

Bachelorarbeit  
im Bachelorstudiengang  
**Game-Produktion und Management**  
an der Hochschule für angewandte Wissenschaften Neu-Ulm

**Innovative Methoden und Designansätze zur Überwindung des Uncanny Valley und  
Förderung einer positiven Spielerwahrnehmung von menschenähnlicher NPC-AI.**

Erstkorrektor/-in: Prof. Dr. Erica Weilemann

Verfasser/-in: Angelo Fric (Matrikel-Nr.: 230347)

Thema erhalten: 24.11.2023

Arbeit abgegeben: 25.03.2023

# Jenseits des Uncanny Valley

## **Abstract**

In dieser Arbeit werden innovative Methoden und Designansätze analysiert, die darauf abzielen, den Uncanny Valley-Effekt zu mindern und die Wahrnehmung von menschenähnlichen Nicht-Spieler-Charakteren in Videospielen positiv zu beeinflussen. Der Schwerpunkt liegt auf der Entwicklung von Nicht-Spieler-Charakteren, die nicht nur technologisch fortschrittlich, sondern auch mit authentischen menschlichen Merkmalen versehen sind, um das Spielerlebnis zu verbessern und realistischere Interaktionen zu ermöglichen. Mittels systematischer Literaturrecherche wurden aktuelle Forschungsansätze untersucht, um den Status quo der Technik zu ermitteln und bestehende Forschungslücken aufzuzeigen. Besondere Beachtung finden dabei Case-Based Reasoning und Machine Learning als vielversprechende Techniken für die Schaffung realitätsnaher Interaktionen mit Nicht-Spieler-Charakteren. Zudem werden die Auswirkungen von Stimme, Bewegung und Erscheinungsbild auf die Spielerwahrnehmung detailliert untersucht. Die Ergebnisse liefern bedeutende Erkenntnisse für die Optimierung von Designs von Nicht-Spieler-Charakteren, was zu einem immersiveren und ansprechenderen Spielumfeld führt. Es wird ferner erörtert, inwieweit das Uncanny Valley-Konzept praktische Relevanz besitzt und durch gezielte Designentscheidungen positiv beeinflusst werden kann. Die Arbeit schließt mit Perspektiven für zukünftige Forschung und betont die Wichtigkeit innovativer Ansätze zur Verbesserung der Interaktionen zwischen Spielern und Nicht-Spieler-Charakteren.

# Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis .....	III
Tabellenverzeichnis .....	III
Abkürzungsverzeichnis .....	IV
1 Einleitung.....	1
2 Methodik.....	3
2.1 Suchstrategie.....	3
2.2 Ein- und Ausschlusskriterien .....	3
2.3 Bewertung der Literatur .....	4
3 Ergebnisse.....	6
3.1 Suchergebnisse.....	6
3.2 Menschenähnliches Spielverhalten durch Learning from Demonstration und Case-Based Reasoning .....	8
3.3 Machine Learning Pipeline für soziale Interaktionen in der virtuellen Realität .....	11
3.4 Uncanny Valley Effekt bei interaktiven sozialen Agenten .....	13
3.5 Stimme, Bewegung, Sympathie und Erscheinung.....	15
4 Diskussion .....	18
5 Fazit.....	20
Literaturverzeichnis.....	V
Übersicht über verwendete Hilfsmittel .....	VI
Anhangsverzeichnis.....	VI

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - Uncanny Valley nach Mori, mit und ohne Berücksichtigung der Bewegung (vgl. Mori 2012, S. 99).....	1
Abbildung 2 - Flowchart für den Auswahlprozess der Literatur.....	6
Abbildung 3 - Methodik für die Imitation von menschenähnlichem Verhalten (vgl. Butt et al. 2023, S. 78699). ....	8
Abbildung 4 – Methoden der Ähnlichkeitsmessung (vgl. Butt et al. 2023, S. 78702). ....	9
Abbildung 5 - Höchste Genauigkeit der jeweils verwendeten Ähnlichkeitsmessungen (vgl. Butt et al. 2023, S. 78704). ....	10
Abbildung 6 - Genauigkeit und F1-Wert für alle konfigurierten Modelle (vgl. Dobre/Gillies/Pan 2022, S. 1533). ....	12
Abbildung 7 - Die Vier verschiedenen Roboter, die in der Studie verwendet wurden (vgl. Mishra et al. 2022, S. 396).....	13
Abbildung 8 - (a) Menschenähnlichste Roboter, basierend auf der Wahrnehmung der Teilnehmer. (b) Beliebtheit der Roboter (vgl. Mishra et al. 2022, S. 401). ....	14
Abbildung 9 - Beispiel Szene für menschlichen Charakter (links) und Roboter-Charakter (rechts) (Ferstl et al. 2021, S. 1). ....	15
Abbildung 11 - Boxplots für alle Haupteffekte der Studie I (links) und II (Mitte & rechts) (vgl. Ferstl et al. 2021, S. 5).....	16

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 - Bewertung der ausgewählten Quellen .....	5
Tabelle 2 - Literatúrauswahl.....	8

## Abkürzungsverzeichnis

AI/KI	Artificial Intelligence - Künstliche Intelligence
CBR	Case-Based Reasoning - Fallbasiertes Schlussfolgerungsverfahren
GAIL	Generative Adversarial imitation Learning
LfD	Learning from Demonstration
LSTM	Long Short-Term Memory
ML	Machine Learning
NPC	Nicht-Spieler-Charaktere
PPO	Proximal Policy Optimization
PreT	pre-training - Vortraining
SM	Similarity Measure – Ähnlichkeitsmaß
VC	Virutal Character
VR	Virtual-Reality

# 1 Einleitung

Die Entwicklung der Nicht-Spieler-Charaktere (NPCs) in der Welt der Videospiele hat sich im Laufe der Zeit erheblich weiterentwickelt. In den frühen Stadien wurden einfache Verhaltensmuster verwendet, bei denen NPCs nur begrenzte Bewegungsmöglichkeiten hatten und vorhersehbare Handlungsmuster ausführten. Diese grundlegenden Modelle wurden im Laufe der Zeit durch immer komplexere und dynamische Varianten ersetzt.

Der von Masahiro Mori (Mori 2012) populär gemachte Uncanny Valley-Effekt beschreibt die eigenartige menschliche Reaktion auf künstliche Wesen, die dem Menschen sehr ähnlich sehen, aber subtile Unterschiede aufweisen. Wenn sich die Ähnlichkeit eines Wesens, dem eines Menschen annähert, ohne jedoch ein vollständig realistisches Aussehen zu erreichen, empfindet der Betrachter ein Gefühl der Abscheu oder Unheimlichkeit, was zu einem signifikanten Abfall in der positiven Bewertung führt. Dieses Phänomen wird grafisch als „Tal“ im Diagramm zwischen menschlicher Ähnlichkeit und der Affinität des Betrachters für die Entität dargestellt (vgl. Mori 2012, S. 98f.).

Der Effekt des Uncanny Valley wird nicht nur durch das visuelle Erscheinungsbild, sondern auch durch Bewegung beeinflusst. Die Verstärkung von Spitzen und Tälern in Abbildung 1 zeigt sich, wenn Bewegung hinzukommt (vgl. Mori 2012, S. 99).

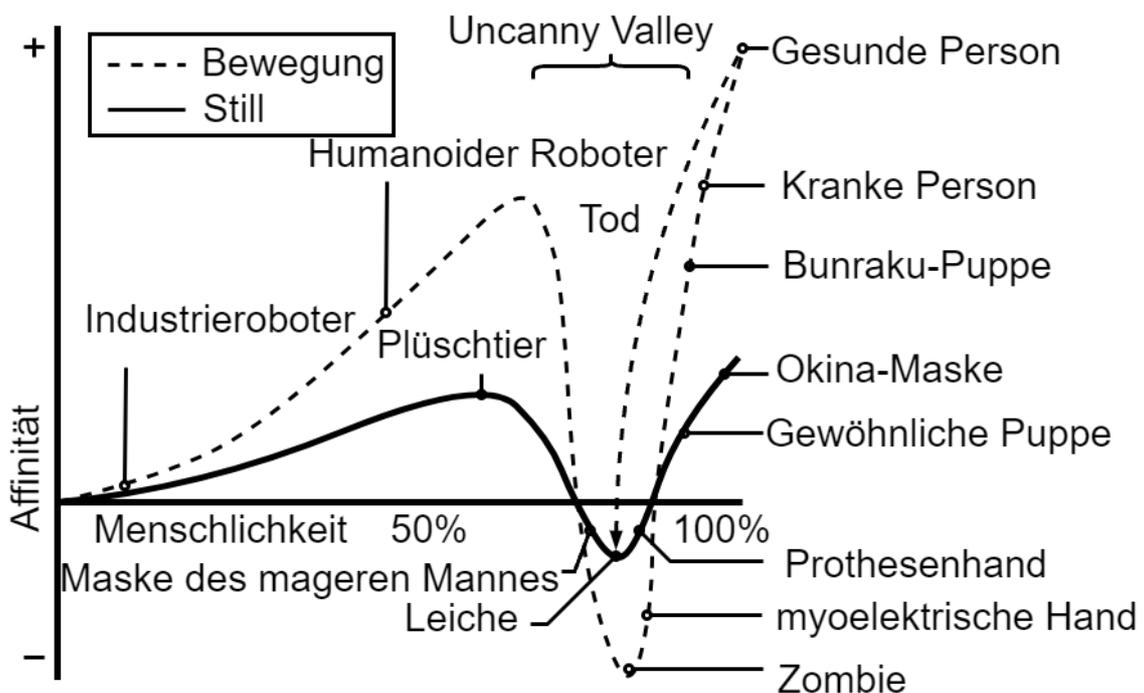


Abbildung 1 - Uncanny Valley nach Mori, mit und ohne Berücksichtigung der Bewegung (vgl. Mori 2012, S. 99).

Die NPC-KI beschreibt die künstliche Intelligenz (AI/KI), die für NPCs in Videospielen eingesetzt wird. NPCs sind computergesteuerte Charaktere, die im Spiel verschiedene Rollen einnehmen, zum Beispiel als Feinde, Verbündete oder neutrale Charaktere und sie sind so konzipiert, dass sie menschliches Spielverhalten nachahmen, um den Realismus und das Gameplay zu verbessern. Die Implementierung von KI für NPCs beinhaltet die Entwicklung von Verhaltens- und Entscheidungsprozessen, die es ihnen ermöglichen, mit der Spielumgebung zu interagieren, auf Reize zu reagieren und die ihnen zugedachten Rollen zu erfüllen (vgl. Kopel/Hajas 2018, S. 610f.).

Die Spielererfahrung umfasst die emotionalen, kognitiven und ästhetischen Reaktionen der Spieler auf die Elemente, die in der Spielwelt präsentiert werden. Sie beinhaltet das subjektive und individuelle Erleben eines Spielers während und unmittelbar nach dem Spielen eines Spiels (vgl. Abee et al. 2020, S. 1-4).

Diese fortgeschrittene Entwicklung der NPC-KI führt zu einer komplexen Fragestellung: **Wie können wir sicherstellen, dass diese künstlichen Charaktere nicht nur technologisch fortschrittlich sind, sondern auch menschenähnliche Eigenschaften demonstrieren, um eine positive Spielerwahrnehmung zu fördern?** Diese Arbeit widmet sich genau dieser Herausforderung, indem sie innovative Methoden und Designansätze untersucht, um das Uncanny Valley zu überwinden und eine noch authentischere NPC-Interaktion in Videospielen zu ermöglichen.

Nach einer eingehenden Analyse des aktuellen Forschungsstandes werden verschiedene innovative Ansätze und Designprinzipien erforscht, die darauf abzielen, das Phänomen des Uncanny Valley zu überwinden und eine positive Spielerwahrnehmung zu schaffen. Dazu wird eine strukturierte Literaturanalyse durchgeführt.

## **2 Methodik**

In der vorliegenden Arbeit wurde eine systematische Literaturrecherche implementiert, mit dem Ziel, den gegenwärtigen Forschungsstand zu den Methoden der Reduzierung des Uncanny Valley-Effektes in der Interaktion mit durch KI gesteuerten NPCs in Videospiele zu ermitteln.

### **2.1 Suchstrategie**

Die Literatursuche wurde innerhalb des Zeitraums von Dezember 2023 bis Januar 2024 durchgeführt, wobei die Datenbanken Springer, ScienceDirect und IEEEExplore aufgrund ihrer anerkannten Relevanz für die Fachbereiche Künstliche Intelligenz und Spieleentwicklung ausgewählt wurden. Initial identifizierte die Suche 5025 Dokumente.

Die Selektion und Extraktion von Schlüsselbegriffen basierten auf den grundlegenden Arbeiten „The Uncanny Valley“ von Mori, Masahiro (2012) sowie „Human or Robot?“ von Ferstl, Ylva et al. (2021), um eine möglichst umfassende Abdeckung relevanter Forschungsergebnisse zu garantieren.

Die generierten Suchbegriffe wurden sorgfältig kombiniert, um die Effektivität der Suche zu maximieren und eine umfangreiche Datenbasis sicherzustellen. Die gewählten Suchbegriffe lauten: ((npc design OR video game ai OR npc ai OR game ai OR virtual agent) AND (gesture motion OR text-to-speech OR perception OR agent design OR behavior tree OR state machine OR genetic algorithm OR q-learning)).

### **2.2 Ein- und Ausschlusskriterien**

Veröffentlichungen wurden für das Review einbezogen, wenn: 1) eines oder mehrere Schlüsselwörter vorhanden waren; 2) die Spielerwahrnehmung beziehungsweise die Wahrnehmung der Beobachter untersucht wurde; 3) der Uncanny Valley Effekt beachtet wurde; 4) explizite Methoden untersucht wurden; 5) Studien in Volltext verfügbar waren; 6) zwischen 2016 und Januar 2024 veröffentlicht wurde.

Nachdem im ersten Schritt doppelte Dokumente entfernt wurden, wurden anschließend der veröffentlichte Bereich, Titel, die von den Autoren selbstgewählten Schlüsselwörter und Zusammenfassungen untersucht. Aus den daraus gewonnenen Informationen wurden die vorherrschenden Schlüsselwörter und Fachbereiche identifiziert und die Quellen weiter aussortiert.

Die identifizierten Fachbereiche waren: „Artificial Intelligence“, „Virtual Reality & Intelligent Hardware“, „Computers in Human Behavior“ und „Knowledge-Based Systems“.

Die identifizierten Schlüsselwörter waren: (human-likeness OR human-like OR reinforcement learning OR uncanny valley OR human computer interface OR human-level AI OR Artificial intelligence OR intelligent agents OR human computer interaction). Diese Suchbegriffe halfen dabei relevante Studien zu identifizieren, die sich mit verschiedenen Aspekten der Interaktion zwischen menschenähnlichen NPCs und Spielern in Videospiele befassen.

Im letzten Schritt wurden dann die Ergebnisse der Studien untersucht und ausgeschlossen, wenn: 1) Methoden für nicht menschenähnliche NPC-KI untersucht wurden; 2) kein ersichtlicher Zusammenhang auf die Spielerwahrnehmung festgestellt wurde; 3) keine Interaktion zwischen Menschen und Maschine (NPCs) getestet wurde.

## 2.3 Bewertung der Literatur

Die eingehende Analyse und Bewertung der identifizierten Literatur wurde basierend auf folgenden Kriterien durchgeführt, um ihre Relevanz und methodische Qualität zu gewährleisten:

- 1) **Relevanz zum Uncanny Valley Effekt und Spielerwahrnehmung:** Es wurde untersucht, inwiefern die Studien den Uncanny Valley-Effekt innerhalb der Spielerwahrnehmung thematisieren und erörtern.
- 2) **Anwendbarkeit auf NPC-KI im Gaming-Kontext:** Die Literatur wurde daraufhin überprüft, ob sie praktikable Ansätze oder Theorien bezüglich der Künstlichen Intelligenz von Nicht-Spieler-Charakteren in Videospiele liefert.
- 3) **Validität der durchgeführten Fallstudien und der resultierenden Ergebnisse:** Es wurde beurteilt, ob die Studien nachvollziehbare und valide Forschungsergebnisse anhand von Fallstudien vorweisen.
- 4) **Einsatz Gaming-spezifischer Methodiken und Designansätze:** Die Relevanz der eingesetzten methodischen und gestalterischen Ansätze im Kontext von Videospiele wurde bewertet.
- 5) **Auswirkungen auf die Interaktion zwischen Spielern und NPCs:** Die Literatur wurde daraufhin analysiert, inwiefern sie die Auswirkungen von NPCs auf die Spielerinteraktion berücksichtigt.
- 6) **Übertragbarkeit der Methoden auf verschiedene Spielekontexte und NPC-Szenarien:** Es wurde geprüft, inwieweit die vorgestellten Methoden und Erkenntnisse auf unterschiedliche Kontexte und Szenarien innerhalb von Videospiele anwendbar sind.

Tabelle 1 - Bewertung der ausgewählten Quellen

Kriterien Quellen	Relevanz	Anwendbarkeit	Validität	Methoden	Mensch-NPC Interaktion	Übertragbarkeit
Butt(2023)	✓	✓	✓	X	✓	✓
Dobre(2022)	✓	✓	✓	X	X	✓
Ferstl(2021)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Mishra(2022)	✓	✓/X	✓	✓	✓	✓

✓ = erfüllt, X = nicht erfüllt, ✓/ X = teilweise erfüllt

### 3 Ergebnisse

Nachdem die Methodik zur Untersuchung des Einflusses von NPC-KI-Design auf die Spielerwahrnehmung umfassend dargelegt wurde, folgt nun die Präsentation der gewonnenen Erkenntnisse. Im folgenden Ergebnisteil werden die wichtigsten Ergebnisse und Erkenntnisse präsentiert, die aus der Analyse und Auswertung der Literatur hervorgegangen sind.

#### 3.1 Suchergebnisse

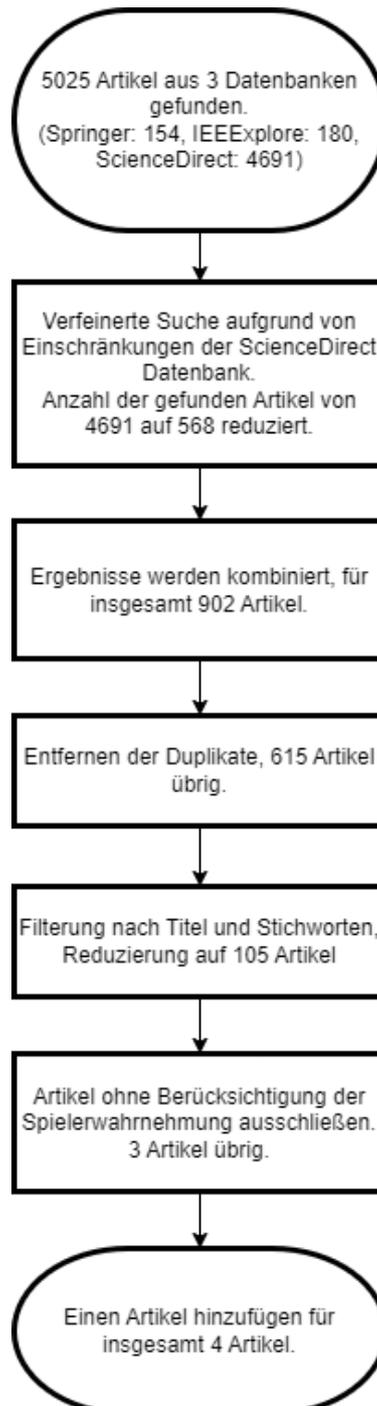


Abbildung 2 - Flowchart für den Auswahlprozess der Literatur.

Der in Abbildung 2 gezeigte Prozess beschreibt die Auswahl der Literatur. Zu Beginn wurden insgesamt 5025 Ergebnisse erfasst.

Aufgrund von Beschränkungen der ScienceDirect-Datenbank mussten verfeinerte Suchen durchgeführt werden. Um mit den Einschränkungen der Online-Datenbank umzugehen, wurden die Suchbegriffe in zwei separate Gruppen aufgeteilt, da die Datenbank nur eine begrenzte Anzahl von Begriffen pro Suchanfrage zuließ. Dazu wurde der ursprüngliche Suchstring in zwei Teile (S1 und S2) unterteilt.

Die verwendeten Suchstrings für die verfeinerte Suche waren wie folgt:

- S1: ((npc ai OR game ai OR virtual agent) AND (gesture motion OR text-to-speech OR perception OR agent design OR behavior tree OR state machine))
- S2: ((npc ai OR game ai OR virtual agent) AND (gesture motion OR text-to-speech OR state machine OR genetic algorithm OR q-learning)).

Die daraus resultierenden Suchergebnisse betragen insgesamt 4691 (S1: 2634, S2: 2057). Um die Relevanz für die Forschungsfrage sicherzustellen, mussten diese weiter eingegrenzt werden. Dies erfolgte durch die Filterung nach Fachbereichen, um sicherzustellen, dass nur Artikel aus einschlägigen Fachgebieten in die Analyse einbezogen wurden. Diese Vorgehensweise ermöglichte es, die Suche effektiv zu verfeinern und relevante Artikel für die Literaturanalyse zu identifizieren. Nach der Filterung nach Fachbereichen blieben insgesamt 568 (S1: 313, S2: 255) Suchergebnisse übrig, die in den weiteren Prozess einbezogen wurden.

Nach dem Entfernen von doppelt gefundenen Literaturquellen blieben insgesamt 615 Quellen übrig. Diese wurden auf weitere Schlüsselwörter hin geprüft, darunter "human-likeness", "reinforcement learning", "uncanny valley", "human computer interface", "human-level AI", "Artificial intelligence", "intelligent agents" und "human computer interaction". Dabei blieben insgesamt 105 Veröffentlichungen übrig.

In einer letzten Runde wurden Titel, Abstracts, Methoden und Ergebnisse durchsucht, um weitere Quellen auszusortieren, die nicht Methoden und Designansätze für eine menschenähnliche NPC-KI und deren Auswirkung auf die Spielerwahrnehmung behandelten.

Am Ende wurden 3 Veröffentlichungen in das Review aufgenommen, die alle zwischen 2017 und 2024 erschienen. Zusätzlich wurde eine weitere Quelle aufgenommen, die wichtige Informationen über Methoden und Designmöglichkeiten für eine menschenähnliche NPC-KI enthält.

Tabelle 2 - Literatúrauswahl

Titel (gekürzt)	Erster Autor	Veröffentlichung	Datenbank
Machine learning for social attitude	Georgiana Cristina Dobre	07.04.2022	Springer
The Development of Intelligent Agents	Naveed Answer Butt	02.08.2023	IEEEExplore
Uncanny valley for interactive social agents	Nidhi Mishra	10.2022	ScienceDirect
Human or Robot?	Ylva Ferstl	09.2021	Intelligent Virtual Agents 2021

### 3.2 Menschenähnliches Spielverhalten durch Learning from Demonstration und Case-Based Reasoning

Butt et al. (2023) erforscht die Schaffung intelligenter Agenten, die das Verhalten menschlicher Spieler in Videospiele durch den Einsatz von Case-Based Reasoning (CBR) in Verbindung mit Learning from Demonstration (LfD) nachahmen. Die Studie konzentriert sich speziell auf die Reproduktion von Spieleraktionen in der Pac-Man-Spielumgebung.

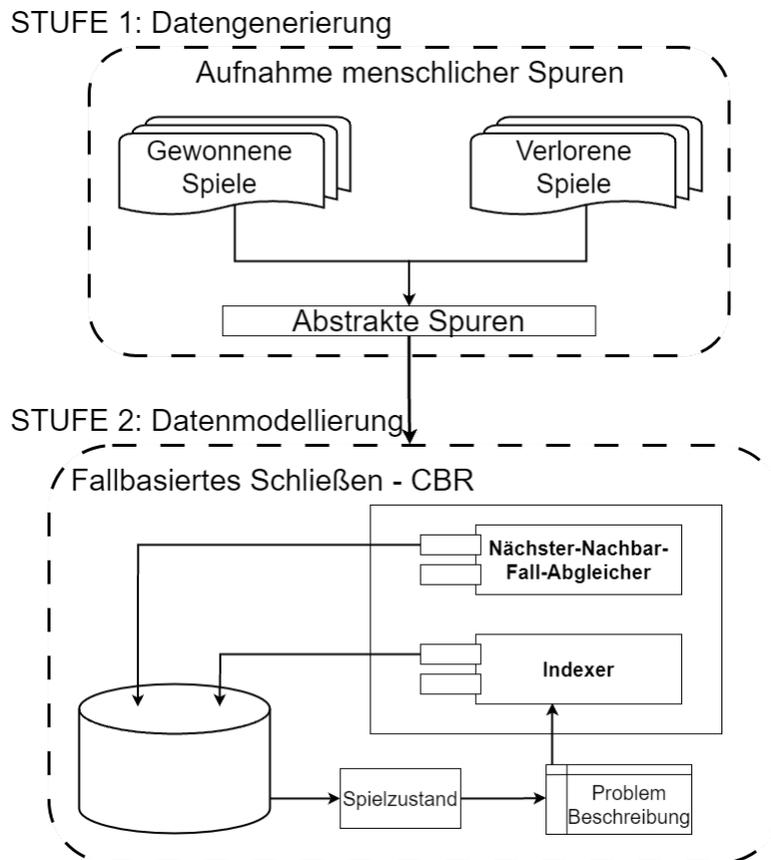


Abbildung 3 - Methodik für die Imitation von menschenähnlichem Verhalten (vgl. Butt et al. 2023, S. 78699).

Zu Beginn der Studie werden Spielerdaten von menschlichen Spielern während des Spielens von Pac-Man-Spielrunden erfasst. Dies wird erreicht, indem das Pack-Man Spiel so modifiziert wird, dass jedes Mal, wenn das Spiel gespielt wird, ein Protokoll von Spieler- und Geisterereignissen generiert wird. Die als Forschungsbenchmark verwendete Testumgebung ist eine Version des Pac-Man Spiels, das von der UC Berkeley für einen Einführungskurs in KI entwickelt wurde. Das Spiel hat nur ein Level und die ausgewählte Umgebung ist deterministisch. Nachdem die Spielerdaten erfasst wurden, werden verschiedene Ähnlichkeitsmaße definiert, die in einer CBR zur Vorhersage des Verhaltens eines menschlichen Spielers in einem Testfall angewendet werden (vgl. Butt et al. 2023, S. 78698f.).

Name der Ähnlichkeitsmessung	Definition der Ähnlichkeitsmessung
Euclidean distance	$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^m (w_k(P_{ik} - P_{jk}))^2}$
Hamming similarity	$sim_{ij} = \frac{matches_{k=1}^m(P_{ik}, P_{jk})}{m}$
Manhattan distance	$d_{ij} = \sum_{k=1}^m w_k  P_{ik} - P_{jk} $
Canberra distance	$d_{ij} = \sum_{k=1}^m \frac{ P_{ik} - P_{jk} }{P_{ik} + P_{jk}}$
Bray-Curtis distance	$d_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^m  P_{ik} - P_{jk} }{\sum_{k=1}^m P_{ik} + P_{jk}}$
Squared Chord distance	$d_{ij} = \sum_{k=1}^m (\sqrt{P_{ik}} - \sqrt{P_{jk}})^2$
Element-wise Binary Operation	$d_{ij} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (xi - ai)^2} < \sqrt{\sum_{i=1}^n (xi - bi)^2}$

Abbildung 4 – Methoden der Ähnlichkeitsmessung (vgl. Butt et al. 2023, S. 78702).

Ein CBR-System wird dann mithilfe der Nächste-Nachbarn-Klassifikation eingerichtet. Für die Studie wurden Sieben verschiedene Ähnlichkeitsmessungen gegenübergestellt. Zuletzt werden die entwickelten Agenten anhand der aktuellen Positionen der drei Agenten Pac-Man, Ghost1 und Ghost2 trainiert, die von menschlichen Spielern eingegeben wurden und liefern die nächsten ausgeführten Positionen als Ausgabe (vgl. Butt et al. 2023, S. 78701f.).

S.no.	Ähnlichkeitsmessung	Höchste Genauigkeit
1	Euclidean distance	75%
2	Hamming similarity	59%
3	Manhattan distance	57%
4	Canberra distance	52%
5	Bray-Curtis distance	19%
6	Squared Chord distance	40%
7	Element-wise Binary Operation	75%

Abbildung 5 - Höchste Genauigkeit der jeweils verwendeten Ähnlichkeitsmessungen (vgl. Butt et al. 2023, S. 78704).

Mit den daraus resultierenden Daten werden mit Hilfe von zwei verschiedenen Tests die Agenten auf ihre Glaubwürdigkeit und Menschenähnlichkeit getestet. Die zwei verwendeten Tests sind Mann-Whitney-U-Test und die Kosinus-Ähnlichkeit. Die daraus resultierenden Ergebnisse zeigen auf, dass von den sieben verschiedenen Standard-Ähnlichkeitsmaßen, die für das Lernen zur Simulation des Spielerverhaltens gewählt wurden, nur der elementbasierte binäre Operatorabstand und der auf dem euklidischen Abstand basierende Agent höhere Imitationswerte erzielten (vgl. Butt et al. 2023, S. 78708).

Die durch beide generierten Spuren wurden mithilfe von zwei automatisierten Methoden auf ihre Richtigkeit überprüft. Beide Methoden bestätigten die Ergebnisse der Studie mit hoher Präzision. Die Fallbasierten Verarbeitungssysteme erklärten im Allgemeinen mit beiden automatischen Methoden den KI-Controller als den menschenähnlichsten, wobei Ähnlichkeitswerte von 70% beim Mann-Whitney U-Test und 99% bei der Kosinus-Ähnlichkeitsanalyse erreicht wurden (vgl. Butt et al. 2023, S. 78709).

### **3.3 Machine Learning Pipeline für soziale Interaktionen in der virtuellen Realität**

Dobre, Gillies und Pan (2022) erforschen den Einsatz von immersivem maschinellem Lernen in narrativen Virtual-Reality-Spielen (VR-Spielen), um soziale Signale zu erkennen und eine authentischere Interaktion mit virtuellen Charakteren (VCs) zu ermöglichen, was wiederum das Spielerengagement steigert. Durch die Fokussierung auf die Erkennung und Nutzung sozialer Interaktion als impliziten Interaktionsmechanismus zielt die Studie darauf ab, immersive und fesselnde Erlebnisse für Spieler in VR-erzählerischen Spielen zu schaffen.

Die Pipeline zur Erkennung sozialer Interaktionen im Spieldesign beginnt mit der Gestaltung eines VR-Szenarios, in dem Benutzer mit einem VC interagieren können, um soziale Interaktionsverhalten hervorzurufen (vgl. Dobre/Gillies/Pan 2022, S. 1519f.).

Während die Teilnehmer mit dem VC interagieren, werden ihre Bewegungen und Verhaltensweisen aufgezeichnet, um Daten wie Kopf- und Handpositionen, Rotationen und Geschwindigkeiten zu erfassen. Anschließend werden menschliche Annotatoren eingesetzt, um die aufgezeichneten Interaktionen zu bewerten und soziale Interaktionsniveaus zwischen Benutzern und VC zu markieren (vgl. Dobre/Gillies/Pan 2022, S. 1526f.).

Die annotierten Daten werden dann verwendet, um ein maschinelles Lernmodell zu trainieren, wobei verschiedene Machine Learning-Algorithmen (ML-Algorithmen) wie Proximal Policy Optimization (PPO), Generative Adversarial Imitation Learning (GAIL) und Long Short-Term Memory (LSTM) zum Einsatz kommen. Das trainierte Modell wird mit verschiedenen Konfigurationen optimiert, einschließlich vorab auf Basis der aufgenommenen Daten trainierte Konfigurationen (PreT) und der Integration einer LSTM mithilfe eines rekurrenten neuronalen Netzwerks (vgl. Dobre/Gillies/Pan 2022, S. 1529).

Die Eingabedaten für das ML-Modell werden aus den aufgezeichneten Bewegungen und Verhaltensweisen abgeleitet, um die soziale Interaktion zu simulieren (vgl. Dobre/Gillies/Pan 2022, S. 1535).

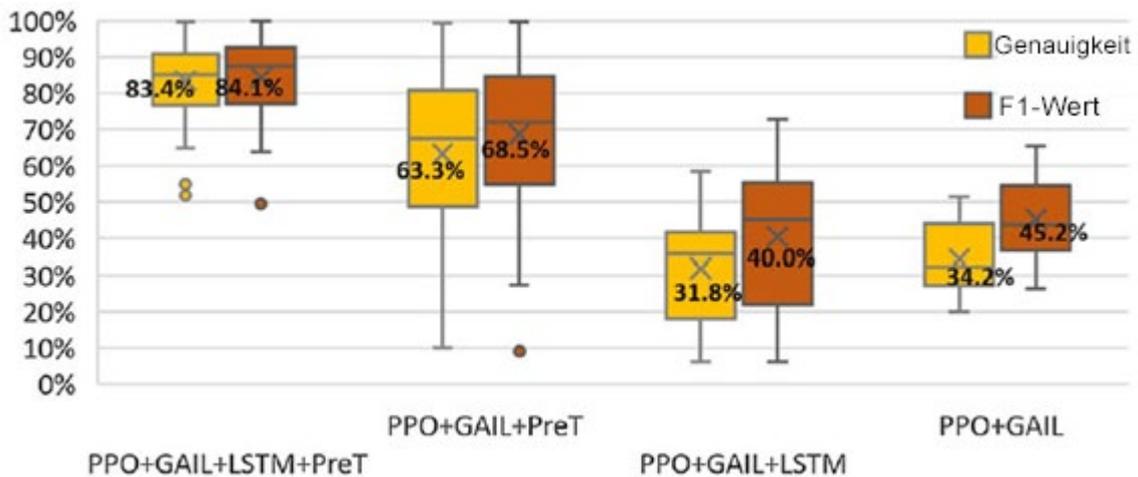


Abbildung 6 - Genauigkeit und F1-Wert für alle konfigurierten Modelle (vgl. Dobre/Gillies/Pan 2022, S. 1533).

Nach der Implementierung und dem Training des ML-Modells wird dessen Leistung anhand eines separaten Datensatzes bewertet, um seine Genauigkeit und Wirksamkeit bei der Erkennung sozialer Interaktionen zu überprüfen. Genauigkeit ist ein Maß dafür, wie oft die Ausgabe des Modells korrekt ist. Der F1-Wert misst, wie gut ein Modell abschneidet, indem er Präzision und Rückruf durch ihr harmonisches Mittel kombiniert (vgl. Dobre/Gillies/Pan 2022, S. 1532).

Schließlich kann das trainierte ML-Modell in den Spieldesignprozess integriert werden, um die sozialen Interaktionen zwischen Spielern und NPCs in VR-Spielen zu verbessern (vgl. Dobre/Gillies/Pan 2022, S. 1535f.). Die Vorhersagen des Modells können verwendet werden, um unterschiedliche Verhaltensweisen bei den NPCs oder in der Spielumgebung auszulösen, was zu ansprechenderen und immersiveren Spielerlebnissen führt (vgl. Dobre/Gillies/Pan 2022, S. 1519).

### 3.4 Uncanny Valley Effekt bei interaktiven sozialen Agenten

Mishra et al. (2022) befasst sich mit der Untersuchung der Uncanny Valley Hypothese im Zusammenhang mit interaktiven humanoiden Robotern und untersucht die Emotionen und Wahrnehmungen von Menschen gegenüber verschiedenen Arten von humanoiden interaktiven Robotern mit menschenähnlichem Erscheinungsbild.

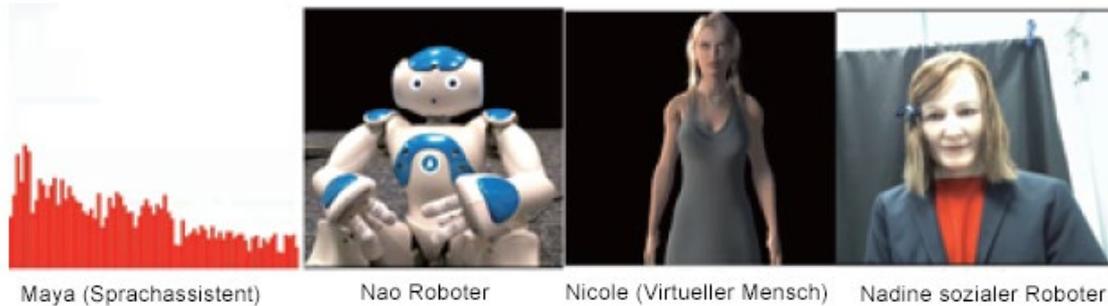


Abbildung 7 - Die Vier verschiedenen Roboter, die in der Studie verwendet wurden (vgl. Mishra et al. 2022, S. 396).

In der Studie wurden die Teilnehmer gebeten, mit 4 verschiedenen humanoiden Robotern zu interagieren: Maya, einem Sprachassistenten; Nao, einem Kind großen humanoiden Roboter; Nicole, einem virtuellen Menschen mit menschenähnlichem Aussehen; und Nadine, einem lebensgroßen humanoiden sozialen Roboter mit menschenähnlichen Merkmalen (vgl. Mishra et al. 2022, S. 396).

Die Teilnehmer hatten die Möglichkeit, mit den Robotern über Zoom-Anrufe in Form von Gesprächen zu interagieren. Die Interaktionen wurden aufgezeichnet und später analysiert. Um die Emotionen und Affektzustände der Teilnehmer während der Interaktionen zu bewerten, wurden verschiedene Analysemethoden angewendet (vgl. Mishra et al. 2022, S. 396).

Die Videoanalyse basierte auf der Erkennung von Gesichtsausdrücken und Gesten der Teilnehmer während der Interaktion. Die Audioanalyse konzentrierte sich auf die Erkennung von Emotionen in der Sprache der Teilnehmer (vgl. Mishra et al. 2022, S. 397f.).

Die Textanalyse wurde verwendet, um die Emotionen in den während der Interaktionen gesprochenen Texten zu identifizieren. Zusätzlich wurden Fragebögen verwendet, um die Wahrnehmung der Teilnehmer zu bewerten (vgl. Mishra et al. 2022, S. 398). Das Experiment wurde online durchgeführt, da persönliche Treffen aufgrund der COVID-19-Beschränkungen nicht möglich waren (Mishra et al. 2022, S. 396).

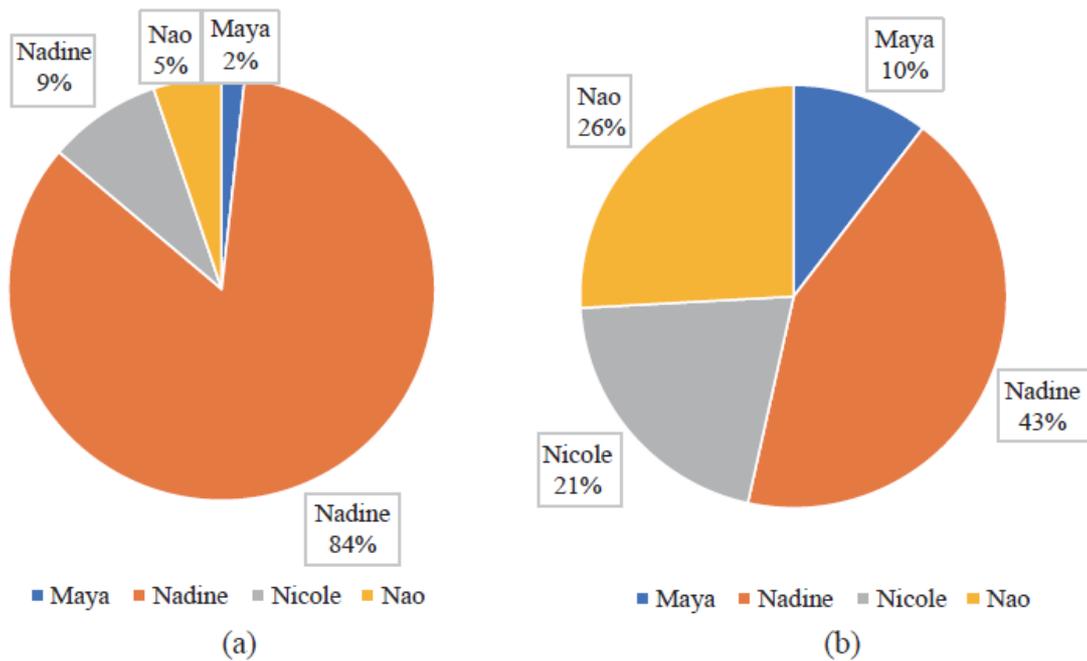


Abbildung 8 - (a) Menschenähnlichste Roboter, basierend auf der Wahrnehmung der Teilnehmer. (b) Beliebtheit der Roboter (vgl. Mishra et al. 2022, S. 401).

Die Studie widerlegte die Hypothese des Uncanny Valley. Die Ergebnisse zeigten, dass es keinen Zusammenhang zwischen dem Anthropomorphismus der Roboter und den von ihnen ausgelösten negativen Emotionen gab. Alle vier Roboter waren beliebt und der anthropomorphste Roboter, Nadine, war der beliebteste. Der Uncanny Valley Effekt konnte in der Studie nicht beobachtet oder belegt werden (vgl. Mishra et al. 2022, S. 402).

### 3.5 Stimme, Bewegung, Sympathie und Erscheinung

Ferstl et al. (2021) erforscht die Wahrnehmung von Stimme und Bewegung sowie die Bewertung von Sympathie und Anthropomorphismus in interaktiven sozialen Agenten. Die Studie wurde in zwei Teilen durchgeführt, wobei der erste Teil die wahrgenommene Übereinstimmung zwischen Stimme und Bewegung untersuchte und der zweite Teil sich mit der Sympathie und Anthropomorphismus befasste.



Abbildung 9 - Beispiel Szene für menschlichen Charakter (links) und Roboter-Charakter (rechts) (Ferstl et al. 2021, S. 1).

In Studie I sahen die Teilnehmer Videoclips von animierten Charakteren und bewerteten, wie gut die Gesten mit der Stimme auf einer 7-Punkte-Likert-Skala übereinstimmten. Die Studie hatte ein 2x4x2 faktorielles Design innerhalb der Versuchspersonen, mit 2 Sprachbedingungen (echt und Text-to-Speech), 4 Bewegungsbedingungen (vollständig natürlich, natürlich ruhend, robotische Gesten und reduzierte robotische Gesten) und 2 verschiedene Erscheinungsbilder (menschlich und Roboter). Für jede Bedingung gab es 2 Durchläufe, was insgesamt 32 Durchläufe ergab. Aufmerksamkeitschecks wurden durchgeführt, um die Qualität der Antworten der Teilnehmer sicherzustellen (vgl. Ferstl et al. 2021, S. 4f.).

In Studie II sah eine separate Gruppe von Teilnehmern dieselben Videoclips und bewertete die Sympathie und den Anthropomorphismus der Charaktere auf 7-Punkte-Likert-Skalen. Die Sympathie wurde anhand von Items aus dem Godspeed-Fragebogen bewertet und der Anthropomorphismus wurde anhand einer einzelnen Fragestellung bewertet. Das Studiendesign und -verfahren waren ähnlich wie in Studie I (vgl. Ferstl et al. 2021, S. 6).

Beide Studien verwendeten statistische Analysen, einschließlich ANOVA und Post-hoc-Tests, um die Daten zu analysieren und die Effekte von Stimme, Bewegung und Aussehen auf die wahrgenommene Übereinstimmung, Sympathie und Anthropomorphismus zu bestimmen (vgl. Ferstl et al. 2021, S. 5).

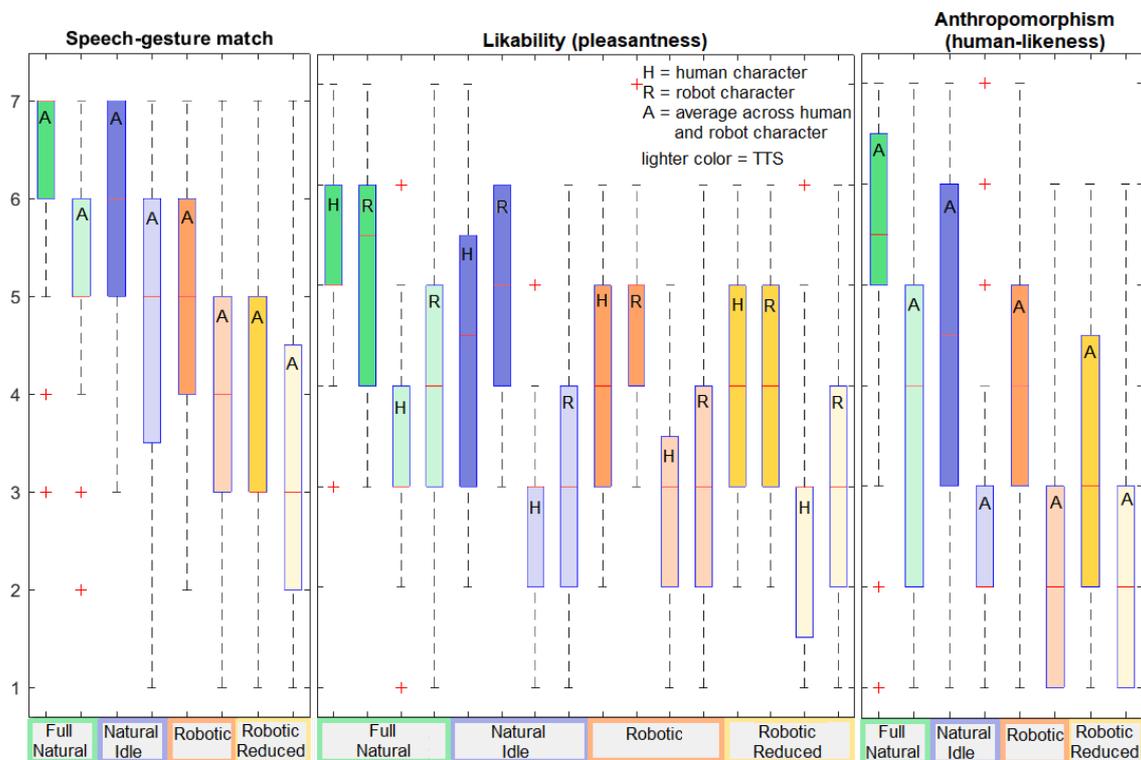


Abbildung 10 - Boxplots für alle Haupteffekte der Studie I (links) und II (Mitte & rechts) (vgl. Ferstl et al. 2021, S. 5).

Die in Abbildung 10 dargestellten Boxplots verwenden hellere Farben, um den Zustand der TTS-Stimme darzustellen und dunklere Farben, um die echte Stimme zu kennzeichnen.

Die Ergebnisse zeigten, dass ein höherer Realismus sowohl in der Stimme als auch in der Bewegung unabhängig voneinander die wahrgenommene Übereinstimmung zwischen Sprache und Geste verbesserte. Dies legt nahe, dass es bevorzugt ist, den Realismus sowohl in der Stimme als auch in der Bewegung zu maximieren, selbst wenn dies zu Realismus-Ungleichheiten führt. Für das Aussehen könnte jedoch ein geringerer Realismus bevorzugt werden (vgl. Ferstl et al. 2021, S. 1f.).

Darüber hinaus wurde in der Studie festgestellt, dass ein höherer Realismus sowohl in der Stimme als auch in der Bewegung durchgehend bevorzugt wurde, wenn es um die Bewertungen von Sympathie und Menschlichkeit ging (vgl. Ferstl et al. 2021, S. 6).

Daher ist es anhand dieser Ergebnisse klar, dass Realismus nicht über alle Aspekte hinweg angeglichen werden sollte und ein höherer Realismus in Stimme und Bewegung bevorzugt wird (vgl. Ferstl et al. 2021, S. 7).

## 4 Diskussion

Nachfolgend werden nun die dargestellten Ergebnisse analysiert und interpretiert. Anschließend werden die Ergebnisse diskutiert, sowie Vorschläge für zukünftige Forschungen gegeben.

Die analysierten Studien untersuchten verschiedene Ansätze zur Verbesserung des Spielerlebnisses und der Realität von NPCs in Videospiele sowie den Einfluss von Stimme, Bewegung und Erscheinung auf die Wahrnehmung sozialer Agenten. Die Ergebnisse von Dobre, Gillies und Pan (2022) zeigten, dass der Einsatz von ML-Modellen, insbesondere solche mit LSTM-Konfigurationen, eine hohe Genauigkeit bei der Erkennung sozialer Signale ermöglichte. Die Studie von Butt et al. (2023) stellte fest, dass CBR-Systeme menschenähnliche Agenten im Spiel Pac-Man effektiv entwickeln konnten, indem sie von menschlichen Spuren lernten. Ferstl et al. (2021) zeigten, dass maximaler Realismus in Stimme und Bewegung bevorzugt wurde, während niedriger Realismus in der Erscheinung möglicherweise vorteilhaft war. Zusätzlich widerlegte die Studie von Mishra et al. (2022) die Existenz des Uncanny Valley-Phänomens, indem sie zeigte, dass die von ihnen verwendeten Roboter trotz unterschiedlicher Grade von Menschenähnlichkeit von den Teilnehmern gemocht wurden, ohne negative Emotionen hervorzurufen.

Die Studie von Dobre, Gillies und Pan (2022) legt nahe, dass der Einsatz von ML, insbesondere mit LSTM-Modellen, eine effektive Methode sein kann, um die Interaktionen von NPCs in Spielen zu verbessern. Die hohe Genauigkeit von 83% deutet darauf hin, dass NPCs in der Lage sind, soziale Signale mit großer Zuverlässigkeit zu erkennen und angemessen zu reagieren, was zu einem immersiveren Spielerlebnis führen kann (vgl. Dobre/Gillies/Pan 2022, S. 1536).

Die Forschung von Butt et al. (2023) zeigt, dass CBR-Systeme eine vielversprechende Alternative sein können, um menschenähnliche Agenten zu entwickeln, die von menschlichen Spielern lernen und sich an neue Szenarien anpassen können. Die Genauigkeit von 75% bei der Imitation menschlicher Spieler legt nahe, dass diese Ansätze potenziell erfolgreich sein können, um NPCs in Spielen realistischer zu gestalten (vgl. Butt et al. 2023, S. 78708).

Die Untersuchung von Ferstl et al. (2021) beleuchtet die Bedeutung von Realismus in Bezug auf Stimme, Bewegung und Erscheinung von NPCs. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass ein höherer Realismus in Stimme und Bewegung bevorzugt wird, auch wenn dies zu Unstimmigkeiten im Erscheinungsbild führen kann (vgl. Ferstl et al. 2021, S. 4). Dieses Erkenntnis könnte bei der Gestaltung von NPCs berücksichtigt werden, um eine positive Spielerwahrnehmung zu fördern.

Schließlich widerlegt die Studie von Mishra et al. (2022) die Uncanny Valley-Hypothese, indem sie zeigt, dass Roboter mit unterschiedlichem Grad an Menschenähnlichkeit von den Teilnehmern gemocht wurden und keine negativen Emotionen hervorriefen (vgl. Mishra et al. 2022, S. 402). Dies legt nahe, dass das Konzept des Uncanny Valley möglicherweise nicht universell gilt und von anderen Faktoren wie dem Design und der Interaktion mit NPCs beeinflusst werden kann.

Obwohl die Theorie des Uncanny Valley-Effekts traditionell davon ausgeht, dass eine zunehmende Ähnlichkeit zu menschlichen Merkmalen zu einem signifikanten Rückgang der Sympathie führt, zeigen die Ergebnisse der Studie von Mishra et al. (2022) eine interessante Abweichung von dieser Annahme. Entgegen den Erwartungen widerlegen ihre Befunde die Existenz eines solchen Effekts, indem sie zeigen, dass die von ihnen untersuchten Roboter, die unterschiedliche Grade an Menschlichkeit aufwiesen, von den Teilnehmern positiv aufgenommen wurden und keine negativen Emotionen hervorriefen, die typischerweise mit dem Uncanny Valley in Verbindung gebracht werden. Dieser Widerspruch wirft wichtige Fragen auf und deutet darauf hin, dass die Beziehung zwischen menschenähnlichen Merkmalen von künstlichen Wesen und der Wahrnehmung der Betrachter möglicherweise komplexer ist als bisher angenommen. Es ist möglich, dass andere Faktoren wie Interaktion, Kontext und Designentscheidungen eine bedeutende Rolle dabei spielen, ob und wie der Uncanny Valley-Effekt erlebt wird.

## 5 Fazit

Nach einer umfassenden Analyse des aktuellen Forschungsstands im Bereich der Überwindung des Uncanny Valley und der Förderung einer positiven Spielerwahrnehmung von menschenähnlicher NPC-KI wurden verschiedene innovative Ansätze und Designprinzipien untersucht. Die Literaturanalyse verdeutlichte, dass die Erforschung von Methoden wie CBR und ML dazu beiträgt, immersive Spielerlebnisse zu steigern und die Interaktion mit NPCs in Videospiele zu verbessern. Darüber hinaus wurde aufgezeigt, dass das Zusammenspiel von Stimme, Bewegung und Erscheinungsbild eines NPCs einen signifikanten Einfluss auf die Wahrnehmung der Spieler hat. Die Studien von Ferstl et al. (2021) und Mishra et al. (2022) widerlegen dabei die traditionelle Annahme des Uncanny Valley-Effekts und betonen die Komplexität der Spielerwahrnehmung. Dies wirft wichtige Fragen auf und deutet darauf hin, dass die Beziehung zwischen menschenähnlichen Merkmalen von künstlichen Wesen und der Wahrnehmung der Betrachter komplexer ist als bisher angenommen. Zukünftige Forschungen könnten sich daher darauf konzentrieren, die Auswirkungen unterschiedlicher Designentscheidungen auf die Spielerwahrnehmung genauer zu untersuchen und innovative Methoden wie CBR und ML weiterzuentwickeln, um die Immersion und Interaktion in Videospiele zu verbessern.

Zusätzlich zu den identifizierten Forschungslücken und zukünftigen Forschungsrichtungen wird die eingangs gestellte Frage, wie sichergestellt werden kann, dass künstliche Charaktere nicht nur technologisch fortschrittlich sind, sondern auch menschenähnliche Eigenschaften demonstrieren, um eine positive Spielerwahrnehmung zu fördern, leider nur indirekt beantwortet. Die vorgestellten Studien deuten darauf hin, dass die Überwindung des Uncanny Valley und die Förderung einer positiven Spielerwahrnehmung von menschenähnlicher NPC-KI durch die Erforschung innovativer Methoden und Designansätze wie CBR und ML möglich ist. Dennoch bleibt die Frage nach der genauen Umsetzung und den effektivsten Ansätzen für die Schaffung menschenähnlicher NPCs in Videospiele offen und erfordert weitere Forschung und Entwicklung in diesem Bereich.

## Literaturverzeichnis

- Abeebe, Vero Vanden u. a. (2020): Development and validation of the player experience inventory: A scale to measure player experiences at the level of functional and psychosocial consequences. In: *International Journal of Human-Computer Studies*, 135. Jg., S. 102370.
- Butt, Naveed Anwer u. a. (2023): The Development of Intelligent Agents: A Case-Based Reasoning Approach to Achieve Human-Like Peculiarities via Playback of Human Traces. In: *IEEE Access*, 11. Jg., S. 78693–78712.
- Dobre, Georgiana Cristina/Gillies, Marco/Pan, Xueni (2022): Immersive machine learning for social attitude detection in virtual reality narrative games. In: *Virtual Reality*, 26. Jg. (4), S. 1519–1538.
- Ferstl, Ylva u. a. (2021): Human or Robot?: Investigating voice, appearance and gesture motion realism of conversational social agents. *Virtual Event Japan*: ACM.
- Mishra, Nidhi u. a. (2022): Uncanny valley for interactive social agents: an experimental study. In: *Virtual Reality & Intelligent Hardware*, 4. Jg. (5), S. 393–405.
- Mori, Masahiro (2012): The Uncanny Valley [From the Field]. In: *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 19. Jg. (2), S. 98–100.

## Übersicht über verwendete Hilfsmittel

IEEEExplore	Datenbank zur Quellensuche ( <a href="https://ieeexplore.ieee.org">https://ieeexplore.ieee.org</a> )
ScienceDirect	Datenbank zur Quellensuche ( <a href="https://www.sciencedirect.com">https://www.sciencedirect.com</a> )
Springer	Datenbank zur Quellensuche ( <a href="https://link.springer.com">https://link.springer.com</a> )
Excel	Sortieren und Filtern von Quellen
ChatGPT	Hilfe bei Zitatform, Dokumentformatierung, Grammatik- und Rechtschreibprüfung ( <a href="https://chat.openai.com">https://chat.openai.com</a> )
Draw.io	Erstellen von Abbildungen ( <a href="https://app.diagrams.net">https://app.diagrams.net</a> )
Photoshop	Erstellen von Abbildungen
Zotero	Organisation von Literatur und Zitaten

## Anhangsverzeichnis

Anhang A: Liste aller exportierten Quellen ohne Doppelte, nur Titel. (Quellen.pdf)

Anhang B: Liste aller exportierten Quellen ohne Doppelte. (Quellen.xlsx)

Anhang C: Suchprotokoll. (Suchprotokoll.pdf)