprüngliche Training, aber eine andere Bibliothek für das neuronale Netzwerk.

Zusätzlich zu dem Austausch einiger Projektteile mussten für den erfolgreichen Test einige Änderungen am Quellcode vorgenommen werden. Alle Änderungen wurden in einem separaten *GitHub Repository* [29] zur Verfügung gestellt. Bei den entsprechenden Änderungen handelt es sich um:

1. **Anpassung der *environment.yml*:** Damit die Anaconda Umgebung automatisch eingerichtet wird, existiert die Datei *environment.yml*. Sie enthält alle benötigten Abhängigkeiten und Versionsnummern, um die entsprechenden Programme ausführen zu können. Im ersten Schritt wurde diese auf aktuelle Versionen geupdatet und erweitert. Nachfolgend wird der Inhalt der aktuellen Datei abgebildet.

```

name: pytorch-pix2pix
channels:
- pytorch
- conda-forge
- defaults
dependencies:
- python=3.6
- pytorch
- scipy
- pip
- conda-forge:dlib
- pip:
  - dominate
  - torchvision
  - Pillow
  - numpy
  - visdom
  - wandb
  - opencv-python
  - imutils

```

2. **Anpassung der Lernrate:** In dem vorhandenen Projekt *CycleGAN and pix2pix in PyTorch* wird die Lernrate am Anfang aktualisiert. Es wird jedoch von *Pytorch* empfohlen, diese erst nach einem Durchlauf anzupassen. Dementsprechend müssen in den folgenden Dateien entsprechende Änderungen vorgenommen werden:

- (a) Die Funktion `def update_learning_rate(self)` in der Datei `models\base_model.py`:

```

def update_learning_rate(self):
    #     """Update learning rates for all the networks;
    #     called at the end of every epoch"""
    #     old_lr = self.optimizers[0].param_groups[0]['lr']
    #     for scheduler in self.schedulers:
    #         if self.opt.lr_policy == 'plateau':
    #             scheduler.step(self.metric)
    #         else:
    #             scheduler.step()
    #
    #     lr = self.optimizers[0].param_groups[0]['lr']
    #     print('learning rate %.7f -> %.7f' % (old_lr, lr))
    pass

```

- (b) Hinzufügen der folgenden Funktion am Ende der Datei `models\pix2pix_model.py`:

```

def update_learning_rate(self):
    lrd = self.opt.lr / self.opt.n_epochs_decay
    lr = self.old_lr - lrd

```

```

for param_group in self.optimizer_D.param_groups:
    param_group['lr'] = lr
for param_group in self.optimizer_G.param_groups:
    param_group['lr'] = lr
print('update learning rate: %f -> %f' % (self.old_lr, lr))
self.old_lr = lr

```

(c) Anpassen in der Funktion `def __init__(self, opt)` in der Datei `models\pix2pix_model.py`:

```

if self.isTrain:
    # define loss functions
    self.criterionGAN =
        networks.GANLoss(opt.gan_mode).to(self.device)
    self.criterionL1 = torch.nn.L1Loss()
    self.old_lr = opt.lr # insert this line
    # initialize optimizers;
    # schedulers will be automatically created
    # by function <BaseModel.setup>.
    self.optimizer_G =
        torch.optim.Adam(self.netG.parameters(),
            lr=opt.lr, betas=(opt.beta1, 0.999))
    self.optimizer_D =
        torch.optim.Adam(self.netD.parameters(),
            lr=opt.lr, betas=(opt.beta1, 0.999))
    self.optimizers.append(self.optimizer_G)
    self.optimizers.append(self.optimizer_D)

```

(d) Der Funktionsaufruf `model.update_learning_rate()` aus Zeile 43 in der Datei `train.py` muss ans Ende der Funktion gesetzt werden:

```

print('End of epoch %d / %d \t Time Taken: %d sec' %
    (epoch, opt.n_epochs + opt.n_epochs_decay,
    time.time() - epoch_start_time))
if epoch > opt.n_epochs:
    model.update_learning_rate()
    # update learning rates at the end of every epoch.

```

3. **Anpassung eines Zugriffs aus einer Abhängigkeit:** Zusätzlich muss durch die Aktualisierung der Abhängigkeiten der Aufruf `Image.BICUBIC` durch `transforms.InterpolationMode.BICUBIC` in den Dateien `data\base_dataset.py` und `util\util.py` ersetzt werden.

7.2 Einrichtung

1. **Installation der benötigten Komponenten:** Um mithilfe der KI eine *Image-to-Image Translation* zu erstellen, wird der Quellcode und verschiedene Programme benötigt. Der Quellcode wurde, wie im Kapitel 8.1 beschrieben, angepasst. Die angepasste Version kann im entsprechenden GitHub Repository [29] heruntergeladen werden. Anschließend wird das Programm Anaconda [35] benötigt. Nachdem das Repository heruntergeladen und Anaconda installiert wurde, kann die Umgebung mithilfe der Anaconda Konsole eingerichtet werden. Um alle Abhängigkeiten installieren und einrichten zu können, müssen folgende Befehle eingegeben werden:

```
conda env create -f environment.yml
```

```
conda create -n pix2pix python=3.6 anaconda
```

```
conda activate pix2pix
```

```
conda install tensorflow-gpu==1.14
```

```
conda deactivate
```

2. **Erstellen der Trainingsdaten aus einem Video:** Indem ein Video mit entsprechenden Testdaten in den Ordner *source_videos* hinzugefügt wird, können aus diesem Video Trainingsdaten extrahiert werden. Dabei werden sowohl die *Originalbilder*, als auch die entsprechenden *Gesichtspunkte (Face-Landmarks)* herausgearbeitet. Bei den Gesichtspunkten handelt es sich um bestimmte Punkte, an denen ein Gesicht und die entsprechende Mimik erkannt werden kann.

```
conda activate pytorch-pix2pix
```

Bei dem nachfolgenden Skript wird das Gesicht mithilfe von 68 Gesichtspunkten klassifiziert.

```
python generate_train_data.py \
  --file source_videos/<VIDEONAME>.mp4 \
  --num <IMAGES> \
  --landmark-model shape_predictor_68_face_landmarks.dat \
  --save-path <SAVEPATH>
```

Alternativ dazu befindet sich in dem Repository ein Skript, welches das Gesicht mithilfe von 81 Gesichtspunkten extrahiert.

```
python generate_train_data_81.py \
  --file source_videos/<VIDEONAME>.mp4 \
  --num <IMAGES> \
  --landmark-model shape_predictor_81_face_landmarks.dat \
  --save-path <SAVEPATH>
```

```
conda deactivate
```

Die Platzhalter innerhalb der Befehle sind wie folgt definiert:

- *<VIDEONAME>* gibt den Namen des Videos an, aus welchem die Trainingsdaten generiert werden sollen.
- *<IMAGES>* definiert, wie viele Bilder aus dem Video extrahiert werden sollen. Der Wert kann sich anhand der Länge und der aufgezeichneten Frames per Second (FPS)

ermitteln lassen. Sollten weniger Bilder mit einem Gesicht erkannt werden als angegeben, beendet das Skript die Anwendung vorzeitig. Alle extrahierten Bilder sind dennoch für das spätere Training nutzbar.

- `<SAVEPATH>` gibt den Ordernamen an, welcher im Ordner `datasets` angelegt werden soll. Alle extrahierten Daten werden innerhalb dieses Ordners gespeichert.

3. **Vorbereitung der Trainingsdaten:** Nachdem die einzelnen Bilder aus dem Video heraus erstellt wurden, können diese Daten für den Versuch vorbereitet werden. Dafür müssen die erstellten Trainingsdaten (Originalbilder und Landmarks) in die entsprechende Bildgröße skaliert und anschließend für das Training kombiniert werden.

```
conda activate pix2pix
```

- (a) Größenänderung der Originalbilder:

```
python tools/process.py \
  --input_dir datasets/<SUBFOLDER>/original \
  --operation resize \
  --output_dir datasets/<SUBFOLDER>/original_resized
```

- (b) Größenänderung der Landmarkbilder:

```
python tools/process.py \
  --input_dir datasets/<SUBFOLDER>/landmarks \
  --operation resize \
  --output_dir datasets/<SUBFOLDER>/landmarks_resized
```

- (c) Kombinieren der angepassten Original- und Landmarkbilder:

```
python tools/process.py \
  --input_dir datasets/<SUBFOLDER>/landmarks_resized \
  --b_dir datasets/<SUBFOLDER>/original_resized \
  --operation combine \
  --output_dir datasets/<SUBFOLDER>/combined
```

- (d) Unterteilung der kombinierten Daten in Trainings- und Validierungssets:

```
python tools/split.py \
  --dir datasets/<SUBFOLDER>/combined
```

```
conda deactivate
```

Die Platzhalter innerhalb der Befehle sind wie folgt definiert:

- `<SUBFOLDER>` gibt an, aus welchem Ordner die Bilder entnommen bzw. gespeichert werden. Dieser Wert ist mit dem Platzhalter `<SAVEPATH>` aus dem vorherigen Schritt gleichzusetzen.

4. **Trainieren mithilfe der vorbereiteten Daten:** Mithilfe der vorbereiteten Daten kann die KI trainieren und versucht, ein vorgegebenes Bild nachzustellen.

```
conda activate pytorch-pix2pix
```

```
python train.py \
  --dataroot ./datasets/<SUBFOLDER>/combined \
  --name <SAVENAME> \
  --model pix2pix \
  --direction AtoB
```

```
conda deactivate
```

Die Platzhalter innerhalb des Befehls werden wie folgt definiert:

- *<SUBFOLDER>* gibt wie im vorherigen Schritt an, aus welchem Ordner die Trainingsdaten entnommen werden sollen.
- *<SAVENAME>* gibt den Ordernamen an, welcher automatisch im Ordner *checkpoints* angelegt wird. In diesem Ordner wird der Trainingsdatensatz gespeichert, mit dem später die Manipulation durchgeführt wird.

Optional: Um die Trainingsergebnisse und Verlustdiagramme anzuzeigen, kann eine Übersicht mit der URL <http://localhost:8097> aufgerufen werden (siehe Abbildung 25). Dafür muss in einer weiteren Anaconda-Instanz das folgende Skript gestartet werden, bevor mit dem Training begonnen wird:

```
conda activate pytorch-pix2pix
```

```
python -m visdom.server
```

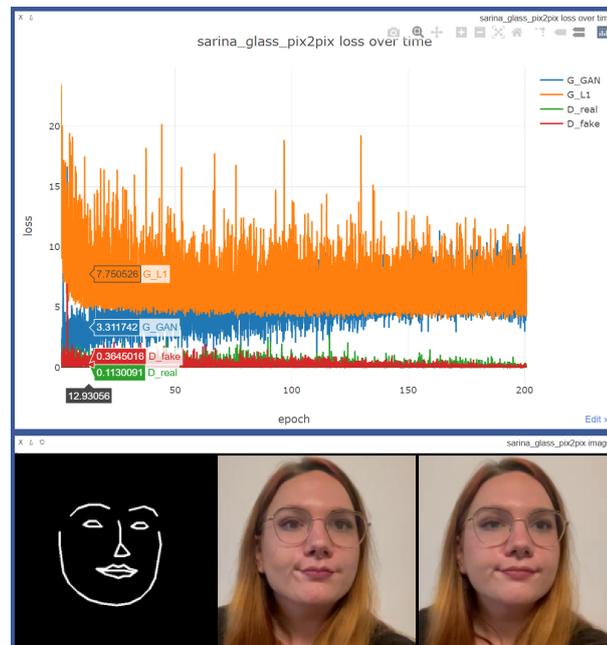


Abbildung 25 Pix2Pix - Darstellung der Trainingsergebnisse und Verlustdiagramme

5. **Trainingsdaten testen:** Um das Training zu validieren, besteht die Möglichkeit, mit den Trainingsdaten einen Test durchlaufen zu lassen. Dafür muss in dem Verzeichnis *datasets/<SUBFOLDER>* ein neuer Ordner mit dem Namen *test* angelegt werden. In diesen Ordner müssen die Testdaten eingefügt werden. Es wird dabei empfohlen, alle Daten aus den beiden Ordnern *train* und *val* zu kopieren.

```
conda activate pytorch-pix2pix
```

```
python test.py
  --dataroot ./datasets/<SUBFOLDER> \
  --name <TRAININGSDATA> \
  --model pix2pix \
  --direction AtoB \
  --num_test <IMAGES>
```

```
conda deactivate
```

Die Platzhalter innerhalb der Befehle sind wie folgt definiert:

- *<SUBFOLDER>* gibt an, aus welchem Ordner die Testdaten entnommen werden sollen. Dieser ist in der Regel identisch mit dem Pfad, welcher für das Training verwendet wurde.
- *<TRAININGSDATA>* beinhaltet den Ordner, in dem das Trainingsmodell angelegt wurde. Die Trainingsdaten sind im Ordner *checkpoints* abgespeichert. Außerdem gibt diese Variable zusätzlich an, wie der Ordner heißt, welcher unter *results* gespeichert wird.
- *<IMAGES>* definiert, wie viele Bilder für den Test durchlaufen werden. Es wird empfohlen, die maximale Anzahl der Bilder anzugeben, sodass alle möglichen Bilder getestet werden.



Abbildung 26 Pix2Pix - Test eines Trainingsdatensatzes

In der Abbildung 26 befinden sich zwei Ausschnitte aus dem Test eines Trainingsdatensatzes. Das rechte Bild (*real_B*) ist dabei das Originalbild des Gesichtes, welches für den Test verwendet wird. Auf der linken Seite (*real_A*) werden die entsprechenden Gesichtspunkte dargestellt. In der Mitte (*fake_B*) wird das von der KI erstellte Bild angezeigt.

6. **Fake erstellen:** Um mit einem vortrainierten Modell zu arbeiten, wird ebenfalls ein Test durchgeführt. Als Eingangsdaten werden aber Bilder von anderen Personen verwendet bzw. andere Mimiken verwendet. Die Software erstellt dann anhand der neuen Gesichtspunkte ein entsprechendes Gesicht mithilfe der Trainingsdaten. Die Ergebnisse werden in dem Ordner *results* gespeichert.

```
conda activate pytorch-pix2pix
```

```
python test.py
  --dataroot ./fakedatasets/<SUBFOLDER> \
  --name <TRAININGSDATA> \
  --model pix2pix \
  --direction AtoB \
  --num_test <IMAGES>
```

```
conda deactivate
```

Die Platzhalter innerhalb der Befehle sind wie folgt definiert:

- `<SUBFOLDER>` gibt an, aus welchem Ordner die Testdaten entnommen werden sollen. Dieser muss manuell im Ordner *fakedataset* angelegt werden und benötigt einen Ordner *test*, in dem die Bilder abzulegen sind. Dieser Vorgang ist identisch zu dem Test der Trainingsdaten im Schritt 5.
- `<TRAININGSDATA>` beinhaltet den Ordner, in dem das Trainingsmodell angelegt wurde. Die Trainingsdaten sind im Ordner *checkpoints* abgespeichert. Außerdem gibt diese Variable zusätzlich an, wie der Ordner heißt, welcher unter *results* gespeichert wird.

ACHTUNG: Da der Ordnername sich anhand des Trainingsdatensatzes orientiert, muss der Ordnername nach dem Erstellen manuell umbenannt werden. Sollte dies nicht gemacht werden, werden die Daten beim nächsten Ausführen überschrieben.

- `<IMAGES>` definiert, wie viele Bilder für den Test durchlaufen werden. Es wird empfohlen, die maximale Anzahl der Bilder anzugeben, sodass alle möglichen Bilder getestet werden.



Abbildung 27 Pix2Pix - Deepfake eines Gesichtes mit den Gesichtspunkten einer anderen Person

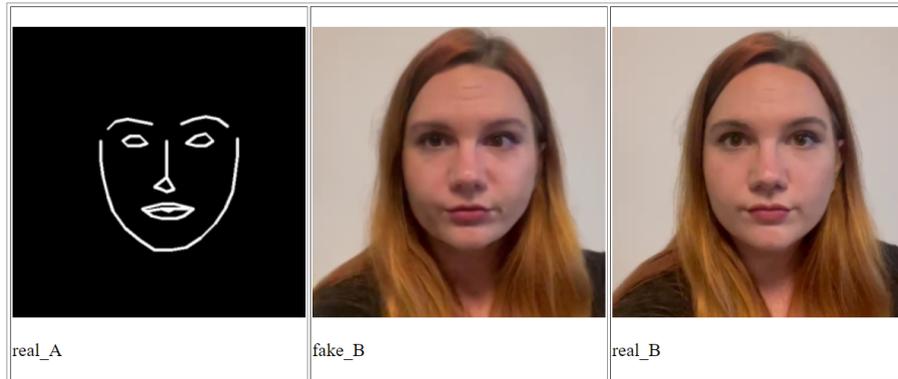
In der Abbildung 27 wird ein Deepfake gezeigt. Das rechte Bild (*real_B*) ist dabei eine reale Person, deren Gesicht für den Fake verwendet wird. Auf der linken Seite (*real_A*) werden die entsprechenden Gesichtspunkte dargestellt. In der Mitte (*fake_B*) wird das von der KI erstellte Bild angezeigt. Für den Fake wurde der Trainingsdatensatz der männlichen Person verwendet.

7.3 Ergebnis

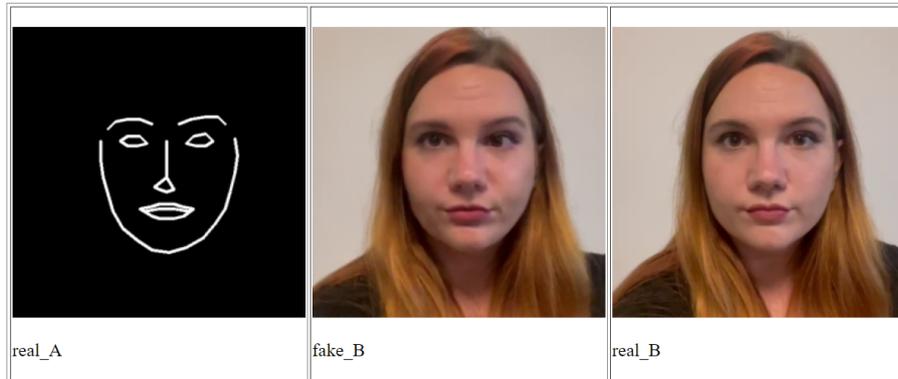
Damit überprüft werden kann, ob das Vorgehen für den Versuch hilfreich ist, wurden verschiedene Tests von Personen mit vorhandener Mimik ausgeführt. Dafür wurden die Videodaten entsprechend vorbereitet, trainiert und anschließend auf verschiedene Gesichter angewandt. Für das Training wurden Videos mit einer ungefähren Länge von 5 Minuten verwendet. Daraus ließen sich ca. 9000 Bilder extrahieren, welche für das neuronale Netz verwendet wurde. Als Parameter wurden 200 Epochen und 68 Gesichtspunkte ausgewählt. Nach dem Abschluss des Trainings wurden anschließend im ersten Schritt die Trainingsdaten validiert.

In der Abbildung 28 wird die Validierung einer Testperson dargestellt. Hierbei stellt das mittlere Bild (*fake_B*) das künstlich generierte Bild dar und rechts (*real_B*) wird angezeigt, wie das Bild im Reellen aussehen sollte.

1



10



100

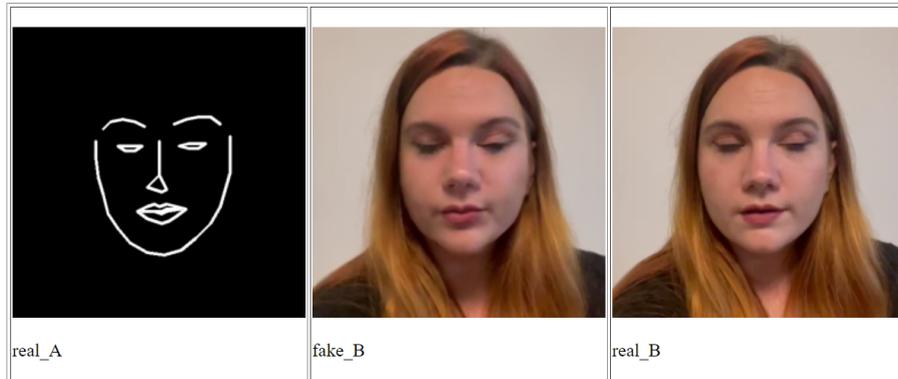
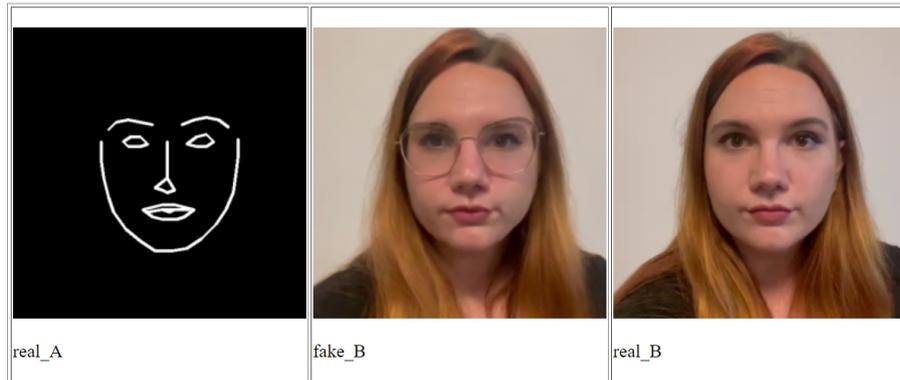


Abbildung 28 Pix2Pix - Test nach abgeschlossenem Training (68 Gesichtspunkte)

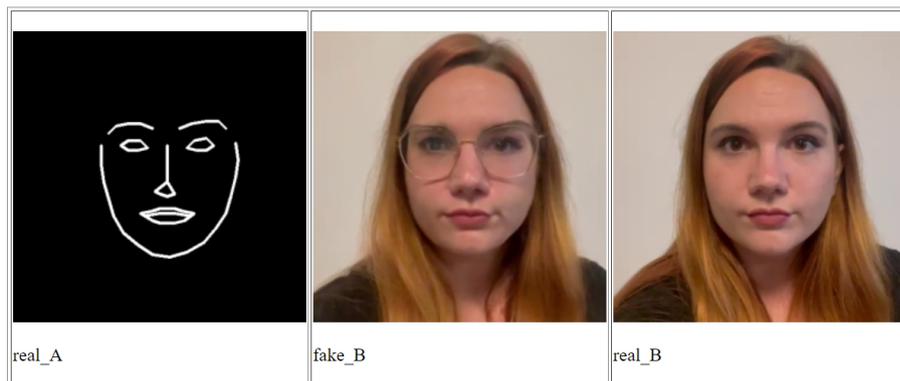
Nachdem das Training valide Ergebnisse lieferte, wurde im Anschluss ein anderes Gesicht mit entsprechenden Gesichtspunkten als Eingangsbild ausgewählt. Das neuronale Netz soll somit anhand der neuen Gesichtspunkte das vortrainierte Gesicht zeichnen und dementsprechend eine angepasste Mimik erhalten.

In der Abbildung 29 wurde ein identisches Gesicht verwendet. Damit Unterschiede erkennbar werden, wurde das Gesicht mit einer Brille trainiert. Anschließend wurde die Mimik von Daten ohne Brille verwendet, um die Mimik auf das Gesicht mit Brille zu übertragen.

1



10



100

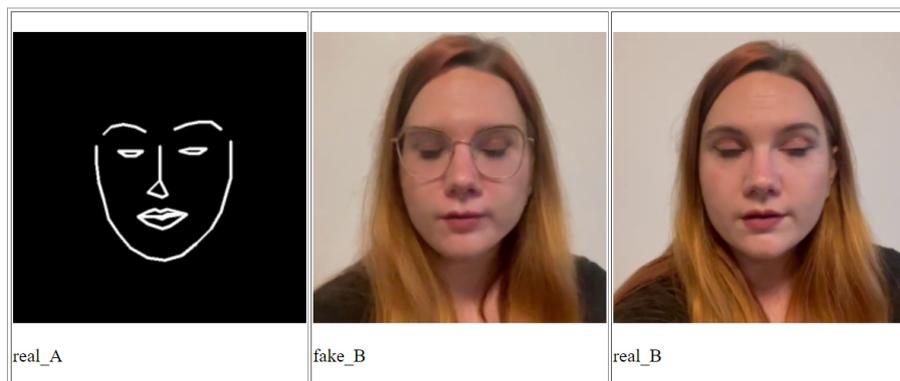
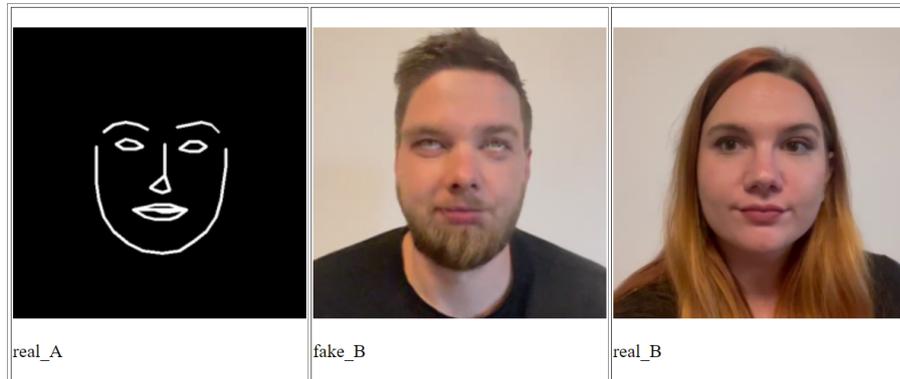


Abbildung 29 Pix2Pix - Deepfake von einem identischen Gesicht mit unterschiedlichen Accessoires (68 Gesichtspunkte)

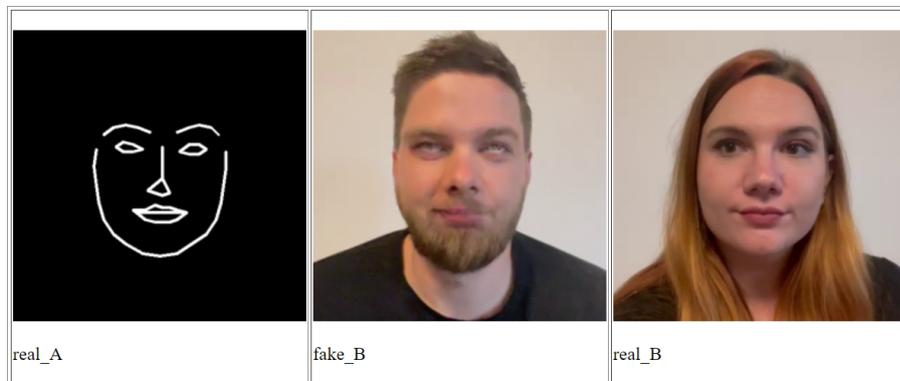
In den Abbildungen 30 und 31 wurden anschließend ebenfalls Fakes erstellt. Hierbei wurden jedoch unterschiedliche Gesichter als Trainingsmodelle und Eingabeparameter verwendet. In beiden Versuchen wird ersichtlich, dass das neuronale Netz bei bestimmten Details kein optimales Ergebnis liefert.

In der Abbildung 30 sind besonders die Augenpartien bei dem generierten Bild auffällig. Ansonsten liefert die Anwendung bereits erste Ergebnisse, welche im weiteren Verlauf optimiert und durch ein ausgiebigeres Training angepasst werden können.

1003



1004



1005

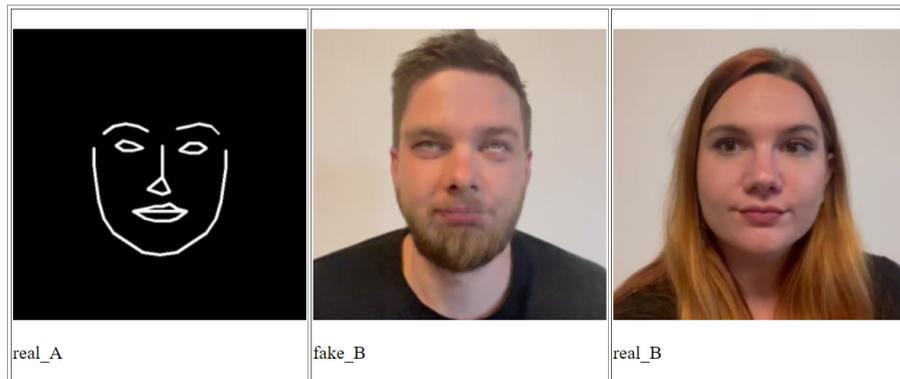
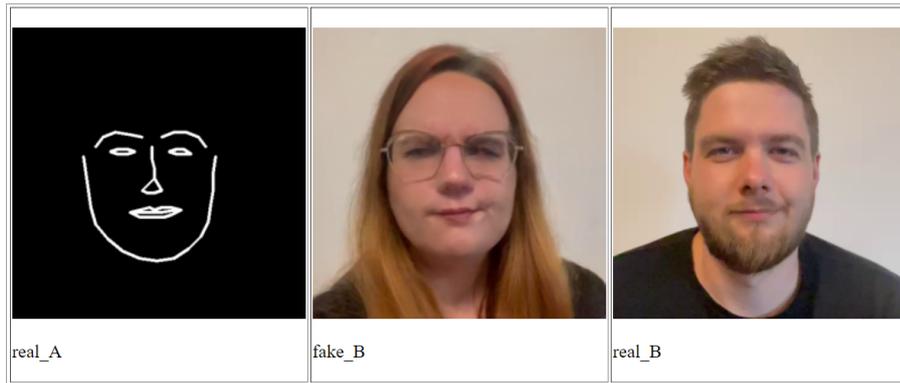


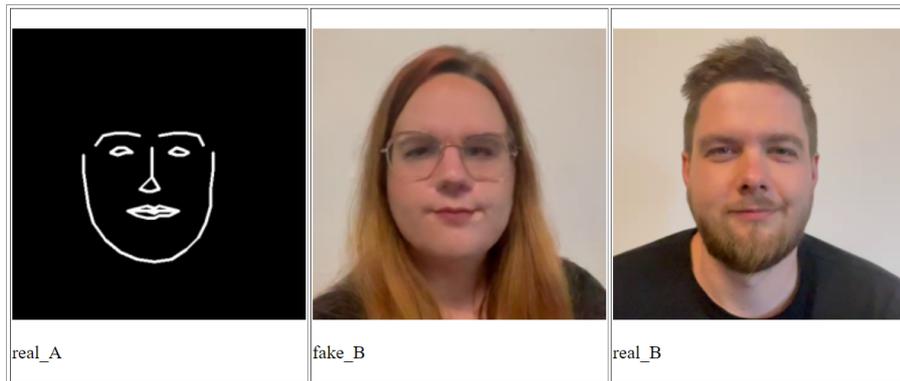
Abbildung 30 Pix2Pix - Deepfake mit männlichen Trainingsdaten und weiblicher Mimik für die Eingabe (68 Gesichtspunkte)

In der Abbildung 31 hingegen wird die Manipulation direkt ersichtlich. Da die KI anhand der Gesichtspunkte ein Bild erstellt, wird hierbei die Kopfform verzerrt. Bei der Mundpartie wirkt der Fake relativ realistisch, jedoch wird dies im Augenbereich und der dazugehörigen Gesichtsforn zu sehr verzerrt, um von einer realen Darstellung zu sprechen. Indem die Gesichtspunkte erweitert werden und die Stirn ebenfalls im Training und der Manipulation Berücksichtigung findet, kann das Problem behoben werden. Dafür wurde in nachfolgenden Versuchen die Anzahl der Gesichtspunkte von 68 auf 81 erhöht.

1



10



100

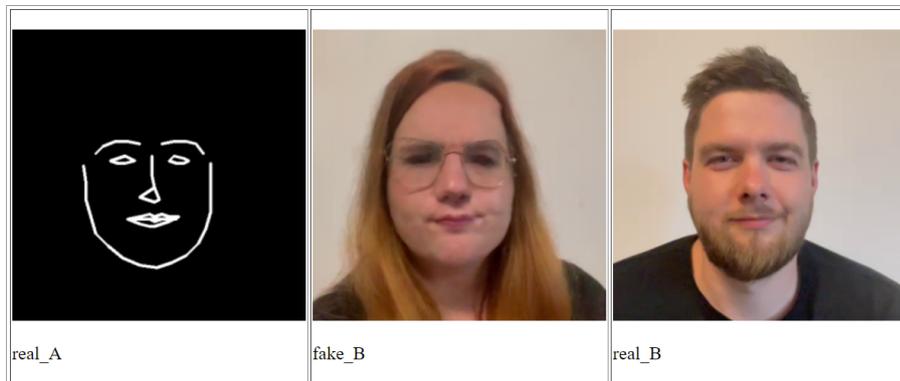
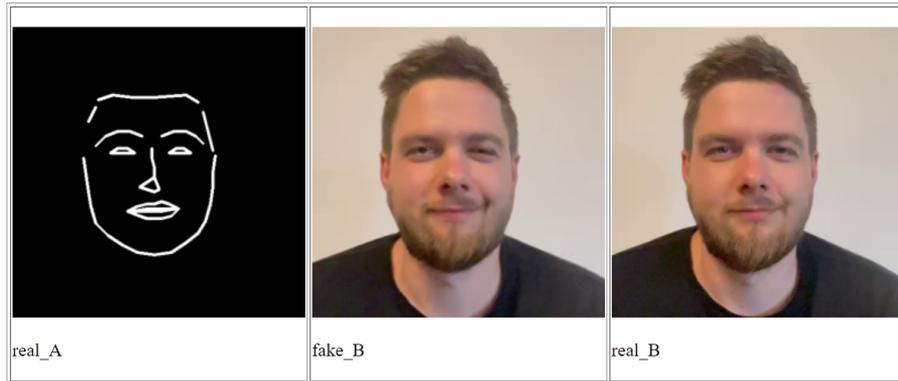


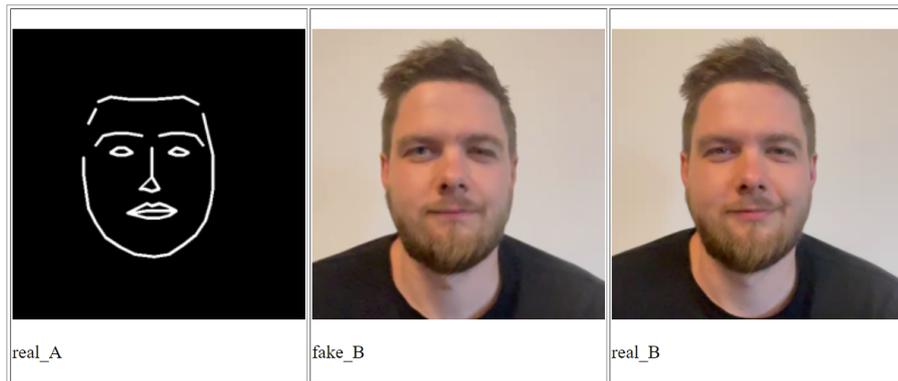
Abbildung 31 Pix2Pix - Deepfake mit weiblichen Trainingsdaten und männlicher Mimik für die Eingabe (68 Gesichtspunkte)

Als erstes wurden mit denselben Parametern wie zuvor bei den 68 Gesichtspunkten die Trainingsdaten erstellt und vorbereitet. Anschließend wurde das Training und der darauf folgende Test erneut ausgeführt. In der Abbildung 32 werden die getesteten Ergebnisse dargestellt. Hierbei stellt das mittlere Bild (*fake_B*) wieder das künstlich generierte Bild dar.

1



10



100

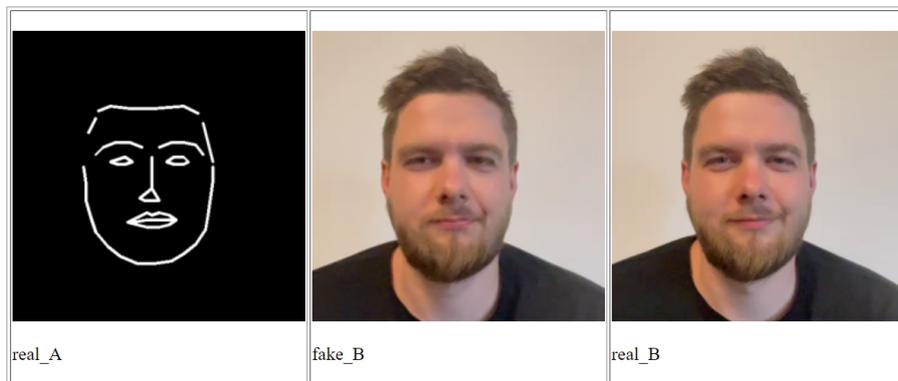
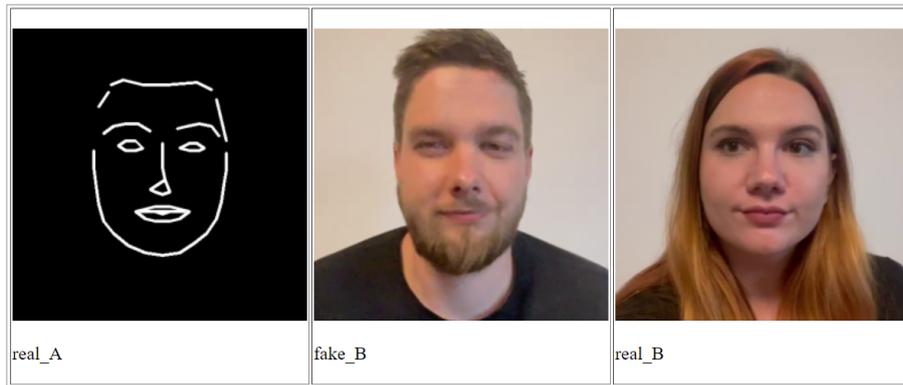


Abbildung 32 Pix2Pix - Test nach abgeschlossenem Training (81 Gesichtspunkte)

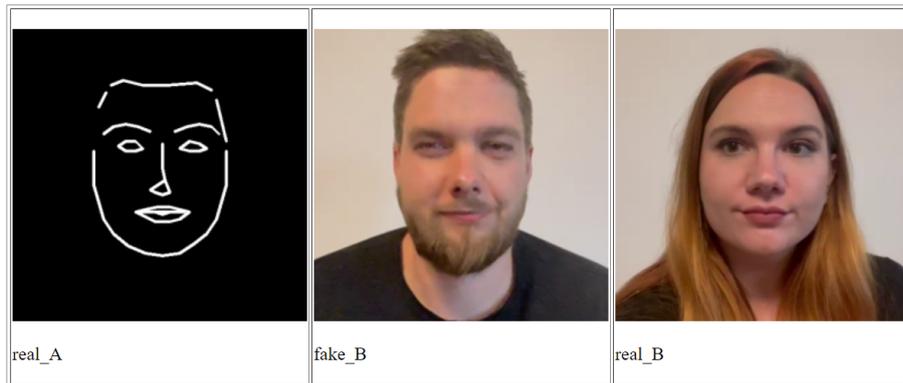
Nachdem das Training erneut validiert wurde, wurden anschließend weitere Fakes erstellt. In der Abbildung 33 wurde der Versuch aus der Abbildung 30 mit den angepassten Gesichtspunkten wiederholt. Die Ungenauigkeit, welche zuvor bei der Augenpartie aufgetreten ist, konnte dadurch behoben werden und die Manipulation sieht somit realistischer aus.

Zusätzlich wurde derselbe Versuch aus der Abbildung 31 wiederholt. Die Ergebnisse werden in der Abbildung 34 gezeigt und es wird ersichtlich, dass die Verzerrung der Kopfform trotz angepasster Gesichtspunkte weiterhin auftritt.

1003



1004



1005

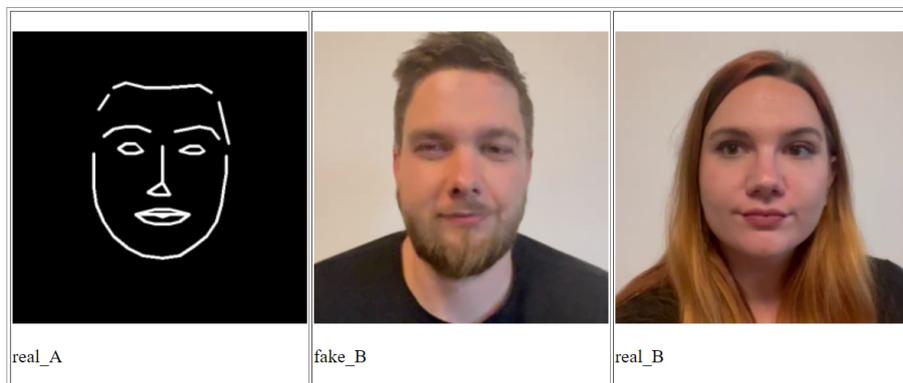
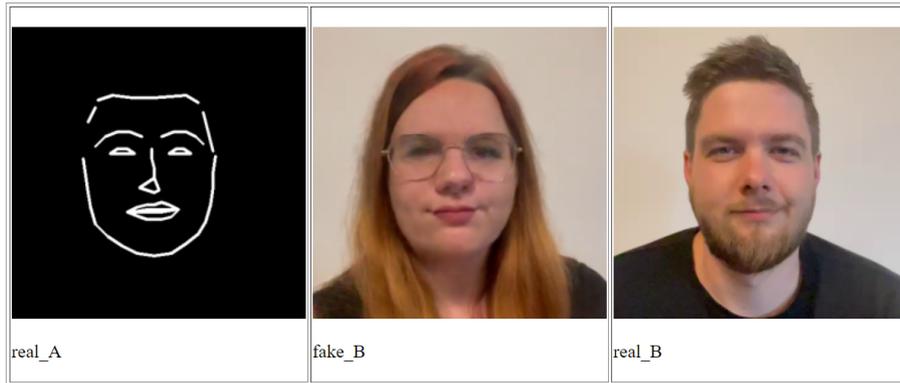
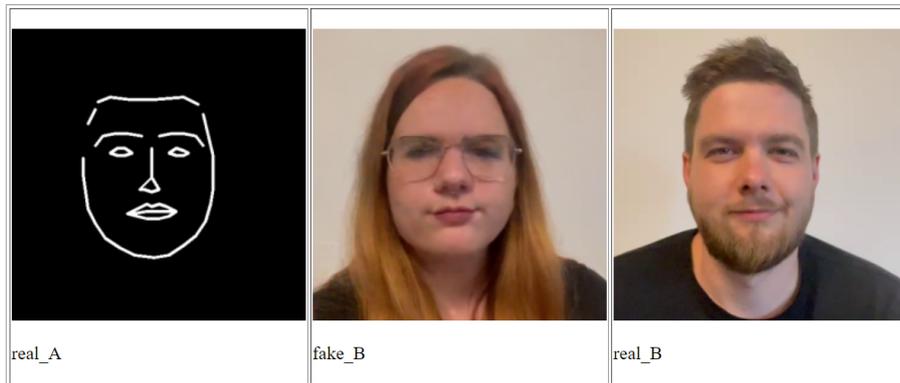


Abbildung 33 Pix2Pix - Deepfake mit männlichen Trainingsdaten und weiblicher Mimik für die Eingabe (81 Gesichtspunkte)

1



10



100

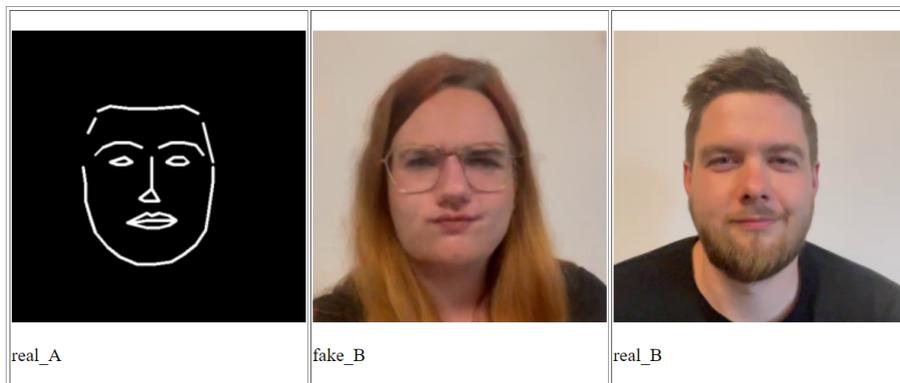


Abbildung 34 Pix2Pix - Deepfake mit weiblichen Trainingsdaten und männlicher Mimik für die Eingabe (81 Gesichtspunkte)

8. Face2Face

Face2Face ist ein Ansatz zur Echtzeit-Gesichtsdarstellung einer Zielvideosequenz. Das Ziel ist es, die Gesichtsausdrücke des Zielvideos durch einen Quellendarsteller zu animieren und das manipulierte Zielvideo fotorealistisch wiederzugeben. [12, S. 1]

Dabei greift *Face2Face* ebenfalls auf eine Bild-zu-Bild-Übersetzung zurück. Somit arbeitet *Face2Face* identisch zu *Pix2Pix*, wie in Kapitel 7. *Pix2Pix* beschrieben. Der einzige Unterschied ist, dass *Face2Face* die Manipulation in Echtzeit vornimmt, wodurch es für Videotelefonie verwendet werden kann.

8.1 Änderungen

Es wurden zwei Tools für den Versuch verwendet. Für die Extraktion der einzelnen Frames und für die Anwendung der Echtzeitmanipulation wurde das Projekt *Face2Face Demo* [36] genutzt. Bei der Vorbereitung der entsprechenden Daten und auch das eigentliche Training greift die Anwendung auf das Projekt *Pix2Pix-Tensorflow* [11] zu.

Damit die Projekte ausgeführt werden können, mussten einige Änderungen am Quellcode vorgenommen werden. Alle Änderungen wurden in einem separaten *Github Repository* [29] zur Verfügung gestellt. Bei den entsprechenden Änderungen handelt es sich um:

1. **Anpassung der *environment.yml*:** Damit die Anaconda Umgebung automatisch eingerichtet wird, existiert die Datei *environment.yml*. Sie enthält alle benötigten Abhängigkeiten und Versionsnummern, um die entsprechenden Programme ausführen zu können. Im ersten Schritt wurde diese auf aktuelle Versionen geupdatet und erweitert. Nachfolgend wird der Inhalt der aktuellen Datei abgebildet.

```

name: face2face-demo
channels:
- conda-forge
- defaults
dependencies:
- python=3.6
- tensorflow
- tensorflow-gpu
- scipy
- pip
- conda-forge:dlib
- pip:
  - dominate
  - torchvision
  - Pillow
  - numpy
  - visdom
  - wandb
  - opencv-python
  - imutils

```

2. **Zugriffsanpassungen für das *Freez Model*:** Damit das Trainingsmodell in einer einzelnen Datei zusammengefasst werden kann, wird das Skript `freez_model.py` ausgeführt. Hierbei entsteht jedoch ein Rechtekonflikt bei dem angegebenen Pfad, wodurch ein Error entsteht. Um diesen Fehler zu umgehen, wurde die Datei `freez_model.py` wie folgt angepasst.

```
# absolute_model_folder = ''.join(input_checkpoint.split('/')[:-1])
# output_graph = absolute_model_folder + '/frozen_model.pb'
output_graph = model_folder+'frozen_model.pb'
```

8.2 Einrichtung

1. **Installation der benötigten Komponenten:** Um die Software *Face2Face* ausführen zu können, wird der Quellcode und Anaconda benötigt. Der originale Quellcode mit entsprechender Dokumentation kann im entsprechenden GitHub Repository [36] heruntergeladen werden. Dieser benötigt zusätzlich die Anwendung *Pix2Pix-Tensorflow* [11], um mit den generierten Daten zu trainieren. Damit beide Projekte gesammelt geladen werden können und zusätzlich die angepassten Dateien nicht erneut bearbeitet werden müssen, kann der überarbeitete Quellcode aus einem separaten GitHub Repository [29] heruntergeladen werden. Anschließend wird das Programm Anaconda [35] benötigt. Nachdem das Repository heruntergeladen und Anaconda installiert wurde, kann die Umgebung mithilfe der Anaconda Konsole eingerichtet werden. Dafür müssen die folgenden Befehle eingegeben werden, damit alle Abhängigkeiten installiert und eingerichtet sind:

```
conda env create -f environment.yml
```

Anschließend kann die Umgebung mit den folgenden Befehlen aktiviert bzw. deaktiviert werden:

```
conda activate face2face-demo
```

```
conda deactivate
```

2. **Erstellen der Trainingsdaten aus einem Video:** Indem ein Video mit entsprechenden Testdaten in den Projektordner hinzugefügt wird, können aus diesem Video Trainingsdaten extrahiert werden. Es werden sowohl die *Originalbilder* als auch die entsprechenden *Gesichtspunkte (Face-Landmarks)* herausgearbeitet. Bei den Gesichtspunkten handelt es sich um bestimmte Punkte, an denen ein Gesicht und die entsprechende Mimik erkannt werden.

```
python generate_train_data.py \
  --file <VIDEONAME>.mp4 \
  --num <IMAGES> \
  --landmark-model shape_predictor_68_face_landmarks.dat
```

Die Platzhalter innerhalb der Befehle sind wie folgt definiert:

- `<VIDEONAME>` gibt den Pfad bzw. den Namen des Videos an, aus welchem die Trainingsdaten generiert werden sollen.
- `<IMAGES>` definiert, wie viele Bilder aus dem Video extrahiert werden sollen. Der Wert kann anhand der Länge und der aufgezeichneten FPS ermittelt werden. Sollten

weniger Bilder mit einem Gesicht erkannt werden als angegeben, beendet das Skript die Anwendung vorzeitig. Alle extrahierten Bilder sind dennoch für das spätere Training nutzbar.

3. **Vorbereiten der Trainingsdaten:** Nachdem die einzelnen Bilder aus dem Video heraus erstellt wurden, können diese Daten für den Versuch vorbereitet werden. Dafür müssen die erstellten Trainingsdaten (Originalbilder und Landmarks) in die entsprechenden Bildgrößen skaliert und anschließend für das Training kombiniert werden.

- (a) Größenänderung der Originalbilder:

```
python tools/process.py \
  --input_dir original \
  --operation resize \
  --output_dir original_resized
```

- (b) Größenänderung der Landmarkbilder:

```
python tools/process.py \
  --input_dir landmarks \
  --operation resize \
  --output_dir landmarks_resized
```

- (c) Kombinieren der angepassten Original- und Landmarkbilder:

```
python tools/process.py \
  --input_dir landmarks_resized \
  --b_dir original_resized \
  --operation combine \
  --output_dir combined
```

- (d) Unterteilung der kombinierten Daten in Trainings- und Validierungssets:

```
python tools/split.py \
  --dir combined
```

4. **Trainieren mithilfe der vorbereiteten Daten:** Mithilfe der vorbereiteten Daten kann die KI trainieren.

```
python pix2pix.py \
  --mode train \
  --output_dir <SAVENAME> \
  --max_epochs <EPOCHEN> \
  --input_dir train \
  --which_direction AtoB
```

Die Platzhalter innerhalb des Befehls werden wie folgt definiert:

- *<SAVENAME>* gibt den Ordernamen an, in welchem das Trainingsmodell gespeichert wird, mit dem später die Manipulation durchgeführt wird. Der Ordner wird automatisch angelegt.
- *<EPOCHEN>* gibt an, wie viele Epochen die KI trainieren soll. Pro Epoche werden alle Testdaten einmal durchlaufen.

5. **Trainingsdaten testen:** Um das Training zu validieren, besteht die Möglichkeit, mit den Trainingsdaten einen Test durchlaufen zu lassen.

```
python pix2pix.py \
  --mode test \
  --output_dir <SAVENAME> \
  --input_dir combined/val \
  --checkpoint <TRAININGSDATEN>
```

Die Platzhalter innerhalb des Befehls werden wie folgt definiert:

- *<SAVENAME>* gibt den Ordernamen an, in welchem die Testergebnisse gespeichert werden. Der Ordner wird automatisch angelegt.
- *<TRAININGSDATEN>* gibt den Pfad an, in welchem das Trainingsmodell abgespeichert wurde.

Zusätzlich zum Test kann das Trainingsmodell mit weiteren Daten von anderen Gesichtern getestet werden, um zu überprüfen, ob das Modell mit manipulierten Gesichtspunkten verwertbare Ergebnisse liefert. Hierzu muss als *-input_dir* lediglich ein anderes Verzeichnis mit entsprechenden Testbildern ausgewählt werden.

6. **Exportieren des Trainingsmodells:** Zunächst muss das trainierte Modell reduziert werden:

```
python reduce_model.py \
  --model-input <TRAININGSDATEN> \
  --model-output <SAVENAME>
```

Anschließend wird das reduzierte Modell in einer einzigen Datei eingefroren:

```
python freeze_model.py \
  --model-folder <SAVENAME>
```

Die Platzhalter innerhalb der Befehle sind wie folgt definiert:

- *<TRAININGSDATEN>* gibt den Pfad an, in welchem das Trainingsmodell abgespeichert wurde.
- *<SAVENAME>* gibt den Ordernamen an, in welchem die Testergebnisse gespeichert werden. Der Ordner wird automatisch angelegt. Der Name, welcher im ersten Befehl verwendet wurde, muss ebenfalls im zweiten Befehl verwendet werden.

7. **Ausführen der Live Demo:** Nachdem das Training vollendet und die Daten entsprechend weiterverarbeitet wurden, kann der Fake generiert werden. Dafür wird eine lauffähige Kamera benötigt. Der nachfolgende Befehl öffnet anschließend ein Fenster und zeigt sowohl die Eingangsdaten als auch das manipulierte Ergebnis.

```
python run_webcam.py \
  --source 0 \
  --show 0 \
  --landmark-model shape_predictor_68_face_landmarks.dat \
  --tf-model <MODELL>
```

Der Platzhalter innerhalb des Befehls ist wie folgt definiert:

- *<MODELL>* gibt den Pfad zum eingefrorenen Modell an, sodass dieses für die Manipulation genutzt werden kann.

8.3 Ergebnis

Da die Anwendung nicht mit der NVIDIA RTX 3xxx-Reihe kompatibel ist, konnten keine verwertbaren Ergebnisse erzielt werden. Über den Prozessor hätte das neuronale Netzwerk trainiert werden können, jedoch ist die benötigte Zeit dafür zu lange und die Echtzeitmanipulation funktioniert nicht vollständig. Dadurch ist diese Anwendung für den Versuch nicht geeignet. Zusätzlich verwendet *Face2Face* ein ähnliches Vorgehen wie *Pix2Pix*, wodurch eine Alternative vorhanden ist. Die Anwendung wird folglich im weiteren Verlauf nicht weiter betrachtet oder verwendet.

Teil III

Der Versuch

9. Versuchsaufbau

Damit der Versuch nachfolgend durchgeführt werden kann, muss der Versuchsaufbau festgelegt werden. Dabei ist zum einen die Methodik relevant, um die Hypothese zu untersuchen, als auch die entsprechende Versuchsumgebung, in welcher die Anwendung ausgeführt wurde, um diese zu einem späteren Zeitpunkt zu reproduzieren.

9.1 Methodik

Um die Forschungsfrage der vorliegenden Abschlussarbeit zu beantworten, erfolgt ein Quasi-Experiment. Dabei besteht die Versuchsgruppe aus Personen, die an einer Fazialisparese leiden. Die Kontrollgruppe hingegen besteht aus Personen, welche keine Gesichtslähmung haben. In Kapitel 10.1 Beschaffung der Rohdaten wird der Prozess der Proband:innensuche beschrieben und die genaue Aufteilung und Zahl der zur Verfügung stehenden Personengruppen aufgelistet. Mithilfe der gesammelten Rohdaten sollen anschließend DeepFakes generiert und miteinander verglichen werden.

Anschließend werden die Daten im Rahmen einer Umfrage gegenübergestellt. Diese Umfrage fand Online im Zeitraum vom 06. Oktober 2022 bis zum 26. Oktober 2022 statt. Insgesamt haben 43 Teilnehmer im Alter von 19 bis 53 Jahren abgestimmt. Sie haben dabei die Bilder bewertet, die DeepFakes von Originalbildern unterschieden und begründet, woran eine Manipulation ersichtlich war. Dadurch sollten sowohl quantitative Ergebnisse, in Form von statistischen Ergebnissen, als auch qualitative Ergebnisse, in Form von Verbesserungsmöglichkeiten erzielt werden. Somit werden hier quantitative und qualitative Forschungsmethoden kombiniert.

Bei der gesamten Durchführung wurde darüber hinaus darauf geachtet, dass das Experiment reproduzierbar ist, die Ergebnisse unabhängig vom Versuchsleiter bzw. der Versuchsleiterin ermittelt werden können und die Ergebnisse der Umfrage valide sind.

9.2 Versuchsumgebung

In Kapitel 7. Pix2Pix und 8. Face2Face wurden Kompatibilitätsprobleme erwähnt. Damit die Umsetzung reproduziert werden kann, wird die verwendete Software und Hardware für den Versuch aufgelistet. Prinzipiell sollte auch eine abgeänderte Konfiguration die entsprechende Umsetzung ermöglichen, jedoch kann dies nicht garantiert werden, da keine weiteren Versuche mit einer angepassten Hardware vorgenommen wurden.

Software

Betriebssystem

Windows 10 - Version 21H2

Tabelle 1 Softwarekonfiguration für den Versuchsaufbau

Die Hardwarekonfiguration kann entsprechend ausgebaut werden, um die Laufzeit der einzelnen Trainingszyklen verbessern zu können. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass empfohlen wird, weiterhin eine NVIDIA-Grafikkarte zu verwenden, da diese über CUDA-Kerne verfügt. CUDA ist eine Technologie, mit der sich die Rechenleistung von Grafikprozessoren für Anwendungen nutzen lässt. Dies ist bei der Berechnung von künstlichen Intelligenzen hilfreich, da der entsprechende Grafikprozessor eine schnellere Berechnung als der reguläre Prozessor anstellen kann. Sollte stattdessen eine AMD-Grafikkarte verwendet werden, können einige genannte Technologien möglicherweise nicht gestartet werden oder benötigen wesentlich mehr Berechnungszeit, da die Berechnung statt auf dem Grafikprozessor auf dem regulären Prozessor durchgeführt wird.

Zusätzlich sollte beachtet werden, wenn eine andere Grafikkarte gewählt wird, dass hier die erwähnten Konfigurationsprobleme aufgetreten sind. Diese traten zwischen der RTX 2xxx Reihe und der RTX 3xxx Reihe auf. Daher wird hier empfohlen, ebenfalls eine entsprechende Grafikkarte der 3xxx Reihe zu wählen.

Hardware

Prozessor	AMD Ryzen 3 3100 4-Core Prozessor 3.60GHz
Grafikkarte	Gigabyte GeForce RTX 3060 GAMING OC 12G
Arbeitsspeicher	HyperX 16GB DDR4 - 2400MHz
Mainboard	ROG STRIX B550-A GAMING
Festplatte	Samsung 980 PRO SSD - 500GB

Tabelle 2 Hardwarekonfiguration für den Versuchsaufbau

10. Durchführung

Die Vorbereitung des Versuchs, durch die Untersuchung der verschiedenen Anwendungen und der Einrichtung der Versuchsumgebung, ermöglicht die darauffolgende Durchführung. Dadurch soll die bereits genannte Forschungsfrage beantwortet werden, ob Deepfakes eine realistische Manipulation von Gesichtsmimiken bei Personen mit einer Fazialisparese ermöglichen oder die KI an eine potenzielle Grenze stößt.

10.1 Beschaffung der Rohdaten

Im ersten Schritt müssen für die Durchführung Rohdaten von verschiedenen Proband:innen gesammelt werden. Es werden bevorzugt Personen mit einer Fazialisparese gesucht. Darüber hinaus werden zusätzlich Proband:innen benötigt, welche nicht an einer Gesichtslähmung leiden, sodass die Ergebnisse gegenübergestellt werden können.

Da Proband:innen mit einer Fazialisparese seltener auftreten als Personen ohne, wurde eine Ausschreibung (siehe Anhang) entworfen. Diese wurde unter anderem vom *Moebius-Syndrom Deutschland e.V.* [49] veröffentlicht, wodurch sich einzelne Teilnehmer:innen finden ließen.

Beim Erheben der Daten wurde darauf geachtet, dass alle Interessent:innen volljährig und selbstständig entscheidungsfähig sind und dass sie freiwillig an der Studie teilnehmen. Um zusätzlich die Interessen aller Proband:innen zu schützen, wurden eine Studieninformation (siehe Anhang) und eine Einwilligungserklärung (siehe Anhang) an die Interessent:innen gesendet. Diese enthalten alle Rahmenbedingungen, Rechte und Pflichten der Studie. Außerdem haben alle Beteiligten die Auswahl, ob das entsprechende Bildmaterial im Rahmen einer Umfrage genutzt bzw. nicht genutzt und ob das Material veröffentlicht bzw. nicht veröffentlicht werden darf. Unabhängig von der Auswahl werden alle Daten vertraulich behandelt. Das bedeutet, dass keine personenbezogenen Daten an Dritte weitergetragen werden und das Bild- und Videomaterial anonymisiert gespeichert bzw., sofern das Einverständnis vorliegt, veröffentlicht wird. Zusätzlich haben alle beteiligten Personen das Recht, jederzeit Zwischenergebnisse von ihren eigenen, bereitgestellten Materialien einzufordern und, sofern sie nicht weiter Teil der Studie sein wollen, von dieser zurückzutreten.

Bei dem Versuch wurde berücksichtigt, dass sowohl männliche als auch weibliche Proband:innen gesucht werden. Es konnten insgesamt 15 Studienteilnehmer:innen akquiriert werden. Davon leiden 2 weibliche und 2 männliche Personen an einer Fazialisparese und 5 weibliche und 6 männliche Teilnehmer:innen dienen der Gegenüberstellung, um die Ergebnisse zu validieren.

Alle teilnehmenden Personen stellen für diesen Versuch schlussendlich ein ca. 5 Minuten langes Video zur Verfügung. Die Proband:innen ohne eine Fazialisparese sollen in diesen Aufzeichnungen sowohl sprechen als auch verschiedene mimische Ausdrücke annehmen. Die restlichen Teilnehmer:innen hingegen sollen, da sie keine Mimik haben, in dem Video zusätzlich trinken, essen und weitere Bewegungen im Gesicht tätigen. Dadurch sollen genügend Gesichtsbewegungen aufgezeichnet werden, um die KI zu trainieren, obwohl keine direkte Mimik vorhanden ist. Durch dieses Vorgehen entstehen jedoch Bilder, in denen das Gesicht von der Anwendung nicht erkannt wird oder das Gesicht von einem Objekt, wie zum Beispiel einer Hand, bedeckt ist. Diese Aufnahmen sind für das Training nicht nutzbar, wodurch diese im Vorfeld entfernt werden müssen. Ansonsten kann es vorkommen, dass die KI während des Trainingsprozesses einen Fehler macht

und somit anstatt besserer, schlechtere Ergebnisse liefert.

Im Idealfall können bei einem ca. 5 Minuten langen Video, welches mit 60FPS aufgezeichnet wurde, ca 18.000 Bilder extrahiert werden, um die KI anzulernen. Durch verschiedene Faktoren, wie zum Beispiel den bereits genannten Bildern, welche nicht verwendet werden können, Videos, die nicht mit 60 FPS aufgezeichnet wurden oder das nicht alle Videos eine exakte Länge von 5 Minuten haben, entstehen Abweichungen bei der tatsächlichen Anzahl von Bildern pro Teilnehmer:in. Es entstehen trotz Abweichungen genügend Rohdaten bei einem ca. 5 Minuten langen Video, damit entsprechende Ergebnisse für den Versuch generiert werden können.

10.2 Durchführung des DeepFake

Nachdem die Rohdaten der verschiedenen Proband:innen gesammelt wurden, kann der DeepFake durchgeführt werden. In Teil 2 - Potenzielle Anwendungen wurden verschiedene potenzielle Anwendungen für die Durchführung vorgestellt. Die verwertbarsten Ergebnisse lieferte hierbei die Anwendung 6. DeepFaceLive. Dementsprechend wurde sich entschieden, den Versuch mithilfe von dieser Anwendung zu realisieren. Da für den Versuch jedoch Einzelbilder simuliert werden, müssen zunächst die einzelnen Frames aus den Rohdaten extrahiert werden. Dafür werden verschiedene Programmteile von den in Teil 2 - Potenzielle Anwendungen vorgestellten Softwareansätzen verwendet. Für die Übersichtlichkeit werden alle benötigten Skripte im entsprechenden *Github Repository* [29] zusätzlich als *final_solution* zur Verfügung gestellt.

10.2.1 Einrichten der Versuchsumgebung

Damit die Anwendungen ausgeführt werden können, müssen diese zunächst installiert und eingerichtet werden. Dafür werden verschiedene Schritte durchlaufen, welche nachfolgend dokumentiert sind.

1. **Herunterladen und installieren von DeepFaceLive:** Im ersten Schritt muss die aktuellste Version von *DeepFaceLive* [45] heruntergeladen und installiert werden. Der Installationsprozess wird in Kapitel 6. DeepFaceLive beschrieben.
2. **Einrichten der zugehörigen Anaconda-Umgebung:** Damit die Daten für die Durchführung extrahiert und anschließend aufbereitet werden können, muss zusätzlich eine Anaconda-Umgebung eingerichtet werden. Dafür wird das Programm *Anaconda* [35] benötigt und muss installiert sein. Sobald Anaconda vorhanden ist, kann das zugehörige GitHub Repository [29] heruntergeladen werden. In dem Ordner *final_solution* ist der benötigte Quellcode abgelegt, welcher nachfolgend verwendet wird. Nachdem Anaconda installiert und das Repository heruntergeladen wurde, kann die Umgebung mithilfe der Anaconda Konsole eingerichtet werden. Dafür muss innerhalb der Konsole in das entsprechende Verzeichnis navigiert und anschließend folgender Befehl ausgeführt werden.

```
conda env create -f environment.yml
```

Anschließend kann die Umgebung mit den folgenden Befehlen aktiviert bzw. deaktiviert werden:

```
conda activate masterthesis
```

```
conda deactivate
```

10.2.2 Extraktion der Rohdaten

Da DeepFaceLive die Manipulation von Gesichtsdaten auf einzelne Bilder anwendet und nicht auf vollständige Videos, müssen die einzelnen Frames aus den Rohdaten der Proband:innen extrahiert werden. Hierbei muss angemerkt werden, dass bei der Beschaffung von Rohdaten somit auch Einzelbilder der Personen gereicht hätten, welche manipuliert werden sollen. Jedoch werden weiterhin Videos benötigt, wo die Gesichtsbewegungen abgebildet sind, welche auf das Einzelbild angewendet werden sollen.

Für die erwähnte Extraktion der einzelnen Frames wird dementsprechend dasselbe Vorgehen wie in Kapitel 7. Pix2Pix verwendet. Da jedoch nicht der vollständige Datensatz wie bei *Pix2Pix* benötigt wird, wurde der Quellcode so modifiziert, dass nur die benötigten Daten extrahiert und anschließend automatisch vorbereitet werden.

Dafür muss zunächst das Quellvideo in dem Ordner *source_videos* abgelegt werden. Anschließend kann der Prozess mithilfe des folgenden Befehls gestartet werden.

```
conda activate masterthesis
```

```
python generate_train_data.py \  
  --file <VIDEONAME> \  
  --num <IMAGES>
```

```
conda deactivate
```

Die Platzhalter innerhalb der Befehle sind wie folgt definiert:

- *<VIDEONAME>* gibt den Namen des Videos an, aus welchem die Trainingsdaten generiert werden sollen.
- *<IMAGES>* definiert, wie viele Bilder aus dem Video extrahiert werden sollen. Der Wert kann anhand der Länge und der aufgezeichneten FPS ermitteln lassen. Sollten weniger Bilder mit einem Gesicht erkannt werden als angegeben, beendet das Skript die Anwendung vorzeitig. Alle extrahierten Bilder sind dennoch für das spätere Training nutzbar.

Der Prozess durchläuft das Video und extrahiert alle Bilder, auf denen ein Gesicht erkannt wird. Da für die Ausführung von DeepFaceLive jedoch keine Facepoint-Daten benötigt werden, werden diese nicht abgespeichert, sondern einzig das jeweilige Originalbild.

Zusätzlich müssen die jeweiligen Bilder auf die Arbeitsgröße runterskaliert werden. Im Falle von DeepFaceLive, wird mit Bildern in der Auflösung von 256x256 Pixeln gearbeitet. Der Prozess durchläuft automatisch alle extrahierten Bilder und passt die Bildgrößen entsprechend an. Anschließend lassen sich die extrahierten Bilder sowohl in der jeweiligen Originalgröße als auch in der angepassten Größe im Ordner *datasets* finden. Das Programm erstellt in diesem Ordner den jeweiligen Unterordner anhand des Videonamens und speichert dort alle weiteren Rohdaten ab.

10.2.3 Manipulation der Mimik

Nachdem alle Daten für die eigentliche Manipulation vorbereitet wurden, kann die Anwendung DeepFaceLive geöffnet und eingestellt werden.

1. **Auswahl der Datenquelle:** Als Erstes benötigt das Programm eine Datenquelle. Hierfür bietet die Anwendung sowohl die Angabe eines Ordners mit verschiedenen Bildern, der Auswahl eines Videos oder die Verwendung einer Kamera, damit die Daten in Echtzeit eingespielt werden. In der Versuchsdurchführung wurde sich dafür entschieden, eine Videodatei als Eingabeparameter auszuwählen.
2. **Auswahl vom Gesichtsdetektor:** Anschließend muss der Gesichtsdetektor (Face detector) eingerichtet werden. Er dient dafür, ein Gesicht in der Quelldatei zu erkennen. Hierbei wurde sich für den Detektor *YoloV5* entschieden, da die Dokumentation von DeepFaceLive diese vorschlägt und keine merklichen Unterschiede zwischen den bereitgestellten Detektoren beim Ausführen erkannt werden konnten. Als Gerät, auf dem die Berechnung dafür ausgeführt werden soll, wurde die verbaute Grafikkarte ausgewählt.
3. **Auswahl vom Gesichtsmarker:** Nachdem das Gesicht mithilfe vom Gesichtsdetektor erkannt wurde, müssen die markanten Punkte im Gesicht herausgearbeitet werden, wodurch die Mimik erkannt werden kann. Hierfür bietet die Anwendung die Auswahl eines Gesichtsmarkers (Face marker). In der Versuchsdurchführung wurde sich hier für *Google FaceMesh* als Marker entschieden. Dieser hat im Gegensatz zu den zur Verfügung gestellten Alternativen die meisten Gesichtspunkte und die Ergebnisse lieferten bei einzelnen Testdurchläufen die qualitativsten Ergebnisse. Als Gerät, auf dem die Berechnung dafür ausgeführt werden soll, wurde die verbaute Grafikkarte ausgewählt.
4. **Einstellung vom Face-Animator:** Bevor die Manipulation auf das neue Gesicht angewandt werden kann, muss nachfolgend ein Bild von dem entsprechenden Gesicht und das entsprechende Gerät, mit dem die Berechnung durchgeführt wird, ausgewählt werden. Als Gerät wurde die verbaute Grafikkarte ausgewählt.

Hinweis: Es wird empfohlen ein Bild auszuwählen, auf dem das Gesicht frontal zur Kamera ausgerichtet und ein neutraler Gesichtsausdruck vorhanden ist.

5. **Einstellung der Gesichtsausrichtung:** Nachdem die Quell- und Zieldatei ausgewählt wurden, müssen die Gesichter abgeglichen werden. Im ersten Schritt wird dafür der Ausrichtungsmodus (align mode) ausgewählt. Es wurde sich für den Modus *From points* entschieden, da hierbei eine genauere Berechnung gemacht werden kann. Danach sollte im Video ebenfalls ein Frame gesucht werden, welches einen neutralen bzw. ähnlichen Gesichtsausdruck entsprechend zur Zieldatei hat. Dafür können im Bereich *File source* einzelne Frames übersprungen werden.

Hinweis: Hier wird bereits eine Manipulation auf die Zieldatei ausgeführt. Mithilfe des Buttons *Reset reference pose* kann das Zielbild zurückgesetzt werden.

Nachdem die Ausgangsmimik eine entsprechende Ähnlichkeit aufweist, müssen nun die Größe und Ausrichtung der beiden Gesichter abgestimmt werden. Die Größe wird mithilfe der *Face coverage* angepasst. Die Position darüber hinaus wird mit den Felder *X offset* und *Y offset* angeglichen. Hierbei sollte darauf geachtet werden, dass die relevanten Gesichtspartien ungefähr dieselbe Größe und selbe Position innerhalb des Bildes haben. Kleine Abweichungen sind nicht relevant.

Hinweis: Diese Einstellungen haben Auswirkungen auf die Quell- und Zieldatei. Mithilfe des Buttons *Reset reference pose* kann das Zielbild zurückgesetzt werden.

- 6. Einstellung der Ausgabe:** Bevor die Manipulation ausgeführt werden kann, muss zuletzt die Ausgabe eingestellt werden. Dafür wird als *Source* der Wert *Swapped face* ausgewählt. Dadurch wird anschließend nur das manipulierte Gesicht abgespeichert. Außerdem muss ein Pfad bei *Save sequenz* angegeben sein, in dem die Ergebnisse gespeichert werden sollen. Dabei ist zu beachten, dass, bevor ein neuer Versuch durchgeführt wird, der Pfad entweder gelöscht oder geändert werden muss. Ansonsten werden die alten Ergebnisse direkt überschrieben.

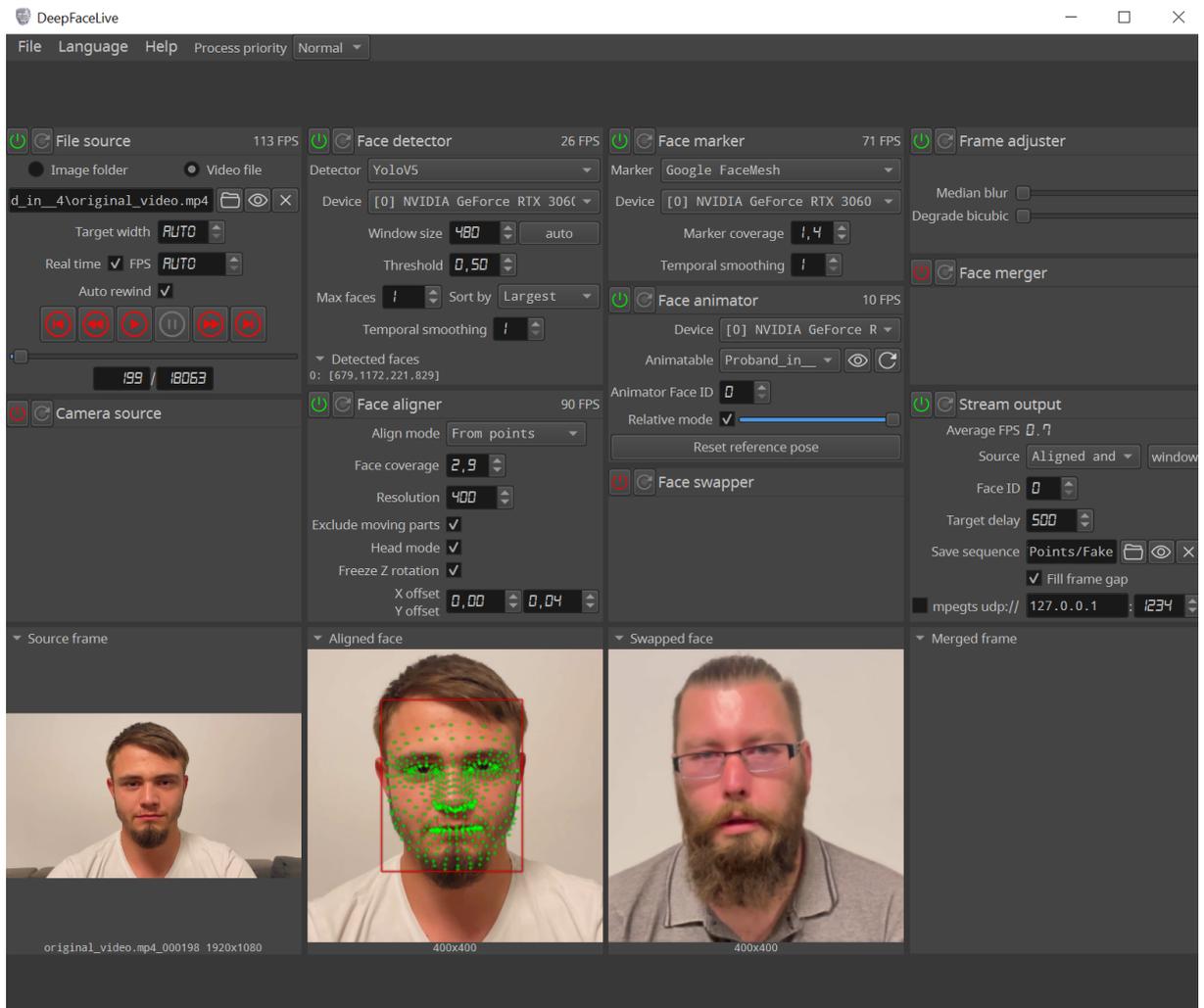


Abbildung 35 Beispielkonfiguration der Versuchsdurchführung in DeepFaceLive

7. **Ausführen der Manipulation:** Nachdem alle Einstellungen getätigt wurden, kann die Manipulation der Gesichtsmimik vorgenommen werden. In der Abbildung 35 ist eine vollständige Konfiguration dargestellt, welche in diesem Versuch verwendet wurde. Die Manipulation kann nun durchgeführt werden, indem im Bereich *File source* der *Start-Button* gedrückt wird. Anschließend läuft das gesamte Video durch und überträgt die Mimik auf das ausgewählte Bild. Die Ergebnisse werden in dem angegebenen Speicherort abgelegt. Hierbei handelt es sich wiederum um Einzelbilder, welche prinzipiell zu einem Video zusammengeschnitten werden können, da es sich um einzelne Frames handelt.

Hinweis: Das Video stoppt nicht automatisch und läuft somit solange durch, bis es manuell gestoppt wird.

10.2.4 Anpassung der Bildqualität

Sowohl die Ergebnisse aus der Manipulation als auch die Eingabedaten haben eine relativ geringe Bildgröße (256x256 Pixel). Daraus resultiert ebenfalls eine relativ geringe Bildqualität. Wenn die Bilder in einem Video oder Ähnlichem als möglichst realistisch dargestellt werden sollen, müssen die Bilder hochskaliert werden, und das ohne der Entstehung einer Bildunschärfe. Dieser Prozess könnte prinzipiell per Hand erfolgen, jedoch wäre es für eine finale KI sinnvoll, diesen Prozess ebenfalls zu automatisieren. Dafür gibt es verschiedene Ansätze, wie zum Beispiel den GFPGAN [54]. Hier wird mithilfe einer KI das Bild hochskaliert und die entsprechende Unschärfe entfernt. In der Abbildung 36 wird ein Vergleich gezeigt, in dem auf der linken Seite ein Bild mit der geringen Auflösung und rechts ein mithilfe vom GFPGAN hochskaliertes Bild dargestellt wird.



Abbildung 36 GFPGAN - Vergleich zwischen niedriger Auflösung (links) und automatischer Hochskalierung (rechts)

Die entsprechende Umgebung und das benötigte Skript wurden automatisiert, wie in Kapitel 10.2.1 Einrichten der Versuchsumgebung beschrieben, eingerichtet bzw. heruntergeladen. Einzig das vortrainierte Modell muss vor der ersten Verwendung heruntergeladen werden.

Dieses kann über den folgenden Link heruntergeladen werden:

<https://github.com/TencentARC/GFPGAN/releases/download/v1.3.0/GFPGANv1.3.pth>.

Darüber hinaus können auch andere vortrainierte Modelle verwendet oder ein eigenes trainiert werden. Das jeweilige Modell muss im Unterverzeichnis `./gfpgan/pretrained_models` abgelegt werden.

Anschließend kann die Anwendung mit dem folgenden Befehl in der Anacondaumgebung ausgeführt werden.

```
conda activate masterthesis
```

```
python upscaling_results.py \  
-i <SRC_FOLDER> \  
-o <DST_FOLDER>
```

```
conda deactivate
```

Die Platzhalter innerhalb der Befehle sind wie folgt definiert:

- `<SRC_FOLDER>` gibt den Ordner an, in welchem die Bilder abgespeichert sind, die nachfolgend hochskaliert werden sollen. Hier sollte der Pfad angegeben werden, welcher in DeepFaceLive als Speicherort genannt wurde.
- `<DST_FOLDER>` definiert den Speicherort, an dem die bearbeiteten Bilder abgespeichert werden sollen. Hier werden nachfolgend die Ordner `cmp`, `cropped_faces`, `restored_faces` und `restored_imgs` generiert. Innerhalb dieser Unterordner werden die Zwischenergebnisse und abschließend das Endergebnis gespeichert.

11. Validierung/Auswertung der Ergebnisse

Mithilfe des in Kapitel 10. Durchführung beschriebenen Prozesses wurden verschiedene Ergebnisse generiert. Diese müssen nachfolgend im Detail betrachtet werden, sodass validiert werden kann, ob diese möglichst realistisch wirken. Im Rahmen der Validierung wurden aus den verschiedenen Rohdaten und den verschiedenen Ergebnissen Stichproben herausgesucht. Diese Stichproben wurden anschließend in eine Umfrage implementiert, sodass eine entsprechende Personengruppe die Bilder betrachten und vergleichen kann. Dabei handelt es sich um 43 Personen im Alter von 19 bis 53 Jahren.

Bei der Stichprobenauswahl muss beachtet werden, dass die Ergebnisdaten bereits selektiert wurden. Da die gewählte Anwendung mit Einzelbildern arbeitet und diese entsprechend manipuliert, entstehen besonders bei Drehungen des Kopfes im Quellvideo Bildfehler. Ein solches Bild, welches im Vorfeld herausselektiert wurde, wird in der Abbildung 37 beispielhaft dargestellt. Wichtig bei der Selektion war es jedoch, dass nur bei einem geringen Anteil der Ergebnisse die erwähnten Bildfehler entstanden sind.



Abbildung 37 Im Vorfeld der Stichprobenauswahl herausselektiertes Ergebnisbild

Mit den verwertbaren Ergebnissen und zugehörigen Rohdaten wurde anschließend die Umfrage erstellt. Sowohl die Umfrage als auch die Ergebnisse der Umfrage können im Anhang eingesehen werden. Nachfolgend werden in diesem Kapitel die einzelnen Bereiche der Umfrage zusätzlich erklärt und ausgewertet.

11.1 Anpassung der Bildqualität

Die Anwendung arbeitet, wie bereits in Kapitel 10.2.4 Anpassung der Bildqualität beschrieben, zur Generierung des DeepFakes mit einer geringen Bildauflösung. Damit das Bild jedoch zu einem späteren Zeitpunkt möglichst realistisch wirkt, müssen die Ergebnisse zweckmäßig hochskaliert werden. Dafür wird ebenfalls eine KI verwendet.

Im ersten Teil der Umfrage soll somit überprüft werden, ob die künstliche Skalierung funktioniert oder ob dadurch einzelne Details im Bild verfälscht werden. Dafür wurden Originaldaten von Proband:innen verwendet, d.h. mit der originalen Mimik und hochskaliert. Dies bedeutet in dem Fall, dass hierbei explizit nur Bildmaterial von Proband:innen gezeigt wurde, welche nicht an einer Fazialisparese leiden, sodass hier unabhängig vom endgültigen Versuch ein Vergleich stattfinden kann. Anschließend wurden pro Proband:in verschiedene Bilder in ihrer Originalauflösung und der dazugehörigen hochskalierten Bildauflösung gegenüber gestellt. Innerhalb der Umfrage sollten die Teilnehmer:innen anschließend bewerten, ob die gegenübergestellten Bilder unabhängig von der Bildqualität identisch wirken.

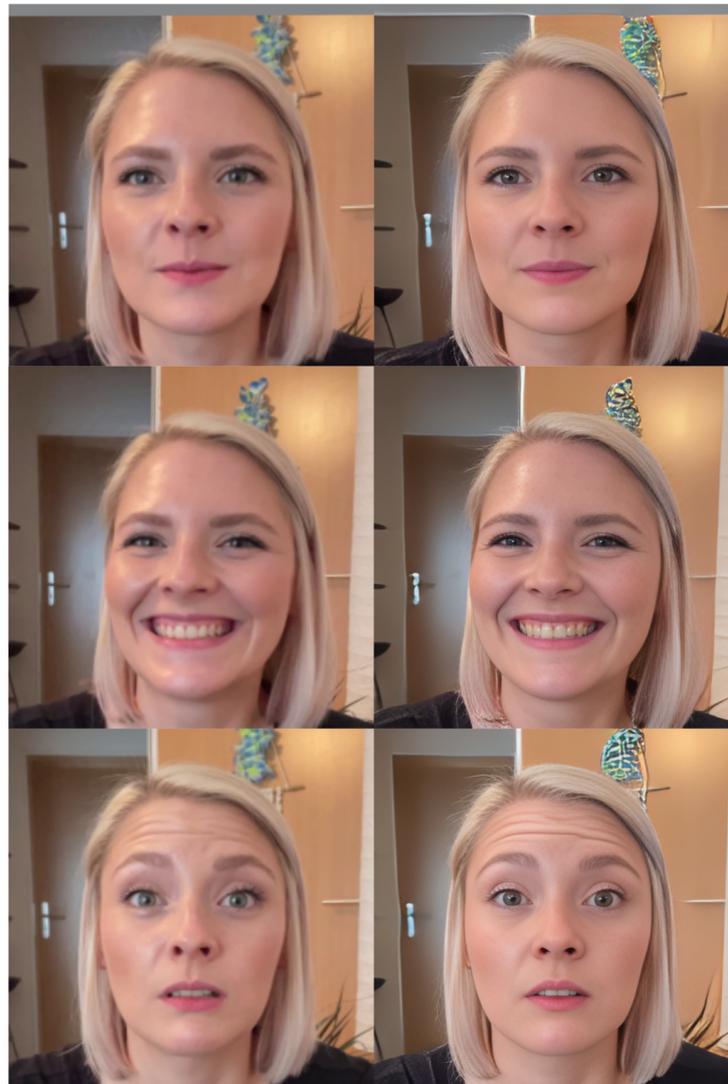


Abbildung 38 Gegenüberstellung der Originalauflösung (links) mit der hochskalierten Bildauflösung (rechts) aus der Umfrage

In der Abbildung 38 wird eine Gegenüberstellung aus der Umfrage gezeigt. Hier befindet sich auf der linken Seite jeweils das Bild in der Originalauflösung von 256x256 Pixeln und auf der rechten Seite das dazugehörige hochskalierte Bild. Damit verschiedene Details betrachtet werden können, wurde diese Gegenüberstellung mit Bildern von verschiedenen Testpersonen wiederholt. Dabei wurde beachtet, dass bei diesen Proband:innen verschiedene Details bzw. Accessoires vorhanden sind, die möglicherweise nicht passend bearbeitet werden.

Großteils waren sich die Teilnehmer:innen von der Umfrage einig, dass die Bilder weitestgehend identisch wirken. Jedoch sind ihnen einzelne Details aufgefallen, welche durch die KI verfälscht wirkten bzw. fehlerhaft waren. In der nachfolgenden Aufzählung werden die häufigsten Fehlerquellen aufgelistet, sodass ein entsprechender Überblick gewährleistet wird.

- Die Bilder wirken stark bearbeitet (weichgezeichnet, animiert, künstlich)
- Augen/Blickposition wirkt teilweise künstlich zentriert im direkten Vergleich
- Detailverlust bei gewissen Gesichtsmarkmalen, wie zum Beispiel Falten, Hautunreinheiten, Muttermalen
- Zahnfehler wurden von der KI korrigiert und entsprechen somit nicht dem Originalbild
- Accessoires (Brille, Piercings), verzogen oder komplett verschwunden

Anhand der Ergebnisse lässt sich erkennen, dass die KI zwar in der Lage ist, die Bilder entsprechend hoch zu skalieren, jedoch bei einigen Details an seine Grenzen stößt. In einer endgültigen Anwendung müsste darauf geachtet werden, dass der Detailverlust einzelner Gesichtsmarkmale und der gezeigten Accessoires verhindert wird. Außerdem sollte die Anwendung die Bilder nicht so stark weichzeichnen, sodass die Ergebnisse realistischer wirken und nicht an einen Bildfilter erinnern.

11.2 Erkennung von DeepFakes

Im zweiten Schritt der Umfrage sollen die Testpersonen aus einer Sammlung von Bildern erkennen, bei welchen es sich um ein manipuliertes Bild oder um ein reales Bild handelt. Damit sich dies nicht direkt durch die Qualitätsunterschiede der Bilder erkennen lässt, wurden alle Bilder mithilfe der KI hochskaliert. Dementsprechend soll hierbei nur auf das Gesicht und nicht auf die Bildqualität geachtet werden.

Bei dem Teil der Umfrage wurde erneut darauf geachtet, dass verschiedene Details und Accessoires bei den einzelnen Bildern vorhanden sind, sodass möglicherweise hierdurch eine Fehlerquelle in der KI identifiziert werden kann. Darüber hinaus wurden bei diesem Bildvergleich sowohl Bilder von Personen mit einer Fazialisparese als auch von Proband:innen, welche nicht an einer Gesichtslähmung leiden, verwendet. Dadurch soll nicht ersichtlich werden, dass möglicherweise alle Bilder mit einer dargestellten Mimik manipuliert sind, und es soll hier bereits abgegrenzt werden können, ob die KI eine möglichst realistische Mimik bei betroffenen Personen generieren kann.

Alle verwendeten Bilder wurden in einer zufälligen Reihenfolge eingepflegt, wodurch ein systematisches Beantworten ausgeschlossen werden soll. Zusätzlich kann es vorkommen, dass in einer Bilderreihe kein Originalbild vorhanden ist oder mehr Originalbilder als manipulierte Bilder angezeigt werden. In der nachfolgenden Tabelle 3 wird die dazugehörige Auflösung abgebildet.

Name	Bild 1	Bild 2	Bild 3	Bild 4
Mimik 1	Originalbild	DeepFake	DeepFake	Originalbild
Mimik 2	Originalbild	DeepFake	Originalbild	Originalbild
Mimik 3	DeepFake	Originalbild	DeepFake	DeepFake
Mimik 4	DeepFake	DeepFake	DeepFake	DeepFake
Mimik 5	DeepFake	Originalbild	DeepFake	DeepFake
Mimik 6	Originalbild	Originalbild	Originalbild	DeepFake

Tabelle 3 Auflösung der Antwortverteilung innerhalb des Bildvergleiches in der Umfrage

Mithilfe der gezeigten Verteilung wurde anschließend die Umfrage durchgeführt. Bei den Bildern aus den Vergleichen *Mimik 1*, *Mimik 3* und *Mimik 4* handelt es sich um Daten von Personen, welche an einer Fazialisparese leiden.

Bei der Auswertung der Umfrage wurde anschließend sowohl betrachtet, wie viele gefälschte Bilder als Fälschung und wie viele Originalbilder als echt erkannt wurden, als auch zu wie viel Prozent die Teilnehmer alle Kombinationen richtig erkannt haben. Dadurch sollte überprüft werden, ob die Ergebnisse zufällig auftreten oder die Bilder möglichst realistisch manipuliert wurden. Die entsprechenden Auswertungen werden jeweils in den Tabellen 4 und 5 dargestellt.

Zuerst werden die Ergebnisse aus der Tabelle 4 betrachtet. Hier wird im Detail gezeigt, wie viel Prozent der Befragten alle Fälschungen bzw. Originalbilder entsprechend richtig erkannt haben. Dabei ist anzumerken, dass diese Werte unabhängig voneinander aus den Ergebnisdaten entnommen wurde. Somit sind hier Antworten enthalten, welche zwar alle Fälschungen erkannt haben, jedoch keines der Originalbilder als echt gekennzeichnet haben.

Insgesamt wurden in 22,09% der Bildvergleiche alle Fälschungen und in 46,9% alle Originalbilder richtig erkannt. Bei den Bildvergleichen von Proband:innen mit einer Fazialisparese hingegen wurden 13,18% der Fälschungen und 42,64% der Originalbilder erkannt.

Name	100% Fälschungen	100% Originale
Mimik 1	18,6%	53,49%
Mimik 2	60,47%	44,19%
Mimik 3	20,93%	48,84%
Mimik 4	0%	25,58%
Mimik 5	2,33%	65,12%
Mimik 6	30,23%	44,19%
Gesamt	22,09%	46,9%
Gesamt (Fazialisparese)	13,18%	42,64%

Tabelle 4 Prozentuale Aufteilung der Erkennung - Aufgeteilt in Erkennung aller gefälschten Bilder und Erkennung aller Originalbilder

Die Erkennung der Originalbilder ist größtenteils sehr ähnlich. Dies liegt daran, dass beabsichtigt wurde, die Fälschungen echt wirken zu lassen und nicht die Originalbilder zu verfälschen. Durch das Wissen, dass jedoch einzelne Bilder manipuliert wurden, wird vermutet, dass die Teilnehmer:innen der Umfrage entsprechende Fälschungen erwartet und somit einzelne Originalbilder nicht passend ausgewählt haben. Zusätzlich wurden die Originalbilder ebenfalls mit der KI hochskaliert. Hierbei können ebenso Bildfehler entstehen, welche potenziell wie eine Fälschung wirken.

Bei den Fälschungen hingegen sind die Werte nicht ganz so ähnlich. Besonders die Ausreißer aus den Vergleichen *Mimik 2* mit 60,47% und *Mimik 4* mit 0% sind auffällig. Dies lässt sich damit erklären, dass bei dem Vergleich *Mimik 2* nur eine Fälschung eingepflegt wurde und die Wahrscheinlichkeit relativ hoch ist, dieses Bild in einer beliebigen Kombination mit anderen Bildern anzugeben. Die Wahrscheinlichkeit steigt mit jeder gewählten Antwort um 25% die richtige Antwort dabei zu haben. Somit liegt die Wahrscheinlichkeit bei 3 Antworten bereits bei 75% die Fälschung ausgewählt zu haben. Bei dem Vergleich *Mimik 4* hingegen ist der Fall exakt andersherum. Hier existiert kein Originalbild, sondern alle gezeigten Bilder sind Fälschungen. Die Wahrscheinlichkeit, dass bei relativ ähnlichen Bildern die Befragten angeben, dass alle Bilder gefälscht sind, ist vergleichsweise gering.

Dies spiegelt sich zusätzlich in der Tabelle 5 wieder. Bei dem Vergleich *Mimik 4* zeichnet sich hier ab, dass 0% alle Bilder richtig erkannt haben. Die meisten Personen (30,23%) haben bei diesem Vergleich nur 1 von 4 Bildern richtig erkannt. Somit kann sich nicht allein auf die Auswertung verlassen werden, ob alle Fälschungen richtig erkannt wurden, sondern es muss überprüft werden, wie viel Prozent der Teilnehmer:innen alle Bilder bzw. wie viele Bilder richtig erkannt haben.

Unter dieser Voraussetzung haben durchschnittlich 9,1% alle Bilder richtig erkannt. Dies entspricht ca. 4 Personen. 15,12% (ca. 7 Personen) haben hingegen keines der Bilder richtig erkannt. Wenn dies zusätzlich auf die Bilder mit Fazialisparese heruntergerechnet wird, haben 5,43% (ca. 2 Personen) 100% und 21,71% (ca. 9 Personen) 0% der Bilder richtig erkannt.

Hierbei bezieht sich der Wert, wie viele Personen alle Bilder richtig erkannt haben, auf die Gesamtmenge der richtig erkannten Bildkombinationen. **Keine** Einzelperson hat alle Bildkombinationen innerhalb der 6 Vergleiche richtig erkannt. Es wurden von verschiedenen Personen einzig verschiedene Bildkombinationen erkannt und ergeben den durchschnittlichen Wert in Summe.

Aus den Werten geht letztlich hervor, dass, wenn eine Person explizit auf die einzelnen Details achtet, eine Fälschung erkennen kann, aber eine menschliche Fehleranfälligkeit vorliegt. Darüber hinaus lieferten die gegebenen Begründungen der Teilnehmer:innen die Erkenntnis, dass die meisten Fälschungen ausschließlich durch die Hochskalierung erkannt wurden, da einige der manipulierten Bilder wesentlich weicher gezeichnet sind als die dazugehörigen Originalbilder.

Name	100%	75%	50%	25%	0%	Ungültig
Mimik 1	11,63%	27,91%	34,88%	6,98%	16,28%	2,33%
Mimik 2	25,58%	30,23%	30,23%	9,3%	2,33%	2,33%
Mimik 3	4,65%	37,21%	20,93%	13,95%	23,26%	0%
Mimik 4	0%	16,28%	25,58%	30,23%	25,58%	2,33%
Mimik 5	2,33%	6,98%	16,28%	51,16%	23,26%	0%
Mimik 6	11,63%	39,53%	27,91%	18,6%	0%	2,33%
Gesamt	9,3%	26,36%	25,97%	21,7%	15,12%	1,55%
Gesamt (Fazialisparese)	5,43%	27,13%	27,13%	17,05%	21,71%	1,55%

Tabelle 5 Prozentuale Aufteilung der Antworten (100% = alle Bilder richtig erkannt; 0% = kein Bild richtig erkannt)

11.3 Bewertung von DeepFakes

Im letzten Schritt der Umfrage wurden dann generierte DeepFakes von Proband:innen mit einer Fazialisparese dargestellt. Hierbei sollen die Teilnehmer:innen auf einer Skala zwischen 0 (unrealistisch) und 10 (realistisch) bewerten, wie realistisch das Bild wirkt. Zusätzlich können sie ihre Entscheidung begründen, wodurch ermöglicht werden soll, die Fehlerquellen zu analysieren und künftig zu optimieren.

Alle statistischen Werte können in der Tabelle 6 eingesehen werden. Der Gesamtwert wird hierbei jedoch nicht an den Einzelergebnissen ermittelt, sondern über die Angaben aller Einzelantworten. Dadurch sollen besonders beim Median und Modalwert keine Abweichungen entstehen.

Durchschnittlich über alle Bilder haben die Umfrageteilnehmer:innen den Bildern einen Wert von 6,39 gegeben. Dabei werden jedoch einige Bilder als realistischer angesehen als andere. Das Bild mit dem höchsten Wert liegt im Durchschnitt bei 8,65, während das Bild mit dem niedrigsten Mittelwert bei 3,59 liegt.

Es muss jedoch auf die Verteilung der einzelnen Werte geachtet werden. Über die gesamte Datenmenge wurde über alle Bilder am häufigsten der Wert 10 vergeben. Dabei fällt in der Einzelbetrachtung der Antworten jedoch auf, dass hier der Minimalwert immer 0 oder 1, der Maximalwert durchgehend 10 ist. Somit befinden sich hier Ausreißer, die möglicherweise nicht aussagekräftig sind. Um auszuschließen, dass die Teilnehmer:innen überdurchschnittlich gute oder schlechte Bewertungen verteilt haben, wurden die entsprechenden Datensätze genauer betrachtet. Dabei fiel auf, dass sie zwar teilweise überdurchschnittliche Werte bei einzelnen Bildern angegeben haben, auf der anderen Seite jedoch auch schlechtere Bewertungen bei anderen Bildern verteilten, welche in das Spektrum passen. Somit werden alle Daten als repräsentativ angesehen und weiterhin im Versuch betrachtet.

Name	Mittelwert	Median	Modalwert	Min	Max
Bild 1	7,64	8,5	10	1	10
Bild 2	6,3	7	7	1	10
Bild 3	7,63	8	8	0	10
Bild 4	6,59	7	7	1	10
Bild 5	8,65	9	9	1	10
Bild 6	7,44	8	8	1	10
Bild 7	4,79	5	5	0	10
Bild 8	3,59	3	3	0	10
Bild 9	5,47	7	7	0	10
Bild 10	5,2	5	5	0	10
Gesamt	6,39	7	10	0	10

Tabelle 6 Ergebnisse der individuellen Bildbewertung in der Umfrage

Mithilfe der Bewertungen kann anschließend überprüft werden, warum gewisse Bilder unrealistischer wirken als andere. Die Umfrageteilnehmer:innen haben dafür die Option erhalten, eine Begründung für ihre Entscheidung und verschiedene Details in ein optionales Feld einzugeben. In der Tabelle 7 wurden die Aussagen zusammengefasst.

Details	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Summe
Bildqualität	4	7	1	2	1	7	2	1	0	1	26
zu stark weichgezeichnet	3	2	1	2	0	7	2	1	0	0	18
Unschärfe im Bild	1	4	0	0	1	0	0	0	0	1	7
Belichtung	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Gesichtsform	0	0	1	3	0	0	7	2	1	0	14
Augenregion	2	1	6	3	0	3	2	8	13	10	48
Brille wirkt unförmig bzw. deformiert	1	0	4	3	0	3	2	7	13	8	41
Augenpartie ist zu wenig definiert (Fältchen/Hautunreinheiten)	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	4
Augen wirken unrealistisch bzw. unverhältnismäßig	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	3
Mundbereich	9	7	0	1	1	0	1	3	2	0	24
Mundwinkel/Mundstellung	6	4	0	1	0	0	1	3	2	0	17
Zähne	3	3	0	0	1	0	0	0	0	0	7
Gesichtsdetails passen nicht zusammen	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2

Tabelle 7 Auflistung der angemerkten Auffälligkeiten in den Bildern, gemessen an ihrer Häufigkeit

Daraus geht hervor, dass, wie bereits in Kapitel 11.1 Anpassung der Bildqualität erwähnt, die Bildqualität ein großes Problem darstellt. In 26 Fällen wurde deswegen das Ergebnis schlechter bewertet und nicht als vollkommen realistisch bezeichnet. Davon handelt es sich bei 18 Fällen um die Aussage, dass das Bild zu stark weichgezeichnet wirkt.

Alle Merkmale, welche nicht mit der Bildqualität zusammenhängen, wurden darüber hinaus in die Kategorien *Gesichtsform*, *Augenregion*, *Mundbereich* und *Gesichtsdetails* zusammengefasst. Der häufigste Kritikpunkt hierbei ist mit 48 Anmerkungen die Augenregion. Besonders problematisch sind dabei Accessoires wie die Brille. In 41 Fällen bemängelten die Teilnehmer:innen,

dass die Brille unförmig bzw. deformiert wirkt. Dies liegt mit der Verzerrung der KI zusammen, welche entsteht, da diese mit einem Einzelbild arbeitet. Gleiches gilt für den Kritikpunkt, dass die Gesichtsform teilweise langgezogen, zusammengedrückt oder unförmig wirkt. Dazu gab es 14 Anmerkungen.

Nachfolgend werden die häufigsten Fehlerquellen aufgelistet, unabhängig von der jeweiligen Gruppierung aus der Tabelle 7. Dabei handelt es sich um:

- Accessoires (Brille) sehen unförmig bzw. deformiert aus.
- Die Bildqualität ist auffällig. Die Bilder sind zu stark weichgezeichnet und bei Details (Bart) ist eine gewisse Unschärfe vorhanden.
- Die Gesichtsform sieht teilweise langgezogen, zusammengedrückt und/oder unförmig aus.

11.4 Zusammenfassung

Die Ergebnisse der Umfrage lassen schlussfolgern, dass die Bilder zwar Verbesserungspotenzial haben, jedoch im direkten Vergleich nicht zwangsweise von Originalbildern auseinanderzuhalten sind. Trotzdem sollten für den endgültigen Einsatz einige Kritikpunkte optimiert werden.

Dabei handelt es sich besonders um die Problematik der Bildqualität. Zwar können keine Bilder verwendet werden, welche in einer niedrigen Auflösung von 256x256 Pixeln generiert werden, da hierbei viele Details unscharf erscheinen. Doch sollten die Bilder auch nicht zu stark bearbeitet wirken. Somit sollte hier die KI entsprechend angepasst werden, sodass die Bilder hochskaliert, aber nicht zu extrem vom Computer überarbeitet sind.

Ein weiteres Problem sind die Deformierungen von Accessoires und der Gesichtsform. Hierbei sollte darauf geachtet werden, dass sie nicht von Originalbildern zu unterscheiden sind. Jedoch ist dies mit der aktuellen KI nur schwer umzusetzen, da mit einem Einzelbild gearbeitet wird. Allerdings könnten die Ergebnisse verwendet werden, um zusammen mit weiteren Originalbilder eine weitere KI zu trainieren. Diese lernt dann von den Originalbildern die Gesichtsform und entsprechende Accessoires und lernt anschließend mithilfe der generierten Daten die gewünschte Mimik. Eine solche Umsetzung wird in Kapitel 12. Ausblick veranschaulicht.

12. Ausblick

In Kapitel 11. Validierung/Auswertung der Ergebnisse wurde ermittelt, dass die Bilder trotz einiger benötigter Optimierungen bereits relativ realistische Ergebnisse zurückliefern. Sollten die erwähnten Punkte ausgebessert werden, bleibt im nächsten Schritt die Frage, wie eine solche KI genutzt werden kann. Dabei können die Ergebnisse für das Training von weiteren neuronalen Netzen oder weiterführenden Forschungen verwendet werden. Im folgenden Kapitel sollen verschiedene Bereiche erwähnt werden, sodass eine mögliche Forschungsgrundlage skizziert werden kann.

12.1 Anpassungen und Validierung dieser Arbeit

Wie bereits in Kapitel 11. Validierung/Auswertung der Ergebnisse erwähnt, ist ein gewisses Verbesserungspotenzial vorhanden. In einer weiteren Forschung könnte somit die Anwendung optimiert werden, sodass die Ergebnisse noch realistischer wirken als die vorhandenen Ergebnisse. Dabei sollte sowohl auf die Bildqualität als auch auf die verschiedenen Störfaktoren wie zum Beispiel der Accessoires geachtet werden.

Diese Ergebnisse müssen anschließend erneut validiert werden. Es kann untersucht werden, ob eine Bildoptimierung, wie sie in dieser Arbeit durchgeführt wird, überhaupt notwendig ist oder nicht. Sollte sich herausstellen, dass die Bilder auch in einer geringen Auflösung möglichst realistisch wirken, kann diese Option entfernt werden.

Sollte jedoch festgestellt werden, dass die Bilder für die Darstellung hochskaliert und bearbeitet werden müssen, sollte besonders darauf geachtet werden, dass Hautunreinheiten und Details wie Piercing und Muttermale nicht entfernt werden. Dafür kann entweder das neuronale Netz für die Bildoptimierung neu trainiert oder komplett ausgetauscht werden. Dabei kann zusätzlich überprüft werden, ob die KI auch mit Bildern, welche eine höhere Auflösung haben, trainieren kann. Vermutlich wird jedoch mehr Rechenleistung benötigt. Es sollte bedacht werden, dass die Anwendung nachher für Personen nutzbar ist, welche keine Forschungsumgebung haben, also das Programm bei sich zu Hause auf ihrem eigenen Computer benutzen wollen.

Außerdem sollte ebenfalls versucht werden, dass Verzerrungen von Accessoires wie zum Beispiel der Brille und der natürlichen Gesichtsform verhindert werden. Dies kann ermöglicht werden, indem die Ergebnisse zusammen mit den Originaldaten erneut von einer weiteren KI trainiert werden. Dadurch können die Verzerrungen behoben und auch Kopfbewegungen wie zum Beispiel dem Drehen des Kopfes entsprechend simuliert werden.

Sollten diese Fehlerquellen ausgebessert sein, wäre es darüber hinaus interessant zu untersuchen, ob Videos ebenfalls möglichst realistisch dargestellt werden können. Zwar werden in dieser Arbeit einzelne Frames manipuliert, wodurch es theoretisch möglich ist, diese zu einem Video zusammenzusetzen. Jedoch fällt hierbei die Verzerrung der Gesichtsform wesentlich sichtbarer auf als bei Einzelbildern.

12.2 Gesichtsnachstellung

Die Gesichtsnachstellung bzw. Gesichtsmanipulation ist ein bekannter Begriff, wenn es um das Thema DeepFake geht. In dieser Arbeit wurden bereits im Kapitel 2.1.2 Probleme und Risiken Beispiele dafür genannt, wie Bilddaten durch KI entsprechend manipuliert werden, sodass es wirkt, als würde die gezeigte Person einer entsprechenden Tätigkeit nachgehen. Dabei steht zum Beispiel bei politischen Reden besonders die Mimik und Lippensynchronisation im Vordergrund. Für Anwendungen, welche eine solche Gesichtsnachstellung generieren, werden jedoch Rohdaten der entsprechenden Mimik benötigt, um diese möglichst realistisch darzustellen. In Kapitel 7. Pix2Pix und 8. Face2Face wurden jeweils Technologien vorgestellt, die eine solche Manipulation ermöglichen. Hierfür sind ebenfalls Rohdaten der Mimik nötig. Bei der Fazialisparese ist dies jedoch nicht gewährleistet.

Die hier infrage kommenden Ansätze verwenden die Rohdaten mit ihren zugehörigen Gesichtspunkten, um zu trainieren, wie ein Gesicht je nach Positionierung der einzelnen Punkte aussieht. Um Ergebnisse zu erzielen, werden nach dem erfolgreichen Trainingsprozess die Trainingsdaten mit neuen Gesichtspunkten durchlaufen und die Anwendung versucht Bilder entsprechend zu simulieren.

Mithilfe der hier vorgestellten Lösung können die Rohdaten dafür erweitert werden, sodass sowohl Originalbilder als auch bereits manipulierte Daten als Trainingsdatensatz zur Verfügung gestellt werden. Dadurch wird zum einen die benötigte Mimik geliefert und zum anderen existieren Originalbilder, durch welche die Anwendung die Gesichtsform und mögliche Accessoires trainieren kann.

Für diesen Prozess müssen somit zusätzlich aus den generierten Ergebnissen die Gesichtspunkte ausgelesen und anschließend die zusätzliche KI trainiert werden. Dabei wäre zu untersuchen, ob die Anwendung mit dem erweiterten Trainingsdatensatz arbeiten kann oder neue Fehler und Probleme auftreten. Möglicherweise werden hingegen bestehende Fehler behoben, da die Software zusätzlich Originalbilder für den Trainingsprozess zur Verfügung gestellt bekommt. Dadurch können möglicherweise Verformungen des Gesichts und einzelne Details detaillierter simuliert werden.

Für eine mögliche Vertiefung dieser Forschungsfrage sind folgende Quellen zusätzlich hilfreich:

- Face2Face: Real-Time Face Capture and Reenactment of RGB Videos [12]
- face2face-demo [36]
- CycleGAN and pix2pix in PyTorch [55]
- Image-to-Image Translation in Tensorflow [11]
- Image-to-image translation with a conditional GAN [27]

12.3 Videotelefonie

Ein weiterer Aspekt, welcher künftig untersucht werden könnte, ist die Anwendung in der Videotelefonie. Hierbei tritt die Schwierigkeit auf, dass keine Daten mit Originalmimik eingespielt werden, wie es bei dem bisherigen DeepFake der Fall ist. Stattdessen ist einzig die Person mit einer Fazialisparese vor der Kamera. Es müsste somit überprüft werden, wie der Anwendung mitgeteilt wird, welche Mimik zu welchem Zeitpunkt gezeigt werden soll.

Die Anwendung *StarGAN* [52] stellt hierfür einen potenziellen Lösungsansatz vor. Es werden verschiedene Trainingsdatensets vorgestellt [10, S. 6]:

1. Der CelebFaces Attributes (CelebA)-Datensatz enthält 202.599 Gesichtsbilder, die jeweils mit 40 binären Attributen versehen sind. Davon werden 2000 Bilder nach dem Zufallsprinzip als Testmenge ausgewählt. Die übrigen Bilder dienen als Trainingsdaten. In dem beschriebenen Versuch werden anschließend sieben Domänen mit den folgenden Attributen konstruiert:
 - Haarfarbe (schwarz, blond, braun)
 - Geschlecht (männlich, weiblich)
 - Alter (jung, alt)
2. Die Radbound Faces Database (RaFD) besteht aus 4824 Bildern, die von 67 Teilnehmern aufgenommen wurden. Jeder Teilnehmer macht dabei acht verschiedene Gesichtsausdrücke in drei verschiedenen Blickrichtungen, die aus drei verschiedenen Winkeln aufgenommen wurden. Die Bilder werden anschließend in die Domänen mit den entsprechenden Gesichtsausdrücken unterteilt. Dabei handelt es sich in dem vorgestellten Versuch um die folgenden Domänen:
 - Wütend
 - Geringschätzig
 - Angewidert
 - Ängstlich
 - Glückliche
 - Neutral
 - Traurig
 - Überrascht

In der Veröffentlichung *StarGAN: Unified Generative Adversarial Networks for Multi-Domain Image-to-Image Translation* [10] wurden die Experimente mit beiden Datensätzen beschrieben. Daraus geht hervor, dass in diesem Fall das Vorgehen mit der RaFD ein möglicher Ansatz für die Umsetzung ist. In der Abbildung 39 wird ein entsprechendes Ergebnis von StarGAN dargestellt. Hierbei wird das Eingabebild (Input) mit den entsprechenden manipulierten Emotionen gezeigt.

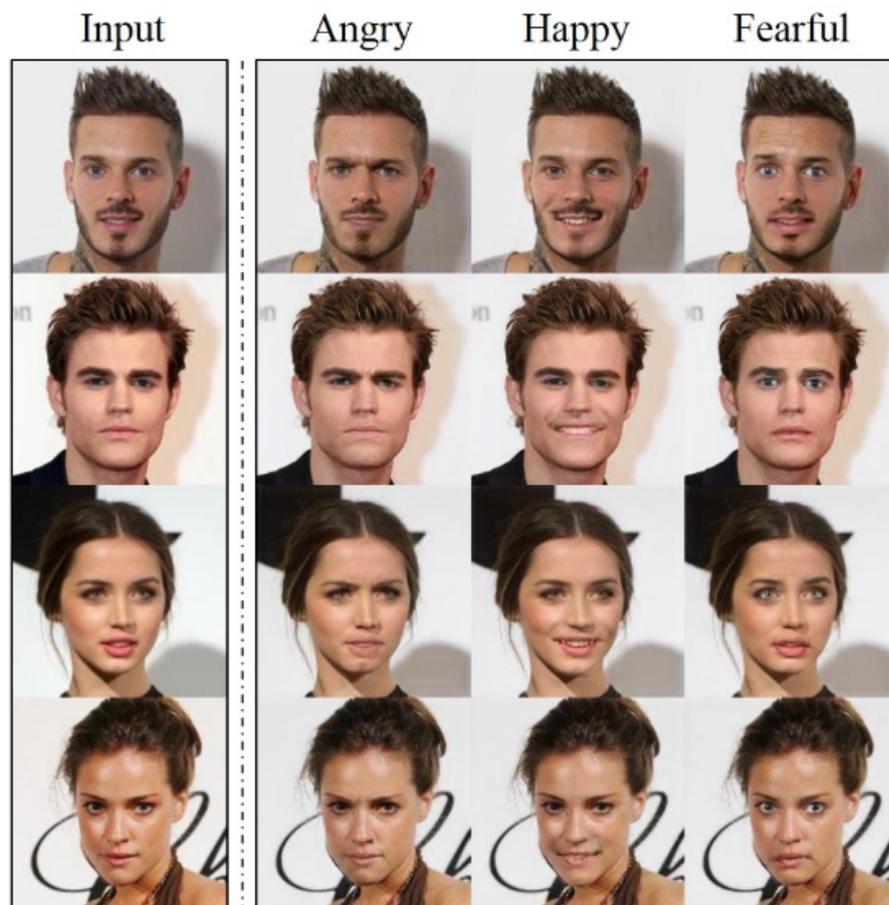


Abbildung 39 Ausschnitt von Ergebnissen, welche mit StarGAN generiert wurden. [52]

Indem der Datensatz um die manipulierten Bilder der Personen mit einer Fazialisparsese entsprechend erweitert wird, kann die KI entsprechend trainiert werden, um gewünschte Emotionen darzustellen. Wie der Trainingsprozess und die Anwendung mit StarGAN durchgeführt wird, wird im entsprechenden GitHub-Repository [52] beschrieben.

Wenn die Umsetzung erfolgreich ist, muss anschließend überprüft werden, wie die manipulierten Bilder in Echtzeit in das Livevideo eingesetzt werden können. Als mögliche Triggerpunkte können hierfür die einzelnen Domänen dienen, in denen die Emotionen unterteilt und trainiert wurden. Damit die Emotionen darüber hinaus möglichst realistisch in das Livevideo eingesetzt werden, muss zusätzlich beachtet werden, dass bei einer Veränderung des Bildes ein fließender Übergang ermöglicht wird.

Abschließend kann die Domäne erweitert werden. Dafür könnten nicht nur genannte Bezeichnungen der Emotionen dienen. Stattdessen kann die Anwendung entsprechend erweitert werden, dass Emojis im Rahmen des Trainingsprozesses Verwendung finden und anschließend als Triggerpunkte herhalten. Dadurch können ggf. die Emotionen vielseitig und nutzerfreundlich angezeigt werden.

Für eine mögliche Vertiefung dieser Forschungsfrage sind folgende Quellen zusätzlich hilfreich:

- StarGAN - Official PyTorch Implementation [52]
- StarGAN: Unified Generative Adversarial Networks for Multi-Domain Image-to-Image Translation [10]

12.4 Forschungsfrage: Computeranimiert vs. Realität

Nachdem überprüft wurde, ob sich mithilfe von KI eine Mimik bei Personen mit einer Fazialisparese möglichst realistisch darstellen lassen, stellt sich die Frage, wie realistisch dies tatsächlich ist. In dieser Arbeit wird lediglich überprüft, wie die manipulierte Mimik auf Außenstehende wirkt. Doch wie nah kommen die simulierten Ergebnisse an das Gesicht ran, bevor die Lähmung auftritt oder wenn diese nachlässt?

In Kapitel 2.2 Was ist eine Fazialisparese? wurden verschiedene Ursachen für die Fazialisparese genannt, jedoch ist die Lähmung nicht bei allen Krankheiten angeboren oder dauerhaft. So könnte in einem weiteren Versuch überprüft werden, was die KI simuliert und wie die Ergebnisse tatsächliche aussehen sollten, wenn sie realistisch sind.

In diesem Rahmen müssten Proband:innen gesucht werden, welche zum Zeitpunkt der Rohaufnahmen gelähmt sind, von denen aber zusätzlich Bilder existieren, welche vor dem Eintritt der Lähmung bzw. nachdem die Lähmung vorüber ist aufgenommen wurden.

Dabei muss darauf geachtet werden, dass die Bilder, welche eine Mimik aufzeigen, nicht in das Training des neuronalen Netzes mit einfließen, denn dadurch würden reale Daten die Ergebnisse verbessern. Es soll allerdings einzig überprüft werden, wie die Anwendung arbeitet, wenn alle Rohdaten von einem Gesicht ohne Mimik kommen.

Anschließend kann mithilfe der in dieser Arbeit vorgestellten Anwendung ein DeepFake generiert werden, sodass die Ergebnisse mit der Originalmimik im Rahmen einer Umfrage verglichen werden können.

Je nachdem, wie sehr die Ergebnisse voneinander abweichen, würde es sich hierbei darüber hinaus anbieten, die Anwendung so weit zu optimieren, sodass die Ergebnisse sich aneinander annähern.

13. Fazit

Das Themenfeld der künstlichen Intelligenz ist sehr komplex und bietet viele neue und interessante Ansätze. In dieser Arbeit wurde untersucht, ob mithilfe von DeepFakes eine Mimik bei Personen, die an einer Fazialisparese leiden, dargestellt werden kann.

Dabei wurden erste verwertbare Ergebnisse generiert und anschließend validiert. Durch diesen Prozess wurde ermittelt, dass die Daten zwar Verbesserungspotenzial haben, doch in einem direkten Vergleich nicht zwangsweise von Originalbildern auseinanderzuhalten sind. Somit konnte die Hypothese „*DeepFakes können bei Personen mit einer Fazialisparese eine Mimik möglichst realistisch simulieren*“ bestätigt werden.

Aus dieser Untersuchung leiteten sich darüber hinaus jedoch weitere Fragen und Aufgaben ab, welche sowohl zur Optimierung der Ergebnisse beitragen als auch die Anwendungsdomänen von neuronalen Netzen erweitern. Dadurch wird die Komplexität ersichtlich und deutet darauf hin, dass in diesem Bereich noch viele neue Entdeckungen gemacht werden können.

Allgemein kann davon ausgegangen werden, dass die KI in Zukunft noch viel Zuwachs erfährt und den Alltag von Menschen erleichtert oder ergänzen kann. Doch sollten dabei auch nicht die Probleme und Risiken außer acht gelassen werden.

Es sollte somit im Interesse aller Personengruppen sein, welche sich mit dem Thema KI auseinandersetzen, dass die geschaffenen Technologien nicht missbraucht werden, sondern für verschiedene ethische und angemessene Verwendungszwecke genutzt werden.

With great power comes great responsibility.

—*Ben Parker, Spiderman*

Literaturverzeichnis

- [1] Sebastian Esch. *Melkersson-Rosenthal-Syndrom*. 2008. URL: <https://flexikon.doccheck.com/de/Melkersson-Rosenthal-Syndrom>. (Abgerufen: 04.05.2022).
- [2] *Amimie*. 2009. URL: <https://flexikon.doccheck.com/de/Amimie>. (Abgerufen: 20.04.2022).
- [3] Dipl.-Biol. Timo Freyer. *Inflammatorisch*. 2012. URL: <https://flexikon.doccheck.com/de/Inflammatorisch>. (Abgerufen: 04.05.2022).
- [4] Nils Nicolay, Dipl.-Biol. Timo Freyer und Dr. Frank Antwerpes. *Immunologisch*. 2012. URL: <https://flexikon.doccheck.com/de/Immunologisch>. (Abgerufen: 04.05.2022).
- [5] Wolfgang Briegel. „Motorische und sprachliche Entwicklung sowie Verhaltensmerkmale bei Moebius-Syndrom“. In: Apr. 2014, S. 67–84.
- [6] Dr. Frank Antwerpes, Jannik Blaschke und Nils Nicolay. *Idiopathisch*. 2015. URL: <https://flexikon.doccheck.com/de/Idiopathisch>. (Abgerufen: 04.05.2022).
- [7] Dr. Frank Antwerpes. *Maskengesicht*. 2016. URL: <https://flexikon.doccheck.com/de/Maskengesicht>. (Abgerufen: 20.04.2022).
- [8] Phillip Isola u. a. *Image-to-Image Translation with Conditional Adversarial Networks*. 2016. DOI: 10.48550/ARXIV.1611.07004. URL: <https://arxiv.org/abs/1611.07004>.
- [9] Wolfgang Sterry und Pschyrembel Redaktion. *Maskengesicht*. 2016. URL: <https://www.pschyrembel.de/Maskengesicht/KODR2>. (Abgerufen: 20.04.2022).
- [10] Yunjey Choi u. a. „StarGAN: Unified Generative Adversarial Networks for Multi-Domain Image-to-Image Translation“. In: *CoRR* abs/1711.09020 (2017). arXiv: 1711.09020. URL: <http://arxiv.org/abs/1711.09020>.
- [11] Christopher Hesse. *Image-to-Image Translation in Tensorflow*. 2017. URL: <https://affinelayer.com/pix2pix/>. (Abgerufen: 23.06.2022).
- [12] Justus Thies u. a. „Face2Face: Real-Time Face Capture and Reenactment of RGB Videos“. In: *Commun. ACM* 62.1 (Dez. 2018), S. 96–104. ISSN: 0001-0782. DOI: 10.1145/3292039. URL: <https://doi.org/10.1145/3292039>.
- [13] James Massola. *Sex tape scandal grips Malaysia, clouding Mahathir-Anwar handover*. 2019. URL: <https://www.smh.com.au/world/asia/sex-tape-scandal-grips-malaysia-clouding-mahathir-anwar-handover-20190717-p5283b.html>. (Abgerufen: 30.11.2022).
- [14] Linnea Mathies, Leonard Richter und Maria Fischer. *Möbius-Syndrom*. 2019. URL: <https://flexikon.doccheck.com/de/M%C3%B6bius-Syndrom>. (Abgerufen: 04.05.2022).
- [15] Prof. Dr. O. Michel u. a. *Otitis media*. 2019. URL: <https://flexikon.doccheck.com/de/Mittelohrentz%C3%BCndung>. (Abgerufen: 04.05.2022).
- [16] Anna Ridler. *Mosaic Virus*. 2019. URL: <http://annaridler.com/mosaic-virus>. (Abgerufen: 10.06.2022).
- [17] Jantje Bohlmann. *Was ist eine Fazialisparese?* 2020. URL: <https://www.tk.de/techniker/gesundheits-und-medizin/behandlungen-und-medizin/neurologische-einschraenkungen/was-ist-eine-fazialisparese-2016400?tkcm=aaus>. (Abgerufen: 12.08.2022).
- [18] Dipl.-Ing. (FH) Stefan Luber und Nico Litzelr. *Was ist ein Deepfake?* 2020. URL: <https://www.bigdata-insider.de/was-ist-ein-deepfake-a-915237/>. (Abgerufen: 11.05.2022).

- [19] Nils Nicolay u. a. *Bell-Lähmung*. 2020. URL: https://flexikon.doccheck.com/de/Bell%5C%27sche_L%5C%C3%5C%A4hmung. (Abgerufen: 04.05.2022).
- [20] Nils Nicolay u. a. *Heerfordt-Syndrom*. 2020. URL: <https://flexikon.doccheck.com/de/Heerfordt-Syndrom>. (Abgerufen: 04.05.2022).
- [21] TMBDF. *DeepFaceLab 2.0 Guide*. 2020. URL: <https://mrdeepfakes.com/forums/threads/guide-deepfacelab-2-0-guide.3886/>. (Abgerufen: 21.06.2022).
- [22] *Fazialislähmung*. 2021. URL: <https://www.css.ch/de/privatkunden/meine-gesundheit/gesundheitslexikon/krankheitsbilder/fazialislaehmung.html>. (Abgerufen: 30.04.2022).
- [23] *Multiple Sklerose*. 2021. URL: <https://www.css.ch/de/privatkunden/meine-gesundheit/gesundheitslexikon/krankheitsbilder/multiple-sklerose.html>. (Abgerufen: 04.05.2022).
- [24] *Parkinson*. 2021. URL: <https://www.css.ch/de/privatkunden/meine-gesundheit/gesundheitslexikon/krankheitsbilder/parkinson.html>. (Abgerufen: 04.05.2022).
- [25] *The Mandalorian: Luke Skywalker deepfake technology 'could be used in really bad ways'*. 2021. URL: <https://www.bbc.co.uk/newsround/58340104>. (Abgerufen: 10.06.2022).
- [26] Georg Graf von Westphalen u. a. *Hirnblutung*. 2021. URL: <https://flexikon.doccheck.com/de/Hirnblutung>. (Abgerufen: 04.05.2022).
- [27] 2022. URL: <https://www.tensorflow.org/tutorials/generative/pix2pix>. (Abgerufen: 13.08.2022).
- [28] Dr. Benjamin Abels u. a. *Hirnfarkt*. 2022. URL: <https://flexikon.doccheck.com/de/Hirnfarkt>. (Abgerufen: 04.05.2022).
- [29] Patrick Albus. *Face2Face*. Berechtigungsgeschützt in Github - Zugriff kann bei patrick.albus@smail.th-koeln.de angefragt werden. 2022. URL: <https://github.com/Narua2010/Face2Face>. (Abgerufen: 21.06.2022).
- [30] Dr. Frank Antwerpes u. a. *Fazialisparese*. 2022. URL: <https://flexikon.doccheck.com/de/Fazialisparese>. (Abgerufen: 30.04.2022).
- [31] Emrah Hircin u. a. *Guillain-Barré-Syndrom*. 2022. URL: <https://flexikon.doccheck.com/de/Guillain-Barr%5C%C3%5C%A9-Syndrom>. (Abgerufen: 04.05.2022).
- [32] Emrah Hircin u. a. *Sarkoidose*. 2022. URL: <https://flexikon.doccheck.com/de/Sarkoidose>. (Abgerufen: 04.05.2022).
- [33] A. Koenitz u. a. *Meningitis*. 2022. URL: <https://flexikon.doccheck.com/de/Meningitis>. (Abgerufen: 04.05.2022).
- [34] Nils Nicolay u. a. *Lyme-Borreliose*. 2022. URL: <https://flexikon.doccheck.com/de/Lyme-Borreliose>. (Abgerufen: 04.05.2022).
- [35] *Anaconda*. URL: <https://www.anaconda.com/>. (Abgerufen: 21.06.2022).
- [36] datitran. *face2face-demo*. URL: <https://github.com/datitran/face2face-demo>. (Abgerufen: 23.06.2022).
- [37] *faceswap*. URL: <https://github.com/deepfakes/faceswap>. (Abgerufen: 21.06.2022).
- [38] *Frames per second*. URL: <https://www.aleksundshantu.com/wiki/frames-per-second/>. (Abgerufen: 14.07.2022).

- [39] *Gesichtslähmung (Facialisparese)*. URL: <https://www.logopaedie-vonschwanewede.de/therapien-fuer-erwachsene-facialisparese-fazialisparese-gesichtslaehmung-logopaedie-hannover.htm>. (Abgerufen: 30.04.2022).
- [40] *Hypomimie*. URL: <https://www.medizin-kompakt.de/hypomimie>. (Abgerufen: 20.04.2022).
- [41] iperov. *DeepFaceLab*. URL: <https://github.com/iperov/DeepFaceLab>. (Abgerufen: 21.06.2022).
- [42] iperov. *DeepFaceLab - De-age the face*. URL: <https://github.com/iperov/DeepFaceLab#de-age-the-face>. (Abgerufen: 10.06.2022).
- [43] iperov. *DeepFaceLab - Manipulate politicians lips*. URL: <https://github.com/iperov/DeepFaceLab#manipulate-politicians-lips>. (Abgerufen: 10.06.2022).
- [44] iperov. *DeepFaceLab - Replace the head*. URL: <https://github.com/iperov/DeepFaceLab#replace-the-head>. (Abgerufen: 10.06.2022).
- [45] iperov. *DeepFaceLive*. URL: <https://github.com/iperov/DeepFaceLive>. (Abgerufen: 05.06.2022).
- [46] Aron Köcher. *Whitepaper zum Thema „Deepfakes“*. URL: <https://ai.hdm-stuttgart.de/downloads/student-white-paper/Sommer-2020/Deepfakes.pdf>. (Abgerufen: 11.05.2022).
- [47] *Max Pooling*. URL: <https://paperswithcode.com/method/max-pooling>. (Abgerufen: 11.05.2022).
- [48] *Max-pooling / Pooling*. URL: https://computersciencewiki.org/index.php/Max-pooling/_Pooling. (Abgerufen: 18.11.2022).
- [49] *Moebius-Syndrom Deutschland e.V.* URL: <https://www.moebius-syndrom.de/>. (Abgerufen: 17.08.2022).
- [50] *Project Revoice*. URL: <https://www.projectrevoice.org/>. (Abgerufen: 10.06.2022).
- [51] *Pytorch*. URL: <https://pytorch.org/>. (Abgerufen: 23.06.2022).
- [52] *StarGan - Official PyTorch Implementation*. URL: <https://github.com/yunjey/stargan>. (Abgerufen: 09.11.2022).
- [53] *TensorFlow*. URL: <https://www.tensorflow.org/>. (Abgerufen: 23.06.2022).
- [54] Xintao Wang u. a. *GFPGAN*. URL: <https://github.com/TencentARC/GFPGAN>. (Abgerufen: 12.10.2022).
- [55] Jun-Yan Zhu. *CycleGAN and pix2pix in PyTorch*. URL: <https://github.com/junyanz/pytorch-CycleGAN-and-pix2pix>. (Abgerufen: 27.08.2022).

Anhang

Selbsteinschätzung sicherheitsrelevanter und ethischer Aspekte in Forschungsvorhaben

Kommission zur Verantwortung in der Wissenschaft
kvw@th-koeln.de

**Technology
Arts Sciences
TH Köln**

Selbsteinschätzung sicherheitsrelevanter und ethischer Aspekte in Forschungsvorhaben

1. Berührt das Vorhaben Ihrer Einschätzung nach ethische Aspekte?

*Bestehen z. B. Konflikte mit zentralen forschungsethischen Prinzipien Ihrer Fachdisziplin; besteht z. B. das Risiko, dass die Menschenwürde oder die Persönlichkeitsrechte der Studienteilnehmer*innen beeinträchtigt werden?*

Nein Ja

Bitte erläutern Sie dies:

Durch die Künstliche Intelligenz besteht die Möglichkeit, die Gesichter und Bilder in jeglicher Form zu manipulieren. Dadurch könnten die Persönlichkeitsrechte der Teilnehmer beeinträchtigt werden.

Außerdem fallen die Daten von Personen mit einer Fazialisparese (Gesichtslähmung) unter das medizinische Vertraulichkeitsrecht. Diese Daten müssen mit besonderer Sorgfalt bearbeitet werden.

Es muss somit darauf geachtet werden, dass das Bildmaterial im Einverständnis und Interesse der Probanden erhoben, verarbeitet und veröffentlicht wird.

2. Ist es wahrscheinlich, dass es sich bei der wissenschaftlichen Arbeit um sicherheitsrelevante Forschung¹ in u.g. Kontexten² handelt?

Nein Ja

Bitte erläutern Sie, welche sicherheitsrelevanten Aspekte in Ihrem Forschungsvorhaben berührt werden:

In der Arbeit werden bestehende Technologien verwendet, um die Möglichkeiten und Grenzen dieser aufzuzeigen. Somit wird kein direktes Wissen, Produkt oder Technologie hervorgebracht, die unmittelbar von Dritten missbraucht werden könnten.

¹ Vgl. Gemeinsamer Ausschuss zum Umgang mit sicherheitsrelevanter Forschung von DFG und Leopoldina: Tätigkeitsbericht 2020 S.30: **Definition sicherheitsrelevante Forschung:** „... wissenschaftliche Arbeiten, bei denen die Möglichkeit besteht, dass sie Wissen, Produkte oder Technologien hervorbringen, die unmittelbar von Dritten missbraucht werden können, um Menschenwürde, Leben, Gesundheit, Freiheit, Eigentum, Umwelt oder ein friedliches Zusammenleben erheblich zu schädigen.“

² Der Komplex der doppelten Verwendbarkeit wissenschaftlicher Forschungsergebnisse wird als „Dual-Use-Problematik“ bezeichnet, d.h. Forschungsergebnisse können missbräuchlich oder nicht im ursprünglich intendierten Sinne verwendet werden. Weiterführende Informationen können Sie einer gemeinsamen [Stellungnahme](#) von DFG und Leopoldina entnehmen.

3. Ist es möglich, dass Kooperationspartnerinnen und -partner im Rahmen dieser Arbeiten zusätzliche sicherheitsrelevante Risiken im o.g. Sinne verursachen?

Nein Ja

Bitte erläutern Sie, um welche sicherheitsrelevanten Aspekte es sich handelt.

Im Rahmen dieser Arbeit werden keine Versuchdaten an Kooperationspartner weitergeleitet. Alle Kooperationspartner dienen lediglich zur Beschaffung von Informationsmaterial und helfen bei der Herstellung von Kontakten mit Probanden, um Trainingsdaten für die Künstliche Intelligenz zu sammeln.

4. Steht die Arbeit mit rechtlichen Regularien³ in Konflikt und ist daher neben der Stellungnahme durch die Kommission zur Verantwortung in der Wissenschaft eine weitergehende Prüfung notwendig?

Nein Ja

Wenn ja, bitte geben Sie an, welche rechtlichen Regularien betroffen sind:

Bei der Arbeit muss darauf geachtet werden, dass die Datenschutzbestimmungen eingehalten werden. Für jegliche Materialien wird somit eine schriftliche Einverständniserklärung der einzelnen Teilnehmer benötigt.

- Falls **alle Fragen mit nein** beantwortet wurden, wird diese Selbsteinschätzung bei den eigenen Projektunterlagen zu Dokumentationszwecken abgelegt.
- Falls **mindestens eine der Fragen mit ja** beantwortet wurde, sollte der Kommission zur Verantwortung in der Wissenschaft ein Antrag auf Stellungnahme vorgelegt werden. Sofern keine Antragstellung an die Kommission zur Verantwortung in der Wissenschaft erfolgt, ist die Begründung hier entsprechend für Ihre eigenen Unterlagen zu dokumentieren.

Bevor Informationen von den Probanden gesammelt, bearbeitet oder veröffentlicht werden, müssen diese ihr schriftliches Einverständnis abgeben. Es wird darauf geachtet, dass alle Teilnehmer volljährig und selbstständig Entscheidungsfähig sind. Dadurch soll der Versuch im Interesse der Teilnehmer stattfinden, ohne rechtliche oder ethische Regularien zu verletzen.

- Sofern das Vorhaben bereits von einer anderen Ethikkommission geprüft wurde oder sich in Prüfung befindet, ist kein weiterer Antrag auf Stellungnahme bei der Kommission zur Verantwortung in der Wissenschaft notwendig. Dies **gilt nur, wenn ethische Aspekte betroffen sind**. Falls es sich um sicherheitsrelevante Forschung handelt, ist ein Antrag bei der Kommission zur Verantwortung in der Wissenschaft zu stellen.

³ Z. B. Reguläres Strafrecht, Exportkontrollrecht sowie die Ausfuhrbestimmungen des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA), das Biowaffen- und das Chemiewaffenübereinkommen, Schutz der Menschenrechte, humanitäres Völkerrecht, Kriegsvölkerrecht, Folter- und Gewaltverbot, Biodiversitäts-Konvention.

Ausschreibung für die Suche nach entsprechenden Proband:innen

Sehr geehrte Damen und Herren,

in meiner Masterabschlussarbeit an der Technischen Hochschule Köln untersuche ich die Anwendung von künstlicher Intelligenz auf Gesichter mit einer Fazialisparese (reduzierter bzw. aufgehobener Mimik). Das Ziel dieser Untersuchung ist es herauszufinden, ob eine realistische Mimik generiert werden kann oder die Manipulation durch einzelne Details ersichtlich ist.

Hierfür suche ich Proband:innen ab 18 Jahren, die an einer einseitigen oder beidseitigen Fazialisparese leiden.

Ablauf der Studie

Für die Studie werden im ersten Schritt Trainingsdaten für die künstliche Intelligenz gesammelt. Bei diesen Trainingsdaten handelt es sich um Bild- und Videomaterial von Ihrem Gesicht, in denen verschiedene Gesichtsbewegungen, wie zum Beispiel Sprechen, Essen und Trinken sichtbar sind. Dieses Material können Sie entweder selbst aufnehmen oder im Rahmen eines Treffens aufnehmen lassen. Benötigt werden für die Studie ca. 5 Minuten Videomaterial, welches auch gerne aus mehreren einzelnen Videos bestehen kann.

Mithilfe der Daten wird die künstliche Intelligenz trainiert und soll anschließend die Mimik im Gesicht simulieren können. Die Aufnahmen aller Teilnehmer, die an einer Fazialisparese leiden, werden vertraulich behandelt und keiner nicht am Versuch mitwirkenden Person gezeigt.

Im letzten Schritt soll das von der künstlichen Intelligenz generierte Bild- und Videomaterial zusammen mit weiteren Daten von Personen, welche nicht an einer Fazialisparese leiden, verglichen werden. Hierzu werden die Aufnahmen einer Gruppe von Testpersonen gezeigt, die anschließend beurteilen sollen, welche Aufnahmen von der künstlichen Intelligenz simuliert wurden.

Chancen durch die Studie

Ihre Teilnahme an der Studie kann dazu beitragen, die Möglichkeiten und Grenzen von künstlicher Intelligenz zu untersuchen. Bei einer erfolgreichen Umsetzung der Mimik, können darüber hinaus verschiedene Anwendungsfälle, wie z.B. Videotelefonie, untersucht werden, in welchem die künstliche Intelligenz angewendet werden kann.

Auf Wunsch erhalten Sie das Bild- und Videomaterial von Ihrem Gesicht mit der dargestellten Mimik.

**Bei weiteren Fragen zur Studie oder Interesse an einer Teilnahme kontaktieren Sie mich gerne per E-Mail unter folgender Adresse:
patrick.albus@smail.th-koeln.de**

Mit freundlichen Grüßen
Patrick Albus

Studieninformationen für die Proband:innen

Studieninformation

Die Grenzen von DeepFake - Anwendung von DeepFake bei Personen mit einer Fazialisparese

Sehr geehrte Damen und Herren,

ich frage Sie hier an, ob Sie bereit wären, an meinem Forschungsvorhaben mitzuwirken.

Ihre Teilnahme ist freiwillig. Alle Daten, die in diesem Forschungsprojekt erhoben werden, unterliegen strengen Datenschutzvorschriften.

Das Forschungsvorhaben wird von Patrick Albus durchgeführt. Bei Interesse informiere ich Sie gerne über die Ergebnisse aus diesem Forschungsprojekt.

In einem persönlichen Gespräch kann ich mit Ihnen alle Punkte durchgehen und Ihre Fragen beantworten. Damit Sie sich bereits jetzt ein Bild machen können, folgt hier das Wichtigste vorweg. Im Anschluss folgen weitere, detaillierte Informationen.

Warum führe ich dieses Forschungsvorhaben durch?

Künstliche Intelligenz ist in vielen Bereichen wiederzufinden und liefert dort neue Möglichkeiten und Chancen. So konnten DeepFakes bereits eingesetzt werden, um zum Beispiel Personen mit Stimmverlust eine authentische Stimme zurückzugeben. Für ein solches Vorgehen werden entsprechende Trainingsdaten benötigt, anhand derer die Anwendung lernen kann. Ebenso verhält es sich bei der Anpassung von Gesichtern.

In meinem Forschungsvorhaben möchte ich herausfinden, ob ich durch ein entsprechendes Training eine realistische Mimik bei Gesichtern reproduzieren kann, welche keine Mimik haben. Dadurch sollen weitere Möglichkeiten oder potenzielle Grenzen einer künstlichen Intelligenz evaluiert werden.

Was müssen Sie bei einer Teilnahme tun?

Wenn Sie sich entscheiden an dem Forschungsvorhaben teilzunehmen, bitte ich Sie ca. 5 Minuten Videomaterial von Ihrem Gesicht zur Verfügung zu stellen. Dieses Material können Sie entweder selbst aufnehmen oder im Rahmen eines Treffens aufnehmen lassen. Mithilfe der gesammelten Daten soll im Anschluss die künstliche Intelligenz trainiert und angewendet werden.

Welcher Nutzen und welches Risiko sind mit dem Forschungsvorhaben verbunden?

Ihre Teilnahme an der Studie kann dazu beitragen, die Möglichkeiten und Grenzen von künstlicher Intelligenz zu untersuchen. Bei einer erfolgreichen Umsetzung der Mimik können darüber hinaus verschiedene Anwendungsfälle, wie z.B. Videotelefonie, untersucht werden, in welchen die künstliche Intelligenz angewendet werden kann.

Zusätzlich erhalten Sie die Option das entsprechende Bild- und Videomaterial von Ihrem Gesicht mit dargestellter Mimik zu erhalten.

Mit Ihrer Unterschrift in der Einverständniserklärung bezeugen Sie, dass Sie freiwillig teilnehmen und die Inhalte des gesamten Dokuments verstanden haben.

Detaillierte Information

1. Ziel und Auswahl

Mein Forschungsvorhaben bezeichne ich in dieser Informationsschrift als *Forschungsprojekt*. Wenn Sie an diesem Forschungsprojekt teilnehmen, sind Sie eine *Teilnehmerin* bzw. ein *Teilnehmer*.

In diesem Forschungsprojekt möchte ich die Grenzen von DeepFakes bzw. künstlicher Intelligenz ermitteln und neue Chancen und Möglichkeiten herausarbeiten. Es soll untersucht werden, ob mithilfe von künstlicher Intelligenz die Mimik bei Teilnehmer/innen, welche an einer Fazialisparese leiden, realistisch simuliert werden kann oder ob die Manipulation durch spezielle Details wie z. B. den Zähnen ersichtlich wird.

Ich frage Sie an, da Sie entweder an einer Fazialisparese leiden und ich von Ihnen Bild- bzw. Videomaterial für die Umsetzung benötige oder Sie zur Kontrollgruppe ohne Fazialisparese gehören. Die Daten der Kontrollgruppe sollen anschließend mit den bearbeiteten Materialien verglichen werden, um zu bewerten, ob die Manipulation realistisch wirkt.

2. Allgemeine Informationen

Es ist bereits einiges über Deepfakes bzw. künstliche Intelligenz und manipulierte Videos von verschiedenen Personen des öffentlichen Lebens bekannt. Jedoch wird für das entsprechende Training eine Vielzahl von Gesichtsdaten mit verschiedenen Mimiken benötigt. Wie eine solche Manipulation jedoch aussieht, wenn das zu trainierende Gesicht keine entsprechende Mimik aufweist, ist noch relativ unbekannt.

Daher möchte ich herausfinden, ob eine entsprechende Manipulation bei Personen mit einer Fazialisparese möglich ist und wie realistisch die Ergebnisse sind.

Das gesamte Forschungsprojekt läuft ca. 6 Monate, wovon in den ersten 3 Monaten Bild- und Videomaterial von den Teilnehmern gesammelt wird, welches in der Restzeit bearbeitet und evaluiert werden soll.

Das Forschungsprojekt wird so umgesetzt, wie es die Gesetze in Deutschland vorschreiben.

3. Ablauf

Für das Forschungsprojekt wird im ersten Schritt Bild- und Videomaterial von Ihnen gesammelt. Dieses Material können Sie entweder selbst aufnehmen oder im Rahmen eines Treffens aufnehmen lassen. Benötigt werden für die Studie ca. 5 Minuten Videomaterial, welche auch gerne aus mehreren einzelnen Videos bestehen kann.

Mithilfe der Daten wird die künstliche Intelligenz trainiert und soll anschließend die Mimik im Gesicht simulieren können.

Anschließend soll das von der künstlichen Intelligenz generierte Bild- und Videomaterial zusammen mit Daten der Kontrollgruppe verglichen werden. Hierzu werden die Aufnahmen einer Gruppe von Testpersonen gezeigt, die anschließend beurteilen soll, welche Aufnahmen von der künstlichen Intelligenz simuliert wurden. Sie haben in der Einwilligung die Möglichkeit, dieser Umfrage zu widersprechen. In diesem Fall wird das Material ausschließlich den betreuenden Professor/innen zur Verfügung gestellt.

4. Nutzen

Wenn Sie bei diesem Forschungsprojekt mitwirken, helfen Sie, mögliche Grenzen oder Möglichkeiten von künstlicher Intelligenz zu ermitteln.

Darüber hinaus können Sie bei einer erfolgreichen Umsetzung sehen, wie Ihr Gesicht mit einer entsprechenden Mimik aussehen würde.

5. Freiwilligkeit und Pflichten

Sie nehmen freiwillig teil. Wenn Sie nicht an diesem Forschungsprojekt teilnehmen oder später Ihre Teilnahme zurückziehen wollen, müssen Sie dies nicht begründen.

Wenn Sie an diesem Forschungsprojekt teilnehmen, werden Sie gebeten, sich an die Vorgaben und Anforderungen des Forschungsprojekts zu halten.

6. Risiken und Belastungen

Durch das Forschungsprojekt sind Sie ausschließlich einem geringfügigen Datenrisiko ausgesetzt. Da das zur Verfügung gestellte Bild- und Videomaterial von einer künstlichen Intelligenz manipuliert wird, können die Ergebnisse möglicherweise nicht Ihren Vorstellungen entsprechen. Es wird darauf geachtet, dass die Daten in Ihrem Interesse gesammelt und bearbeitet werden. Im Zweifel halte ich Rücksprache mit Ihnen, sodass Sie jederzeit entscheiden können ob Ihre Daten weiter verwendet werden dürfen.

7. Ergebnisse

Es gibt

1. individuelle Ergebnisse des Forschungsprojekts, die Sie direkt betreffen,
2. objektive End-Ergebnisse des gesamten Forschungsprojekts.

Zu 1: Auf Wunsch kann ich Ihnen das bearbeitete Bild- und Videomaterial während der Durchführung zukommen lassen. Dadurch können Sie erkennen, wie Ihr Gesicht mit einer entsprechend simulierten Mimik aussieht. Anschließend können Sie jederzeit erneut entscheiden, ob Sie an dem Projekt weiter teilnehmen möchten.

Zu 2: Ich kann Ihnen am Ende des Forschungsprojekts eine Zusammenfassung der Gesamtergebnisse zukommen lassen.

8. Vertraulichkeit von Daten

8.1 Datenverarbeitung

Für dieses Forschungsprojekt werden Daten zu Ihrer Person erfasst und bearbeitet. Bei der Datenerhebung wird darauf geachtet, dass keine Verbindung zwischen dem Bild- und Videomaterial zu weiteren persönlichen Informationen, wie z. B. Ihrem Namen, hergestellt werden kann. Ich allein werde in der Lage sein, die Daten zuzuordnen zu können und werde diese Informationen mit keiner anderen Person teilen. Sie als teilnehmende Person haben das Recht auf Einsicht in Ihre Daten.

8.2 Datenschutz

Alle Vorgaben des Datenschutzes werden streng eingehalten.

8.3 Einsichtsrecht bei Kontrollen

Dieses Forschungsprojekt kann durch die zuständige Ethikkommission und die betreuenden Professor/innen überprüft werden. Ich muss dann Ihre Daten für solche Kontrollen offenlegen. Die entsprechenden Personen müssen absolute Vertraulichkeit wahren.

8.4 Veröffentlichung und Benotung

Bei dem Forschungsprojekt handelt es sich um eine Masterabschlussarbeit. Diese muss abschließend von den betreuenden Professor/innen benotet werden und kann zusätzlich veröffentlicht werden. In der Einwilligungserklärung haben Sie die Möglichkeit auszuwählen, ob die Studienergebnisse und Bildmaterialien von Ihnen ohne Hinweis auf weitere personenbezogene Daten veröffentlicht oder ausschließlich an die betreuenden Professor/innen weitergeleitet werden dürfen.

9. Rücktritt

Sie können jederzeit ohne Angaben von Gründen und ohne nachteilige Folgen von dem Forschungsprojekt zurücktreten und einer Weiterverarbeitung der Daten und Bild-/Videomaterialien widersprechen. Die bis dahin erhobenen Daten werden daraufhin vernichtet.

10. Entschädigung

Wenn Sie an diesem Forschungsprojekt teilnehmen, bekommen Sie dafür keine Entschädigung.

11. Kontaktperson

Sie dürfen jederzeit Fragen zur Projektteilnahme stellen. Auch bei Unsicherheiten, die während des Forschungsprojekts oder danach auftreten, wenden Sie sich bitte an:

Patrick Albus
In der Bockemühle 20
51702 Bergneustadt
Telefonnummer: +4915222391492
E-Mail-Adresse: patrick.albus@smail.th-koeln.de

Einwilligungserklärung für die Proband:innen

Einwilligungserklärung

Die Grenzen von DeepFake -
Anwendung von DeepFake bei Personen mit einer Fazialisparese

Hiermit erkläre ich,

Vorname

Name

Geburtsdatum

dass ich durch Herrn Patrick Albus mündlich oder schriftlich über das Wesen und die Bedeutung der wissenschaftlichen Untersuchung im Rahmen der Studie *Die Grenzen von DeepFake - Anwendung von DeepFake bei Personen mit einer Fazialisparese* informiert wurde und ausreichend Gelegenheit hatte, meine Fragen zu klären.

Mir ist bekannt, dass ich das Recht habe, meine Einwilligung jederzeit ohne Angabe von Gründen und ohne nachteilige Folgen für mich zurückzuziehen und einer Weiterverarbeitung meiner Daten und Bild-/Videomaterialien widersprechen und ihre Vernichtung verlangen kann. Ich habe eine Kopie der schriftlichen Studieninformation und der Einwilligungserklärung erhalten.

Ich erkläre, dass ich freiwillig bereit bin, an der wissenschaftlichen Studie teilzunehmen.

Ich erkläre mich damit einverstanden,

1. dass meine für den Zweck der o.g. Studie nötigen personenbezogenen Daten wie in der Studieninformation beschrieben, durch den Studienbetreuer erhoben und pseudonymisiert aufgezeichnet und verarbeitet werden, auch auf elektronischen Datenträgern;

2. Bitte auswählen:

- dass die bearbeiteten Bildmaterialien von mir **ohne Hinweis auf weitere personenbezogene Daten, im Rahmen einer Umfrage**, einem im voraus ausgewählten Personenkreis **gezeigt werden dürfen**;
- dass die bearbeiteten Bildmaterialien von mir **für eine Evaluation zur Verfügung gestellt werden, jedoch nicht im Rahmen einer Umfrage, Dritten gezeigt werden dürfen**;

3. Bitte auswählen:

- dass die Studienergebnisse und Bildmaterialien von mir **ohne Hinweis auf weitere personenbezogene Daten veröffentlicht werden dürfen**.
- dass die Studienergebnisse in **anonymisierter Form, die keinen Rückschluss auf meine Person zulässt, veröffentlicht werden**. Das entsprechende **Bildmaterial zu meiner Person wird ausschließlich an die betreuenden Personen im Rahmen der Abschlussarbeit übermittelt**.

Ort, Datum

Unterschrift des/der Teilnehmers/in

Hiermit erkläre ich, den/die Teilnehmer/in über Wesen und Bedeutung der o.g. Studie mündlich oder schriftlich aufgeklärt, alle Fragen beantwortet und ihm/ihr eine Kopie der Studieninformation und der Einwilligungserklärung übergeben, zu haben.

Ort, Datum

Unterschrift des/der Studienleiters/in

Umfrage

Allgemeine Informationen

Die nachfolgende Umfrage gehört zur Masterabschlussarbeit von Patrick Albus. In dieser Arbeit wird die Nutzung von DeepFake-Anwendungen bei Personen mit einer Fazialisparese untersucht. Dabei handelt es sich um eine Lähmung des Gesichtsnervs, wodurch die betroffenen Menschen keine bzw. keine vollständige Mimik im Gesicht haben. Es soll hierbei getestet werden, ob mithilfe von DeepFake eine realistische Mimik generiert werden kann.

Mithilfe der Umfrage sollen die manipulierten Gesichter realen Gesichtern gegenüber gestellt werden. Dadurch soll überprüft werden, ob der Fake realistisch wirkt oder ob ersichtlich ist, dass es sich um eine Fälschung handelt.

Anmerkung: Alle Angaben in dieser Umfrage werden vertraulich behandelt.

Weiter

Persönliche Informationen

Wie alt sind Sie?

Wie ist Ihr Geschlecht?

- Männlich
- Weiblich
- Divers

Was ist Ihr höchster Bildungsabschluss?

- Kein Abschluss
- Hauptschulabschluss
- Realschulabschluss
- Fachhochschulreife
- Allgemeine Hochschulreife
- Fachwirt IHK
- Bachelor
- Betriebswirt IHK
- Diplom
- Master
- Promotion
- Anderer

Zurück

Weiter

Anpassung der Bildauflösung

Die Anwendungen, um einen entsprechenden Deepfake zu erstellen, arbeiten mit einer geringen Bildauflösung. Damit diese zu einem späteren Zeitpunkt realistisch aussehen, müssen diese entsprechend skaliert werden.

Dabei entsteht jedoch eine gewisse Bildunschärfe und das Material sieht unscharf und verpixelt aus. Damit die Daten verwendet werden können, müssen diese somit bearbeitet werden. Dieser Prozess soll ebenfalls von der Anwendung automatisch durchgeführt werden.

Dementsprechend sollen bei den kommenden Fragen überprüft werden, ob die bearbeiteten Bilder der vorgegebenen Person entsprechen oder ob gewisse Details auffällig sind.

Dafür werden sowohl das Bild mit niedriger Auflösung als auch das hochskalierte Bild gegenüber gestellt. Bitte beantworten Sie entsprechend, ob die Personen identisch (unabhängig von der Bildqualität) aussehen oder nicht. Sollten die abgebildeten Gesichter unabhängig von der Bildqualität nicht identisch aussehen, begründen Sie bitte, welche Merkmale zu Ihrer Entscheidung geführt haben.

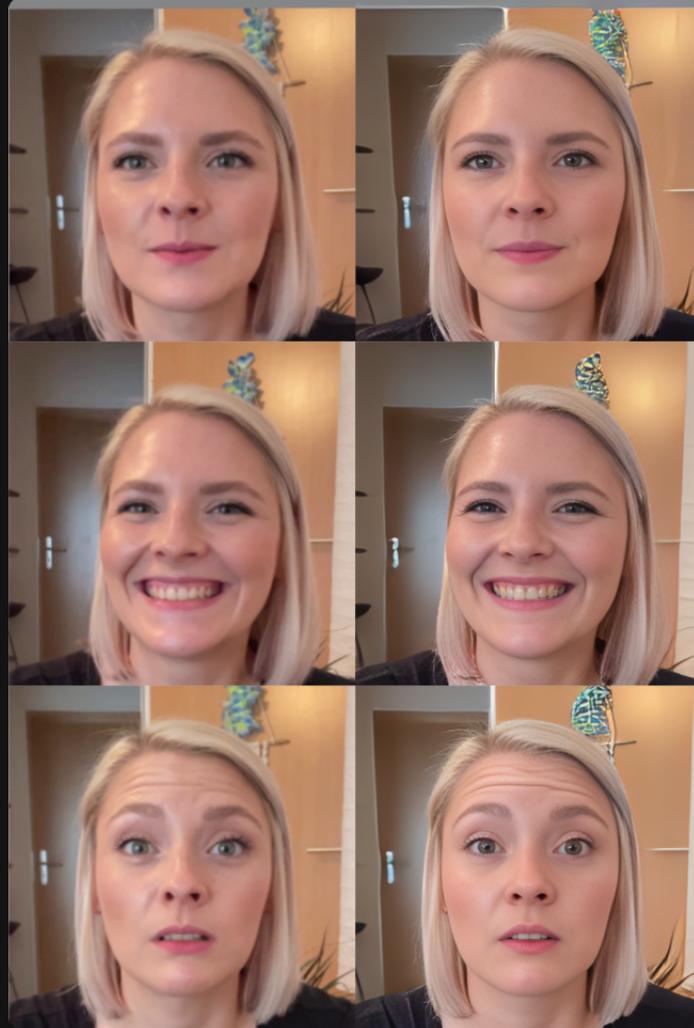
Zurück

Weiter

Gegenüberstellung 1

Nachfolgend werden drei Bilder gezeigt, welche sowohl das Originalbild als auch die entsprechende hochskalierte Version zeigen.

Bitte beantworten Sie, ob die Gesichter unabhängig von der Bildqualität identisch aussehen oder nicht. Begründen Sie bitte Ihre Entscheidung.



Antwort *

Text eingeben...

Zurück

Weiter

Gegenüberstellung 2

Nachfolgend werden drei Bilder gezeigt, welche sowohl das Originalbild als auch die entsprechende hochskalierte Version zeigen.

Bitte beantworten Sie, ob die Gesichter unabhängig von der Bildqualität identisch aussehen oder nicht. Begründen Sie bitte Ihre Entscheidung.



Antwort *

Text eingeben...

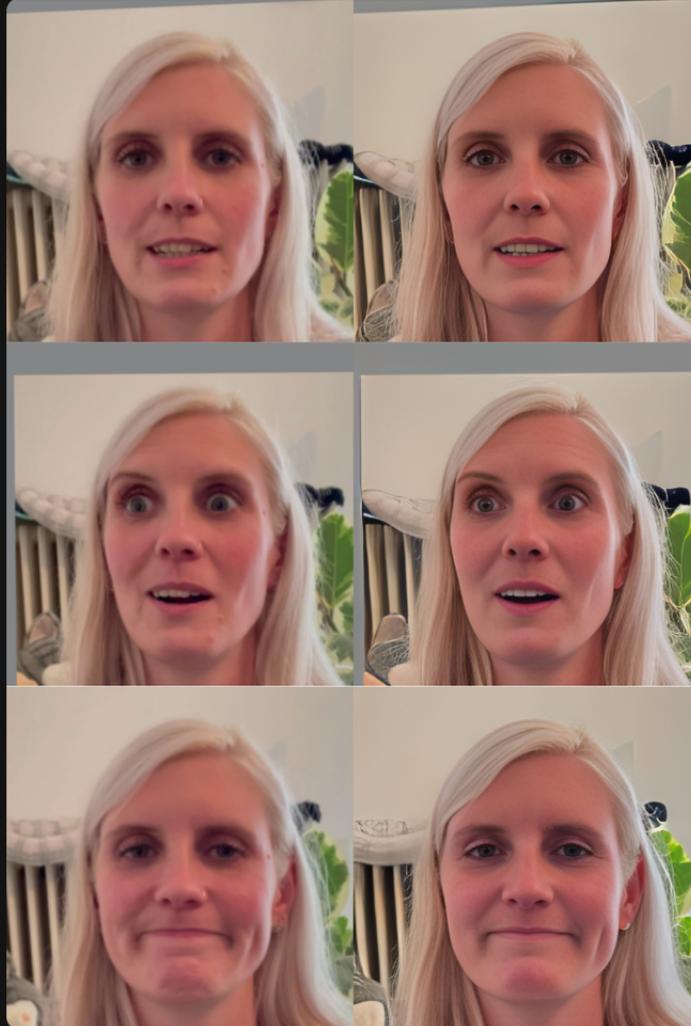
Zurück

Weiter

Gegenüberstellung 3

Nachfolgend werden drei Bilder gezeigt, welche sowohl das Originalbild als auch die entsprechende hochskalierte Version zeigen.

Bitte beantworten Sie, ob die Gesichter unabhängig von der Bildqualität identisch aussehen oder nicht. Begründen Sie bitte Ihre Entscheidung.



Antwort *

Text eingeben...

Zurück

Weiter

Gegenüberstellung 4

Nachfolgend werden drei Bilder gezeigt, welche sowohl das Originalbild als auch die entsprechende hochskalierte Version zeigen.

Bitte beantworten Sie, ob die Gesichter unabhängig von der Bildqualität identisch aussehen oder nicht. Begründen Sie bitte Ihre Entscheidung.



Antwort *

Text eingeben...

Zurück

Weiter

Anpassung der Mimik

Im nächsten Schritt soll die Manipulation der Mimik überprüft werden. Dafür werden verschiedene Bilder mit entsprechenden Gesichtsausdrücken gezeigt. Hierbei sollen bitte **ALLE** Bilder ausgewählt werden, bei denen es sich Ihrer Meinung nach um eine **Fälschung** handelt.

Bitte achten Sie hierbei auf alle entsprechenden Details und begründen sie optional Ihre Entscheidung.

Bei der Begründung sind alle Hinweise wie zum Beispiel: Bildqualität, Gesichtsregionen, Accessoires, etc. hilfreich.

Hinweis: **Nicht** bei allen Bildern handelt es sich um Personen, welche an einer Gesichtslähmung leiden.

Zurück

Weiter

Mimik 1



Bei welchen gezeigten Bildern handelt es sich um eine Fälschung? (Mehrere Antworten möglich.) *

- 1
- 2
- 3
- 4
- Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.

(Optional) An welchen Merkmalen haben Sie die Fälschung erkannt? Was würden Sie potenziell an den Gesichtern anpassen, sodass die Ergebnisse realistischer wirken?

Text eingeben...

Zurück

Weiter

Mimik 2



Bei welchen gezeigten Bildern handelt es sich um eine Fälschung? (Mehrere Antworten möglich.) *

- 1
- 2
- 3
- 4
- Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.

(Optional) An welchen Merkmalen haben Sie die Fälschung erkannt? Was würden Sie potenziell an den Gesichtern anpassen, sodass die Ergebnisse realistischer wirken?

Text eingeben...

Zurück

Weiter

Mimik 3

1. Die gezeigten Bilddaten dürfen nicht veröffentlicht werden und werden somit unkenntlich gemacht.	2. Die gezeigten Bilddaten dürfen nicht veröffentlicht werden und werden somit unkenntlich gemacht.
3. Die gezeigten Bilddaten dürfen nicht veröffentlicht werden und werden somit unkenntlich gemacht.	4. Die gezeigten Bilddaten dürfen nicht veröffentlicht werden und werden somit unkenntlich gemacht.

Bei welchen gezeigten Bildern handelt es sich um eine Fälschung? (Mehrere Antworten möglich.) *

- 1
- 2
- 3
- 4
- Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.

(Optional) An welchen Merkmalen haben Sie die Fälschung erkannt? Was würden Sie potenziell an den Gesichtern anpassen, sodass die Ergebnisse realistischer wirken?

Text eingeben...

Zurück

Weiter

Mimik 4



Bei welchen gezeigten Bildern handelt es sich um eine Fälschung? (Mehrere Antworten möglich.) *

- 1
- 2
- 3
- 4
- Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.

(Optional) An welchen Merkmalen haben Sie die Fälschung erkannt? Was würden Sie potenziell an den Gesichtern anpassen, sodass die Ergebnisse realistischer wirken?

Text eingeben...

Zurück

Weiter

Mimik 5



Bei welchen gezeigten Bildern handelt es sich um eine Fälschung? (Mehrere Antworten möglich.) *

- 1
- 2
- 3
- 4
- Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.

(Optional) An welchen Merkmalen haben Sie die Fälschung erkannt? Was würden Sie potenziell an den Gesichtern anpassen, sodass die Ergebnisse realistischer wirken?

Text eingeben...

Zurück

Weiter

Mimik 6



Bei welchen gezeigten Bildern handelt es sich um eine Fälschung? (Mehrere Antworten möglich.) *

- 1
- 2
- 3
- 4
- Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.

(Optional) An welchen Merkmalen haben Sie die Fälschung erkannt? Was würden Sie potenziell an den Gesichtern anpassen, sodass die Ergebnisse realistischer wirken?

Text eingeben...

Zurück

Weiter

Bewertung der Mimik

Nachfolgend werden nun einzelne Bilder gezeigt. Dabei handelt es sich durch künstliche Intelligenz manipulierte Bilder.

Bitte bewerten Sie, wie realistisch die Bilder anhand der Mimik Ihrer Meinung nach sind. Wählen Sie dafür einen Wert zwischen 0 und 10 (0 unrealistisch, 10 realistisch).

Bitte achten Sie hierbei auf alle entsprechenden Details und begründen sie optional Ihre Entscheidung.

Bei der Begründung sind alle Hinweise wie zum Beispiel: Bildqualität, Gesichtsregionen, Accessoires, etc. hilfreich.

Zurück

Weiter

Bewertung der Mimik 1



Wie realistisch wirken die Bilder Ihrer Meinung nach (0 unrealistisch, 10 realistisch). *

(Optional) Begründen Sie Ihre Entscheidung.

Text eingeben...

Zurück

Weiter

Bewertung der Mimik 2



Wie realistisch wirken die Bilder Ihrer Meinung nach (0 unrealistisch, 10 realistisch). *

(Optional) Begründen Sie Ihre Entscheidung.

Text eingeben...

Zurück

Weiter

Bewertung der Mimik 3



Wie realistisch wirken die Bilder Ihrer Meinung nach (0 unrealistisch, 10 realistisch). *

(Optional) Begründen Sie Ihre Entscheidung.

Text eingeben...

Zurück

Weiter

Bewertung der Mimik 4



Wie realistisch wirken die Bilder Ihrer Meinung nach (0 unrealistisch, 10 realistisch). *

(Optional) Begründen Sie Ihre Entscheidung.

Text eingeben...

Zurück

Weiter

Bewertung der Mimik 5



Wie realistisch wirken die Bilder Ihrer Meinung nach (0 unrealistisch, 10 realistisch). *

(Optional) Begründen Sie Ihre Entscheidung.

Text eingeben...

Zurück

Weiter

Bewertung der Mimik 6

Die gezeigten Bilddaten
dürfen nicht
veröffentlicht werden
und werden somit
unkennlich gemacht.

Wie realistisch wirken die Bilder Ihrer Meinung nach (0 unrealistisch, 10 realistisch). *

(Optional) Begründen Sie Ihre Entscheidung.

Text eingeben...

Zurück

Weiter

Bewertung der Mimik 7

Die gezeigten Bilddaten
dürfen nicht
veröffentlicht werden
und werden somit
unkennlich gemacht.

Wie realistisch wirken die Bilder Ihrer Meinung nach (0 unrealistisch, 10 realistisch). *

(Optional) Begründen Sie Ihre Entscheidung.

Text eingeben...

Zurück

Weiter

Bewertung der Mimik 8

Die gezeigten Bilddaten
dürfen nicht
veröffentlicht werden
und werden somit
unkennlich gemacht.

Wie realistisch wirken die Bilder Ihrer Meinung nach (0 unrealistisch, 10 realistisch). *

(Optional) Begründen Sie Ihre Entscheidung.

Text eingeben...

Zurück

Weiter

Bewertung der Mimik 9

Die gezeigten Bilddaten
dürfen nicht
veröffentlicht werden
und werden somit
unkennlich gemacht.

Wie realistisch wirken die Bilder Ihrer Meinung nach (0 unrealistisch, 10 realistisch). *

(Optional) Begründen Sie Ihre Entscheidung.

Text eingeben...

Zurück

Weiter

Bewertung der Mimik 10

Die gezeigten Bilddaten
dürfen nicht
veröffentlicht werden
und werden somit
unkennlich gemacht.

Wie realistisch wirken die Bilder Ihrer Meinung nach (0 unrealistisch, 10 realistisch). *

(Optional) Begründen Sie Ihre Entscheidung.

Text eingeben...

Zurück

Weiter

Vielen Dank

Vielen Dank für Ihre Teilnahme an dieser Umfrage.

Abschließend können Sie optional noch ein allgemeines Feedback zu der Umfrage und dem behandelten Thema abgeben.

Feedback/Anmerkung

Text eingeben...

Zurück

Absenden

Auswertung der Umfrage

ID	Titel	Wie alt sind Sie?	Wie ist Ihr Geschlecht?	Was ist Ihr höchster Bildungsabschluss?
1	Item 1	34	Weiblich	Fachhochschulreife
2	Item 2	30	Weiblich	Bachelor
3	Item 3	29	Männlich	Bachelor
4	Item 4	27	Weiblich	Berufsweg IHK
5	Item 5	32	Weiblich	Fachhochschulreife
6	Item 6	29	Männlich	Allgemeine Hochschulreife
7	Item 7	29	Weiblich	Bachelor
8	Item 8	28	Männlich	Allgemeine Hochschulreife
9	Item 9	33	Weiblich	Allgemeine Hochschulreife
10	Item 10	32	Männlich	Fachhochschulreife
11	Item 11	21	Männlich	Fachhochschulreife
12	Item 12	30	Männlich	Realschulabschluss
13	Item 13	28	Weiblich	Realschulabschluss
14	Item 14	27	Weiblich	Bachelor
15	Item 15	26	Männlich	Bachelor
16	Item 16	26	Weiblich	Allgemeine Hochschulreife
17	Item 17	19	Männlich	Realschulabschluss
18	Item 18	37	Männlich	Realschulabschluss
19	Item 19	28	Männlich	Realschulabschluss
20	Item 20	48	Männlich	Anderer
21	Item 21	26	Weiblich	Bachelor
22	Item 22	26	Männlich	Fachhochschulreife
23	Item 23	27	Männlich	Bachelor
24	Item 24	25	Weiblich	Bachelor
25	Item 25	28	Männlich	Bachelor
26	Item 26	26	Weiblich	Bachelor
27	Item 27	23	Weiblich	Fachhochschulreife
28	Item 28	27	Männlich	Allgemeine Hochschulreife
29	Item 29	27	Weiblich	Fachhochschulreife
30	Item 30	28	Männlich	Allgemeine Hochschulreife
31	Item 31	28	Weiblich	Realschulabschluss
32	Item 32	27	Männlich	Bachelor
33	Item 33	25	Männlich	Allgemeine Hochschulreife
34	Item 34	34	Divers	Fachhochschulreife
35	Item 35	27	Männlich	Fachhochschulreife
36	Item 36	Männlich		Fachhochschulreife
37	Item 37	23	Divers	Bachelor
38	Item 38	45	Weiblich	Fachhochschulreife
39	Item 39		Weiblich	Fachhochschulreife
40	Item 40	20	Männlich	Realschulabschluss
41	Item 41	27	Weiblich	Hauptschulabschluss
42	Item 42	27	Männlich	Fachhochschulreife
43	Item 43	28	Weiblich	Fachweg IHK

Antwort (Gegenüberstellung 1)

Die rechte Seite ist jeweils ein Hauch heller und manchmal weniger fellig um die Augen herum. Aber nur, wenn man sich wirklich darauf konzentriert und auf den ersten Blick so gut wie gar nicht erkennbar.

einige kleine Details sind unterschiedlich aber im Großen sind sie sich ähnlich. Identisch sind sie meiner Meinung nach aber nicht. Insbesondere die Mundpartie und die Augen wirken unterschiedlich, das rechte Bild wirkt zusätzlich teilweise "glatter" und teilweise werden Falten sehr stark ausgeprägt.

Identisch

Ich 3. Identisch

Weichzeichnung

Keine Falten

Identisch

Die Bilder rechts haben weniger Glanz, Falten im Gesicht, der Hintergrund ist schärfer, die Augen kleiner, die Wimpern weniger und insgesamt weicher

Bilder sehen identisch aus

Sehen realistisch aus. Die rechte Seite wirkt freundlicher, weicher.

Die hochskalieren Bilder sehen besser aus, da kontrastreicher.

Gesichtszüge zwar weitgehend identisch aber rechts Detailreicht bei tieferen Gesichtsmarkern wie Falten. Bild rechts erscheint heller.

Es gibt kleine feine Unterschiede, z.B. ist hier und da mal die Mundwinkel im dem einen Bild ein wenig mehr nach oben gezogen oder die Augen ein Stück weiter aufgezogen, aber vom Gesichtsausdruck her sind die gleich

sehen identisch aus von der Person her, das einzige was man unterscheiden kann von der linken zur rechten Seite. Die Haut sieht deutlich gesättigter aus und die Farben wie z.B. Zähne sehen heller aus.

Nicht identisch. Leichte Abweichungen sind dadurch zu erkennen, dass das hochskalierte Bild gestärkter wirkt. Zum Beispiel der spitze Amobogen an den Lippen. Im ersten Bild links ist im rechten Bild runder. Es wirkt wie Focoshop bzw. ein Instagram-Filter, der kleine Fehler unscheinbar korrigiert.

Der Gesichtsausdruck der Bilder ist identisch, selbst die Details des Gesichts wie z.B. die Falten sind im deep fake wie im original identisch.

Es geht so. Man erkennt, dass die Fotos bearbeitet wurden, da das Gesicht sehr markantes aussieht.

Allgemein finde ich, dass die Bilder sich zum verwechseln ähnlich sehen. Nur habe ich den Eindruck, dass die Bilder links ein ganz kleines bisschen natürlicher aussehen, was meiner Meinung nach beim 3. Bildpaar am deutlichsten ist.

Erstes Bild passt nicht ganz zum original, genau wie das dritte Bild, aber die Emotionen sind ganz gut eingefangen.

Bild 2 sind beide identisch.

Bei Bild 1 und 3 sehen die hochskalieren tatsächlich besser und natürlicher aus. Besonders Bild 3 sieht im original schlimmer aus, wirkt im skalieren aber echter.

Würde man mir die Bilder alle unabhängig voneinander präsentieren, also erst original, dann K1, würde ich wahrscheinlich nur bei Bild 3 sagen, dass die K1 Frau Jünger wirkt bzw. wie sogar eine andere Person sein könnte.

Identisch

Bild 2 und 3 sehen identisch aus. Im ersten Bild sehen die Lippen der Frau auf der linken Seite spitzer geformt aus.

Bild 1: Lippe wirkt links schmaler und spitzer

Bild 2: Identisch

Bild 3: Stirnfalten links nicht so ausgeprägt, Nase wirkt links asymmetrischer als rechts

Bild 2 und Bild 3 sehen für mich identisch aus.

Bei Bild 1 wirkt das Grinsen beim Original irgendwie verspielter, wobei es beider hoch skalieren Variante eher wie ein gezwungenes Grinsen wirkt.

Bild 1: unterschiedlich wegen des Mundes (die Lippen wirken anders in der Form)

Bild 2: Identisch

Bild 3: unterschiedlich aufgrund der Augen (speziell das rechte wirkt größer und verformt ggf. links)

Die Person sieht identisch aus in beiden Versionen identisch aus.

sehen identisch aus

Ich bin nicht der Meinung, dass die Gesichter identisch aussehen, da durch die Anpassung der Bildqualität auch eine Veränderung der Bildqualität vorliegt.

1,2 sind ziemlich identisch.

3 nicht wirklich, man sieht einen Unterschied bei den Stirnfalten

Beim 1. Bild keine Auffälligkeiten.

Beim 2. Bild ist auf der linken Seite das Lächeln breiter und die Grübchen tiefer.

Beim 3. Bild ist auf der rechten Seite die Stirnfalte tiefer.

Nicht identisch.

Details wie die Gdölchen, Konturlinien vor allem der Wangenknochen und um Mund/Nase) oder Falten wirken vor allem beim 2. und 3. Bild unterschiedlich.

Nicht ganz identisch.

In der oberen und unteren Reihe ist die Mundpartie etwas unterschiedlich

Erster Blick identisch, beim genaueren Hinsehen fällt auf, dass sich die K1 bei z. B. den Stirnfalten zu sehr ausgeht hat. (Falten verbunden, verstärkt)

Die Bilder sehen identisch aus

Diese Bilder haben diverse, kleinere Unterschiede

Ich erkenne nur Unterschiede in der Sonneneinstrahlung im Gesicht, der Rest sieht für mich identisch aus.

Die Person sieht auf allen Bildern mehr oder weniger identisch aus, es ändern sich aber Details, wie z.B. die Stirnfalten im dritten Bild.

Weil bis auf die Größenunterschiede durch geringe Qualität die Bilder identisch aussehen.

Es ist schwierig einen Unterschied außerhalb der Bildqualität zu sehen, einen Unterschied selber sieht man aber. Helligkeit/Farbe der Lippen(wobei dieser Unterschied auch mit einem veränderten Lichteinfall zu erklären wäre)

Identisch. Bild 2 ist lediglich weichgezeichnet.

Die Gesichter sehen identisch aus. Dennoch wirkt die Mimik bei der hochskalieren Version stärker, was zu Verwirrung führen kann.

Die Bilder sehen so gut wie identisch aus. Die Augenbrauen sind vielleicht minimal unterschiedlich im ersten Bild

Die Gesichtszüge sind identisch, weshalb es für mich den Eindruck erweckt, dass es die selben Bilder sind.

Sehen alle bis auf kleine Details und Mimik, identisch aus.

Antwort (Gegenüberstellung 2)

Die gegenübergestellten Bilder sind smoother.

gleiches wir bei bild 1. identisch nicht, aber sehr ähnlich

identisch

Nein, unterschiedliche Farbkonstanz

Nicht identisch

Der Mund ist anders

Form der Brille abweichend

Rechts ist mehr Detail im Gesicht, das Bild ist verschwommener, die Person sieht ungepflegter aus

Bilder sehen identisch aus

Auch hier sind beide Seiten realistisch. Aber die rechte Seite ist auch hier weicher.

Die Bilder sehen nicht identisch aus.

Bild erste Reihe rechts Augen nicht genau identisch leichte Blickwinkelveränderung ansonsten wie bei Auszug 1

Hier bei schaut im 1. und 3. Bild die Person links im Bild nicht genau in die Kamera, während sie dies in der hochskalieren Version tun

Die rechten Bilder sehen deutlich schärfer aus und die Haut ist mehr geglättet. Bilder sehen identisch aus

Größtenteils ja. Nur bei den ersten zwei Bildern wirkt es so, als würde die Blickrichtung etwas nach oben korrigiert werden.

Der Gesichtsausdruck der Bilder ist identisch, selbst die Details des Gesichts wie z.B. die Falten sind im deep fake wie im original identisch.

Die Bilder rechts sehen stark animiert aus.

Ich finde, dass die Bilder jeweils identisch aussehen.

Rechts sieht ein bisschen künstlich aus mit den Haaren, aber ansonsten gut

Auf 1-3 sehen die Augenpartien etwas anders aus. Ansonsten recht identisch. Durch die unscharfe entsteht der Eindruck, die Person in den original Bildern könnte etwas dicker sein.

Die Lippen sehen auf allen 3 linken Bildern nicht realistisch aus.

In Bild 1 und Bild 3 scheint der Mund des Mannes auf der linken Seite etwas weiter geöffnet als im rechten. In Bild 2 sehen beide Bilder identisch aus.

Bild 1: Linkes Auge im linken Bild wirkt versetzt

Bild 2: Identisch

Bild 3: Lippen wirken links minimal geöffnet, Stirnfalten weniger ausgeprägt

Bild 2 sieht für mich identisch aus.

Bei Bild 1 und Bild 3 ist es vor allem die Augenstellung, welche sich stark verändert.

Bei Bild 1 sieht es wie ein Schielen aus, welches korrigiert wurde und bei Bild 3, könnte die Person im Original auch angestrunken wirken - bei der Korrektur nicht.

Bild 1: unterschiedlich wegen a) der Lippenform (die Oberlippe wirkt voller ggü. links dort ist sie eher zurückgezogen) und b) wegen der Brille (via der Rahmen des linken Glases)

Bild 2: das Gesicht selbst identisch, jedoch Bilder unterschiedlich wegen der Brille (Rahmen unterschiedlich groß)

Bild3: unterschiedlich a) wegen der Lippenform b) wegen der Augen (wirken bei hochskaliert asymmetrisch, bei Original aber nicht) und c) der Brille

Die oberste und das unterste Reihe sieht nicht identisch aus. Bei beiden ist der Mund ausschlaggebend. In der obersten Reihe ist beim Originalbild der Mund weiter geöffnet, in der untersten Reihe wirkt der Mund weiter geöffnet, als das in der hochskalieren Version der Fall ist. sehen identisch aus

Ich bin der Meinung, dass die Gesichter auf den Bildern weiterhin identisch sind, da die Person starke Gesichtsmuskeln hat und diese durch die Änderung am Bild nicht verfälscht wurden.

Alle sind identisch. Licht/Schatten passt sowie Gesichtsausdruck und Haare

In allen 3 Bildern keine Unterschiede erkennbar.

Identisch.

Alle vermeintlichen Unterschiede resultieren aus der Unterschiedlichen Bildqualität.

Nicht identisch

In der oberen und unteren Reihe unterscheidet sich der Blick und der Mund

Minimale Unterschiede bei der Mundform erkennbar. Aber ansonsten gute Arbeit. D

Die Bilder sehen nicht identisch aus, der Mund auf den Bildern links ist weiter geöffnet als auf den Bildern rechts.

Diese Bilder sehen gleich aus

Das Rechte Billingsdes auf Bild 1-3 sieht leicht verschoben aus, dies kann aber auch nur sichtbar durch die höhere Auflösung sein.

Die Person ist zweifelsfrei wieder zu erkennen, die rechten Bilder wirken aber durch die schärferen Konten an den Haaren sehr künstlich bzw. bearbeitet.

Keinerer Details wie z.B. die Reflektion der Brille im dritten Bild gehen verloren, die Gesichter sind aber sonst identisch und wieder zu erkennen.

Die hochskalieren Bilder wirken irgendwie weicher/weicher obwohl sie eher eine Körnung aufweisen sollten, weshalb sie nicht identisch aussehn. An sich stimmt die mimik aber überein.

Durch die Brille sowie den Bart merkt man bei einer Gegenüberstellung eine Nachbearbeitung der Bilder

identisch rechte Bilder wirken jedoch schärfer

Beim ersten Vergleich ist mir aufgefallen, dass die Augen bei dem ersten und dritten Bild künstlich zentriert wirken. Das Original im ersten Bild zeigt eher einen Blick nach unten.

Die Bilder sehen gleich aus.

Die Bilder sind nicht identisch, weil Gesichtsmuster nicht übereinstimmen

Ähnlichkeit ist vorhanden, könnte aber auch eine andere Person sein. Mund und Nase sehen teilweise anders aus.

Antwort (Gegüberstellung 3)

Hier würde ich nichts erkennen, sieht ganz genauso aus wie das Original
siehe Bild 1, wieder sehr ähnlich aber nicht identisch

Identisch

Ja

Identisch

Zähne leicht abweichend

Links hat die Person Pickel und Unreinheiten, das Bild ist unschärfer

Bilder sehen identisch aus

Wie schon die beiden Gegenüberstellungen davor, ist die rechte Seite die sympathischere

Die Gesichter sehen identisch aus.

Siehe Auszug 1

Hier werden die Zähne im 1. und 2. Bild ein wenig begründet aber die 3 Bilder sind dennoch identisch

Identisch aus Haarfarbe/Gesichtsmimik gleich. Bild ist rechts schärfer und geglättet

Nein, Besonderheiten wie Hautunreinheiten oder Piercings verschwinden. Viel aufgereisene Augen werden zu einem "normalen" Blick. Die Zähne werden gerader. Die versteckte Oberlippe im unteren Bild wird einfach ergänzt.

Der Gesichtsausdruck der Bilder ist identisch, Selbst die Details des Gesichts wie z.B die Falten sind im despa fake wie im original identisch.

Same like before

Ich bin auch hier der Meinung, dass die Bilder jeweils gleich aussehen.

Da passt alles

Hier sind meine Meinung nach die oberen beiden Varianten nicht identisch zueinander.

In den ersten beiden Reihen kommen in der Originalversion Mutternale am ihm erkannt werden. Die ist in der hochskalieren Version nicht der Fall. In der zweiten Reihe ist der rechte Zahn im Originalbild auch kleiner als in der hochskalieren Version und die Augenpartie unterscheidet sich von der hochskalieren Version. In der Originalversion sieht die abgebildete Frau älter aus, im Vergleich zur hochskalieren Version.

sehen identisch aus, nurpartie im zweiten Bild eventuell etwas mehr würdig

Auf Bild 1 und 3 bin ich der Meinung, dass die Person nicht identisch aussieht, wie zu ihrem hochskalieren Bild, da die Person auf den Bildern deutlich jünger wirkt. Auf Bild 2 nehme ich wahr, dass kein großer Unterschied der Gesichtsstruktur vorliegt.

Auch alle identisch, keine aufzufindenden Unterschiede

In der mittleren Reihe ist die Mimik unterschiedlich (links ist der Blick „überraschter“), in der unteren Reihe ist die Mundpartie etwas unterschiedlich

Man erkennt, dass das Hautunreinheiten entfernt wurden, jedoch ist dennoch zweifelsfrei erkennbar dass es sich um die selbe Person handelt

Die Bilder sehen nicht identisch aus. Die Augenpartie auf den Bildern links ist mehr hervorgehoben und der Mund ist deutlicher ausgedrückt

Der Nasenring fehlt

Die Person sieht auf den rechten Bildern deutlich jünger aus, vor allem weil kleine Falten an Wangen/Kinn verschwunden sind. Identisch im Bezug auf die Person, ja, aber insgesamt identisch eher nein.

Die Bilder sehen identisch aus obwohl die exakten Schwerfält durch fehlende Glanzlichter in den Versionen mit niedriger Qualität.

Herab fallen die Augenbraue auf. Diese sind selten durch einen Lichteinfall stark zu erhalten und somit würde man bei einem Vergleich der Bilder eine Veränderung wahrnehmen

zu viele kleine Unreinheiten fehlen. Nicht identisch

Die Bilder wirken alle identisch und die Mimik ist zu erkennen.

Sieht alles ähnlich aus.

Die Gesichtszüge sind identisch, weshalb es für mich den Eindruck erweckt, dass es die selben Bilder sind

Gesichter sehen identisch aus.

Mimik und Gesichtszüge sind gleich und Wiedererkennbar.

Antwort (Gegenüberstellung 4)

Siehe hier keine Unterschiede

hier merkt man stark dass beispielsweise die augen viel weiter auseinander liegen, der mundbereich sieht meiner mein ung nach auch sehr komisch aus (links)

identisch

Ja

identisch

links ist unschärfer, detaillierter

Bilder sehen identisch aus

Gleiche Mimik, rechte Seite aber wieder schärfer, weicher.

Die Gesichter sehen identisch aus.

Gesichtszüge Reihe zwei verändert, Augen nicht auf selber Position.

Auch hier sind die 3 Bilder identisch, nur fällt auf das das Programm mit dem septum scheinbar nicht zu recht kommt

identisch wie bei den Bildern zuvor auch, Farbe, Gesichtsmimik, gleich

Auch hier verschwinden Bereich und Hautunreinheiten (zvw. der dunkle Punkt an der Oberlippe). Die Zunge im Bild in der Mitte wird von einer unteren Zahnreihe ersetzt. Ansonsten sieht es wie dieselbe Person aus, mit einer seltsamen Kapuze.

Der Gesichtsausdruck der Bilder ist identisch, selbst die Details des Gesichts wie z.B die Falten sind im depr. fäke wie im original identisch.

Hier sehen sich die Bilder sehr ähnlich, das der Lichenhilus geringer ist.

Die Bilder sind sich jeweils sehr ähnlich, allerdings (mde ich), dass bei dem ersten Bildpaar die Mundwinkel leicht anders aussehen und beim 2. Bildpaar die Unterlippe nicht exakt übereinstimmt. Beim 3. Bildpaar kann ich keine offensichtlichen Unterschiede feststellen.

Sieht auch gut aus

Bis auf Augenpartie und Mund von Bild 2 und die linke Augenpartie von Bild 3 wirken alle identisch.

identisch

Bild 1 und 3 wirken identisch. In Bild 2 sieht der Mund in dem linken Bild weiter geöffnet und die Mundwinkel mehr nach unten gerichtet.

In allen Bildern fehlt auf der rechten Seite ein Nasenpiercing der Frau.

Auf den linken Bildern sieht es aus, als wäre über der linken Seite der Oberlippe ein "Leberfleck", welcher auf den Bildern rechts verschwindet.

Ansonsten sehen die Bilder identisch aus.

sehen alle identisch aus.

Bild 1: identisch

Bild 2: identisch

Bild 3: identisch

Bild 3: identisch

Die ersten beiden Reihen sehen identisch aus, in der untersten Reihe geht die Unterlippe der Person leicht nach oben, was im hochskalieren Bild nicht der Fall ist. Trotzdem würde ich noch sagen, dass die skalierte Version dem Originalbild entspricht, aber dem Bild unten links, mundpartie weicht ab

Ich empfinde, dass die Bilder identisch aussehen, jedoch wirkt die Person auf den hoch-aufgelösten Bildern im Beispielbild 3 wacher.

Das Oberweiß sieht in der Hochskalieren

Version etwas glatt aus, in der linken Version sieht es eher flauschig und nach wolle aus.

Bei allen 3 Bildern keine nicht Qualität bezogenen Unterschiede ersichtlich.

identisch

In der mittleren und unteren Reihe ist der Mund unterschiedlich

Multimeral wurde von der KI entfernt, Würde für eine Identifikation der Person problematisch sein.

Die Bilder sind nicht identisch. Auf den linken Bildern links sind die Augen und der Mund emotional hervorgehoben.

Das Multimeral an der Oberlippe fehlt

Hier kann ich keinen Unterschied erkennen.

kleinere Details wie das Multimeral an der rechten Seite der Oberlippe fehlen, daher eher nah.

Die Bilder wirken identisch aber der Hintergrund in dem 2. Bild wirkt sehr unrealistisch, wobei die anderen beiden realistisch aussehen.

Durch die Unschärfe der ersten Reihe ist ein Unterschied für mich nicht stark ersichtlich. Mein Kopf blendet die ggf. vorhandenen Unterschiede aus.

Rechts sind die Bilder schärfer. Man sieht aber das es identische Bilder sind

Die Bilder wirken ebenfalls identisch und die Mimik ist klar zu erkennen.

Alles identisch

identisch, weil Formen im Gesicht übereinstimmen

sehen identisch aus. Mimik wird korrekt wiedergegeben.

(Mimik 1) Bei welchen gezeigten Bildern handelt es sich um eine Fälschung? (Mimik 1) (Optional) An welchen Merkmalen haben Sie die Fälschung erkannt?		(Mimik 2) Bei welchen gezeigten Bildern handelt es sich um eine Fälschung?	
4, 2	3	2, 3, 4	2, Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.
	3	2, 3, 4	Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.
4, 1	4	2, 3, 4	
	4	2, 3, 4	
2, 4	4	2, 3, 4	
	4	4, 2, 4, 2, 3	
3, 4		2, 4, 2, 4	
		2, 3, 4	
Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung		2, 4	
3, 4		2, 4	
Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung		2, 4	
1, 4		2, 4	
2, 3		1, 3	
		Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.	
Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung		2	
1, 4		3	
3, Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung		2	
Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung		2	
1, 4		2, 3	
	3	2, 3, 4	
	3	2, 3, 4	
1, 2, 3, 4, 1, 2, 3, 4		1, 3, 4, 1, 3, 4	
3, 4		Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.	
1, 2, 3		Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.	
	3	4	
1, 4		2	
2, 3		1, 3	
4, 3, 2		2, 3, 4	
	3	2, 3, 4	
	3	2, 3, 4	
3, 4		2, 1, 3, 4	
Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung		2	
	3	2	
1, 4		2, 4	
Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung		2, 3, 4	
Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung		2	
2, 3		Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.	
4, 1		3, 1	
Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung		3	
3, 2		2, 1, 4	

Mimik 2) (Optional) An welchen Merkmalen haben Sie die Fälschung erkannt?	(Mimik 3) Bei welchen gezeigten Bildern handelt es sich um eine Fälschung?
	1, 3
	2
Welchzeichner? Oder kein/s?	3, 4 1, 3
Haarkonturen	3, 1 1, 2, 3 1, 2
Die Augen Partie bei Bild 2 wirkt unrealistisch. Bei Bild 4 wirkt die Mimik zu weich für den Gesichtsausdruck.	1, 2, 3, 4
Irgendwas sagt mir wem ich genau hinschauen, der vertikale cut bei den Haaren im 2 und 4. Bild lassen es unecht wirken	1, 4, 2
Die Lippenfarbe ist etwas anders	1, 2
	1
	2
	Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung. 1, 4
Ich kann nicht erklären warum, aber es wirkt auf mich einfach nicht natürlich.	2
	2
In Bild 2 wirkt die Textur der Haut zu ebennissig bzw. geglättet. Auch wirkt der Mund/das Lächeln nicht echt.	Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung. 3, 4
	2
Die Haut wirkt in der Stirn zu glatt und ein Streifen ist bei den Haaren zu erkennen.	1, 2, 3, 4
	2
Brillengestell - Färbung des Bildes (Bildqualität) - Augen	1, 2, 3, 4, 1, 2, 3, 4
	1, 2, 3, 4 1, 2, 3, 4
Ich gehe davon aus, dass Bild 4 bearbeitet wurde, aufgrund der veränderten Lippenfarbe.	2
Die Haut, Voralben die Stirn, sieht etwas sehr glatt aus	3
	2
2-4 wirken zu glatt/überarbeitet und der Übergang vom Haar zur Stirn wie mit einem Stift gezogen.	2
In den Haaren ist wie eine Linie zu sehen Man erkennt bei allen 4 das der Kopf ausgetauscht wurde, an dem "cut" bei den haaren. Bei 2 wieder leichtes schielen. Aber an sonstiger Mimik würd ich nichts erkennen Im zweiten Bild wirkt die Haut viel glatter als auf anderen Bildern keine Frau würde sich freiwillig so zeigen lassen	1, 3, 4 1, 2, 3, 4 3, 4
	1
	1
Die Stirn sind unatürlich aus, schwer zu beschreiben. Die reihe Mimik sieht allerdings auf allen Bildern authentisch aus. Haut wirkt sehr weichgezeichnet, besonders bei Bild 2 weshalb die Mimik unrealistisch aussieht. Ggf. Bild Nummer 2 durch eine leichte Unschärfe in unteren Bereich der Bilder Wirkt insgesamt plastisch	1, 3 3, 4 1, 2
	4
	2
Sticht bisschen zu glatt aus, die Beleuchtung ist minimal unterschiedlich. Die Lippen sind irgendwie leicht anders, auch zu "perfect"	1, 2, 4, 3 3, 4, 1
	2

(Mimik 3) (Optional) An welchen Merkmalen haben Sie die Fälschung erkannt?	(Mimik 4) Bei welchen gezeigten Bildern handelt es sich um eine Fälschung?
die Farbe ist anders als die anderen Bilder; bei Bild 1 bin ich mir unsicher	2, 3 Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.
Gesicht schmaler	2, 3
Die Brille ist unformig; die Haut ohne Poren	1, 4 2, 3
Entscheidung kann ich nicht erklären; Bauchgefühl	4, 3, 2
Tatsächlich sehr schwer den Fake heraus zu bekommen..... Keins davon?	2, 3, 1
Das Gesicht wirkt verformt (schmäler, dann breiter)	1. Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.
Alles sehr glatt wenn ich richtig liege	2, 4
Bei Nr 2 sind die Farben anders und es wirkt wieder etwas unecht.	Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung. Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.
	3, 1, 4
	3
	3
Alle wirken mit wie mit einem Filter versehen Am Ersten könnte Bild 2 ein Original sein.	2, 1, 3
Brille -zähne	3, 4, 3, 4
Das linke Brillenglas wirkt auf allen Bildern unformig. die Brille ist verformt Ich gehe davon aus, dass Bild 2 bearbeitet ist, aufgrund des veränderten Wärme-Tons des Bildes im Gegensatz zu den anderen Bildern.	Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung. 1, 2, 3 Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.
	1
Die Haare wirken brauner und glänzender	Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.
Wie 3 Bilder- Segen aus wie mit Filter	2, 3
No front an die Darstellern, aber sehen alle irgendwie komisch aus. Kann aber keinen konkreten Punkt nennen.	Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.
Siehe vorherige Antwort	1, 2, 3 Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.
Der Mund ist etwas breiter gezogen?	Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.
Aufgrund der (vernünftigen) Gesichtslinierung in Bild 1 fällt es schwer zu sagen, welches Bild die Fälschung ist. Auf Bild 4 ist der untere Teil des Gesichts gefälscht zu breit. Farben sind abgestumpft und kalt; Gesichter sind wackelig gezeichnet weshalb die mimik unrealistisch wird Entweder Bild 3 oder 4. Die Augenform scheint sich bei einem Auge zu verändern was aber auch sehr gut durch die veränderte Kopfhaltung entstehen kann. Mund wirkt merkwürdig	1, 2 3
Farbton der Haare	Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.
Das Licht ist anders. Aber bei dem Bild sehen irgendwie alle Bilder zu glatt und flüchtig aus. Haut hat ja Struktur.	1, 4
	3
	1, 2, 3

(Mimik 4) (Optional) An welchen Merkmalen haben Sie die Fälschung erkannt?	(Mimik 5) Bei welchen gezeigten Bildern handelt es sich um eine Fälschung?
	2
	1
Habtes Bild fehlt- oder ladefehler?	Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.
	1
Die Lippen wirken zu „geflirt“	Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.
	2
Lächeln wirkt befremdlich.	3, 4 Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.
	2
Hier sieht der Bart richtig gut aus... Aber an d kann nicht lachen ☹️	1, 2 Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.
	2
Das eine Brillenglas ist kleiner, der Bart verformt	2, 4 Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.
	1, 2
	Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.
	4
Hier erkennt man es an der Brille.	2, 3
	4
Die Proportionen des Gesichts wirken unecht, insbesondere der Mund. Sieht im Gegensatz zu Bild 1 und 2 schief aus.	Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.
	2
Bei Bild 4 ist der Bart unter der Lippe dichter.	Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.
	4, 3
Brille	Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.
- obere Zahneihe	4, 3 Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.
	2
Ich glaube nicht, dass eines der Bilder gefälscht sind.	2
	2
	Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.
	1, 3, 4
Verformung der Brille	Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.
Er lächelt NIET!	Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung. Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung. Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.
	4
Lächeln wirkt unecht allerdings kann ich das nicht argumenieren warum.	Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.
Nur unter der Voraussetzung, das Bild 3 das original sein könnte, würde ndurch eine Schlussfolgerung die Bilder 1-2 als verändert erscheinen. Wenn man diese Angabe weglässt erkenne ich keinen Unterschied	Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.
Mund sieht unatürlich aus	Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.
	2
Die Lippen Farbe ist anders. Und auch hier sieht irgendwie alles zu glatt aus. Als ob da ein weitzzeichner drauf ist	Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.
	2
	2
	2, 3, 4

(Mimik 5) (Optional) An welchen Merkmalen haben Sie die Fälschung erkannt?	(Mimik 6) Bei welchen gezeigten Bildern handelt es sich um eine Fälschung?
Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.	Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.
2, 3	2, 3
Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.	3
	Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.
	4, 1
	3, 1
	2, 4, 3
	3
	4
Ich kann mich irren aber bei 1 und 2 strömen mich die Achseln bei den Augen	1, 3
	3, 4
	Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.
	1, 3
	Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.
	Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.
Augen parte	Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.
	1, 3
	3
2 wirkt irgendwie unecht und 3 ist recht schief das Gesicht. Im Verhältnis zu den Andern Bildern. No offense, wenn es das einzig echte ist. XD	Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung. 2
	4, 1
Der Nacken wirkt komisch und der Oberlippenbart ist "dünnere"	Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.
	2, 3, 2, 3
In Bild 4 unterscheidet sich die Frisur von den anderen 3 Bildern und die Schultern sind nicht gleich hoch, ebenso wie in Bild 3.	2
Ich glaube, dass Bild 2 gefälscht ist, da es heller wirkt, als die anderen.	Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.
	4
	Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.
	4
	2, 1, 4
Sieht aus wie mit Filter fotografiert	1, 2, 3, 4
	3
	Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.
	Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.
Es kann ein zu einem unglücklichen Zeitpunkt geschossenes Bild sein, aber die Augen sehen merkwürdig aus.	4
	Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.
	3
Auch hierbei müsste man Bild 1 als original ansehen. Begründung wie bei der Mimik 4.	Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.
	3
	Bei keinem der Bilder handelt es sich um eine Fälschung.
Die Lichtverhältnisse sind anders	2, 3, 4
	2
	1, 2, 3, 4

Mimik 6) (Optional) An welchen Merkmalen haben Sie die Fälschung erkannt?	[Bewertung 1] Wie realistisch wirken die Bilder Ihrer Meinung nach?
	3
	7
	8
	4
	10
Die Augen wirken nicht echt	9
	8
	8
	10
	9
Zu perfekt, zu grade	8
	6
3 wirkt wie eine andere Gesichtsforn, 4 hat andere Lippen	10
	10
	7
	8
	10
Ohne Erklärung, es ist wieder so ein Gefühl.	6
	10
Die linke Gesichtshälfte insbesondere der Mund wirkt zu hell und es scheint keinen richtigen Übergang von Haut zu Mund zu geben.	10
	3
	10
	6
Augen - Bildfarbe	6
Lippen sind deutlich blässer als in den anderen Bildern.	10
	6
Ich glaube, dass Bild 4 gefälscht ist, aufg und einer Gesichtsunbeherrlichkeit rechts unterhalb des Ohrs und der veränderten Lippenfarbe.	2
	10
	9
	9
Wie mit Filter fotografiert und eine Linie durch die Haare	4
	10
	9
Hier auch ein leichtes lächeln, ohne das die Wangen verändert sind	10
	8
Gesicht wirkt rundlicher als die Anderen, da weniger Konturen vorhanden sind weshalb das unrealistisch wirkt.	1
Ich würde keine Bearbeitung wahrnehmen	10
Stirnhaare wirkt unnatürlich	4
	9
Bei 4 bin ich mir nicht ganz sicher.	9
	10
	3

Bewertung 1] (Optional) Begründen Sie Ihre Entscheidung.	Bewertung 2] Wie realistisch wirken die Bilder Ihrer Meinung nach?
	5
	7
	7
	3
Zähne wirken nicht ganz realistisch	5
	10
	5
	4
	3
	7
Immer wieder der Bart ☹️	10
	8
	10
Steht aus wie eine Person, die gerade spricht.	8
	7
bei dem rechten Mundwinkel sieht die Hautfalte ein wenig unnatürlich aus.	8
	5
	5
Die Stellung des Mundes wirkt bei genauer Betrachtung merkwürdig. Meine erste Tendenz war eine 8.	7
	5
	8
Die Mundwinkel wirken angehoben	1
Ohne den Vergleich zur den vorherigen Bildern der Person zu sehen... ansonsten wären die Zähne sehr auffällig	
Wirkt stimmig, als ob die Person während eines Gesprächs fotografiert wurde.	10
Brille etwas verformt	7
	5
	10
	10
Sieht (gerade) wie nach Computer-gemacht aus	3
	4
	9
NIE !!	7
Würde ich als real abkaufen.	8
	5
Zähne wirken falsch, Augenpartie zu wenig definiert (fälschen/hautuneinheitlich)	2
Die Schattierungen der Haare sowie des Bartes und die Lichtreflexionen auf der Stirn würden mich vom original überzeugen. Der Schatten der von der Brille spricht auch dafür	1
Mund sieht unnatürlich offen aus für das entspannte Gesicht	9
Die Mundpartie wirkt zu scharf	1
Zu weich gezeichnet, die Haut, wirkt zu glatt	8
	9
	7
Mundbereich wirkt unrealistisch und Gesicht sehr glatt	4

[Bewertung 2] Optional Begründen Sie Ihre Entscheidung.	[Bewertung 3] Wie realistisch wirken die Bilder Ihrer Meinung nach?
	10
	9
	5
	8
Zähne?	10
	10
	5
	10
	3
	7
Bart...	8
	9
Der Mund wirkt etwas zu weit aufgerissen.	3
	10
	10
Mir fällt erneut die Hautfalte am rechten Mundwinkel auf. (Ich weiß natürlich nicht, ob das erst durch das Programm entstanden ist, aber es könnte sein).	6
	8
Auch wieder er eine etwas ungewöhnliche Mundpartie. Aber ich hab schon schlimmeres gesehen.	8
	10
	10
	7
Beardtung	8
- Zähne	
- Augen	0
Detail passen nicht zusammen	
	5
	9
	8
	7
	1
	9
Sieht nach Computer gemacht aus oder wie mit Filter	8
Bild Unschärfe am unteren Teil des Bildes	5
Okay, wenn ich es nicht wüsste, ich würde es glauben	10
Keinerlei Änderung der Wangen	10
Mundwinkel wirkt unnatürlich	3
Oberlippenbart wirkt wie herausgeschritten und noch einmal mit dezentem Verzug eingesetzt, wodurch eine Überlappung im Muster der Barthaare entsteht, weshalb gewisse Punkte im Bart ca. 0,5cm Abstand visuell hervor gehoben werden.	8
Unschärfe im unteren Teil des Bildes. Eigentlich spricht es eher für ein Original, da eine Rekonstruktion jegliche Fehler rektifizieren würde, so würde man annehmen	7
Zweiell Zähne. Wirkt nicht natürlich	10
Weichzeichner	9
	10
	10

Bewertung 3] (Optional) Begründen Sie Ihre Entscheidung.	Bewertung 4] Wie realistisch wirken die Bilder Ihrer Meinung nach?	Bewertung 4] (Optional) Begründen Sie Ihre Entscheidung.
Brille	8	7
5	5	Brille
6	6	Gesicht wirkt irgendwie lang
2	2	
6	6	
8	8	
5	5	
1	1	
10	10	
7	7	
10	10	
9	9	

Die Brille verät den Fake, aber Mimik gut.

10

3 Hier fehlen ein paar feine Details auf der Stirn oder den Seiten, Quasi Falten, die man bei so einem Gesicht eigentlich werfen würde.

10

4

10

4

- Augen

- Brille |

Brille

- Mund

Das rechte Brillenglas ist kleiner als sein Pendant.

5

5 Ebenfalls wieder die Brillengläser, rechts wirkt unförmig und zu groß, links zu klein.

9

2

9

2

7

5

9

9

4 Die Kopfposition sieht irgendwie unnatürlich aus, Kopf zu langgezogen

4 Hier ist ebenfalls das Gesicht unnatürlich lang gezogen

Das einzige was irritierend ist ist eine gewisse Tiefe im Gesicht Begründung wie beim Bild 1, Jedes für sich sehe ich als original.

8

9

10

7

Weichzeichner, sonst supi

9

9 Wie die anderen Bilder vorher

8

5

Bewertung 5) (Optional) Begründen Sie Ihre Entscheidung.

Sehr weich

Zu weichgezeichnet

Oberer Teil Brille und Augenbrauen verschmieren ein wenig, sonst top

Sieht wie echte Mimik aus, aber das Gesicht ist zu geplatzt

Mhh ja, nee. Wirkt alles zu glatt und der Ausdruck der Augen passt nicht zum Mund.

Brille bei genaueren Hinschen

Das linke Brillenglas passt nicht, es ist zu groß.

Sieht aus wie mit Filter fotografiert

Das Gesicht der Dame sieht sehr glatt und ebennd aus. Es kann sehr gut natürlichen Ursprungs sein, könnte aber auch rekonstruiert sein. Rein die Mimik würde ich dadurch nicht als verändert wahrnehmen. Haare und die Stimpfate würde ich durch die leichte Schattierungen als unverändert sehen.

Bis auf die "Fokus"-Kante auf Höhe des Kehlkopfes ist es sehr realistisch.
Sehr gut zu sehen an den Haaren.

Das sieht irgendwie zu filtermäßig aus, wie die anderen Bilder davor auch, sonst sehr realistisch

(Bewertung 7) Wie realistisch wirken die Bilder Ihrer Meinung nach?	(Bewertung 7) [Optional] Begründen Sie Ihre Entscheidung.	(Bewertung 8) Wie realistisch wirken die Bilder Ihrer Meinung nach?
2		5
3	das gesicht wirkt langgezogen	3
8		5
2		2
5	Irgendwie Gesicht zu schnell	9
9	Gesichtsform wirkt etwas zusammen gedrückt	2
2		2
4		2
2		3
5		0
0	Schulter links unten im Bild, sehr fragwürdig	6
7		10
4	Wirkt etwas unformig	0
10		10
10		2
0		2
7	Das Bild hatte ich schon vorher als Fake erkannt und muss sagen, es sieht aus wie eine ganz schlecht programmierte Figur aus Assassins Creed. :D	2
9		5
3		3
10		1
2	Gesicht ist zu lang gezogen.	1
1		
	Brille	
1	Hier erkennt man es sehr schnell an der Brille: Diese ist unformig und die Bügel stehen zu weit vom Kopf ab.	1
6		3
7		7
4		4
5		1
2		3
2	Sieht Computer gemacht aus	2
5		1
2	Das Gesicht wirkt unecht, aufgrund der Proportionen.	7
3	Der Mund sieht irgendwie künstlich gezeichnet aus	2
3	Auch hier sieht das Gesicht unnatürlich lang gezogen aus	3
4		3
2	Fehlende Tiefe, Hautunreinheiten etc.	1
8	Wie beim Bild 1.	8
6		3
7	Ebenso die "Fokus"-kante auf Höhe des Kehlkopfes.	7
9	...	9
5		2
2		2
0		0

(Bewertung 8) (Optional) Begründen Sie Ihre Entscheidung.	(Bewertung 9) Wie realistisch wirken die Bilder Ihrer Meinung nach?	(Bewertung 9) (Optional) Begründen Sie Ihre Entscheidung.
das Gesicht wirkt langgezogen	3	
Brille	3	
	3	
Wirkt sehr unecht		Gesicht im Vergleich zu den anderen Bildern schräg
		9 Brillenform ungleichmäßig
		10
		Brille hat einen Knick
		7
		0 Was ist mit der Brille passiert? O.O
Wieder schuler links unten und der Knick im rechten Brillengestell		7 Hier auch wieder deformierte Brille
		8
Der Bereich um den Mund herum ist glatter als der Rest des Gesichts		10
		9
		8 Das rechte Brillenglas wirkt etwas nach rechts verzogen, also leicht oval, während das linke rund ist.
Wieder passt der Mund nicht zu den Augen. Bei dem Mund, müssten die Augen viel weiter geöffnet sein.		7 Von der Brille mal abgesehen, wirkt es echt, wenn auch der Mund etwas seltsam aussieht.
		7
Das Gesicht wirkt im Gegensatz zu den vorangegangenen Bildern zu langgezogen.		Die Brille der Frau ist auf der rechten Seite deformiert und nicht mehr rund.
		1 Unterkieferpartie wird nicht passend.
Brille und Lippen/Mund		Brille und rechter Kiefer
Jetzt hat die rechte Seite der Brille eine Delle.		1 Die linke Seite der Brille wirkt zum ersten Mal stimmig, dafür sieht die rechte Seite jetzt aus wie ein Ei.
Brille		2 Brille
		0 Brillenform
		3 Die Brille sieht verformt aus
Die Brille sieht verformt aus		8
		4
Der Mund sieht aus wie eingefügt		3 Die Brille verschwimmt mit dem Gesicht und verliert ihre Form
		3
Siehe Mimik?		7
Die Brillenform würde verändert?		10
		2 Ebenfalls Veränderung der Brillenform
		7
Die eine Pupille rechts wirkt unvernünftigmäßig		10
Durch die mangelhaftigkeit der Haut als gff nachbearbeitet anzusehen... ansonsten wäre das auch ein Original		10 Durch die leichten Unstimmigkeiten beim lächeln eher als original zu sehen, aber auch nur wenn man die anderen Bilder kennt
		7
Der Brillenrahmen verschwindet am linken Auge.		6
		9 ..
		0
		10

Bewertung 10] Wie realistisch wirken die Bilder ihrer Meinung nach?	Bewertung 10] (Optional) Begründen Sie Ihre Entscheidung.
0	
5	
5	
2	
5	
10	
2	
8	
2	Brille wirkt zu groß.
4	
0	
7	Wieder ist die Brille das Problem
0	
8	Mimik und Gesicht sehen gut aus, nur die Brille ist schief
10	
10	
6	Etwas schlechter nur, als das Bild zuvor
10	
2	Das Gesicht und die Mimik der Frau wirken realistische jedoch ist hier rechte Seite der Brille auch hier deformiert.
9	
1	Brillenrahmen wirkt verflüssigt.
0	Brille und Bildqualität (ab Schulter links)
1	Brille wieder sehr unformig.
5	
5	
8	
9	
7	
1	Die Brille verliert ihre Form
2	
4	Die Augen wirken unrealistisch aufgrund der Position
10	
7	
8	
1	Linkes Auge wirkt unverhältnismäßig.
10	Der Mimik 9 gezeichnet
9	
5	
9	..
0	
6	

Feedback/Anmerkung

Viel Erfolg

Künftige Bilderfrage:

Es war super schwer zu erkennen, welche Mimik künstlich war. Dies ist sicher einfacher, wenn man die Person bereits gesehen hat. Ich gehe davon aus, alle Bilder wurden in niedriger Auflösung hochskaliert aber einige haben zusätzlich eine gefälschte Mimik bekommen.

Ich glaube es wäre hilfreich gewesen, ein paar bewegte Aufnahmen zu sehen, um zu schauen, wie die Übergänge von einem Gesichtsausdruck zum anderen aussehen. (für die Bilder mit Deepfake)

Ich hab schon langweiligere Handysgames gespielt.
Wo bleibt mein Amazon Gutschein, gibt es doch immer bei Studien ... Mein? Okay. Hab trotzdem gerne geholfen, viel Erfolg bei der Masterarbeit. Pati... *

War ein sehr interessanter Test.
Ich denk, ich bin das eine oder andere Mal auf eine Fälschung reingefallen.

Ein interessantes Thema, viel Erfolg bei der Masterarbeit!

Sehr wichtiges Thema für die heutige Zeit und für die Zukunft

Ich finde das Thema sehr interessant und ich denke, dass es von großer Wichtigkeit ist. Viel Erfolg Albus du packst das ☺

Ich leider selber durch multiple Schlaganfälle ein kleinen Lähmungen und andere Beeinträchtigungen. Die Bilder sehen für mich alle sehr gut aus, dadurch, dass die Personen nicht bekannt sind ist ein Original zu veränderten Bildern nicht zu erkennen. Danke Ihnen für ihre Arbeit an einem recht wichtigen Thema des Selbstwertgefühl.

Sehr gute und ausführliche Umfrage zu einem interessanten Thema!
Steht alles toll aus, nur im Allgemeinen meiner Meinung nach etwas zu wackelig/mäßig und zu wenig Struktur. A
Weine du bekommst keine gute Note

Artefakte

Alle Artefakte können unter folgendem Link eingesehen werden:

https://1drv.ms/u/s!Ar-FcHbilu0qg54hf6Et1T5E_8Y-YA?e=fWDa8u

Dazu gehören Anwendungen, Rohdaten, Bildmaterialien und weiteres.