

Abstract

Beamens, Reisen mit Überlichtgeschwindigkeit und Übersetzer, die alle möglichen Sprachen übersetzen können – das ist in Star Trek ganz normal. Aber was aus unserer Sicht als reine Utopie erscheint, ist gar nicht so abwegig wie man denken könnte. Immerhin hat Star Trek schon einige - heutzutage alltägliche - Technologien „vorhergesagt“. Darunter fallen beispielsweise Touchscreens, Handys, Spracherkennungssysteme wie „Amazon Echo“ und viele andere.

Ziel dieser vorwissenschaftlichen Arbeit ist die Auseinandersetzung mit ausgewählten Technologien aus der Serie „Star Trek: Raumschiff Voyager“ und deren Bewertung hinsichtlich ihrer Plausibilität. In vier Hauptkapiteln sollen die automatische Spracherkennung, der Universalübersetzer, der Transporter und der Warp-Antrieb genau unter die Lupe genommen werden.

Beaming, traveling faster than light and translators that can translate all kinds of languages - that's completely normal in Star Trek. But what appears to be pure fiction to us is not as unrealistic as one might think. After all, Star Trek has "predicted" some technologies that are commonplace these days. This includes, for example, touchscreens, cell phones, speech recognition systems like "Amazon Echo" and many other inventions.

The aim of this scientific paper is to examine selected technologies from the series "Star Trek: Voyager" in terms of their plausibility. In four chapters, the automatic speech recognition, the universal translator, the transporter and the warp drive will be carefully examined.

Vorwort

Vor einigen Jahren habe ich mir Star Trek: Raumschiff Voyager das erste Mal angesehen. Dabei hat mich nicht nur die Serie an sich gepackt, sondern auch die verschiedenen Technologien der Zukunft. Denn im Gegensatz zu vielen anderen Science-Fiction Werken finden sich hinter Star Trek Technologien tatsächlich wissenschaftliche Theorien und Tatsachen. Diese Liebe zum Detail hat mich zur Recherche und schließlich auch zum Verfassen dieser vorwissenschaftlichen Arbeit veranlasst.

Mein Dank gilt an dieser Stelle DI Dr. Wilhelm Moser, der mich beim Planungs-, und Schreibprozess begleitet und tatkräftig unterstützt hat.

Wieselburg, 19. Februar 20212

Fabian Kopetzky

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Die automatische Spracherkennung	3
2.1	Entwicklung der automatischen Spracherkennung in der Realität	3
2.1.1	Funktionsweise	4
2.2	Automatische Spracherkennung in der Serie	6
2.3	Parallelen und Unterschiede	7
2.3.1	Fazit	7
3	Der Universalübersetzer	9
3.1	Entwicklung der maschinellen Übersetzung in der Realität	9
3.1.1	Methoden zur Übersetzung von Texten	10
3.1.2	Statistische maschinelle Übersetzung	12
3.1.3	Neuronale maschinelle Übersetzung	13
3.2	Universalübersetzer in der Serie	13
3.3	Parallelen und Unterschiede	15
3.3.1	Probleme mit dem Universalübersetzer aus Star Trek	15
3.3.2	Fazit	16
4	Der Transporter	17
4.1	Der Transporter im Star Trek-Universum	17
4.1.1	Aufbau eines Star Trek-Transporters	17
4.1.2	Der Beam-Vorgang	18
4.2	Der Transporter in der Theorie	19
4.2.1	Die Heisenbergsche Unschärferelation	20
4.2.2	Die Quantenverschränkung	21
4.3	Der Transporter in der Realität	21
4.4	Fazit	22

5	Der Warp-Antrieb	24
5.1	Der Antrieb in Star Trek Raumschiffen	24
5.2	Der Warp-Antrieb in der Theorie	25
5.2.1	Probleme mit Raketenantrieben	26
5.2.2	Funktionsweise	27
5.3	Der Warp-Antrieb in der Realität	29
5.4	Fazit	30
6	Zusammenfassung	32
7	Literaturverzeichnis	34
8	Abbildungsverzeichnis	38

1 Einleitung

"Science-Fiction wie Star Trek ist nicht nur Unterhaltung, sondern erfüllt auch einen ernsten Zweck: Sie erweitert die menschliche Vorstellungskraft" (Stephen Hawking).

Aus diesem Zitat des weltbekannten Physikers Stephen Hawking geht deutlich hervor, dass Star Trek mehr als nur eine unter vielen Science-Fiction Serien ist. Denn entgegen vielen Behauptungen, Star Trek Technologien seien reine Fiktion, hat sich herausgestellt, dass dem sicher nicht so ist. Bereits viele Erfindungen wurden von Star Trek „vorausgesagt“, und ihnen werden höchstwahrscheinlich noch viele weitere folgen. Denn genau das ist mit der Erweiterung der Vorstellungskraft gemeint: Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler werden zu neuen Errungenschaften inspiriert und motiviert (vgl. Zitt, 2019, 5:38).

Der Grund für die außergewöhnlichen technischen und wissenschaftlichen Details hinter Star Trek ist die ausführliche Absprache mit Ärzten, Physikern, Technikern und vielen weiteren Fachpersonen. Diese wurden befragt, wie sie sich ihr jeweiliges Fachgebiet in der Zukunft vorstellen würden. Auf diesen durchaus realistischen Zukunftsvisionen baut Star Trek auf. Auch einige wissenschaftliche Berater wie beispielsweise Rick Sternbach waren in die Serien involviert. Diese arbeiteten in Verbindung mit den Autoren und sollten die Technologien auf deren theoretische Machbarkeit analysieren (vgl. Zitt, 2019, 6:49).

Das Star Trek Universum, erschaffen von Gene Roddenberry, umfasst unzählige Serien und Filme. In dieser Arbeit soll speziell auf die Technologien eingegangen werden, die in der Serie „Star Trek: Raumschiff Voyager“ vorkommen, da diese Serie wesentlich moderner ist als ihre Vorgänger wie zum Beispiel „Star Trek: The Original Series“, welche aus heutiger Sicht in vielen Bereichen überholt erscheint.

„Star Trek: Raumschiff Voyager“ ist eine US-amerikanische Fernsehserie, welche von 1995 bis 2001 von Rick Berman u.a. produziert wurde. Die Serie ist auf sieben Staffeln aufgeteilt und zählt insgesamt 172 Episoden.

Die Serie erzählt die Geschichte der U.S.S Voyager und ihrer Crew im 24. Jahrhundert. Bei einer Jagd auf ein feindliches Schiff der Marquis wird die Voyager samt ihrer Besatzung durch ein fremdes Wesen ans andere Ende der Milchstraße transportiert – den sogenannten Delta-Quadranten. Die Crew der Voyager und die Crew des feindlichen Schiffes sind nun gezwungen, sich zusammenzuschließen und den Weg nach Hause anzutreten. Gemeinsam müssen sie eine Strecke von 70.000 Lichtjahren zurücklegen, was selbst mit der Technologie des 24. Jahrhunderts über 70 Jahre dauern würde. Doch sie nutzen oft Gelegenheiten, wie zum Beispiel fremde Technologien oder Weltraumanomalien, um die Reise zu beschleunigen (vgl. Loga, 2021).

Die Besatzung der Voyager setzt sich sowohl aus Mitgliedern der Sternenflotte als auch der feindlichen Marquis zusammen, welche in ihrer außergewöhnlichen Lage zur Zusammenarbeit gezwungen sind. Angeführt wird die Mannschaft von Captain Kathryn Janeway. Unterstützt wird sie von Commander Chakotay, einem ehemaligen Marquis und neu ernannten ersten Offizier des Schiffes. Weitere wichtige Rollen übernehmen der Pilot Tom Paris, der Operation Manager Harry Kim, die Ingenieurin B'Elanna Torres, der Sicherheitschef Tuvok und das Hologramm „Der Doktor“ (vgl. Livingston, 1995).

2 Die automatische Spracherkennung

Die automatische Spracherkennung, auch ASR (Automatic Speech Recognition) genannt, ist ein Teilgebiet der Computerlinguistik und beschäftigt sich mit der technischen Interpretation der menschlichen Sprache. Sie beinhaltet hierbei natürlich die Erkennung und Analyse von Spracheingaben, kann aber auch zur Identifikation des Sprechers eingesetzt werden. Im großen Stil wird die automatische Spracherkennung in Spracherkennungssoftware wie Google Assistant, Siri oder Amazon Echo verwendet. Man aktiviert diese mit einem Aktivierungswort und spricht eine Anweisung aus, auf die die Software antwortet (vgl. ITWissen.info, 2019).

2.1 Entwicklung der automatischen Spracherkennung in der Realität

Die Entwicklung der automatischen Spracherkennung reicht bis in die 50er Jahre zurück. Wissenschaftler versuchten, eine Möglichkeit zu finden, mit Maschinen zu kommunizieren (vgl. Moskvitch, 2017).

Die erste dokumentierte Spracherkennungsmaschine war „Audrey“ aus dem Jahr 1952. Sie wurde von Bell Labs entwickelt und konnte die Ziffern von null bis neun mit einer Genauigkeit von über 90% erkennen, wenn sie auf den Sprecher angepasst war (vgl. Pieraccini, 2012). 1962 wurde die sogenannte „Shoebox machine“ von IBM (International Business Machines Corporation) vorgestellt. Diese konnte nicht nur Ziffern, sondern auch mathematische Operatoren erkennen. Zeitgleich wurde in der Sowjetunion eine Maschine entwickelt, die in der Lage war, bis zu 200 verschiedene Wörter aufzunehmen. Der nächste große Schritt war die Entwicklung von „Harpy“. Diese sollte nun nicht mehr nur einzelne Worte, sondern ganze Sätze verstehen. Dabei verfügte sie über einen Wortschatz von etwa 1000 Wörtern. Entwickelt wurde „Harpy“ in der Carnegie Mellon University in Kooperation mit anderen Einrichtungen, wie auch IBM (vgl. Moskvitch, 2017). Mit der Zeit vergrößerte sich auch der Wortschatz einer Maschine – in den 80ern konnte „Tangora“, eine von der IBM entwickelte Schreibmaschine, etwa 20.000 Wörter erkennen. Behilflich war dabei auch eine

neuartige Herangehensweise: Mithilfe von Statistik wurde die wahrscheinlichsten Phoneme vorhergesagt, die auf ein bestimmtes Phonem folgen.

„Das Phonem ist der kleinste lautliche Bestandteil eines Wortes mit wortunterscheidender Funktion. Durch den Austausch eines Phonems ändert sich die Bedeutung eines Wortes, das Phonem selbst ist nicht bedeutungstragend (Lernhelfer, 2010).“

Ein Beispiel hierfür wäre „Made“, wobei hier „a“ ein Phonem ist, welches beim Austausch durch ein anderes Phonem, beispielsweise „o“, die Bedeutung des Wortes ändert, in diesem Fall zu „Mode“ (vgl. Lernhelfer, 2010).

„Harpy“ und „Tangora“ waren zwar in der Lage, ganze gesprochene Sätze zu verstehen, allerdings musste nach jedem Wort eine Pause gemacht werden. Denn oft ergeben sich im gesprochenen Fließtext ganze neue Geräusche, wenn Wörter kombiniert werden, und zusammenhängende Satzstrukturen können auch komplett falsch aufgenommen werden. Beispielsweise könnte der englische Satz „Give me a new display“ als „Give me a nudist play“ verstanden werden. „Dragon Systems“ brachte mit „Dragon NaturallySpeaking“ 1997 die erste Spracherkennungssoftware auf den Markt, die bis zu 100 Wörter pro Minute verstehen und verarbeiten konnte (vgl. Moskvitch, 2017).

In den letzten Jahren beeinflusste die rasante Entwicklung der künstlichen Intelligenz die Spracherkennung stark. Computer können auf riesige Datenbanken voller Sprachbeispiele zugreifen, was es ihnen erlaubt, eine immer bessere Spracherkennung auch bei verschiedenen Akzenten zu ermöglichen. Die heutzutage bekanntesten Spracherkennungssysteme sind Google Assistant, Cortana, Siri und Amazon Echo (vgl. Moskvitch, 2017).

2.1.1 Funktionsweise

Ein automatisches Spracherkennungssystem funktioniert grob gesagt nach folgendem Schema: Der Computer bekommt eine Audioaufnahme und verarbeitet diese, indem er sie in kleine Einheiten unterteilt und schließlich die erkannten Sprache in Text

umwandelt. Dieser Text kann nun vom Computer weiterverarbeitet werden, um bestimmte Befehle auszuführen (vgl. Voximplant, 2020).

Jede Spracherkennungssoftware verfügt über ein Lexikon, das alle Wörter in gesprochener und geschriebener Form beinhaltet. Dabei sind auch etliche Aussprachemöglichkeiten eines Wortes, denn je nach Akzent oder Stimme kann ein Wort ganz anders ausgesprochen werden. Die Größe des Lexikons hängt vom Wortschatz der Software ab – je mehr Wörter ein Programm verstehen soll, desto größer muss das Lexikon sein (vgl. Voximplant, 2020).

Mithilfe des Lexikons erfolgt die akustische Modellierung. Dabei wird die Audioeingabe in kleine Teile zerlegt und jeder Teil wird einzeln analysiert. Jedes Mal wird versucht, das wahrscheinlichste Phonem zu ermitteln – also welches Geräusch in jedem kleinen Teil der Aufnahme gemacht wird. Bei diesem Schritt wird oft künstliche Intelligenz eingesetzt, die auf das Erkennen von Phonemen trainiert wurde. Das soll zur Genauigkeit der Analyse beitragen (vgl. Voximplant, 2020).

„Language Modelling“ wird in moderneren Versionen von Spracherkennungssoftware eingesetzt. Es basiert auf „Natural Language Processing“ (NLP), einem Bereich der künstlichen Intelligenz (vgl. Voximplant, 2020). NLP soll nicht nur Wörter erkennen können, sondern auch den Sinn eines Satzes erfassen können (vgl. IBM Cloud Education, 2020). Des Weiteren sollen häufige Wortreihenfolgen erkannt werden – das geschieht durch das Voraussagen des nächsten Wortes in einem Satz, wobei ein Programm die Wahrscheinlichkeiten von möglichen Folgewörtern berechnet (vgl.

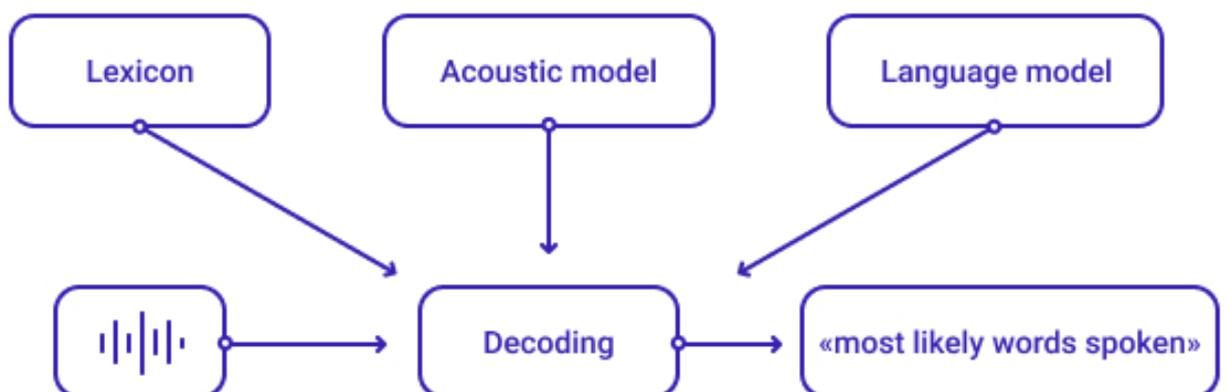


Abbildung 1: Schema der automatischen Spracherkennung (Voximplant, 2020)

Voximplant, 2020).

Mit modernen NLP-Systemen kann aber weit mehr als die Berechnung von Wahrscheinlichkeiten von Folgewörtern erreicht werden. Solche Programme werden auch in vielen weiteren technischen Bereichen eingesetzt, wie etwa in der Biologie. Hier kann man etwa die Wahrscheinlichkeiten bestimmter Veränderungen der Basensequenz der DNA von Viren berechnen. Da die Basensequenz ausschlaggebend für die Synthese von bestimmten Proteinen ist, ist so eine genaue Vorhersage von Mutationen von Viren möglich (vgl. Szentpetery-Kessler, 2021).

2.2 Automatische Spracherkennung in der Serie

Das Raumschiff Voyager aus der Serie ist mit einem zentralen Betriebssystem ausgestattet, dem sogenannten LCARS. Diese Abkürzung steht für „Library Computer Access and Retrieval System“, auf Deutsch „Zugriffs- und Abfragesystem des Bibliothekscomputers“. Die Aufgaben dieses Systems sind vielseitig, sie reichen von der Funktion als Bibliothekscomputer und Datenbank bis zur Kontrolle sämtlicher schiffsinterner Systeme. Gesteuert wird dieses System von Kommandokonsolen, vorwiegend aber mithilfe automatischer Spracherkennung (vgl. Memory Alpha, 2021 (LCARS)).

Aktiviert wird die Spracherkennung in Star Trek durch das Aktivierungswort „Computer“. Der Computer führt danach den Befehl aus, der auf das Aktivierungswort folgt. Hierbei ist das System in der Lage, über die Bedeutung der einzelnen Wörter hinaus auch den Sinn des Satzes zu verstehen (vgl. Livingston, 1995, Prototyp, 9:50).

Des Weiteren ist das Spracherkennungssystem aus Star Trek in der Lage, Rückfragen auf einen Befehl zu stellen, wie etwa Autorisationscodes, die den Zugang bestimmter Funktionen auf ausgewählte Personen beschränken (vgl. Livingston, 1995, Der Verräter, 28:29).

2.3 Parallelen und Unterschiede

Die Ähnlichkeit unserer heutigen Spracherkennungstechnologie zu der aus Star Trek ist verblüffend – Geräte wie Amazon Echo ermöglichen den Menschen Kommunikation mit Computern wie in der Science-Fiction-Serien. Es ist beispielsweise in der Lage, auf Fragen sinngemäß zu antworten und korrekte Ergebnisse zu liefern. Beispielsweise liefert Amazon Echo auf die Frage „Wie weit ist es bis Berlin?“ auch eine richtige Antwort, da es in der Lage ist, zuerst den Sinn der Frage zu erkennen und schließlich fehlende Informationen, wie hier etwa den aktuellen Standort, mit eigenen Informationen zu ersetzen (vgl. Zitt, 2019, 21:52). Auch eine Vernetzung des Spracherkennungssystems mit anderen Systemen ist wie in der Serie bereits möglich. Man kann beispielsweise die Lichtintensität oder die Temperatur per Sprachbefehl anpassen, sämtliche technische Geräte steuern und für Unterhaltung, wie etwa Musik, sorgen (vgl. Zitt, 2019, 24:30). Heutige „Smart Homes“, also Häuser, die sich durch viele technische Gadgets auszeichnen, können auch mit verschiedenen Spracherkennungssystemen, etwa Amazon Echo, Bixby, Siri oder Cortana, gesteuert werden. Dies erinnert stark an die Interaktion mit dem Schiffcomputer aus Star Trek (vgl. Wendel, 2020).

Dennoch gibt es ein kleines Problem mit dem Computer aus Star Trek – nämlich das Aktivierungswort. Amazon Echo beispielsweise unterstützt wie in Star Trek das Aktivierungswort „Computer“, was jedoch oft zu unerwünschten Aktivierungen führt, da „Computer“ heutzutage Einzug in den alltäglichen Wortschatz gefunden hat. Diese unerwünschten Aktivierungen sind in der Serie offenbar kein Problem – das System scheint unterscheiden zu können, wann „Computer“ als Aktivierungswort und wann es im Kontext einer Konversation verwendet wird (vgl. Zitt, 2019, 24:07).

2.3.1 Fazit

Tatsächlich könnte man sagen, dass sich die Fähigkeiten unserer heutigen Spracherkennungssysteme kaum von den fiktiven Systemen aus Star Trek Voyager unterscheiden. Der größte Unterschied zwischen Realität und Fiktion ist hier wohl die Qualität der Spracherkennung. In der Serie kommen so gut wie keine

Missverständnisse vom Computer vor und das System scheint auch erkennen zu können, wann das Aktivierungswort auf die Aktivierung der Spracherkennung abzielt und wann es im sprachlichen Kontext verwendet wird. Heutige Spracherkennungssysteme haben damit Probleme – oft verwechseln sie ähnlich klingende Wörter und aktivieren sich auf Basis von Missverständnissen. Hierbei darf aber nicht vergessen werden, dass Star Trek Voyager mehr als 300 Jahre in der Zukunft liegt. Die Verbesserung von NLP und künstlicher Intelligenz werden unweigerlich zu höherer Qualität von Spracherkennungssoftware führen und uns immer näher an das Spracherkennungssystem von Star Trek bringen.

3 Der Universalübersetzer

Universalübersetzer sind Übersetzungscomputer, die in der Lage sind, Sprache in Echtzeit zu erfassen, zu verarbeiten und eine passende Übersetzung wiederzugeben. In der Serie werden diese Geräte verwendet, um die Sprache anderer Spezies zu übersetzen, damit eine problemlose Kommunikation möglich ist. Doch maschinelle Übersetzung ist längst keine Fiktion mehr – Übersetzungsprogramme gibt es nämlich schon fast so lange wie den Computer selbst (vgl. Tolan, 2016, S. 291).

3.1 Entwicklung der maschinellen Übersetzung in der Realität

Der Beginn der maschinellen Übersetzung reicht bis in die 40er Jahre zurück. Die Menschen begannen, über eine automatische Übersetzung von Texten nachzudenken, doch es war nicht möglich für sie, ihre Forschung zu testen. Es fehlte an technischen Ressourcen. Als die ersten Computer in den 40er bis 60er Jahren erschienen sind, änderte sich dies: Die Erwartungen an die neue Technologie waren hoch. Allerdings wählten die Forscher eine sehr vereinfachte Herangehensweise. Allgemeinere und bessere Konzepte der maschinellen Übersetzung wurden auch zu dieser Zeit entwickelt und stellten sich später als wegweisend heraus.

Ein Rückschritt in der Entwicklung der maschinellen Übersetzung war der ALPAC (Automatic Language Processing Advisory Committee) Report aus dem Jahre 1966. Das von der amerikanischen Regierung gegründete Team unter der Leitung von John R. Pierce kam in dem Bericht zu dem Schluss, man hätte unnötige Forschungsarbeit in die Technologie investiert (vgl. Poibeau, 2017, S. 35, 76).

“The conclusions of the report were highly negative, describing the research done up to them as flawed and useless” (Poibeau, 2017, S. 35).

Als Konsequenz des Berichts gingen die Entwicklung und die Verbesserung der maschinellen Übersetzung zurück. Immer weniger Entwicklerteams beschäftigten sich mit der Thematik. Auch finanzielle Unterstützung für die Forschung in diesem Gebiet ging drastisch zurück (vgl. Poibeau, 2017, S. 81f).

In den 70er Jahren gab es folglich keine wirklichen Weiterentwicklungen in der Übersetzungstechnologie. Dennoch waren einige Fortschritte in den Bereichen Semantik (Bedeutungslehre) und Parsing (Zerteilung und Umwandlung von Input in ein geeignetes Format) zu verbuchen (vgl. Poibeau, 2017, S. 36).

In den 1990er Jahren gab ein neues System zur automatischen Übersetzung von Texten. Diese neue Herangehensweise basiert auf Statistik und großen Textkörpern (Corpora) und ist bis heute das wohl am meisten verwendete System. Zwei der bekanntesten Übersetzungsdienste, Google Translator und Bing Translator, benutzen Varianten dieser Herangehensweise (vgl. Poibeau, 2017, S. 36). Während dieses System deutlich besser und fortschrittlicher ist als eine regelbasierte Übersetzung, ist es dennoch anfällig für Fehler. Aus diesem Grund begannen Unternehmen, beide Herangehensweisen in ein Programm zu implementieren (vgl. Malinowski & Mandell, 2021).

„Dabei wurde üblicherweise die statistische maschinelle Übersetzung mit der regelbasierten maschinellen Übersetzung kombiniert. Diese Fortschritte verhalfen der Technologie für maschinelle Übersetzungen zum weltweiten Durchbruch.“ *(Malinowski & Mandell, 2021)*

Die neueste und vielversprechendste Herangehensweise an die maschinelle Übersetzung ist das sogenannte „Deep Learning“, welches seit etwa 2010 im Fokus steht (vgl. Poibeau, 2017, S. 36).

3.1.1 Methoden zur Übersetzung von Texten

Es gibt unzählige Methoden, Texte in eine andere Sprache zu übersetzen. Poibeau teilt diese allerdings in drei Kategorien ein, um einen besseren Überblick zu bekommen.

Die „Direct Translation“ ist die wohl simpelste Form der Übersetzung. Sie basiert stark auf einem Wörterbuch und übersetzt die Texte ohne Zwischendarstellung direkt Wort für Wort in die Zielsprache. Der übersetzte Text wird dann so gut es geht der Grammatik der Zielsprache angepasst, beispielsweise in der Wortreihenfolge.

Eine bessere und genauere Herangehensweise bietet ein sogenanntes „Transfer System“. Diese vermeiden eine Wort-für-Wort Übersetzung und greifen stattdessen auf eine syntaktische Analyse zu. Damit dies aber akkurat und genau funktioniert, müssen ausreichend Informationen von beiden Sprachen vorhanden sein. (vgl. Poibeau, 2017, S. 27f)

Eine syntaktische Analyse analysiert sowohl die ursprüngliche Sprache als auch die Zielsprache hinsichtlich des Satzbaues und der Grammatik. Grammatikregeln werden auf Satzteile und Gruppen von Wörtern angewandt anstatt nur auf einzelne Wörter (vgl. Donges, 2019).

Die dritte Methode basiert auf einer sogenannten „Interlingua“. Sie ist die wohl anspruchsvollere, aber auch genauere Herangehensweise zur Übersetzung von Texten. Der zu übersetzende Text wird zuerst in eine Interlingua, das heißt in eine künstliche Sprache, übersetzt und von dieser aus in die Zielsprache übertragen. Da es allerdings schwierig ist, eine künstliche, für Übersetzungen taugliche Sprache zu entwickeln, werden oft bereits bestehende Sprachen wie zum Beispiel Englisch verwendet. In so einem Fall spricht man von einer sogenannten „Pivot Language“ (vgl. Poibeau, 2017, S. 28).

Diese drei Methoden zur Übersetzung von Texten können im Vauquois Dreieck dargestellt werden (vgl. Poibeau, 2017, S. 29).

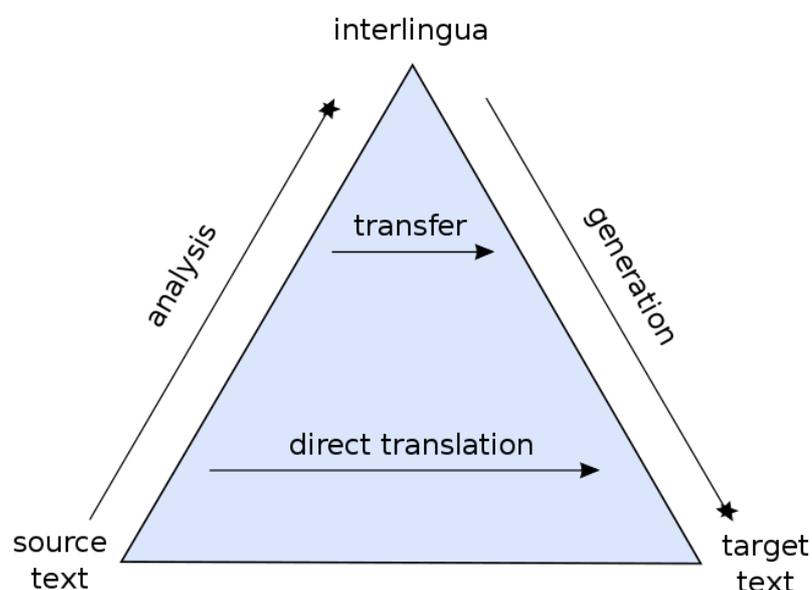


Abbildung 2: Das Vauquois Dreieck (Wikimedia Commons, 2019)

3.1.2 Statistische maschinelle Übersetzung

Die statistische maschinelle Übersetzung befasst sich mit dem automatischen Transfer einer Quellsprache in eine Zielsprache. Der Prozess dahinter basiert auf der Stochastik (vgl. Osborne, 2011).

Dabei werden anstatt von fixen Regeln große zweisprachige Textkörper verwendet und die richtige Übersetzung davon wird mithilfe von statistischen Kennzahlen und Wahrscheinlichkeiten erstellt. Der große Vorteil dabei ist, dass die Übersetzung von sogenannten asymmetrischen Sätzen¹ viel genauer und zuverlässiger wird, da die Übersetzung auf Satz-Level und nicht auf Wort-Level erfolgt (vgl. Poibeau, 2017, S. 121f).

„It is well known that languages differ significantly and that many words cannot be directly translated. Most correspondences are therefore said to be “asymmetrical”; that is, one word from the source or target language corresponds to 0, 1 or n words in the other language” (Poibeau, 2017, S. 122).

Die Übersetzung mit dieser Methode kann in drei Schritte heruntergebrochen werden. Zuerst wird die Länge des Satzes in der Zielsprache festgelegt. Hierbei geht das System davon aus, dass ein Satz in der Quellsprache mit einer bestimmten Länge eine bestimmte Länge in der Zielsprache haben muss. Danach versucht ein Algorithmus, Wörter und Wortgruppen einer Quellsprache denen einer Zielsprache zuzuordnen und so ein Wörterbuch zu erstellen. Dies erfolgt durch eine Analyse riesiger zweisprachiger Textkörper, die auf Satz-Level identisch sind. Der letzte Schritt ist die Zuordnung von Wörtern. Es wird versucht, für jedes Wort in der Zielsprache ein zugehöriges Wort oder eine zugehörige Wortgruppe in der Quellsprache zu finden (vgl. Poibeau, 2017, S. 121ff).

Wie auch alle anderen Übersetzungsmodelle hat auch dieses System Schwächen. Die größte ist wohl, dass riesige Mengen an Daten vorhanden sein müssen, um eine genaue Übersetzung zu gewährleisten. Probleme ergeben sich, wenn seltenere

¹ Ein Wort in der Quellsprache bezieht sich auf keines, eines oder mehrere Wörter in der Zielsprache

Sprachen mit zu wenigen vorhandenen Daten übersetzt werden sollen (vgl. Poibeau, 2017, S. 145).

3.1.3 Neuronale maschinelle Übersetzung

Erst seit kurzem setzt sich ein neues System, das der statistischen maschinellen Übersetzung sehr ähnlich ist, durch: Die neuronale maschinelle Übersetzung. Diese Entwicklung steht eng im Zusammenhang mit den aktuellen Durchbrüchen im Bereich künstlicher Intelligenz. In der Theorie soll das System „von allein lernen“, komplexe Satzstrukturen und Texte zu analysieren und aus den extrahierten Informationen eine akkurate Übersetzung zu generieren (vgl. Poibeau, 2017, S. 181ff).

„In the case of machine translation, deep learning makes it possible to envision systems where very few elements are specified manually, the idea being to let the system infer by itself the best representation from the data“ (Poibeau, 2017, S. 184f).

So gesehen könnte man den Prozess der neuronalen maschinellen Übersetzung deutlich vereinfacht darstellen und in die Analyse des Textes durch die künstliche Intelligenz und die Generierung der Übersetzung einteilen. Diese Herangehensweise erinnert vom System stark an das Konzept des Vauquois Dreiecks aus 3.1.1 (vgl. Poibeau, 2017, S. 185f).

3.2 Universalübersetzer in der Serie

In vielen Science-Fiction Werken, bei denen es Kontakt mit fremden Rassen gibt, ist es üblich, dass die Protagonisten einen Universalübersetzer mit sich führen. So werden für die Handlung irrelevante sprachliche Konflikte vermieden und alle Beteiligten sind sofort in der Lage, miteinander zu kommunizieren (vgl. Iordneo, 2020).

Auch in Star Trek Voyager kommt diese Technologie zum Einsatz. Da die Voyager am anderen Ende der Galaxie gestrandet ist, ist der Kontakt zu fremden Spezies unausweichlich und somit der Universalübersetzer kaum wegzudenken.

Im Star-Trek Universum wird die Funktionsweise folgendermaßen erklärt: Das Gerät sei in der Lage, alle bekannten Sprachen in Echtzeit zu übersetzen und soll auch neue Sprachen schnell und anhand weniger Sprachbeispiele erlernen können (vgl. Zitt, 2019, 27:57).

Während des Sprechens soll die Originalstimme des Sprechers gedämpft werden und der Übersetzer soll automatisch die Übersetzung modulieren. Die Stimme soll dennoch dieselbe bleiben (vgl. Memory Alpha, 2021 (Universalübersetzer)).

In der Episode „Die Zähne des Drachen“ nimmt die Voyager Kontakt mit einer ihnen unbekanntem Spezies, den Turei, auf. Trotz mangelnder Daten für den Übersetzer scheint eine Übersetzung problemlos zu funktionieren (vgl. Livingston, 1995, Die Zähne des Drachen, 3:50). In derselben Episode treffen sie auf die Vaadwaur, einer anderen fremden Spezies. Sie reanimieren sie aus einer 900 Jahre langen Stasis und sind dennoch sofort in der Lage, ihre Sprache zu verstehen. Der Universalübersetzer hatte vorher keine Möglichkeit, die Sprache zu erlernen (vgl. Livingston, 1995, Die Zähne des Drachen, 10:02).

In „Die 37er“ trifft die Crew im Delta-Quadranten auf Menschen, die in den 1930er Jahren von Außerirdischen entführt und ans andere Ende der Galaxie gebracht worden sind. Als sie die Menschen aus den Stasiskammern befreien, wird der Fokus auf den Universalübersetzer gelegt. Die Personen beschreiben es so, als würden alle anderen ihre Sprache sprechen. Der Japaner vernimmt alles auf Japanisch, für den Amerikaner ist es Englisch. Die Szene zeigt, dass der Universalübersetzer aus Star Trek Voyager auch auf mehrere Personen gleichzeitig angewandt werden kann (vgl. Livingston, 1995, Die 37er, 18:06).

In der Episode „Der Schwarm“ ist die Voyager gezwungen, den Raum einer unbekanntem Spezies zu durchqueren. Der Universalübersetzer der Voyager scheitert hier beim Übersetzen der Sprache der Außerirdischen.

„Diese Sprache unterscheidet sich so sehr von unserer, dass der Universal Translator sie nicht zu übersetzen vermag“ (vgl. Livingston, 1995, Der Schwarm, 8:43).

Diese Szene ist eine der wenigen, in der der Universalübersetzer aus der Serie kein Ergebnis liefert. Er muss neu dafür neu moduliert werden (vgl. Livingston, 1995, Der Schwarm, 8:37). Später in der Episode ist der Universalübersetzer wieder in der Lage, eine zumindest ungefähre Übersetzung wiederzugeben (vgl. Livingston, 1995, Der Schwarm, 31:20).

3.3 Parallelen und Unterschiede

Sieht man sich den Universalübersetzer aus Star Trek: Raumschiff Voyager genau an, erkennt man schnell einige grundsätzliche Probleme damit.

3.3.1 Probleme mit dem Universalübersetzer aus Star Trek

Das wohl offensichtlichste Problem des Universalübersetzers ist der Bedarf von Telepathie. Die Serie versucht die Funktionsweise damit zu erklären, dass der Übersetzer neue Sprachen schnell anhand von kurzen Sprachbeispielen erlernen kann. Doch in den Beispielen im obigen Kapitel und vielen anderen Stellen der Serie funktioniert das Übersetzen sofort und reibungslos, ohne die Spezies und deren Sprache vorher gekannt zu haben (vgl. Iordneo, 2020).

Die Übersetzung in Echtzeit lässt sich mit der Funktionsweise in der Serie ebenfalls nicht erklären.

„Grund dafür ist, dass der Sinn eines Satzes oft erst aus einem größeren Zusammenhang ersichtlich wird“ (Tolan, 2016, S. 291).

Außerdem macht es eine unterschiedliche Satzstellung in zwei Sprachen unmöglich, eine akkurate Übersetzung in Echtzeit zu garantieren. Denn essenzielle Wörter, welche in der Zielsprache am Anfang stehen, können in der Originalsprache erst ganz am Ende des Satzes gesagt werden. Hierbei wären wieder telepathische Fähigkeiten für den Universalübersetzer nötig.

Ein weiteres Problem sind die Mundbewegungen der Charaktere. Denn selbst wenn ihre Stimmen unterdrückt werden, müssten die Mundbewegungen immer noch zur

Originalsprache passen. Dies stellte sich allerdings als Fehler in der Serie heraus, der im Star Trek Film „Star Trek: Beyond“ behoben worden ist (vgl. Zitt, 2019, 28:20).

Auch die Unterdrückung der Originalstimmen wirft Fragen aus logischer Perspektive auf. Denn der Übersetzer kann unmöglich für mehrere Personen gleichzeitig unterschiedliche Übersetzungen anfertigen, welche nur die Person hören kann an die die Übersetzung gerichtet ist. Genau dies passiert aber in der obig genannten Szene aus der Episode „Die 37er“.

Diese Probleme des Universalübersetzers wirken aber eher wie eine Lösung von Seiten der Autoren, um die Handlung der Serie ohne andauernde Unterbrechungen voranzutreiben.

3.3.2 Fazit

Sieht man über die Probleme des Universalübersetzers aus Star Trek hinweg, so ist so eine ähnliche Technologie in naher Zukunft gar nicht so abwegig. Die heutige maschinelle Übersetzungstechnologie entwickelt sich nämlich rasant weiter. So gab es beispielsweise während der Produktion der Serie die neuronale maschinelle Übersetzung noch nicht, welche von selbst lernen kann, Texte zu übersetzen. Mit der ständigen Verbesserung im Bereich der künstlichen Intelligenz schrumpfen auch die Datenmengen, die ein Programm zur selbstständigen Übersetzung von Texten braucht.

Man muss auch anmerken, dass die Übersetzung in Star Trek vor allem mündlich geschieht, heutige Systeme übersetzen Texte meist noch rein schriftlich. Tolan beschreibt die Übersetzungsfunktion des Microsoft-Programms „Skype“ als bestes Beispiel eines heutigen Universalübersetzers. Bereits im Mai 2014 sollen zwei Menschen über einen Anruf Englisch und Deutsch gesprochen haben, und die Sätze sollen mit wenigen Sekunden Verzögerung übersetzt und sogar wie in Star-Trek akustisch wiedergegeben worden sein (vgl. Tolan, 2016, S. 293).

Aufgrund der rasanten Entwicklung der Technologie und dem heutigen Stand der Technik ist ein Universalübersetzer, der relativ gut an die Star Trek Version herankommt, in der nahen Zukunft auf jeden Fall sehr gut möglich.

4 Der Transporter

Der Transporter aus dem Star Trek-Universum wird dafür verwendet, Personen oder Gegenstände von einem Ort an einen anderen zu teleportieren. Der Vorgang ist unter dem gängigen Begriff „beamen“ bekannt. Hierbei wird, ohne Zeit zu verlieren, das Objekt dematerialisiert, das heißt, in seine kleinsten Bestandteile zerlegt und am Zielort wieder materialisiert, also wieder zusammengefügt (vgl. Memory Alpha, 2021 (Transporter)).

4.1 Der Transporter im Star Trek-Universum

In der Serie werden Transporter vielseitig eingesetzt. Häufig dienen sie dazu, Crewmitglieder vom Raumschiff auf einen Planeten und wieder zurückzutransportieren. Das muss auch so sein, denn eine Landung mit dem Raumschiff auf einem Planeten wäre technisch gesehen nicht möglich. Das Schiff würde nicht mehr aufsteigen können, da ein Raketenantrieb, also ein Antrieb mit Rückstoßprinzip, nicht die nötige Kraft aufbringen kann, ein riesiges Raumschiff entgegen der Gravitation in den Orbit zu befördern (vgl. Tolan, 2016, S. 203).

4.1.1 Aufbau eines Star Trek-Transporters

Auf Star Trek-Raumschiffen, so auch der Voyager, ist der Transporter ein riesiges Gerät aus vielen Einzelteilen. Die sogenannte Primärspule, welcher einen Eindämmungsstrahl erzeugt, sorgt dafür, dass ein Molekularscanner ohne Störungen die Informationen aller subatomaren Teilchen erfassen und speichern kann. Der sogenannte Musterpuffer, der sich unter der Transporterplattform befindet, dient dazu, die vom Scanner gemessenen Informationen zu speichern. Die Phasenspulen werden zur Trennung der atomaren Bindungen und somit zum Dematerialisieren des Zielobjekts verwendet. Auch eine Kompensation des Doppler-Effekts wird durchgeführt (vgl. Zitt, 2019, 53:46). Laut diesem Effekt verändern sich Wellen nämlich durch Bewegung, was zu Fehlern beim Aufzeichnen der Daten führen könnte. (vgl. Leifi Physik, 2021 (Doppler

Effekt)). Somit ist eine Kompensation dieses Effekts notwendig, um die Richtigkeit der Daten zu garantieren.

Zusätzlich sorgt ein Biofilter dafür, dass beim Transportvorgang keine Krankheiten, Viren oder schädliche Stoffe gebeamt werden können (vgl. Livingston, 1995, Makrokosmos, 26:43).

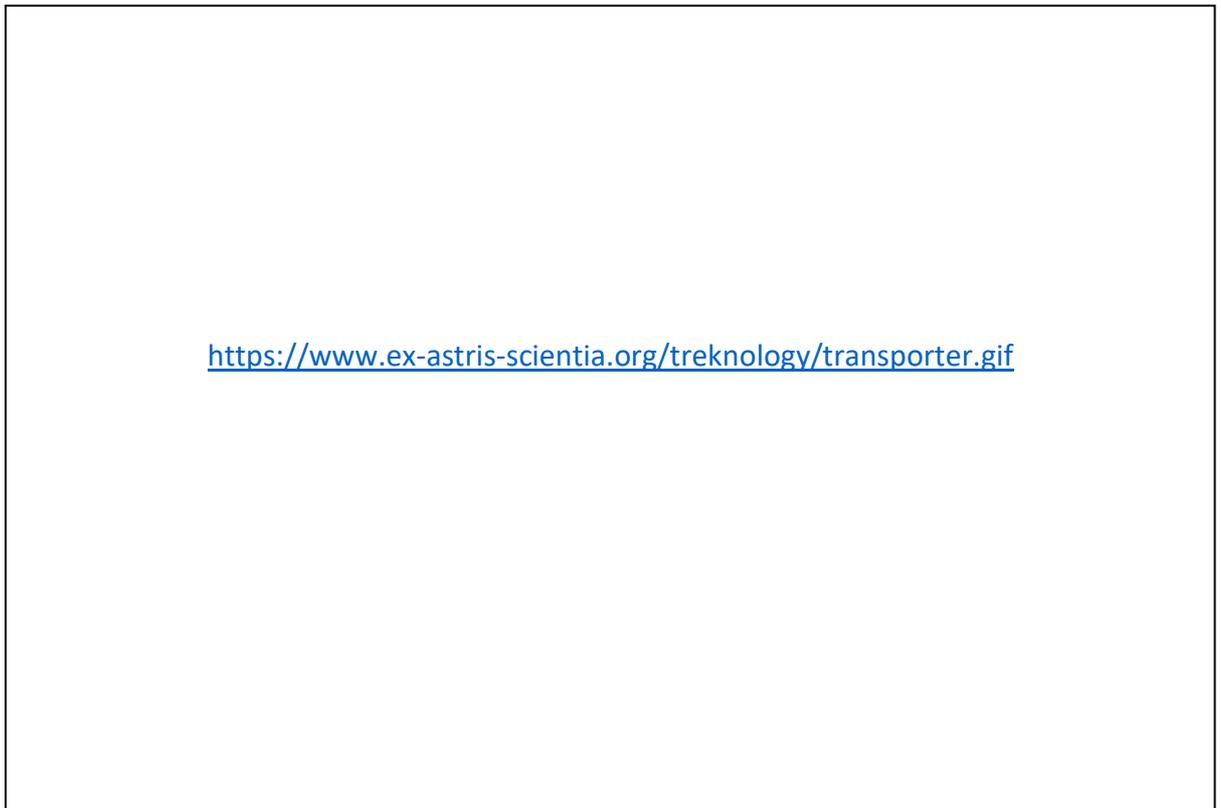


Abbildung 3: Der Aufbau eines Star-Trek Transporters (Ex Astris Scientia, 2021)

4.1.2 Der Beam-Vorgang

Das Beamen kann hier nach dem Prinzip der Serie in mehrere Schritte eingeteilt werden: Die Dematerialisierung, die Überprüfung der Zielkoordinaten, die Materieübertragung und schließlich die Materialisierung.

Beim ersten Schritt werden alle Bestandteile des Transporters auf ihre korrekte Funktionsweise überprüft, bevor der von der Primärspule erzeugte Eindämmungsstrahl das Scannen der einzelnen Teilchen vorbereitet. Der

Molekularscanner erfasst nun alle Daten aller subatomaren Teilchen, beispielsweise Protonen, Neutronen oder Elektronen. Diese Daten werden im Musterpuffer temporär gespeichert und eine Dopplerkompensation wird durchgeführt.

Als nächstes werden die Zielkoordinaten kontrolliert und ständig erneut gescannt, um sicherzugehen, dass man das Objekt ohne Komplikationen beamen kann. Ein Eindämmungsstrahl wird ebenfalls am Zielort erstellt und jede Art von Materie wird innerhalb dieses Strahls entfernt. Die Dopplerkompensation wird erneut durchgeführt.

Im Anschluss werden der Materiestrom und die gesammelten Daten über die Teilchen, die Musterdaten, über das Schiff and die Zielkoordinaten geschickt und nochmal auf ihre Intaktheit überprüft. Zum Schluss folgt die Materialisierung der Atome, also das Objekt wird aus den Teilchen und den Musterdaten wieder aufgebaut. Dieser Vorgang dauert im Star Trek-Universum etwa fünf Sekunden (vgl. Zitt, 2019, 55:20).

Theoretisch würde die Übertragung der Musterdaten allein ausreichen, um das Objekt am Zielort wieder zusammenzubauen – aus welchen Teilchen das gebeamte Objekt nun besteht ist eigentlich ziemlich egal, der Bauplan, also die Musterdaten müssen stimmen. In Star Trek werden aber aus ethischen und religiösen Gründen die Originalteilchen ebenfalls übermittelt, sodass das Objekt nach der Materialisierung aus den exakt gleichen Teilchen besteht wie zuvor. Dadurch soll auch das Klonen der Objekte vermieden werden (vgl. Zitt, 2019, 52:18).

4.2 Der Transporter in der Theorie

Bis zur Entdeckung der weltbekannten Formel $E = mc^2$ wäre ein Star Trek-Transporter undenkbar gewesen. Doch in besagter Formel werden Energie und Masse als äquivalent dargestellt – es muss also möglich sein, Masse in Energie umzuwandeln, also praktisch das Objekt zu dematerialisieren (vgl. Tolan, 2016, S. 206). Auch der umgekehrte Prozess, Energie in Masse umzuwandeln, ist physikalisch möglich. Beobachten kann man dieses Phänomen bei der sogenannten Paarbildung. Darunter versteht man die Umwandlung von hochenergetischer Gammastrahlung (Photonen) in ein Elektron und ein Positron, also in ein Teilchen und sein zugehöriges Antiteilchen (vgl. Spektrum, 2021).

Ein wirkliches Problem stellt das Scannen und die Erfassung der Daten des Objekts dar. Zwar wurde 1981 das sogenannte Rastertunnelmikroskop erfunden, welches zwar die Lage von Atomen genau bestimmen kann, aber gewisse Einschränkungen aufweist. Eine genaue Erfassung der Atome ist bis heute nur an der Oberfläche, im Vakuum und bei einer Temperatur nahe dem absoluten Nullpunkt² möglich (vgl. Tolan, 2016, S. 207ff). Doch nicht nur diese Einschränkungen gelten, sondern auch noch die Ort-Impuls Unschärfe von Teilchen.

4.2.1 Die Heisenbergsche Unschärferelation

Die Heisenbergsche Unschärferelation wurde von Werner Heisenberg 1927 aufgestellt. Sie besagt, dass es unmöglich ist, den Ort und den Impuls eines Quantenobjektes genau zu bestimmen. Das Produkt der Ortsunschärfe Δx und der Impulsunschärfe Δp darf nicht kleiner als der Wert $\frac{h}{2}$ sein: $\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{h}{2}$. „h“ steht hier für das Planck'sche Wirkungsquantum, eine Konstante in der Quantenphysik (vgl. Leifi Physik, 2021 (Unschärferelation)).

Misst man beispielsweise den Ort x eines Quantenobjektes ganz genau, so ist die gemessene Unschärfe gleich 0, also Δx wäre 0. Multipliziert man aber nun 0 mit der anderen Größe, so kann das Produkt nicht größer als $\frac{h}{2}$ sein. Dasselbe gilt auch umgekehrt. Wird also ein Wert eines Quantenobjektes genau gemessen, so würde die Heisenbergsche Unschärferelation verletzt werden.

„Wenn es nicht möglich ist, den exakten Ort und die exakte Geschwindigkeit – und damit die Energie – jedes einzelnen Atoms eines Menschen gleichzeitig zu messen, dann kann der Datensatz, der zum Beamen benötigt wird, um einen Menschen an einem entfernten Ort wieder zu rematerialisieren, prinzipiell nicht durch irgendeine Art von Scannen aufgenommen werden – die Unschärferelation liegt wie ein Vorhang über dieser Information (Tolan, 2016, S. 209f).“

² Der absolute Nullpunkt liegt bei 0 Kelvin, umgerechnet -273,15°C

Im Star Trek-Transporter sorgt ein Gerät mit dem Namen „Heisenberg Kompensator“ für die Kompensation dieses Effektes. Leider ist dies aus heutiger Sicht aber nur in der Fiktion möglich, denn die Heisenbergsche Unschärferelation ist eine physikalische Tatsache, die nicht einfach ausgeschaltet werden kann (vgl. Tolan, 2016, S. 209).

4.2.2 Die Quantenverschränkung

Es ist zwar nicht möglich, die Unschärferelation der Teilchen zu kompensieren, aber diese zu umgehen ist völlig legitim. Das Phänomen der Quantenverschränkung scheint hier eine Lösung zu sein. Dieses besagt, dass zwei Teilchen, die beliebig weit voneinander entfernt sind, unter bestimmten Umständen miteinander „verschränkt“, also verbunden sein können. Dabei führt die Änderung einer Eigenschaft eines Teilchens zur sofortigen Änderung des anderen Teilchens (vgl. 100SekundenPhysik, 2015). Solche verschränkten Teilchen werden EPR-Paare genannt. Nach diesem Prinzip erklärte Charles Bennett mit anderen Wissenschaftlern ein mögliches Konzept von Quantenteleportation, wobei die Eigenschaften eines EPR-Teilchens auf das andere übertragen werden und das Original danach zerstört wird (vgl. Tolan, 2016, S. 212).

4.3 Der Transporter in der Realität

Die Teleportation ist also aus physikalischer Seite prinzipiell möglich. Auch die Quantenteleportation, die in 4.2.2 erläutert wurde, wurde bereits in der Praxis umgesetzt. Der österreichische Physiker Anton Zeilinger hat bereits die Eigenschaften eines Photons auf ein anderes übertragen, es also „teleportiert“. Seitdem hat sich dieses Forschungsgebiet um einiges weiterentwickelt. Es ist aus heutiger Sicht bereits möglich, dass ganze Laserstrahlen über 100 Kilometer „gebeamt“ werden. Man muss aber auch anmerken, dass diese Forschung nicht auf das Beamen von Menschen hinarbeitet. Denn für das Teleportieren von einzelnen Teilchen sind die Voraussetzungen bereits gegeben.

„Der nächste große Schritt, das richtige Beamen von Elementarteilchen wie etwa Elektronen, dürfte ungleich schwieriger

sein, weil dann noch das Problem der gezielten De- und Rematerialisierung hinzukommt (Tolan, 2016, S. 214).“

Man müsste komplexere Teilchen in Gammastrahlung zerstrahlen, diese zum Zielort leiten, mithilfe der Paarbildung wieder zurück in Materie verwandeln und durch die Quantenverschränkung die Eigenschaften des alten Teilchens auf das Neue übertragen. Allein das Zerstrahlen von Teilchen würde aus Sicht der freiwerdenden Energie nicht möglich sein. Eine Person mit etwa 100kg Masse würde beim Dematerialisieren 10 Trillionen Joule an Energie freiwerden lassen. Das ist etwa der gesamte Jahresverbrauch von Energie in Deutschland (vgl. Tolan, 2016, S. 206). Auch zum Auflösen der Atombindungen müsste man eine Hitze erreichen, die über eine Million Mal höher ist als die Hitze im Kern der Sonne (vgl. Zitt, 2019, 58:20).

Ein weiteres Problem, zumindest aus heutiger Sicht, wären die Unmengen an Daten, die man pro Menschen erfasst werden müssten. Bei etwa 10^{28} Atomen im menschlichen Körper bräuchte man etwa 10^{28} Kilobyte, wobei ein Atom ca. ein Kilobyte beansprucht (vgl. Zitt, 2019, 59:14). Dieser Punkt ist aber eher ein kleineres Problem. Denn die Entwicklung leistungsfähigerer Speichermedien ist in der nahen Zukunft sehr wahrscheinlich und auch Algorithmen zum Komprimieren von Datenmengen machen Hoffnung (vgl. Tolan, 2016, S. 216).

Doch nicht nur rein technische Probleme treten beim Beamen auf. Es gibt auch die Grundsatzfrage, ob man nach dem Beamen überhaupt noch man selbst ist. Es kann aus heutiger Sicht lediglich darüber philosophiert werden, ob man beim Dematerialisieren stirbt und bloß eine Kopie des Originals weiterexistiert. Des Weiteren ist es auch aus wissenschaftlicher Sicht ungeklärt, ob das genaue Wiederaussetzen von Teilchen überhaupt Leben ermöglicht – es ist also nicht geklärt, ob man nach dem Rematerialisieren überhaupt noch lebt (vgl. 100SekundenPhysik, 2015).

4.4 Fazit

Zusammenfassend kann man sagen, dass ein Transporter wie aus Star Trek gar nicht so abwegig ist, wie man auf den ersten Blick vermuten würde. Denn aus rein physikalischer Sicht ist es in der Theorie möglich, ein Objekt zu beamen. Das würde

aber nicht ganz wie in Star Trek funktionieren, denn die Unschärferelation wird auch in der Zukunft nicht zu kompensieren sein. Stattdessen müsste man mit dem Prinzip der Quantenverschränkung an das Problem herangehen. Während die Physik das Beamen also nicht prinzipiell verbietet, ist die Umsetzung eines Transporters doch sehr unwahrscheinlich. Grund dafür sind die enorm hohen benötigten Energiemengen für das Dematerialisieren, die gigantischen Datenmengen, die pro Menschen benötigt werden würden, die unvorstellbare Genauigkeit eines Mikroskops, das alle Daten aller Teilchen erfassen kann und vor allem die praktische Umsetzung des Transportvorgangs, wie in 4.3 beschrieben. Hinzu kommt noch die Frage, ob die Erschaffung von Leben durch das Zusammensetzen von Atomen überhaupt möglich ist. Also ist die Realisierung eines Transporters aus praktischer Sicht nahezu ausgeschlossen. Man kann hier nur auf sehr unwahrscheinliche technische Verbesserungen in der Zukunft hoffen.

5 Der Warp-Antrieb

Das Universum ist riesig. Um in diesem unvorstellbar großen Rahmen Distanzen in kurzer Zeit zurückzulegen, sind unglaubliche Geschwindigkeiten nötig. So bräuchte man selbst mit Lichtgeschwindigkeit von der Sonne bis zum Pluto sechs Stunden. Würde man mit derselben Geschwindigkeit bis zu unserem nächsten Stern, Alpha Centauri, reisen wollen, würden dabei schon 4,2 Jahre vergehen (vgl. Reichert, 2014). Um nun wie in Star-Trek in „fremde Welten“ vordringen zu können und gleichzeitig nicht das Tempo aus der Serie zu nehmen, sind aber weitaus höhere Geschwindigkeiten als Lichtgeschwindigkeit vonnöten. Star-Trek Raumschiffe verfügen deshalb über ein spezielles Antriebssystem – den Warp-Antrieb.

5.1 Der Antrieb in Star Trek Raumschiffen

In „Star-Trek: Raumschiff Voyager“ unterscheidet man zwischen zwei Antriebsformen: Dem Impuls-Antrieb und dem Warp-Antrieb. Während der Impuls-Antrieb in der Serie meist für kurze Strecken und Erkundungen in Planetennähe verwendet wird, wird der Warp-Antrieb für lange Reisen und nicht selten auch als Fluchtmittel in brenzligen Situationen benutzt.

Das Zentrum des Warp-Antriebs der Voyager aus der Serie ist der Warp-Kern. Dabei handelt es sich um eine Reaktionskammer, in der Materieteilchen gezielt mit Antimaterieteilchen³ reagieren, sich gegenseitig auslöschen und dabei Energie frei werden lassen. Diese Energie wird in der Serie dazu verwendet, den Raum um das Schiff herum zu verformen und damit die durch die spezielle Relativitätstheorie vorgegebene Grenze der Lichtgeschwindigkeit zu überschreiten⁴. Die Raumkrümmung passiert in der Serie durch das Ablassen des Warp-Plasmas über die Warp-Gondeln, die seitlich am Schiff befestigt sind (vgl. Livingston, 1995, Der Verräter, 15:30).

³ Antimaterie ist eine Form der Materie, die aus sogenannten Antiteilchen (Positronen, Anti-Protonen, Anti-Neutronen) besteht. Man kann sie als eine Art „Gegenstück“ zu „normaler“ Materie sehen

⁴ Die spezielle Relativitätstheorie von Albert Einstein besagt, dass sich nichts schneller als Licht (etwa 300.000 km/s) fortbewegen kann

Mit dem Warp-Antrieb können immense Geschwindigkeiten erreicht werden. In der Serie werden diese Geschwindigkeiten in 10 Warp-Stufen eingeteilt. Warp 10 gilt somit als unendliche Geschwindigkeit, mit der man sich überall im Universum gleichzeitig befinden würde (vgl. Livingston, 1995, Die Schwelle, 13:50). Die genauen Geschwindigkeiten erhält man mit einer für die Serie erstellte Funktion $f(x)$, welche die Geschwindigkeiten der Raumschiffe relativ genau beschreibt. Die Geschwindigkeit des jeweiligen Warp-Faktors erhält man durch das Einsetzen jenes Faktors an Stelle der Variable x (vgl. Brünner, 2007). Die folgende Tabelle zeigt die Geschwindigkeiten bei den jeweiligen Warp-Faktoren.

Warp-Faktor x	Vielfache der Lichtgeschwindigkeit $f(x)$
1	1
2	10
3	39
4	102
5	214
6	392
7	656
8	1024
9	1516
10	Unendlich

(Brünner, 2007)

5.2 Der Warp-Antrieb in der Theorie

Grundsätzlich würde ein Raketenantrieb mit Lichtgeschwindigkeit für schnelle Reisen durch das All durchaus genügen. Denn mit Lichtgeschwindigkeit bräuchte man bis zu Alpha Centauri etwa vier Jahre, was gut innerhalb eines Menschenlebens möglich wäre. Doch nach der speziellen Relativitätstheorie von Albert Einstein würde ein Astronaut gar nicht so lange brauchen.

Denn bewegt sich etwa ein Raumschiff mit nahezu Lichtgeschwindigkeit, schrumpfen aufgrund der relativistischen Längenkontraktion die Abstände in Bewegungsrichtung (Kayser, 2021).

Somit würde eine solche Reise nur wenige Monate dauern.

5.2.1 Probleme mit Raketenantrieben

Mit einem Raketenantrieb gäbe es aber ein gravierendes Problem: Die relativistische Zeitdilatation. Dieses Phänomen, besser bekannt unter dem Zwillingsparadoxon, besagt, dass für einen Astronaut, welcher mit Geschwindigkeiten nahe der Lichtgeschwindigkeit unterwegs ist, die Zeit langsamer vergeht als beispielsweise für seinen Zwilling auf der Erde. Bei einer Rückkehr des Astronauten wären für diesen nur wenige Monate vergangen, sein Zwilling hingegen wäre immens gealtert (vgl. Kayser, 2021).

Im Star Trek-Universum würde dabei ein komplettes Zeitchaos entstehen. Denn wenn ein Raumschiff auf eine Mission weit von der Erde entfernt geschickt werden würde und dieses dann einige Jahre später zurückkommen würde, müsste die Crew auf der Erde bereits tot sein. Laut Tolan könnte somit keine Föderation⁵, wie es sie in Star Trek gibt, existieren (vgl. Tolan, 2016, S. 132).

Dies ist ein wesentlicher Vorteil des Warp-Antriebs gegenüber einem Antrieb mit Rückstoßprinzip, der heutzutage in Raketen verbaut ist. Denn bei diesem würde die relativistische Zeitdilatation gar nicht zustande kommen, da der Raum zwischen dem Schiff und dem Ziel „zusammengestaucht“ werden würde. Somit würde man nicht das Raumschiff beschleunigen, sondern einfach den Weg bis zum Ziel verkürzen. Aus diesem Grund wäre die Maximalgeschwindigkeit mit einem Warp-Antrieb auch nicht durch die Lichtgeschwindigkeit limitiert, da das Schiff selbst ja keine besonders hohen Geschwindigkeiten erreichen müsste. Grundsätzlich gilt die Lichtgeschwindigkeit c mit rund 300.000 km/s als die schnellste mögliche Geschwindigkeit (vgl. Tolan, 2016, S. 99, 132).

⁵ Die Vereinigte Föderation der Planeten ist eine Allianz verschiedener Völker im Star Trek Universum

5.2.2 Funktionsweise

Der Grund, wieso mit dem Warp-Antrieb die relativistische Zeitdilatation umgangen wird und auch Geschwindigkeiten weit jenseits der Lichtgeschwindigkeit möglich sind, ist, dass sich das Schiff selbst nicht besonders schnell bewegt. Stattdessen wird der Raum gekrümmt, sodass die Strecke viel kürzer ist. Das ist laut der allgemeinen Relativitätstheorie Albert Einsteins möglich. Denn nach dieser ist Gravitation nichts anderes als eine geometrische Verformung des Raums durch Masse oder Energie. Diese können ja mit der bekannten Formel $E = mc^2$ gleichgesetzt werden. In der dreidimensionalen Raumzeit müsste man sich die Krümmung in die vierte Dimension vorstellen, was für das menschliche Gehirn nicht möglich ist. Mathematisch kann eine Krümmung in die nächsthöhere Dimension aber nachgewiesen und berechnet werden (vgl. Tolan, 2016, S. 137).

1994 kam Miguel Alcubierre auf eine hypothetische Lösung des Problems des Warp-Antriebs. Er spricht von einer Raumzeitblase, welche das Raumschiff umgeben sollte und den Raum davor krümmen und unmittelbar danach expandieren sollte. Innerhalb dieser Blase würden die Gesetze der Physik nicht verletzt werden. Das Schiff selbst würde sich dabei nicht bewegen, sondern wie auf einer Welle durch den Raum gleiten (vgl. Kayser, 2021). In dieser Raumzeitblase wäre es auch vollkommen ruhig, wie etwa im Auge des Sturms. Die Voyager und viele weitere Raumschiffe des Star Trek-Universums haben für die Reise mit Warp-Antrieb sogar Trägheitsdämpfer eingebaut, welche Turbulenzen verhindern soll. Diese würden aber nach dieser Theorie gar nicht notwendig sein, da das Schiff sich ja gar nicht bewegt (vgl. Tolan, 2016, S. 140).

Wenn ein Raumschiff nun also in ein weit entferntes Sonnensystem fliegen möchte, wird also der Raum bis zum Ziel gekrümmt, das Raumschiff fliegt durch den gekrümmten Raum mit geringer Geschwindigkeit und danach wird der Raum wieder expandiert. Dieses Prinzip ist in der folgenden Abbildung zu erkennen: Der Raum vor dem Schiff wird gekrümmt und „zusammengestaucht“. Das Schiff fliegt durch den gekrümmten Raum und bewegt sich aufgrund der verkürzten Strecke relativ gesehen schneller. Hinter dem Schiff expandiert der Raum wieder und kehrt in seinen Ursprungszustand zurück. Das Raumschiff „schwimmt“ also mit der Verzerrung des Raumes mit, wie etwa „auf einer Welle“.

Abbildung von

<https://www.derstandard.de/story/2000125099281/neue-theoretische-loesungen-fuerreisen-mit-ueberlichtgeschwindigkeit-entdeckt>

Abbildung 4: Prinzip des Alcubierre Warp-Antriebs (Der Standard, 2021)

Chris van den Broeck brachte 1999 eine neue Theorie hervor, welche die Idee Alcubierres weiterentwickelte. Er umschloss zwei weitere Blasen mit der eigentlichen Warp-Blase. Somit ist die äußerste Blase die Alcubierre-Warp-Blase mit einem winzigen Radius, nämlich $3 \cdot 10^{-15} \text{m}$. Die innerste Blase sollte einen Radius von etwa 200 Metern haben. Dieser scheinbare Widerspruch ist auf die vierdimensionale Geometrie zurückzuführen, bei deren Vorstellung das menschliche Gehirn versagt. Der Vorteil dieser Idee ist die Reduktion der benötigten Energie auf die von wenigen Sonnenmassen, was immer noch viel zu viel für einen realistischen Antrieb wäre, aber zumindest eine deutliche Verbesserung des Alcubierre-Antriebs (vgl. Tolan, 2016, S. 144f).

Doch auch diese Theorie der Raumkrümmung hat einen Haken. Diese ist zwar theoretisch realisierbar, man bräuchte zur Manipulation des Raums aber sogenannte „exotische Materie“ oder manipulierte dunkle Materie, welche negative Energiewerte besitzen müsste (vgl. Der Standard, 2021). Negative Energie bedeutet, weniger Energie als das Vakuum zu besitzen. Denn das Vakuum ist kein gänzlich leerer Raum. Es gibt dort nämlich Quantenfluktuationen, das heißt, es entstehen ständig Teilchen und die dazugehörigen Antiteilchen, die sich sofort wieder auslöschen. Negative Energie wäre

also möglich, wenn man es schaffen würde, Quantenfluktuationen in einem Bereich zu unterdrücken. Das überlegte der Physiker Hendrik Casimir 1948 und experimentell nachgewiesen wurde diese Überlegung zehn Jahre später von Boris Derjagin u. a. Das gelang allerdings nur im sehr kleinen Maßstab (vgl. Tolan, 2016, S. 141).

5.3 Der Warp-Antrieb in der Realität

Es gibt also eine theoretische Grundlage für den Warp-Antrieb. Sie hat aber in der Realität einige Schwachstellen.

„Trotz dieser erstaunlichen Forschungsergebnisse muss man jedoch klar sagen, dass wir gegenwärtig von der Realisierung eines auch nur Warp-ähnlichen Antriebs wesentlich weiter entfernt sind, als es beispielsweise der Neandertaler von der Concorde war“ (Tolan, 2016, S. 142f).

Die Hauptprobleme sind die folgenden: Ein Warp-Antrieb würde unglaubliche Energiemengen benötigen. Mehrmalige Verbesserungen der Theorie haben die erforderlichen Mengen zwar bereits immens schrumpfen lassen, aber dennoch müsste man selbst für kurze Reisen mit dem Warp-Antrieb ganze Sonnenmassen an Energie verbrauchen. Das ist unrealistisch und wird es vermutlich auch in ferner Zukunft noch sein. Ein weiteres mögliches Problem wäre negative Energie, welche bis jetzt nur kurzzeitig und in geringen Mengen nachgewiesen werden konnte. An diesem Gebiet wird auch heute noch emsig geforscht, und sollte negative Energie nur kurzzeitig bei unterdrückten Quantenfluktuationen auftreten, dann würde die Theorie Alcubierres gegen ein Naturgesetz verstoßen und somit wäre zumindest diese Version des Warp-Antriebs unrealistisch (vgl. Tolan, 2016, S. 143).

Dass eine Krümmung der Raumzeit nicht grundsätzlich unmöglich ist, wurde 2015 schon bewiesen. In einem kleinen Modell ahmte man den Warp-Antrieb eines Raumschiffes nach und die Raumzeit wurde tatsächlich verformt – wenn auch nur um ein Zehnmillionstel (vgl. Podbregar, 2018).

Weniger optimistisch zeige sich der Space-Shuttle Astronaut Ulrich Walter. Laut ihm würde es niemals einen Warp-Antrieb geben. Er hält die erforderlichen Energiemassen für absolut unrealistisch und weist auf mögliche Zeitschleifen rückwärts in der Zeit hin.

„Das kann zu logischen und somit unbehebaren Inkonsistenzen führen, sagt Walter, und es bestehe die Gefahr, dass man das Raum-Zeit-Gefüge aus den Angeln hebe“ (Stillich, 2020).

In Star Trek Voyager sind die immensen Energiemengen mit dem Warp-Kern erklärt, in dem eine Materie-Antimaterie-Reaktion abläuft. Die gegensätzlichen Teilchen treffen ähnlich wie bei der Quantenfluktuation aufeinander und zerstrahlen. Dabei wird in der Serie die benötigte Energie frei. In der Realität können wir aber wohl nicht auf diese Methode vertrauen, denn Antimaterie hat genauso wie gewöhnliche Materie auch positive Energiewerte. Eine Krümmung des Raums wäre somit also nicht möglich (vgl. Tolan, 2016, S. 145). Hinzu kommt auch, dass die Verformung des Raumes gravierende Folgen auf das Universum haben kann. Denn wenn das Raumschiff den Raum innerhalb der Warp-Blase krümmt, würden auch sämtliche Objekte darin ebenfalls verzerrt werden. Das trifft beispielsweise auf Planeten zu, die vollkommen verformt werden würden, würde ein Schiff mit Warp-Geschwindigkeit zu nahe vorbeifliegen (vgl. Zitt, 2019, 50:05).

5.4 Fazit

Im Star-Trek Universum wurde der Warp-Antrieb 2063 erfunden. Dieses Datum ist in der Realität aber höchstwahrscheinlich nicht realistisch (vgl. Stillich, 2020). Auch die ferne Zukunft betreffend gehen die Meinungen der Physiker auseinander. Vorerst sei man sich sicher, der Warp-Antrieb ist unrealisierbar. Trotzdem kann man hoffen. Forscher schließen eine Verformung der Raumzeit im großen Stil in der Zukunft nicht aus (vgl. Podbregar, 2018). Auch die Reduktion der benötigten Energiemengen wäre beispielsweise in der Zukunft möglich. Grund dafür könnten effizientere Maschinen oder auch die Entdeckung einer viel besseren Energiequelle sein. Das theoretische Problem des Warp-Antriebs sei laut Tolan sogar bereits gelöst, es fehle nur noch die praktische Umsetzung, die aber das viel größere Problem darstellt.

„Physiker betrachten das Problem des Warp-Antriebs daher als gelöst und überlassen den Rest den Ingenieuren. Die sind schließlich für die Umsetzung der Erkenntnisse der Grundlagenforschung in funktionierende Maschinen verantwortlich“ (Tolan, 2016, S. 144).

6 Zusammenfassung

Der Aufwand der Star Trek Autorinnen und Autoren hinsichtlich der Technologien ist bemerkenswert. Es ist ihnen gelungen, ein nicht nur durchaus realistisches Zukunftsuniversum, sondern auch futuristische Technologien mit legitimer wissenschaftlicher Basis zu erschaffen. Dass diese Zukunftsvisionen tatsächlich Inspiration für reale Erfindungen sein können, haben uns bereits Technologien wie Spracherkennungssoftware und Übersetzungsprogramme gezeigt.

Besonders die automatische Spracherkennung von heute weist verblüffend viele Parallelen mit dem Star Trek Äquivalent auf – es ist sogar möglich, mit Geräten wie Amazon Echo sehr ähnlich wie mit dem Star Trek Computer zu kommunizieren.

Auch Übersetzungsprogramme haben in den letzten Jahren deutliche Verbesserungen durchgemacht, was sie noch näher an die Universalübersetzer aus Star Trek bringt. Hier muss aber angemerkt werden, dass die Hauptaufgabe des Star Trek Übersetzers wohl ist, das Tempo in der Serie aufrechtzuerhalten. Dadurch ergeben sich einige Widersprüche, wie etwa die Übersetzung in Echtzeit und das Unterdrücken der Originalstimmen. Aufgrund dessen ist ein Universalübersetzer, der zur Gänze der Star Trek Version entspricht, wohl unrealistisch, eine ähnliche Technologie ist aber bereits realisiert.

Komplizierter ist es mit futuristischen Technologien, wie etwa dem Beamen von Personen und Objekten. Dennoch ist auch in diesem Bereich die Detailarbeit der Autorinnen und Autoren bemerkenswert. Der Star Trek Transporter verfügt über viele Bauteile und Aspekte, die auf den ersten Blick nicht offensichtlich, aber auf jeden Fall notwendig sind, wie etwa die Doppler-Kompensation oder die Biofilter. Tatsächlich gibt es moderne Theorien zur Teleportation auf Basis der Quantenverschränkung, bei dem die Eigenschaften eines Teilchens auf ein anderes übertragen werden. Experimentell wurde dies auch bestätigt, allerdings nur mit winzigen Teilchen wie Elektronen. In der Realität ist es aus heutiger Sicht wohl sehr unwahrscheinlich, das Beamen von ganzen Organismen und Objekten zu realisieren. Die theoretische Grundlage ist aber gegeben.

Ähnlich ist es auch mit dem Warp-Antrieb. Die Krümmung der Raumzeit und somit die Verkürzung der Strecke bis zum Zielort verstößt aus heutiger Sicht gegen keine Naturgesetze. Auch die Überlichtgeschwindigkeit, die man hier relativ zum unverformten Raum gesehen erreicht, ist theoretisch nicht durch physikalische Gesetze verboten. Doch auch hier scheitert es an praktischen Problemen, wie etwa den immensen Energiemengen.

Die letzten beiden Technologien sind ambitioniert, beruhen auf theoretischen Grundlagen und sind aus heutiger Sicht unrealisierbar. Trotz all dem ist die Technik aus Star Trek erstaunlich. Ihre theoretische Umsetzbarkeit ist eine gigantische Inspiration und motiviert viele Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zur Forschung und zur Weiterentwicklung bestehender Technologien. Was aus heutiger Sicht zwar unrealistisch ist, kann in naher oder ferner Zukunft vielleicht Alltag sein.

7 Literaturverzeichnis

100SekundenPhysik. (15. 9. 2015). *YouTube*. Abgerufen am 27. 10. 2021 von Spukhafte Quantenverschränkung: <https://youtu.be/mFWOuSKTtS8>

100SekundenPhysik. (20. 12. 2015). *YouTube*. Abgerufen am 28. 10. 2021 von Gedankenexperiment zur Teleportation (Beamten = Töten ?): <https://youtu.be/u-uvVVRutmg>

Brünner, A. (2007). *arndt-bruenner*. Abgerufen am 29. 8. 2021 von <https://www.arndt-bruenner.de/mathe/Allgemein/warp/warp.htm#warpcalc>

Der Standard. (19. 3. 2021). *Der Standard*. Abgerufen am 23. 8. 2021 von Neue Möglichkeit für Raumflüge mit Überlichtgeschwindigkeit?: <https://www.derstandard.de/story/2000125099281/neue-theoretische-loesungen-fuerreisen-mit-ueberlichtgeschwindigkeit-entdeckt>

Donges, N. (2019). *Built-In*. Abgerufen am 9. 8. 2021 von <https://builtin.com/data-science/introduction-nlp>

Ex Astris Scientia. (19. 11. 2021). *Der Transporter*. Abgerufen am 14. 2. 2022 von Ex Astris Scientia: <https://www.ex-astris-scientia.org/deutsch/artikel-transporter.htm>

IBM Cloud Education. (2. 7. 2020). *IBM*. Abgerufen am 31. 10. 2021 von Natural Language Processing (NLP): <https://www.ibm.com/cloud/learn/natural-language-processing>

lordneo. (2020). *wiki.edu*. Abgerufen am 16. 8. 2021 von <https://wiki.edu.vn/wiki15/2020/11/25/universalubersetzer-wikipedia/>

ITWissen.info. (9. 3. 2019). *ITWissen.info*. Abgerufen am 29. 10. 2021 von Automatische Spracherkennung: <https://www.itwissen.info/ASR-automatic-speech-recognition-Automatische-Spracherkennung.html>

- Kayser, R. (2021). *Welt der Physik*. Abgerufen am 21. 8. 2021 von <https://www.weltderphysik.de/gebiet/universum/news/2021/reisen-mit-ueberlichtgeschwindigkeit/>
- Leifi Physik. (2021). *Leifi Physik*. Abgerufen am 27. 10. 2021 von Unschärferelation: <https://www.leifiphysik.de/quantenphysik/quantenobjekt-elektron/grundwissen/unschaerferelation>
- Leifi Physik. (2021). *Leifi Physik*. Abgerufen am 27. 10. 2021 von Grundwissen: DOPPLER-Effekt: <https://www.leifiphysik.de/akustik/akustische-wellen/grundwissen/doppler-effekt>
- Lernhelfer. (2010). *Lernhelfer*. Abgerufen am 29. 10. 2021 von Phonem: <https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/deutsch/artikel/phonem>
- Livingston, D. (Regisseur). (1995). *Star Trek: Raumschiff Voyager* [Kinofilm]. USA.
- Loga, R. (2021). *fernsehserien.de*. Abgerufen am 28. 10. 2021 von Star Trek - Raumschiff Voyager: <https://www.fernsehserien.de/star-trek-raumschiff-voyager>
- Malinowski, K., & Mandell, J. (2021). *Lionbridge*. Abgerufen am 6. 8. 2021 von <https://www.lionbridge.com/de/blog/translation-localization/the-future-of-language-technology-the-future-of-machine-translation/>
- Memory Alpha. (2021). *Fandom*. Abgerufen am 16. 12. 2021 von Memory Alpha (LCARS): <https://memory-alpha.fandom.com/de/wiki/LCARS>
- Memory Alpha. (2021). *Fandom*. Abgerufen am 16. 12. 2021 von Memory Alpha (Transporter): <https://memory-alpha.fandom.com/de/wiki/Transporter>
- Memory Alpha. (2021). *Fandom*. Abgerufen am 16. 8. 2021 von Memory Alpha (Universalübersetzer): <https://memory-alpha.fandom.com/de/wiki/Universal%C3%BCbersetzer>
- Moskvitch, K. (15. 2. 2017). *BBC*. Abgerufen am 29. 10. 2021 von The machines that learned to listen: <https://www.bbc.com/future/article/20170214-the-machines-that-learned-to-listen>

- Osborne, M. (2011). *Springer*. doi:https://doi.org/10.1007/978-0-387-30164-8_783
- Pieraccini, R. (2012). *ICSI (International Computer Science Institute)*. Abgerufen am 29. 10. 2021 von <https://www.icsi.berkeley.edu/pubs/speech/audreytosiri12.pdf>
- Podbregar, N. (2018). *Scinexx*. Abgerufen am 29. 8. 2021 von <https://www.scinexx.de/dossierartikel/warp-antrieb/>
- Poibeau, T. (2017). *Machine Translation*. Cambridge: Massachusettes Institute of Technology.
- Reichert, U. (2014). *Spektrum*. Abgerufen am 21. 8. 2021 von <https://www.spektrum.de/wissen/die-wichtigsten-entfernungsmasse-im-universum/1256576>
- Spektrum. (2021). *Spektrum*. Abgerufen am 27. 10. 2021 von Paarbildung: <https://www.spektrum.de/lexikon/physik/paarbildung/10835>
- Stillich, S. (2020). *P.M. Wissen*. Abgerufen am 27. 8. 2021 von <https://www.pm-wissen.com/laut-star-trek-wird-im-jahr-2063-der-warp-antrieb-erfunden-ist-das-realistisch/>
- Szentpetery-Kessler, V. (15. 1. 2021). *Sprachanalyse-Modell sagt kritische Virenmutationen voraus*. Abgerufen am 21. 12. 2021 von Heise: <https://www.heise.de/hintergrund/Sprachanalyse-Modell-sagt-kritische-Virenmutationen-voraus-5024868.html>
- Tolan, M. (2016). *Die Star Trek Physik*. München: Piper.
- Voximplant. (1. 10. 2020). *Voximplant*. Abgerufen am 31. 10. 2021 von What is automatic speech recognition: <https://voximplant.com/blog/what-is-automatic-speech-recognition>
- Wendel, M. (7. 12. 2020). *Smart Home Sprachassistenten*. Abgerufen am 21. 12. 2021 von Home and Smart: <https://www.homeandsmart.de/smart-home-sprachassistenten>

Wikimedia Commons. (9. 2. 2019). Abgerufen am 14. 2. 2022 von Wikipedia:

https://en.wikipedia.org/wiki/File:Direct_translation_and_transfer_translation_pyramid.svg

Zitt, H. (1. 3. 2019). *YouTube*. Von Star Trek: Wie aus technischen Visionen Realität wird • Live im Hörsaal | Hubert Zitt: <https://youtu.be/VuCCbZQzmYU> abgerufen

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schema der automatischen Spracherkennung (Voximplant, 2020)	5
Abbildung 2: Das Vauquois Dreieck (Wikimedia Commons, 2019)	11
Abbildung 3: Der Aufbau eines Star-Trek Transporters (Ex Astris Scientia, 2021).....	18
Abbildung 4: Prinzip des Alcubierre Warp-Antriebs (Der Standard, 2021)	28