**<Projektname>** Plattform zum Vergleich von Spiele-KIs

**<Projektnummer>** Gruppe 2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Änderungshistorie** | | | | |
| **Version** | **Datum** | **Kapitel** | **Änderung** | **Name** |
| 0.1 | 25.04.2024 | Alle | Anlegen und Füllen | Justine Buß |
| 0.2 | 29.04.2024 | 3 | Formulieren | Justine Buß, Maximilian Bachmann, Alexander Roos |
| 0.3 | 30.04.2024 | 5, 6, 7, 8.5 | Formulieren | Justine Buß, Maximilian Bachmann |
| 1.0 | 30.04.2024 | Alle | Links, Diagramme, Überarbeiten | Justine Buß |
| 1.1 | 02.05.2024 | Alle | Nachbessern | Justine Buß |
| 1.2 | 05.05.2024 | 3, 7 | Überarbeiten, Diagramme | Justine Buß, Alexander Roos |
|  |  |  |  |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Herausgeber | [Technische Hochschule Mittelhessen – FB06 Mathematik, Naturwissenschaften und Informatik](https://www.thm.de/mni/) | |
| Dateiname | Pflichtenheft\_ver\_1.2 | |
| Dokumentenbezeichnung | Pflichtenheft: Plattform zum Vergleich von Spiele-KIs | |
| Version | 1.2 | |
| Stand | Montag, 6. Mai 2024 | |
| Status | In Bearbeitung | |
| Autor | Justine Buß, Thorben Jones, Alexander Roos, Maximilian Bachmann, Omar Karkotli, Sven Reinhard, Pascal Waldschmidt | |
| Freigegeben von |  | |
| Ansprechpartner | Justine Buß | [justine.buss@mni.thm.de](mailto:justine.buss@mni.thm.de) |
| Kurzinfo | „Technische Hochschule Mittelhessen Softwaretechnikprojekt. Pflichtenheft“ | |

Inhaltsverzeichnis

[1 Einleitung 7](#_Toc165845619)

[2 Allgemeines 7](#_Toc165845620)

[2.1 Ausgangssituation 7](#_Toc165845621)

[2.1 Projektbezug 8](#_Toc165845622)

[2.4 Beteiligte 8](#_Toc165845623)

[3 Konzept 9](#_Toc165845624)

[3.1 Ziele der Entwickelnden 9](#_Toc165845625)

[3.2 Zielgruppen 9](#_Toc165845626)

[3 Implementierungsentwurf 9](#_Toc165845627)

[3.1 Gesamtsystem 9](#_Toc165845628)

[3.2 REST API mit FastAPI 10](#_Toc165845629)

[3.3 Server in Python 11](#_Toc165845630)

[3.4 Dockerbasierte Spielinstanzen 12](#_Toc165845631)

[6 Webseite 13](#_Toc165845632)

[6.1 Startbildschirm 13](#_Toc165845633)

[6.2 Spielekonfiguration 14](#_Toc165845634)

[6.3 Spieleoberfläche 14](#_Toc165845635)

[6.4 … 14](#_Toc165845636)

[5 Funktionale (Detail-) Anforderungen 15](#_Toc165845637)

[5.1 Must Haves 15](#_Toc165845638)

[5.1.1 Webseite 15](#_Toc165845639)

[5.1.2 Externe Anwendung 15](#_Toc165845640)

[5.1.3 Umgesetzte Spiele 15](#_Toc165845641)

[5.1.4 Spielekonfiguration 16](#_Toc165845642)

[5.1.5 Spielebeitritt 17](#_Toc165845643)

[5.1.6 Spielerepräsentation und -navigation 17](#_Toc165845644)

[5.1.7 Unterstütze Spielefunktionen 18](#_Toc165845645)

[5.2 Nice-To-Haves 18](#_Toc165845646)

[5.2.1 Weitere Spiele 18](#_Toc165845647)

[5.2.2 Webseitenerweiterung 19](#_Toc165845648)

[5.3 If-Time-Allows 19](#_Toc165845649)

[4.3.1 Zufallsspiele 19](#_Toc165845650)

[4.3.2 Webseitenerweiterung 19](#_Toc165845651)

[6 Qualitative Anforderungen 19](#_Toc165845652)

[6.1 Allgemeine Anforderungen 19](#_Toc165845653)

[6.2 Gesetzliche Anforderungen 20](#_Toc165845654)

[6.3 Technische Anforderungen 20](#_Toc165845655)

[6.4 Weitere Anforderungen 20](#_Toc165845656)

[7 Umfang der Anforderungen 21](#_Toc165845657)

[8 Rahmenbedingungen 26](#_Toc165845658)

[8.1 Zeitplan 26](#_Toc165845659)

[8.2 Technische Anforderungen 26](#_Toc165845660)

[8.3 Problemanalyse 26](#_Toc165845661)

[8.4 Qualitätssicherung 26](#_Toc165845662)

[8.5 Dokumentation 26](#_Toc165845663)

[9 Abkürzungsverzeichnis 27](#_Toc165845664)

[10 Anhang 28](#_Toc165845665)

Abbildungssverzeichnis

[Abbildung 1: Architekturentwurf Gesamtsystem 9](#_Toc165845666)

[Abbildung 2: Architekturentwurfsausschnitt API Schnittstelle 10](#_Toc165845667)

[Abbildung 3: Architekturentwurfsausschnitt Server 11](#_Toc165845668)

[Abbildung 4: Architekturentwurfsausschnitt Docker Container 12](#_Toc165845669)

Tabellenverzeichnis

[Tabelle 1: Interne Beteiligung 8](#_Toc165845670)

[Tabelle 2: Umfang der Anforderung 25](#_Toc165845671)

[Tabelle 3: Abkürzungsverzeichnis 27](#_Toc165845672)

# 1 Einleitung

Das vorliegende Pflichtenheft enthält die an das zu entwickelnde Projekt gestellten funktionalen sowie qualitativen Anforderungen. Mit diesen werden die Rahmenbedingungen für die Entwicklung festgelegt, die im Pflichtenheft detailliert ausgestaltet werden.

# 2 Allgemeines

## 2.1 Ausgangssituation

In Anbetracht der wachsenden Bedeutung künstlicher Intelligenz in verschiedenen gesellschaftlichen Bereichen ist es zunehmend erforderlich, ein tieferes Verständnis für [KI](#_9_Abkürzungsverzeichnis)-Konzepte zu entwickeln und diese anzuwenden. Insbesondere im Bildungsumfeld wird es als entscheidend erachtet, Studierenden praxisnahe Erfahrungen zu ermöglichen, um ihre Fähigkeiten in der KI-Entwicklung zu vertiefen. Vor diesem Hintergrund gewinnt das Konzept des Lernens und Lehrens mit spielerischen Methoden zunehmend an Bedeutung. Der Einsatz von interaktiven Plattformen und erlebnisorientierten Ansätzen bietet eine effektive Möglichkeit, das Verständnis und die Anwendung von KI-Konzepten zu fördern. Durch die Integration dynamischer Elemente in den Lernprozess können Interessierte und Studierende auf unterhaltsame Weise praxisnahe Erfahrungen sammeln und ihre Fähigkeiten in der KI-Entwicklung auf ansprechende Art und Weise vertiefen. Diese Herangehensweise erleichtert nicht nur das Verständnis komplexer Konzepte, sondern trägt auch dazu bei, das Interesse und die Motivation der Lernenden zu steigern, da sie aktiv am Prozess beteiligt sind und direktes Feedback erhalten.

Um diesen Bedarf zu decken, ist es entscheidend, eine benutzerfreundliche Plattform zu schaffen, die das Verhalten von KIs durch interaktive Erfahrungen erkundet, verschiedene KIs vergleicht und das Testen eigener KIs ermöglicht. Während bereits existierende Plattformen einzelne Spiele mit KI-Unterstützung anbieten, fehlt es bisher an einer ganzheitlichen Lösung, die mehrere Spiele integriert und es den Nutzern ermöglicht, sowohl gegen andere Nutzer und verschiedene KIs anzutreten als auch eigene KI-Entwicklungen hochzuladen und zu testen.

## 2.1 Projektbezug

Das Softwaretechnikprojekt an der Technischen Hochschule Mittelhessen unter der Leitung von [Prof. Dr. Frank Kammer](https://www.thm.de/mni/frank-kammer) [2] strebt mit der Entwicklung einer Plattform, die den Benutzern eine interaktive Möglichkeit zum Sammeln praxisnaher Erfahrungen ermöglicht, die Schließung genau dieser Lücke an. Diese Plattform soll es den Nutzern ermöglichen, nicht nur gegen andere Nutzer anzutreten, sondern auch gegen verschiedene KIs zu spielen. Dabei ist es entscheidend, dass die Plattform benutzerfreundlich gestaltet ist und eine Vielzahl von Spielen unterstützt, um den Lernprozess im Bereich der KI-Entwicklung effektiv und ansprechend zu gestalten.

Anzuwendende Technologien:

* Programmiersprache: [Python](https://www.python.org/) [3]
* Softwareplattform: [Docker](https://www.docker.com/) [4]
* Maschinelles Lernen Framework: [TensorFlow](https://www.tensorflow.org/) [5] mit [Keras](https://keras.io/) [6]
* KI-Entwicklungsframework: [AlphaZero](https://deepmind.google/discover/blog/alphazero-shedding-new-light-on-chess-shogi-and-go/) [7, 11]

## 2.4 Beteiligte

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Rolle** | **Name** | **Fachbereich/ Studienfach** | **Kontaktinformation** |
| Projektleitung | Thorben Jones | MNI/Ingenieur-Informatik | [thorben.jones@mni.thm.de](mailto:thorben.jones@mni.thm.de) |
| Stellvertretende Projektleitung | Justine Buß | MNI/Ingenieur-Informatik | [justine.buss@mni.thm.de](mailto:justine.buss@mni.thm.de) |
| Teammitglied | Alexander Roos | MNI/Ingenieur-Informatik | [alexander.roos@mni.thm.de](mailto:alexander.roos@mni.thm.de) |
| Teammitglied | Maximilian Bachmann | MNI/Informatik | [maximilian.lars.bachmann@mni.thm.de](mailto:maximilian.lars.bachmann@mni.thm.de) |
| Teammitglied | Omar Karkotli | MNI/Informatik | [omar.karkotli@mni.thm.de](mailto:omar.karkotli@mni.thm.de) |
| Teammitglied | Sven Reinhard | MNI/Informatik | [sven.roman.reinhard@mni.thm.de](mailto:sven.roman.reinhard@mni.thm.de) |
| Teammitglied | Pascal Waldschmidt | MNI/Informatik | [pascal.waldschmidt@mni.thm.de](mailto:pascal.waldschmidt@mni.thm.de) |
| Dozent | Prof. Dr. Frank Kammer | MNI | [frank.kammer@mni.thm.de](mailto:frank.kammer@mni.thm.de) |

Tabelle 1: Interne Beteiligung

# 3 Konzept

## 3.1 Ziele der Entwickelnden

Unser Softwaretechnikprojekt verfolgt das Ziel, eine interaktive Plattform zu entwickeln, die mehrere Zwecke erfüllt. Wir als Entwickelnde möchten dabei nicht nur unsere Kompetenzen erweitern, sondern auch neue Technologien und Konzepte wie künstliche Intelligenz kennenlernen und anwenden. Die Umsetzung dieses Projekts bietet uns die Möglichkeit, praktische Erfahrungen zu sammeln und uns auf zukünftige Herausforderungen in der Berufswelt vorzubereiten.

## 3.2 Zielgruppen

Die Zielgruppen für unsere Plattform sind vielfältig. Zum einen richten es sich an Studierende und Dozenten der Hochschule, die in verschiedenen Modulen den Einsatz von KI kennenlernen, lehren und ihre eigenen KIs auf der Plattform testen können. Dadurch soll eine Lern- und Lehrunterstützung geboten und ein Einblick in vortrainierte KI-Lösungen ermöglicht werden. Zum anderen richtet sich das Projekt an Entwickler, die ihre Kenntnisse und Fähigkeiten im Bereich der KI-Entwicklung erweitern möchten und neue Anwendungen erforschen wollen. Schließlich spricht die Plattform alle KI-Interessenten und Enthusiasten an, die mehr über die Entwicklung und Anwendung von KI erfahren möchten, sowie eigene KIs testen und verbessern wollen.

# 3 Implementierungsentwurf

## 3.1 Gesamtsystem

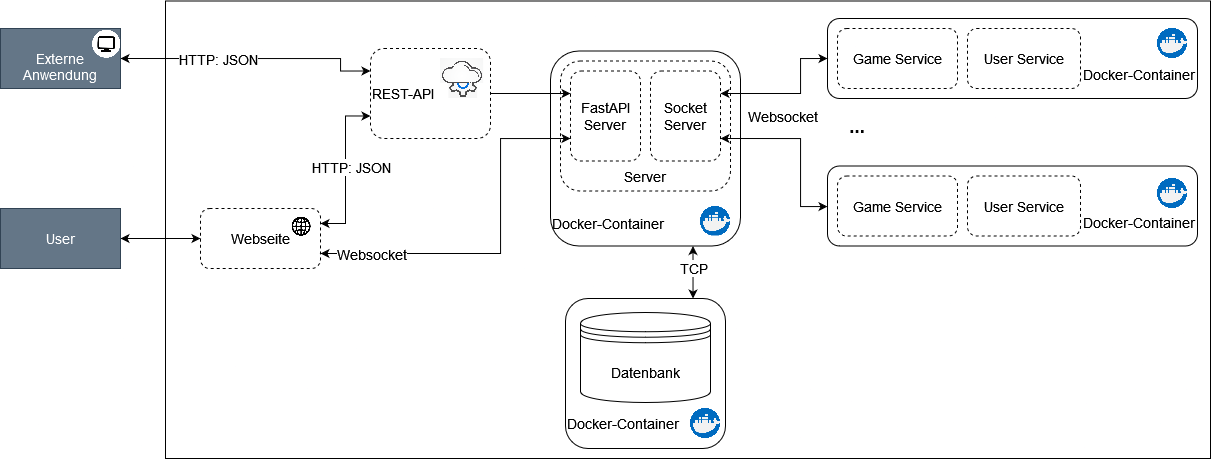


Abbildung 1: Architekturentwurf Gesamtsystem

Im Rahmen des Implementierungsentwurfs wird die Gesamtarchitektur des Systems umfassend beschrieben. Dies umfasst die verschiedenen Systemkomponenten sowie deren Interaktionen, Interdependenzen und Schnittstellen. Das Ziel dieses Abschnitts ist es, einen klaren Überblick über die geplante Softwarelösung zu geben und die grundlegenden Designentscheidungen zu erläutern. Dabei wird insbesondere auf die Integration der Komponenten und die Struktur des Gesamtsystems eingegangen.

Die Architektur des Systems basiert auf dem Client-Server Prinzip ergänzt mit Microservice-Ansätzen. Die Hauptkomponente stellt ein Serverkonzept dar, der als Vermittler zwischen den Clients (einer Webseite und externen Anwendungen) und den dahinterliegenden Game-Clients fungiert. Die Clients kommunizieren über eine API und einen Websocket mit dem Server, der Anfragen an die entsprechenden Docker-Container weiterleitet. Die Docker-Container stellen die verschiedenen Spielfunktionen bereit und können je nach Anforderung skaliert werden. Der Implementierungsentwurf fokussiert sich darauf, wie der Server die Interaktionen zwischen den Clients und den Docker-Containern verwaltet und wie die Komponenten nahtlos integriert sind, um die gewünschte Softwarelösung effizient zu realisieren.

## 3.2 REST API mit FastAPI

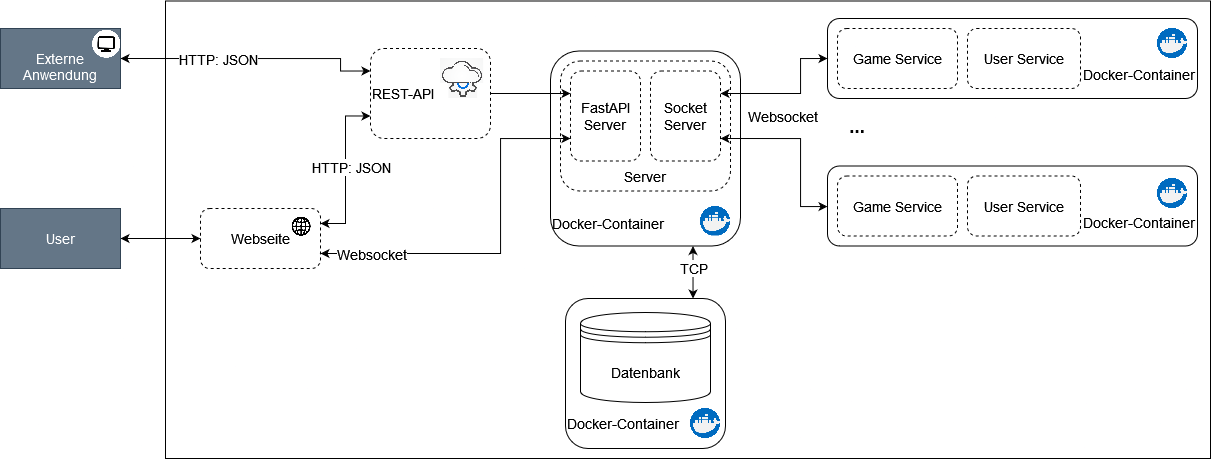


Abbildung 2: Architekturentwurfsausschnitt API Schnittstelle

Die Kommunikation zwischen dem Server und den User Clients findet auf zweierlei Wegen statt:

Zur webseitenlosen Steuerung über das Terminal und die erste Kontaktaufnahme, sowie für die Handhabung der User Tokens wird eine [REST API](#_9_Abkürzungsverzeichnis) [15] mithilfe der Python-Bibliothek [FastAPI](https://fastapi.tiangolo.com/) [8] implementiert. Diese fungiert als Schnittstelle für externe Dienste oder Anwendungen, um mit dem Backend zu interagieren. Sie bietet verschiedene Endpunkte, die es ermöglichen, auf bestimmte Aspekte des Spiels oder der Spielinstanzen zuzugreifen. Sie setzt dabei das Paradigma RESTful um und somit den Level 3 Standard des [Richardson Maturity Modells](https://search.informit.org/doi/abs/10.3316/INFORMIT.200742815970454) [16]. Genauer gesagt handelt es sich dabei um [HATEOAS](https://www.heise.de/hintergrund/Hoechster-Reifegrad-fuer-REST-mit-HATEOAS-3550392.html?seite=2) [15], ein Designmodell für REST-Schnittstellen, wobei dem Nutzer der API bei Requests an die API in den Responses mögliche ansteuerbare Endpunkte mitgeliefert werden ausgehend vom aktuellen Zustand in dem sich der Client befindet. Dadurch lässt sich eine Navigation durch die Website und deren Funktionalitäten nahezu ohne Dokumentation handhaben. Zur Sicherstellung und Testung der Funktionsweise der API und dessen Endpunkte wird [Postman](https://www.postman.com/) [18] verwendet. Die Software ermöglicht eine abdeckende Endpunkttestung mit Funktionen für das Senden verschiedener Arten von HTTP-Anfragen wie GET, POST, PUT, DELETE an eine API-Endpunkt-URL.

Für eine schnelle bidirektionale Verbindung zwischen dem FastAPI-Server und der Webseite wird das Kommunikationsprotokoll WebSocket verwendet. Somit soll eine kontinuierliche, interaktive und schnelle Kommunikation ermöglicht werden, die die Nachrichtenübermittlung von aktualisierten [PyGame](https://www.pygame.org/news) [9] erzeugten Spielbrettern zur Webseite in Echtzeit ermöglicht und die Spielfeldinteraktion auf der Webseite unterstützen soll.

Die Übertragung der Daten findet, abgesehen von den übertragenen Spielbrettern, im [JSON](#_9_Abkürzungsverzeichnis) Format statt. Die Nutzung ist sowohl für WebSockets als auch REST-APIs leicht handhabbar und einfach zu implementieren. Es ermöglicht zudem die Spielinformationen kompakt und für den Menschen leserlich zu speichern. Übertragen werden hier somit: Lobby und User Tokens, die zur Eindeutigen Identifizierung der Räume und Benutzer verwendet werden, Zug- und Spielbrettinformationen, Serveranfragen für Datenaustausch.

## 3.3 Server in Python

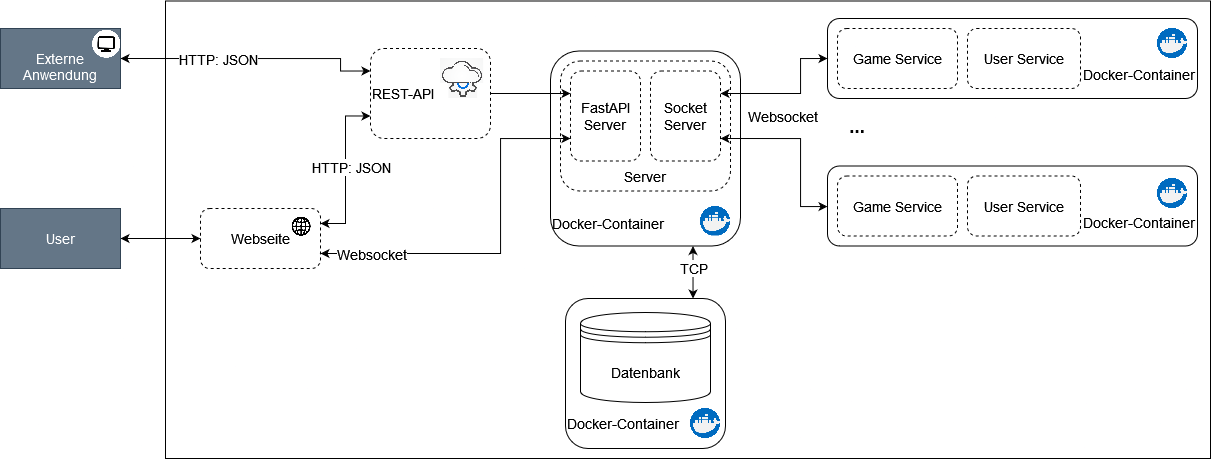


Abbildung 3: Architekturentwurfsausschnitt Server

Die Hauptkomponente des Systems, die die gesamte Kommunikation steuert, ist ein in einem Docker-Container ausgeführter Server, der in Python implementiert ist. Er dient als zentraler Ansprechpartner für alle Anfragen und seine Hauptaufgabe besteht darin, den Nachrichtenfluss zwischen den verschiedenen Teilen des Systems zu koordinieren, das System zu steuern, die Verbindungen aufzubauen und die verschiedenen Räume, Benutzer, Tokens und Docker Container zu verwalten.

Der Server besteht aus zwei Teilservern, die aufgrund der unterschiedlichen Anbindungen an die REST-API und die Spielinstanzen in Docker verschieden implementiert sind.

Der FastAPI Server stellt die Schnittstelle zu der REST-API und der WebSocket Kommunikation zur Webseite dar. Er verwaltet alle Anfragen, die von der Benutzer Seite an den Server herangetragen werden und welche an die Benutzer wieder zurückgeleitet werden müssen. Dies umfasst Verbindungsanfragen von neuen und bestehenden Nutzern sowie die Verwaltung und Erzeugung von Benutzer- und Lobby-Tokens durch Hashing des aktuellen Zeitstempels mit dem SHA-256-Verfahren.

Der zweite Teil umfasst einen [Socket](https://socket.io/) [10] Server, der die Schnittstelle zu den Game Clients darstellt. Die Kommunikation findet hier über Sockets statt, mit Verwendung der WebSocket Bibliothek zur besseren und einfacheren Handhabung. Entsprechend der Anfragen auf der User-Client Seite werden bei neu erzeugten Spielen (Räumen) Docker Container mit entsprechenden Spielinstanzen erzeugt und von dem Socket Server verwaltet. Dabei sind die Docker Container eindeutig identifizierbar und lassen sich somit den Lobby Tokens zuordnen.

Die Verwaltung und Speicherung von Daten, wie den vortrainierten KI-Implementierungen oder benutzerspezifischen Daten (User und Lobby Tokens, Benutzernamen) findet in einer in einem Docker Container ausgeführten Datenbank statt. Die Kommunikation wird von der Serverseite aus über [TCP](#_9_Abkürzungsverzeichnis) gesteuert.

## 3.4 Dockerbasierte Spielinstanzen

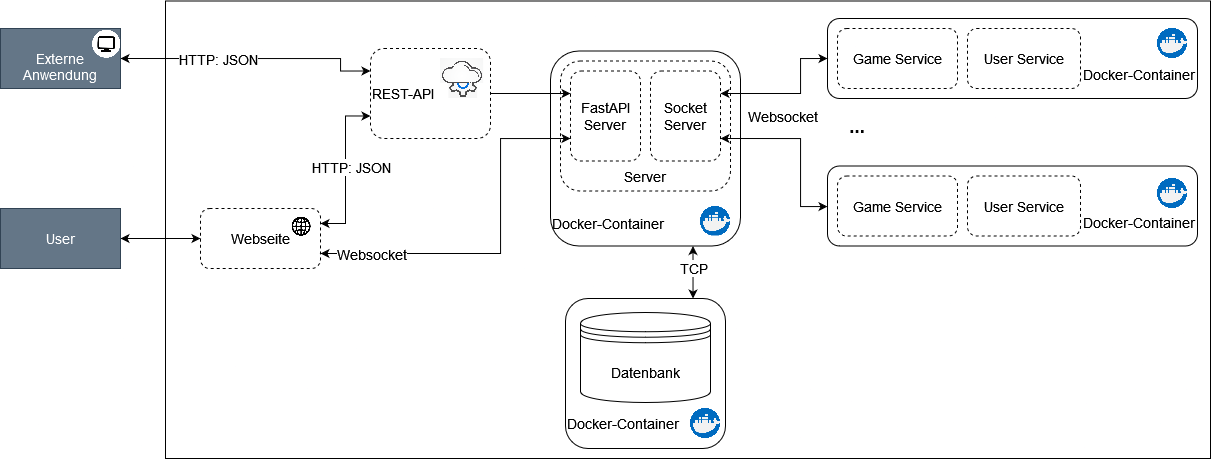


Abbildung 4: Architekturentwurfsausschnitt Docker Container

Zur Bereitstellung eines Mehrspielerbetriebs und der Unterstützung zukünftiger Skalierbarkeit werden die Spielinstanzen in separaten Docker Containern ausgeführt. Jede Spielinstanz kommuniziert dabei über den Websocket mit dem zentralen Server. Bei dessen Start meldet sich jede Spielinstanz als Game Client am Server an. Wird eine neue Instanz erstellt, generiert der Server einen eindeutigen Schlüssel, der diesem Docker Container zugeordnet wird. Bei zukünftiger Kommunikation verwaltet der Server diese Schlüssel und leitet Anfragen entsprechend an die Docker Container weiter oder von den Containern zu den entsprechenden Clients.

Innerhalb der Docker Container werden die Spielinstanzen mit Python und den entsprechenden Bibliotheken, die für die Ausführung des jeweiligen Spiels erforderlich sind, implementiert. Beim Erzeugen der Container greift der Server auf die entsprechend benötigten vortrainierten KI-Implementierungen zu. Das Trainieren der KIs erfolgt auf einem Unsuperviced Learning Paradigma, dem Reinforcement Learning. Der Ansatz orientiert sich an der [AlphaZero](https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10069050/1/alphazero_preprint.pdf) [7, 11] Lösung von Google DeepMind und spezifischer auf einem angepassten [alphazero framework](https://github.com/suragnair/alpha-zero-general) [12]. Die Python Bibliotheken Keras und TensorFlow (sowie davon abhängige Bibliotheken) und [PyTorch](https://pytorch.org/) [17] unterstützen das Trainieren der KIs in neuralen Netzen.

//Webseite? NodeJS? HTML, CSS, VUE

# 6 Webseite

## 6.1 Startbildschirm

Ein Bild, das Text, Screenshot, Schrift, Zahl enthält.

Automatisch generierte Beschreibung

## 6.2 Spielekonfiguration

Ein Bild, das Text, Screenshot, Schrift, Zahl enthält.

Automatisch generierte Beschreibung

## 6.3 Spieleoberfläche

## 6.4 …

Ein Bild, das Text, Screenshot, Diagramm, parallel enthält.

Automatisch generierte Beschreibung

# 5 Funktionale (Detail-) Anforderungen

## 5.1 Must Haves

### 5.1.1 Webseite

Über gängige Webbrowser erreichbare Webseite, die eine benutzerfreundliche Navigation bietet. Sie sollte reaktionsschnell sein und Inhalte schnell laden, um eine angenehme Erfahrung für Besucher sicherzustellen. Alle Funktionen und Inhalte der Webseite müssen klar strukturiert und leicht zugänglich sein, damit Benutzer problemlos durch die Seiten navigieren können. Wichtige Informationen sollten deutlich sichtbar platziert sein, um eine intuitive Nutzung zu ermöglichen.

Die Webseite muss ein gut sichtbares Impressum und klare Datenschutzbestimmungen enthalten, die den rechtlichen Anforderungen entsprechen. Diese Informationen sollten leicht auffindbar und verständlich formuliert sein, um Transparenz und Vertrauen bei den Nutzern zu fördern. Darüber hinaus müssen die Datenschutzbestimmungen die Erhebung, Verarbeitung und Nutzung von personenbezogenen Daten klar darlegen und die Rechte der Benutzer in Bezug auf ihre Daten deutlich beschreiben.

### 5.1.2 Externe Anwendung

Zusätzlich zur herkömmlichen Browser-Navigation soll es möglich sein, über eine Terminaleingabe mit der API und dem dahinterliegenden Server zu interagieren. Diese Funktionalität ermöglicht es Benutzern, bestimmte Aktionen oder Abfragen direkt über eine programmatische Schnittstelle auszuführen, ohne die Webseite besuchen zu müssen. Die API-Kommunikation sollte klar dokumentiert und einfach zu nutzen sein, um eine reibungslose Interaktion mit dem System zu gewährleisten. Gleichzeitig wird durch das Umsetzen des RESTful Paradigmas ein leichteres Navigieren über das Terminal ermöglicht, da ansteuerbare Endpunkte ausgehend vom aktuellen Zustand bei response-Nachrichten mitgeliefert werden.

Auf der Webseite wird zu diesem Zwecke die Verbindungsanleitung hinterlegt und bei Konfiguration über die Seite zu entsprechender Zeit präsentiert.

### 5.1.3 Umgesetzte Spiele

Es werden verschieden komplexe Spiele angeboten, wobei eine Erweiterung des Spielepools durch Möglichkeiten der Skalierbarkeit im Backend bereitgestellt werden.

* ***Othello (Reversi)***: Strategisches Brettspiel für zwei Spieler. Ziel des Spiels ist es, die meisten Steine auf dem Spielbrett zu besitzen, indem man gegnerische Steine einkreist und sie in die eigene Farbe umdreht.
  + Die Basisimplementierung des [alphazero framework](https://github.com/suragnair/alpha-zero-general)s [12], auf dessen Strukturen die Spiellogik entfernt basiert, erklärt seine Nutzung anhand des Spiels Othello. Die Implementierung der Spiellogik und das neurale Netz nutzen wir als Ansatz zum Trainieren einer eigenen KI.
* ***Tic-Tac-Toe*:** Ist ein klassisches Zwei-Spieler-Spiel, bei dem die Spieler abwechselnd ihre Symbole (üblicherweise X und O) in einem Raster platzieren. Das Ziel ist es, drei Symbole in einer Reihe, Spalte oder Diagonale zu platzieren, bevor der Gegner dies schafft. Das Spiel endet entweder in einem Sieg, einer Niederlage oder einem Unentschieden.
  + Im [alphazero framework](https://github.com/suragnair/alpha-zero-general)s [12] wird ebenfalls Tic-Tac-Toe umgesetzt, auf dessen Basis mit Änderungen an des darüberliegenden Ansprechens angeknüpft wird.
* ***Vier gewinnt*:** Ist ein strategisches Brettspiel für zwei Spieler. Ziel des Spiels ist es, als Erster vier seiner eigenen Spielsteine horizontal, vertikal oder diagonal in einer Linie zu platzieren. Die Spieler wechseln sich ab, einen Spielstein in eine Spalte fallen zu lassen.
  + Im [alphazero framework](https://github.com/suragnair/alpha-zero-general)s [12] wird ebenfalls Vier gewinnt umgesetzt, auf dessen Basis mit Änderungen an des darüberliegenden Ansprechens angeknüpft wird. Zudem müssen Änderungen des neuralen Netzes vorgenommen werden, aufgrund der Technologieänderungen von Keras.
* ***Nim*:** Ist ein mathematisches Strategiespiel, bei dem zwei Spieler abwechselnd eine Anzahl von Objekten aus verschiedenen Haufen nehmen. Das Ziel ist es, den Gegner dazu zu bringen, den letzten Gegenstand zu nehmen.
  + **Nim basiert auf keinen vorher bestehenden Projekten und wird vollständig autonom umgesetzt.**
* ***Dame*:** Ist ein klassisches Brettspiel für zwei Spieler. Die Spieler bewegen abwechselnd ihre Spielsteine diagonal über das Spielbrett. Ziel ist es, die gegnerischen Spielsteine zu schlagen, indem man über sie hüpft. Das Spiel endet, wenn ein Spieler alle gegnerischen Steine schlägt oder der Gegner nicht mehr ziehen kann.
  + **Dame basiert auf keinen vorher bestehenden Projekten, orientiert sich aber an einer eigenen KI-Lösung basierend auf einem Monte-Carlo Tree Search.**
* ***Go*:** Ist ein strategisches Brettspiel für zwei Spieler. Die Spieler platzieren abwechselnd ihre Steine auf einem Gitterbrett, um Territorium zu beanspruchen und gegnerische Steine einzuschließen. Ziel ist es nach einem voll besetzten Brett oder einem Aufgeben, das meiste Territorium zu besitzen.
  + **Mit Go als einer der Gründungsspiele von Alpha Zero wird es ebenfalls umgesetzt. Dabei wird auf eine Mischung zahlreicher vorhandener Implementierungen mit Adaption an die Spiellogik aus dem** [alphazero framework](https://github.com/suragnair/alpha-zero-general)s [12] zurückgegriffen.
* [***Waldmeister***](https://www.spielewerkstatt.eu/de/strategie-taktik/204-waldmeister.html)*[13]***:** Ist ein taktisches Brettspiel, bei dem die Spieler um die größten Gruppen von gleichhohen oder gleichfarbigen Bäumen konkurrieren.
  + Waldmeister orientiert sich an einer fertig implementierten Lösung eines Mitstudierenden und eigenen Ansätzen.

### 5.1.4 Spielekonfiguration

Sowohl die Webseite als auch die Terminalunterstützung stellen eine Möglichkeit bereit neben dem zu spielenden Spiel weitere Einstellungen vorzunehmen. Die

So lassen sich zudem folgende Konfigurationen vornehmen:

* ***Spielmodus***: Zur Unterstützung vieler Anwendungsbereiche werden verschiedene Spielmodi angeboten. Dazu gehören, Spieler gegen Spieler, Spieler gegen von uns vortrainierte KIs, eine KI-Implementierung des Spielers gegen eine vorab trainierte KI, sowie zwei Spieler-KIs. Da die dahinterliegende Spiellogik und die Kommunikation über die API generisch gestaltet sind, ist es für das Spiel nicht relevant, ob über die Webseitenanfragen, User-Anfragen oder die vortrainierten KIs gespielt wird. Lediglich die Repräsentation in das Frontend und damit die Weiterleitung der neuen Informationen differiert. Findet ein Spiel über die Webseite statt, so wird über den Websocket das Spielfeld auf der Webseite aktualisiert. Spielt jedoch eine Spieler-KI, so wird die Aktualisierung an diese mit dem aktuellen Brett und Zug über .json vermittelt.
* ***Spielfeldoptionen***: Bei einfacheren Spielen wie Tic-Tac-Toe, Othello und Vier gewinnt werden unterschiedlich große Spielfelder angeboten, sodass nicht nur die Standardgrößen, wie 3x3 oder 4x4 angeboten werden. Dies bedarf einer Spielfeldonfiguration in der Spiellogik der jeweiligen Spiele und einer eigenen KI-Trainierung.
* ***Spielkonfigurationen***: Es wird eine Möglichkeit geben einige Einstellungen in Bezug auf das Spiel vorzunehmen. Dazu gehört vor allem das Auswählen der Spielsteine und damit der Wahl, welcher Spieler das Spiel beginnt.
* ***Schwierigkeitsgrad***: Zur Erweiterung der Spielemöglichkeiten werden verschieden gut trainierte KIs angeboten. Damit erweitert sich die 4.1.4 Spielekonfiguration um einen Schwierigkeitsgrad. Dies bedarf einer eigenen KI-Trainierung für jedes Spiel und jeden Schwierigkeitsgrad.

### 5.1.5 Spielebeitritt

Nach der Konfiguration eines Spiels, wird ein //key generiert, der es einem Mitspielenden ermöglicht dem Spieleraum beizutreten (im Spieler-Spieler Modus) oder seine KI-Implementierung über die API mit diesem Raum zu verbinden (im Spieler-KI Modus). Dies ist auf zwei Spielende begrenzt.

### 5.1.6 Spielerepräsentation und -navigation

Da die Spiele sowohl über das Terminal als auch über die Webseite ausgeführt werden können, unterstützen beide Instanzen die Repräsentation des Spielfeldes.

In der Terminalnavigation werden Spielzüge mit entsprechenden Befehlen ausgeführt oder Verbindungsaktionen ausgeführt. Das Spielfeld wird dabei im Terminal dargestellt, sodass eine vollkommen von der Webseite unabhängige Spielerfahrung möglich ist.

Die Webseite unterstützt eine graphische Darstellung des Spiels. Dies wird durch PyGame, eine mächtige Python Bibliothek, gewährleistet. Zudem ermöglicht die Webseite eine mausgesteuerte Bedienung und Interaktion mit den Spielsteinen auf dem Spielfeld, sowie den zusätzlichen Aktionen der Seiten (bspw. Buttons, Suchleiste).

### 5.1.7 Unterstütze Spielefunktionen

Da einer Spieleinstanz spezifische Räume mit Spielen zugeordnet sind, ist es möglich, Spiele abzubrechen oder aufzugeben und dann mit einem neuen Spielanfang fortzufahren. Spieler haben dabei jederzeit die Option, einen Raum zu schließen und zur Hauptseite zurückzukehren, um entweder das aktuelle Spiel zu verlassen oder ein neues Spiel zu beginnen.

Zudem dienen zwei Optionen vor allem der genaueren Analyse von KI-Verhalten. So wird eine Möglichkeit der Mehrfachspiele für den KI-KI Modus geboten, bei der keine graphische Oberfläche unterstützt wird, jedoch eine statistische Auswertung der Siege und Niederlagen folgt. Zusätzlich lassen sich nach Vollendung eines Spiels die vergangenen Züge durch ein Zeitleistenverhalten betrachten.

## 5.2 Nice-To-Haves

### 5.2.1 Weitere Spiele

Es werden weitere verschieden komplexe Spiele zu dem Spielepool aus 5.1.3 Umgesetzte Spiele angeboten.

* ***Schach*:** Ist ein klassisches strategisches Brettspiel für zwei Spieler. Ziel ist es, den gegnerischen König matt zu setzen, was bedeutet, dass der König bedroht ist und keine Fluchtmöglichkeit hat. Die Spieler bewegen abwechselnd ihre Schachfiguren über das Spielbrett, wobei jede Figur spezielle Bewegungsmöglichkeiten hat.
* ***Mühle*:** Ist ein traditionelles Brettspiel für zwei Spieler. Das Ziel ist es, drei eigene Spielsteine in einer Reihe (Mühle) zu platzieren, wodurch man einen gegnerischen Stein entfernen kann. Hat ein Spieler keine Zugmöglichkeiten mehr, oder besitzt weniger als zwei Steine, hat er verloren.
* ***Halma*:** Ist ein strategisches Brettspiel für zwei bis sechs Spieler (in unserer Implementierung für zwei). Das Ziel ist es, alle eigenen Spielsteine in das gegenüberliegende Feld zu bringen, indem man über benachbarte Spielsteine springt.
* ***Abalone*:** Ist ein taktisches Brettspiel für zwei Spieler. Ziel ist es, sechs gegnerische Kugeln vom Spielbrett zu drängen, indem man mit eigenen Kugeln eine Linie bildet und die Kugeln des Gegners schiebt.
* ***Hex*:** Ist ein strategisches Zwei-Spieler-Brettspiel, bei dem das Ziel darin besteht, eine durchgehende Verbindung von einer Seite des Spielbretts zur gegenüberliegenden Seite zu schaffen, bevor der Gegner dies tut. Die Spieler platzieren abwechselnd ihre Steine auf einem sechseckigen Raster und versuchen, eine ununterbrochene Linie ihrer Farbe zu bilden.

### 5.2.2 Webseitenerweiterung

Zur Unterstützung des Spielspaß und Belohnung guter Spiele und KI-Implementierungen wird eine Anzeigetafel mit Punktedarstellungen der in einem Spiel erspielten Punkte von KI oder Spieler hinzugefügt. Um dies zu realisieren werden Benutzeridentifikationen mit der Rückmeldung eines Benutzernamens eingeführt.

Es wird eine Möglichkeit bereitgestellt, Spiele für spätere Analysen und Fortsetzungen des Spiels abzuspeichern. Dazu gehört zudem eine Lademöglichkeit der abgespeicherten Spiele. Dazu wird keine Benutzeridentifikation benötigt.

Es wird ein Zuschauermodus unterstützt, der abhängig von Konfiguration und Beitrittsreihenfolge entschieden wird. Dies ermöglicht die Observierung von KI-Spielen mit einer graphischen Oberfläche.

Die Webseite steht zudem in einem weiteren Farbmodus zur Verfügung, sodass nicht nur ein Light-Mode, sondern auch ein Dark-Mode angeboten werden. Die Einstellung lassen sich auf den verschiedenen Seiten der Webseite intuitiv anwählen.

## 5.3 If-Time-Allows

### 4.3.1 Zufallsspiele

Es werden weitere Spiele zu dem Spielpool aus 5.2.1 Weitere Spiele hinzugefügt. Diese beinhaltet jedoch den alphazero Formalien nach nicht regelkonformen Bedingungen. Sie werden bestimmt durch Zufallskomponenten im Spiel (bspw. Würfel).

### 4.3.2 Webseitenerweiterung

Zur Erweiterung der Webseite, wird zunehmend die Barrierefreiheit der Webseite ausgebaut. Sie unterstützt dabei nicht nur Screen Reader, sondern auch vollständig mausfreie Bedienung. Dazu zählt auch die Bereitstellung der Webseite für mobile Geräte, die die Spieleoberfläche und Navigation in einer Toucheingabe erweitern, und eine Mehrsprachenunterstützung der Webseitentexte und Anleitungen in mindestens Englisch und Deutsch.

# 6 Qualitative Anforderungen

## **6.1 Allgemeine Anforderungen**

Für die Benutzeroberfläche wird eine hohe Benutzerfreundlichkeit angestrebt, wodurch eine intuitive Navigation und Interaktion gewährleistet werden sollen. Dies umfasst klare und verständliche Menüstrukturen, Schaltflächen und Layouts, die den Nutzern eine einfache und angenehme Bedienung ermöglichen. Zudem sollen Fehlermeldungen präzise und informativ sein, um den Benutzern bei auftretenden Problemen eine effiziente Fehlerbehebung zu ermöglichen. Das System soll eine hohe Zuverlässigkeit aufweisen und eine hohe Verfügbarkeit sicherstellen, um Unterbrechungen im Betrieb auf ein Minimum zu reduzieren.

Zu dessen Sicherstellung sollen Usability-Tests bei Zielgruppen durchgeführt werden, sodass auf dessen Feedback in folgendem eingegangen werden kann.

## **6.2 Gesetzliche Anforderungen**

Das System muss sämtlichen relevanten gesetzlichen Vorgaben und Bestimmungen entsprechen, insbesondere in Bezug auf Datenschutz und Sicherheit. Dies beinhaltet die Einhaltung der [DSGVO](https://dsgvo-gesetz.de/) (Datenschutz-Grundverordnung) sowie anderer lokaler Datenschutzgesetze und -vorschriften.

Kritische Faktoren sind in diesem Zusammenhang die Verbindung der Benutzer über die Webseite und über die externe Anwendung. Zudem die Zwischenspeicherung von Spielen für die Zugrücknahme, die mögliche Speicher- und Ladefunktion von Spielen und die Eingabe eines Benutzernamens auf der Webseite.

Zur Kommunikation über die API und Identifikation der Spieler und bespielten Räume sind zwei Arten von Tokens nötig. Ihre Speicherung ist nur für die interne Verwendung kritisch und auch nur relevant, solange die Docker-Container der Räume existieren (also Session gebunden). Zudem lassen sich daraus keine benutzerspezifischen Informationen ziehen.

Da die Zwischenspeicherung von Spielen zur Zugrücknahme ebenfalls an den Token geknüpft ist, sind dessen Daten in diesem Zusammenhang ebenfalls unkritisch und nicht benutzerspezifisch.

Die Funktion des Speicherns und Ladens von Spielen (Nice-To-Have) muss dem Benutzer die Möglichkeit geben, nur bei konkreter Einwilligung und mit verfügbarer Aufklärung über gespeicherte Daten und den Zeitraum der Speicherung ein Speichern zu bewilligen oder zu verbieten.

Für die Ranglisten (Nice-To-Have) besteht ja die Möglichkeit Benutzernamen anzugeben, die dann mit Tokens in Verbindung gebracht werden können. Hier muss ebenfalls klar definiert sein, in welcher Form Daten gespeichert und weiterverarbeitet werden und eine Möglichkeit geboten werden, keinen Benutzernamen anzugeben.

## **6.3 Technische Anforderungen**

Das System soll plattformübergreifend funktionieren und auf einer Vielzahl von nicht mobilen Endgeräten (If-Time-Allows umfasst auch mobile Nutzung) nahtlos und fehlerfrei laufen. Es muss mit gängigen Webbrowsern wie Chrome und Firefox einwandfrei funktionieren.

## **6.4 Weitere Anforderungen**

Das System soll skalierbar sein, um zukünftiges Wachstum und eine steigende Anzahl von Benutzern zu unterstützen, ohne die Leistung zu beeinträchtigen. Dazu werden die Docker-Container und Tokens der Räume verwendet. Sie ermöglichen erst einmal eine unbegrenzte Menge an gleichzeitigen Spielen und Nutzern. Einschränkungen finden statt durch die Verbindung, die durch Netzwerkverfügbarkeit und Serverauslastung beruhen.

Zusätzlich soll die Client-Server Architektur mit kombinierten Microservices die Flexibilität für zukünftige Erweiterungen und Anpassungen bereitstellen. Wobei neue Spiele und KI-Lösungen umgesetzt werden können. Dieser Prozess soll zudem durch die konkrete Dokumentation unterstützt werden.

# 7 Umfang der Anforderungen

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Komponente** | **Zeitabschätzung** | **Entwickler** |
| **Must-Haves** |  |  |
| * Webseite |  |  |
| * + Webseitendesign |  | Omar Karkotli, Pascal Waldschmidt |
| * + Kommunikation zum FastAPI-Server |  | Pascal Waldschmidt, Alexander Roos |
| * + Kommunikation vom FastAPI-Server (PyGame) |  | Pascal Waldschmidt |
| * + Verarbeitung der Benutzereingaben und -interaktionen |  | Omar Karkotli, Pascal Waldschmidt |
| * + Impressum und Datenschutzbestimmungen formulieren und auf der Webseite rechtlich richtig darstellen |  | Omar Karkotli |
| * + Verbindungsdokumentation hinterlegen und anzeigen |  | Omar Karkotli |
| * Externe Anwendung |  |  |
| * + Kommunikationsschnittstelle aufsetzen (in Zusammenhang mit Webseitenkommunikation) |  | Maximilian Bachmann, Alexander Roos |
| * + Verbindungsmöglichkeiten bereitstellen (Befehle & Codeausschnitte) |  | Maximilian Bachmann, Alexander Roos |
| * + Dokumentation der Verbindungen für Benutzer |  | Maximilian Bachmann, Justine Buß |
| * + RESTful Paradigma-Umsetzung |  | Maximilian Bachmann |
| * Umgesetzte Spiele |  |  |
| * + Spiellogik implementieren durch Umsetzen der Spielregeln (Feldgröße, Gewonnen/Verloren/ Unentschieden, Spiegelungen, Symmetrien, Spielablauf, …) |  | Justine Buß, Alexander Roos, Maximilian Bachmann, Pascal Waldschmidt |
| * + Logik des neuralen Netzes implementieren (Keras, TensorFlow, PyTorch) |  | Justine Buß, Alexander Roos, Maximilian Bachmann, Pascal Waldschmidt |
| * + Trainieren der KIs (auch in verschiedenen Schwierigkeits-stufen) mit Abspeicherung der Daten in einem geeigneten Format |  | Alexander Roos |
| * Spielekonfiguration |  |  |
| * + Spielmodus: Generische Implementierung des Spiels für Unterstützung vieler Modi |  | Maximilian Bachmann |
| * + Spielfeldoptionen: Spiellogik in Variationen anbieten und trainieren |  | Justine Buß, Alexander Roos, Maximilian Bachman |
| * + Spielkonfiguration: Dynamische Repräsentation (Spielsteinwahl, …) |  | Pascal Waldschmidt, Maximilian Bachmann |
| * + Schwierigkeitsgrad: Trainieren verschieden konfigurierter Versionen von KIs |  | Alexander Roos |
| * + Darstellung im Frontend |  | Omar Karkotli, Pascal Waldschmidt |
| * Spielebeitritt |  |  |
| * + Schlüsselgenerierung |  | Alexander Roos |
| * + Weiterleitung an Clients |  | Maximilian Bachmann |
| * Spielerepräsentation und -navigation |  |  |
| * + Terminalrepräsentation von Spielen |  | Justine Buß, Maximilian Bachmann |
| * + Spielbrett in PyGame schön darstellen |  | Justine Buß, Maximilian Bachmann |
| * + Bereitstellungen von Benutzerinteraktionsfeldern |  | Omar Karkotli, Pascal Waldschmidt |
| * Unterstütze Spielefunktionen |  |  |
| * + Implementierung in der Spiellogik von Abbruch, Aufgeben, neues Spiel beginnen, Lobby schließen |  | Justine Buß, Maximilian Bachmann |
| * + Mehrfachspieloption mit statistischer Auswertung |  | Justine Buß, Alexander Roos, Maximilian Bachmann |
| * + Zeitleistenverhalten mit Möglichkeit Züge rückgängig zu machen |  | Justine Buß, Alexander Roos, Maximilian Bachmann |
| **Nice-To-Haves** |  |  |
| * Weitere Spiele |  | Justine Buß, Alexander Roos, Maximilian Bachmann, Pascal Waldschmidt |
| * Webseitenerweiterung |  |  |
| * + Anzeigetafel mit Punktedarstellung auf der Webseite |  | Omar Karkotli |
| * + Benutzeridentifikationen im Frontend |  | Omar Karkotli, Pascal Waldschmidt |
| * + Benutzeridentifikationsverarbeitung im Backend |  | Thorben Jones |
| * + Spielspeicherungsoption im Frontend |  | Omar Karkotli, Pascal Waldschmidt |
| * + Spielspeicherungsumsetzung im Backend |  | Sven Reinhard |
| * + Zuschauermodus in den Lobbys |  | Alexander Roos, Pascal Waldschmidt |
| * + Farbmoduswahl (Light-Mode, Dark-Mode) |  | Omar Karkotli, Maximilian Bachmann |
| **If-Time-Allows** |  |  |
| * Zufallsspiele |  |  |
| * Webseitenerweiterung |  |  |
| * + Barrierefreiheit |  | Sven Reinhard, Omar Karkotli |
| * + Bereitstellung für mobile Geräte |  | Omar Karkotli, Pascal Waldschmidt, Sven Reinhard |
| * + Mehrsprachenunterstützung |  | Justine Buß, Omar Karkotli, Sven Reinhard |
| **Sonstiges** |  |  |
| * Dockerumgebung |  |  |
| * + Dockerfiles formulieren |  | Sven Reinhard |
| * + Dockernetzwerk aufsetzen und verwalten |  | Sven Reinhard, Thorben Jones |
| * + Docker-Images bauen |  | Sven Reinhard, Thorben Jones |
| * + Kommunikation zwischen Containern bereitstellen |  | Sven Reinhard, Thorben Jones |
| * Tests |  |  |
| * + Testfallerstellung |  | Sven Reinhard, Thorben Jones |
| * + Testautomatisierung und manuelle Tests |  | Sven Reinhard, Thorben Jones |
| * + Usability Tests |  | Thorben Jones |
| * Dokumentation |  |  |
| * + Benutzerhandbuch |  | Justine Buß, Omar Karkotli, Thorben Jones |
| * + Entwicklerdokumentation |  | Maximilian Bachmann, Alexander Roos |
| * + Weiterentwicklungsdokumentation |  | Justine Buß, Maximilian Bachmann, Alexander Roos |
| * + Testdokumentation |  | Sven Reinhard, Thorben Jones |

Tabelle 2: Umfang der Anforderung

# 8 Rahmenbedingungen

## 8.1 Zeitplan

## 8.2 Technische Anforderungen

## 8.3 Problemanalyse

## 8.4 Qualitätssicherung

## 8.5 Dokumentation

Die umfassende Dokumentation am Ende des Projekts ist von entscheidender Bedeutung, um den reibungslosen Betrieb der Plattform sicherzustellen und zukünftige Entwicklungen zu unterstützen. Sie dient somit als wichtige Referenz für Benutzer, Entwickler und Testteams und unterstützt eine effiziente Nutzung, Wartung und Weiterentwicklung der Plattform im gesamten Lebenszyklus. Sie umfasst verschiedene Komponenten:

* ***Benutzerhandbuch***: Das Benutzerhandbuch enthält detaillierte Anleitungen zur Nutzung der Plattform und ihrer Funktionen. Es bietet den Benutzern klare und verständliche Informationen darüber, wie sie sich anmelden, Spiele spielen, Einstellungen ändern und andere interaktive Funktionen der Plattform nutzen können. Das Ziel ist es, den Benutzern eine einfache und effiziente Erfahrung zu ermöglichen.
* ***Entwicklerdokumentation***: Die Entwicklerdokumentation enthält wichtige Informationen zur Plattformarchitektur, API-Spezifikationen und Implementierungsdetails. Sie richtet sich an Entwickler und technisches Personal, die mit der Plattform arbeiten oder sie weiterentwickeln möchten. Diese Dokumentation erleichtert die Wartung, Erweiterung und Integration neuer Funktionen in die Plattform.
* ***Weiterentwicklungsdokumentation***: Die Weiterentwicklungsdokumentation bietet Anleitungen und Richtlinien zur Erweiterung und Weiterentwicklung der Plattform. Dies umfasst beispielsweise die Integration neuer Spiele, die Verbesserung der Webseitenzugänglichkeit oder die Implementierung zusätzlicher Funktionen. Die Dokumentation soll Entwicklern klare Schritte und Best Practices bieten, um die Plattform erfolgreich zu erweitern und anzupassen.
* ***Testdokumentation***: Die Testdokumentation enthält Berichte über durchgeführte Tests und deren Ergebnisse. Sie dokumentiert den gesamten Testprozess, einschließlich der Teststrategie, Testfälle, durchgeführten Testszenarien und der daraus resultierenden Testergebnisse. Diese Dokumentation ist entscheidend, um die Qualität und Zuverlässigkeit der Plattform zu gewährleisten und etwaige Probleme oder Schwachstellen frühzeitig zu erkennen und zu beheben.

# 9 Abkürzungsverzeichnis

|  |  |
| --- | --- |
| Abkürzung | Beschreibung |
| API | Application Programming Interface |
| HATEOAS | Hypermedia As The Engine Of Application State |
| JSON | JavaScript Object Notation |
| KI/AI | Künstliche Intelligenz/Artificial Intelligence |
| REST-API | Representational State Transfer-API |
| SHA | Secure Hash Algorithm |
| TCP | Transmission Control Protocol |

Tabelle 3: Abkürzungsverzeichnis

# 10 Anhang

1. Technische Hochschule Mittelhessen (THM), Fachbereich MNI (Medieninformatik und Medientechnik). Abgerufen von <https://www.thm.de/mni/> [Zuletzt aufgerufen: 30. April 2024].
2. Kammer, Frank. Prof. Dr. Frank Kammer – Technische Hochschule Mittelhessen. Abgerufen von [https://www.thm.de/mni/frank-kammer [Zuletzt aufgerufen: 30. April 2024]](https://www.thm.de/mni/frank-kammer).
3. Python Software Foundation. (2024). Python. Abgerufen von <https://www.python.org/> [Zuletzt aufgerufen: 30. April 2024].
4. Docker Inc. (2024). Docker. Abgerufen von <https://www.docker.com/> [Zuletzt aufgerufen: 30. April 2024].
5. Martín Abadi, et al. (2022). Abgerufen von <https://www.tensorflow.org/> [Zuletzt aufgerufen: 30. April 2024].
6. Chollet, F., et al. Keras. Abgerufen von <https://keras.io/> [Zuletzt aufgerufen: 30. April 2024].
7. David Silver, et al. (2018). AlphaZero: Shedding new light on chess, shogi, and Go. Abgerufen von <https://deepmind.google/discover/blog/alphazero-shedding-new-light-on-chess-shogi-and-go/> [Zuletzt aufgerufen: 30. April 2024].
8. Tiangolo. FastAPI. Abgerufen von <https://fastapi.tiangolo.com/> am 30. April 2024.
9. Pygame. News – Pygame v2.1.2 documentation. Abgerufen von <https://www.pygame.org/news> [Zuletzt aufgerufen: 30. April 2024].
10. Socket.IO. (2024). Abgerufen von <https://socket.io/> [Zuletzt aufgerufen: 30. April 2024].
11. Silver, D., et al. (2018). A general reinforcement learning algorithm that masters chess, shogi, and Go through self-play. Abgerufen von <https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10069050/1/alphazero_preprint.pdf> [Zuletzt aufgerufen: 30. April 2024].
12. Nair, S, et al. (2024). suragnair/alpha-zero-general. Abgerufen von <https://github.com/suragnair/alpha-zero-general> [Zuletzt aufgerufen: 30. April 2024].
13. Gerhards Spiel und Design. (n.d.). Waldmeister. Abgerufen von <https://www.spielewerkstatt.eu/de/strategie-taktik/204-waldmeister.html> [Zuletzt aufgerufen: 30. April 2024].
14. DSGVO-Gesetz. (2018). DSVGO Datenschutz-Grundverordnung. Abgerufen von <https://dsgvo-gesetz.de/> [Zuletzt aufgerufen: 30. April 2024].
15. Graf, S. (2017). Höchster Reifegrad für REST mit HATEOAS. Heise Developer. Abgerufen von <https://www.heise.de/hintergrund/Hoechster-Reifegrad-fuer-REST-mit-HATEOAS-3550392.html?seite=2> [Zuletzt aufgerufen: 30. April 2024].
16. Naeem, M., & Carbone, M. (2020). Design and implementation of an adaptive knowledge-based tutoring system using python. Abgerufen von [https://search.informit.org/doi/abs/10.3316/INFORMIT.200742815970454 am 30. April 2024](https://search.informit.org/doi/abs/10.3316/INFORMIT.200742815970454%20am%2030.%20April%202024) [Zuletzt aufgerufen: 30. April 2024].
17. PyTorch. (n.d.). Abgerufen von <https://pytorch.org/> [Zuletzt aufgerufen: 30. April 2024].
18. Postman. (2024) Abgerufen von: <https://www.postman.com/>. [Zuletzt aufgerufen: 02.05.2024]