

Philipps-Universität Marburg

Fachbereich 12 - Mathematik und Informatik

Philipps



Universität
Marburg

Bachelorarbeit

Webbasierte Multiplayer Schach-App

von
Jasper Paul Fülle
Mai 2023

Betreuer:
Prof. Dr. Thorsten Thormählen

Arbeitsgruppe Grafik und Multimedia Programmierung

Erklärung

Ich, Jasper Paul Fülle (Wirtschaftsinformatikstudent an der Philipps-Universität Marburg, Matrikelnummer 3367654), versichere an Eides statt, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Die hier vorliegende Bachelorarbeit wurde weder in ihrer jetzigen noch in einer ähnlichen Form einer Prüfungskommission vorgelegt.

Marburg, 24. Mai 2023

Jasper Fülle

Kurzzusammenfassung

Viele der in der Computergrafik verwendeten 3D-Modelle werden mit Hilfe von Dreiecksnetzen repräsentiert. ... (max. 1 Seite)

Abstract

text text text text text text text text text text text text text text text text
text text (exakte englische Übersetzung der deutschen Kurzzusammenfassung)

Inhaltsverzeichnis

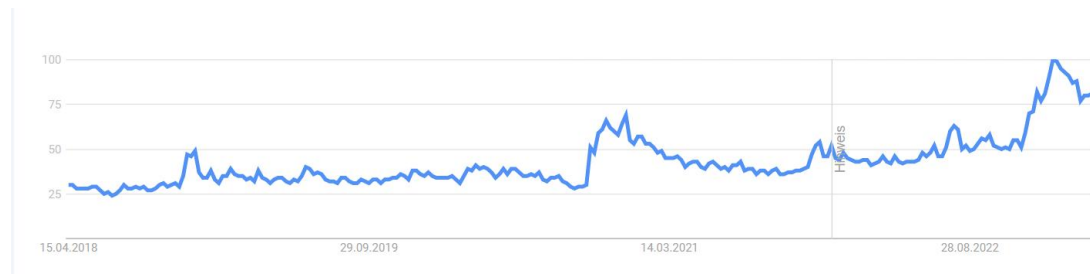
| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Einleitung | 1 |
| 1.1 | Motivation | 1 |
| 1.2 | Zielsetzung | 2 |
| 1.3 | Aufbau der Arbeit | 2 |
| 1.4 | Verwandte Arbeiten | 3 |
| 1.4.1 | Chess.com | 3 |
| 1.4.2 | Lichess | 3 |
| 2 | Theoretische Grundlagen | 7 |
| 2.1 | Schach | 7 |
| 2.2 | Web-Technologien | 8 |
| 2.2.1 | Node.js und Express | 8 |
| 2.2.2 | Socket.io | 10 |
| 2.2.3 | React | 13 |
| 2.2.4 | PostgreSQL und Redis | 17 |
| 2.2.5 | Weitere verwendete Bibliotheken | 19 |
| 3 | Systemarchitektur und Konzeption | 24 |
| 3.1 | Einführung | 24 |
| 3.2 | Architekturübersicht | 25 |
| 3.3 | Konzeption der Schachuhren | 25 |
| 3.4 | Frontend-Architektur | 27 |
| 3.4.1 | React-Komponenten | 27 |
| 3.4.2 | Authentifizierung | 30 |
| 3.4.3 | Das Schachspiel | 31 |
| 3.4.4 | Verwaltung von Freunden | 40 |
| 3.4.5 | Anzeigen und navigieren zu aktiven Partien | 42 |
| 3.5 | Backend-Architektur | 43 |
| 3.5.1 | Authentifizierung | 43 |
| 3.5.2 | Das Schachspiel | 45 |
| 3.5.3 | Verwaltung von Freunden | 50 |
| 3.6 | Datenbankstruktur | 52 |
| 3.6.1 | PostgreSQL Datenbank | 52 |
| 3.6.2 | Redis | 52 |
| 3.7 | Testen der Anwendung | 53 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 4 | Implementierung | 56 |
| 4.1 | Frontend-Entwicklung | 56 |
| 4.1.1 | Authentifizierung | 56 |
| 4.1.2 | Das Schachspiel | 62 |
| 4.1.3 | Verwaltung von Freunden | 68 |
| 4.1.4 | Design | 70 |
| 4.2 | Backend-Entwicklung | 72 |
| 4.2.1 | Authentifizierung | 72 |
| 4.2.2 | Das Schachspiel | 78 |
| 4.2.3 | Verwaltung von Freunden | 86 |
| 4.3 | Datenbank Integration | 87 |
| 4.3.1 | Zugriff auf Redis mit dem redisController | 88 |
| 5 | Fazit und Ausblick | 93 |
| 5.1 | Zusammenfassung der Ergebnisse | 93 |
| 5.2 | Herausforderungen | 93 |
| 5.2.1 | Schachuhren | 93 |
| 5.2.2 | Züge des Schachspiels | 94 |
| 5.3 | Zukünftige Erweiterungen und Verbesserungen | 95 |
| | Literaturverzeichnis | 97 |
| | Codeausschnitte | 102 |

1 Einleitung

1.1 Motivation

Schach ist ein traditionsreiches und abwechslungsreiches Brettspiel, dessen Ursprung nicht genau bestimmt werden kann. Allerdings wird vermutet, dass das erste schachähnliche Spiel *Tschaturanga* seinen Ursprung in Nordindien um 600 n. Chr. hatte [vdL74]. Bis heute bleibt Schach ein beliebtes Spiel, das 2020 durch die Netflix Serie *Damengambit* und 2022 durch den Betrugsvorwurf von Magnus Carlsen an seinen 19-jährigen Gegner Hans Niemann¹ eine größere Aufmerksamkeit erhielt (siehe Abbildung 1.1).



Quelle: <https://trends.google.de/>

Abbildung 1.1: Relatives Suchinteresse des Wortes *Chess* auf Google in den letzten 5 Jahren.

Darüber hinaus hat Schach im digitalen Zeitalter eine neue Popularität erreicht. Online-Schachplattformen wie `chess.com` verzeichnen über zehn Millionen Schachpartien täglich², während Schach Live-Streams auf Plattformen wie `twitch.com` Millionen von Followern anziehen³.

Die Entwicklung einer webbasierten Multiplayer-Schach-App bietet eine einzigartige Gelegenheit, ein traditionsreiches und beliebtes Spiel im digitalen Zeitalter weiterzuentwickeln. Mein Ziel für diese Arbeit besteht darin, eine App zu entwickeln, die die Grundlagen einer Schach-App enthält und gleichzeitig eine solide Basis für zukünftige Erweiterungen und Verbesserungen bietet. Insbesondere die Aussicht in Zukunft, innovative Funktionen zu integrieren, die bislang in den gängigen Schach-Apps nicht oder nicht kostenfrei vorhanden sind motiviert diese Arbeit. Durch die Entwicklung einer Schach-

¹Quelle: <https://www.sportschau.de/schach/magnus-carlsen-hans-niemann-ermittlungen-100.html> am 22. April 2023

²Quelle: <https://www.chess.com/about> am 12. Mai 2023

³Quelle: <https://www.twitch.tv/chess> am 27. April 2023

App mit neuen Funktionalitäten kann ich dazu beitragen, die Popularität von Schach zu steigern und vor allem das Spiel einem breiteren Publikum zugänglich zu machen.

1.2 Zielsetzung

Diese Bachelorarbeit hat das Ziel eine Schach-App zu entwerfen und zu implementieren, die eine intuitive User Experience und ein ansprechendes User Interface mit vielen nützlichen Funktionen beinhaltet. Bei der Anwendung soll dabei vor allem soziale Interaktionen im Zusammenhang mit Schach im Vordergrund stehen.

User Experience (kurz UX) bezieht sich darauf, wie ein Nutzer sich auf einer Anwendung bewegt und wie einfach und angenehm es für den Nutzer ist, die Funktionen der Anwendung zu verwenden.

Unter User Interface (kurz UI) versteht man die visuelle und interaktive Gestaltung von Benutzeroberflächen. Es umfasst die Gestaltung von Buttons, Formularen und anderen visuellen Komponenten, sowie das Feedback dieser Komponenten, wie zum Beispiel die Rückmeldung einer fehlgeschlagenen Anmeldung. Zusammengefasst beschäftigt sich UX damit, wie man eine Anwendung verwendet und UI damit, wie die Benutzeroberfläche der Anwendung aussieht. [Rob12]

Funktionen der Schach-App sind unter anderem das Registrieren und Anmelden, das Versenden, Annehmen und Ablehnen von Freundschaftsanfragen, das Zuschauen bei laufenden Spielen, das Herausfordern von Freunden zu Schachspielen und natürlich das Spielen von Schachpartien mit einem Chat und verschiedenen Einstellungsmöglichkeiten der Spielzeiten selbst. Dabei wird besonderer Wert auf die Verwendung moderner Web-Technologien wie React, Node.js, Socket.IO, Redis und PostgreSQL gelegt, um eine optimale Benutzererfahrung und Skalierbarkeit zu gewährleisten. Darüber hinaus soll die Arbeit einen Überblick über die technischen Herausforderungen und Lösungen im Zusammenhang mit der Implementierung einer solchen Schach-App bieten.

Die Anwendung dient hauptsächlich als Basis Schach-App für Erweiterungen. So ist das Webdesign noch nicht responsiv, da mit neuen Erweiterungen die UI und UX ohnehin angepasst werden müsste, um weitere Funktionen zur Verfügung zu stellen.

1.3 Aufbau der Arbeit

Diese Bachelorarbeit gliedert sich in sechs Hauptkapitel, die jeweils unterschiedliche Aspekte der Entwicklung und Implementierung der Schach-App behandeln.

Im ersten Kapitel, der *Einleitung*, werden die Motivation für die Entwicklung der Schach-App, die Zielsetzung der Arbeit und der Aufbau der Arbeit selbst vorgestellt.

Das zweite Kapitel, *Theoretische Grundlagen*, erläutert die Grundlagen von Schach als Spiel sowie die verwendeten Web-Technologien wie Node.js, Express, Socket.io, React und PostgreSQL, die für das Verständnis der nachfolgenden Kapitel wichtig sind.

Im dritten Kapitel, *Systemarchitektur*, wird die Gesamtarchitektur der Schach-App beschrieben, einschließlich der Unterteilung in Frontend und Backend, der Datenbankstruktur und der Kommunikation zwischen den verschiedenen Komponenten.

Das vierte Kapitel, *Implementierung*, geht auf die praktische Umsetzung der Schach-App ein, indem es die Entwicklungsprozesse für das Frontend und das Backend sowie die Integration der Datenbanken erläutert.

Das fünfte Kapitel, *Tests und Evaluation*, behandelt die verschiedenen Tests, die durchgeführt wurden, um die Funktionalität, Usability, Performance und Sicherheit der Schach-App zu bewerten.

Im abschließenden sechsten Kapitel, *Fazit und Ausblick*, werden die Ergebnisse der Arbeit zusammengefasst, eventuelle Limitationen diskutiert und mögliche Erweiterungen und Weiterentwicklungen für die Schach-App vorgeschlagen.

Die Arbeit endet mit dem *Anhang*, der zusätzliche Grafiken und die Liste der verwendeten Literatur enthält.

1.4 Verwandte Arbeiten

Es gibt vor allem zwei große online Schachplattformen: `chess.com` und `lichess.org`. Dabei war `chess.com` auf Platz 114 und `lichess.org` auf Platz 209 der Webseiten mit am meisten Web-Traffic weltweit im April 2023⁴.

1.4.1 Chess.com

Chess.com zeichnet sich durch vielfältige Funktionen, einer verspielten UI und sehr vielen Benutzern aus. Was im Vergleich zu Lichess jedoch schnell bemerkbar ist, ist die Kommerzialisierung.

Chess.com hat auf seiner gesamten Seite viel Werbung und bietet viele Funktionen nur bei einem monatlichen Abonnement gegen Geld an (siehe Abbildung 1.3). Zu diesen Funktionen gehören Analysen der Schachpartien, mehrere Spiele gleichzeitig zu spielen, der Zugriff auf Lektionen zum lernen von Schach und vieles weitere.

Die Funktionen die Chess.com zur Verfügung stellt (kostenpflichtige, als auch kostenfreie) sind dafür sehr umfangreich. Es gibt Clubs mit Turnieren, es gibt verschiedene Spielmodi, die beispielsweise ermöglichen zu viert ein Schachspiel zu spielen und Taktikaufgaben zum lösen.

Chess.com zeichnet sich auch durch seine Online-Präsenz auf Plattformen wie YouTube⁵ oder twitch⁶ aus.

1.4.2 Lichess

Lichess wirbt vor allem damit, dass es komplett kostenfrei verwendbar ist, keine Werbung hat und keine Registrierung nötig ist um zu spielen. Auch Funktionen wie Analysen eines Spiels sind für alle Benutzer uneingeschränkt verfügbar. Die Finanzierung von

⁴Quelle: <https://www.similarweb.com/website/chess.com/vs/lichess.org/#overview> am 12. Mai 2023

⁵Quelle: <https://www.youtube.com/@chess> am 12. Mai 2023

⁶Quelle: <https://www.twitch.tv/chess> am 12. Mai 2023



Quelle: <https://www.chess.com/home> am 12. Mai 2023

Abbildung 1.2: Home-Bildschirm von Chess.com

lichess.org basiert auf Spenden und die Entwicklung übernehmen Freiwillige⁷. Der gesamte Code ist Open-Source und für jeden einsehbar.

Lichess ist dunkel und modern gehalten. Einige Funktionen sind auf dem Desktop schwer zugänglich, während sie auf einem Mobil-Gerät in der App gar nicht verfügbar sind. Dazu zählen auch soziale Interaktionen wie Gruppen. Sie sind wenig ausgebaut und schwierig, bis gar nicht, auffindbar.

⁷Quelle: <https://lichess.org/about> am 12. Mai 2023

Chess.com Hilfe Zurück

Werde Premium-Mitglied. Werde besser.

✓ Monatlich Jährlich (spare 42%)

★ Gold

- ✓ Unbegrenzte Taktikaufgaben
- ✓ Unbegrenzte Lektionen
- ✓ Alle Bots freischalten
- ✓ Keine Werbung

6,99 €/Mon

Angebot wählen

♔ Platin

- ✓ Unbegrenzte Partieanalysen
- ✓ Unbegrenzte Taktikaufgaben
- ✓ Unbegrenzte Lektionen
- ✓ Alle Bots freischalten
- ✓ Keine Werbung

11 €/Mon

Angebot wählen

AM BELIEBTESTEN

💎 Diamant

- ✓ Unbegrenzte Partieanalysen
- ✓ Unbegrenzte Erklärungen des Trainers
- ✓ Unbegrenzte Einblicke
- ✓ Unbegrenzte Taktikaufgaben
- ✓ Unbegrenzte Lektionen
- ✓ Alle Bots freischalten
- ✓ Keine Werbung

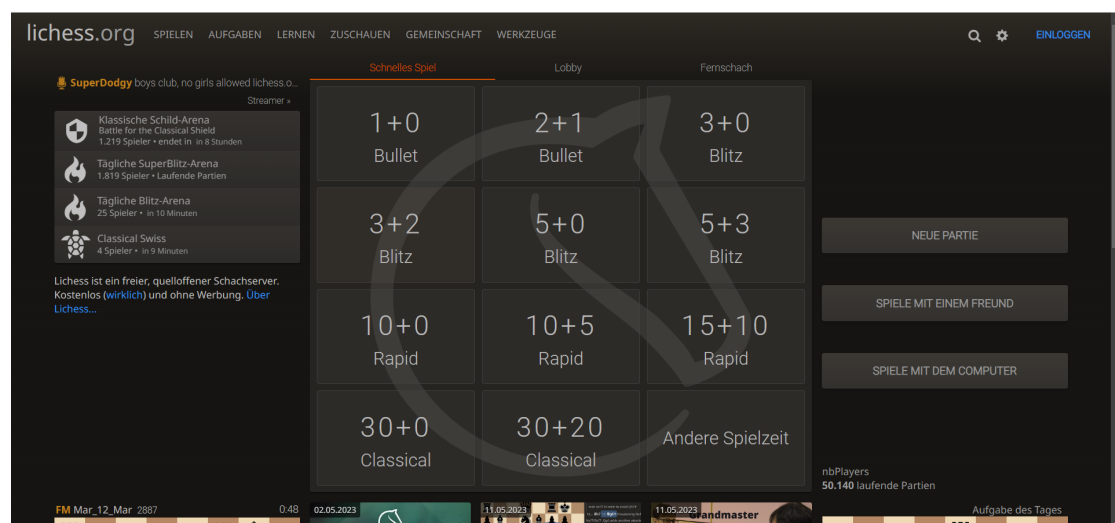
17,99 €/Mon

Erhalte vollen Zugriff

Alle Preise beinhalten Steuern

Quelle: <https://www.chess.com/membership?c=navbar> am 12. Mai 2023

Abbildung 1.3: Abonnement Möglichkeiten von Chess.com



Quelle: lichess.org am 12. Mai 2023

Abbildung 1.4: Der Lichess Desktop Home-Bildschirm

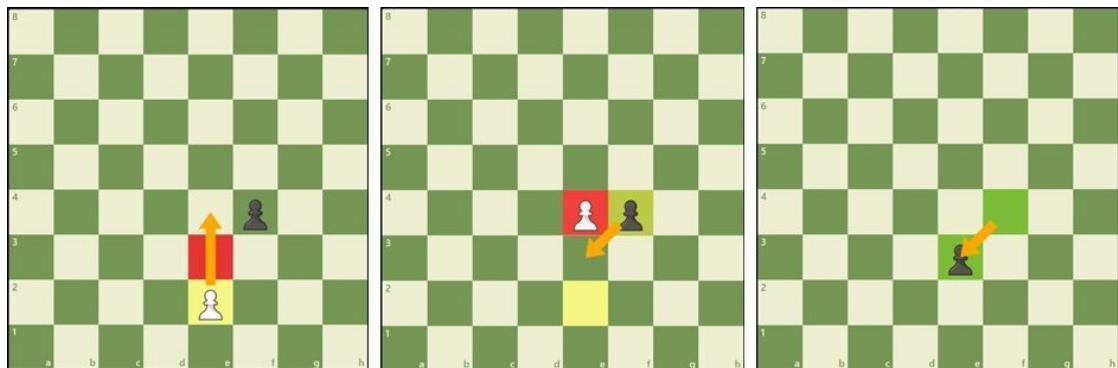
2 Theoretische Grundlagen

2.1 Schach

Schach ist ein strategisches Brettspiel für zwei Spieler, welches auf einem quadratischen Spielfeld mit 64 Feldern gespielt wird. Jeder Spieler beginnt mit 16 Figuren und das Ziel des Spiels ist es, den König des Gegners schachmatt zu setzen, indem man ihn bedroht, ohne dass der Gegner den Angriff verhindern kann.

Wie Figuren sich bewegen und andere Figuren schlagen erkläre ich nicht explizit, lediglich zwei Sonderregeln des Schachs und Schachuhren werde ich genauer erklären, da diese bei der Umsetzung des Spiels gesondert gehandhabt werden müssen.

Die erste ist die so genannte *en passant*-Regel. Dabei ist es einem Bauern möglich einen gegnerischen Bauer diagonal zu schlagen, falls dieser zwei Felder gezogen ist und nun auf der gleichen Höhe wie der eigene Bauer steht (siehe Abbildung 2.1).



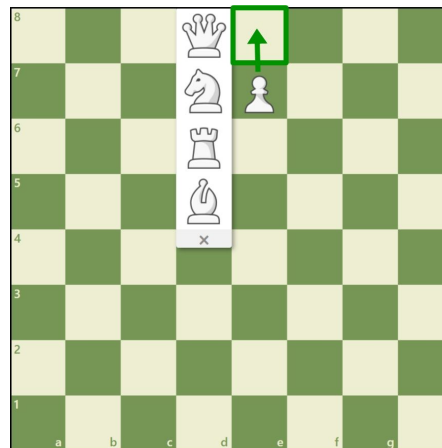
Quelle: <https://www.chess.com/de/schachregeln>

Abbildung 2.1: Die Zusatzregel *en passant*

Die zweite Zusatzregel ist die *Bauernumwandlung*. Sie besagt, dass falls ein Bauer die gegnerische Grundreihe erreicht, dieser Bauer in eine Dame, einen Springer, einen Turm oder einen Läufer umgewandelt werden kann (siehe Abbildung 2.2).

Die Notation von Schachuhren besteht aus zwei Zahlen, die mit einem Plus getrennt werden, wie zum Beispiel „10 + 5“. Hier steht die erste Zahl, in diesem Fall 10, für die Gesamtzeit, die jedem Spieler zur Verfügung steht, also 10 Minuten. Die zweite Zahl, hier 5, wird als Inkrement bezeichnet. Dies bedeutet, dass nach jedem Zug eines Spielers diesem Spieler zusätzlich 5 Sekunden hinzugefügt werden. Dadurch haben Partien mit Inkrement mehr Zeit, je mehr Züge gespielt werden.

Bei Online-Schachpartien ist es zusätzlich üblich, eine bestimmte Startzeit für den ersten



Quelle: <https://www.chess.com/de/schachregeln>

Abbildung 2.2: Die Zusatzregel *Bauernumwandlung*

Zug jedes Spielers verstreichen zu lassen. Dies gewährleistet, dass die Uhren erst zu laufen beginnen, wenn beide Spieler bereit sind und mitbekommen haben, dass das Spiel gestartet wurde.

2.2 Web-Technologien

2.2.1 Node.js und Express

Node.js und seine Vorteile

Node.js ist eine JavaScript-Laufzeitumgebung, die erstmals 2009 angekündigt wurde¹ und speziell für die Entwicklung von skalierbaren Netzwerkanwendungen konzipiert ist [Fou23]. Skalierbarkeit bedeutet, dass mit steigender Benutzeranzahl der Ressourcenverbrauch idealerweise linear steigt. Zu den relevanten Ressourcen von Webanwendungen gehören Rechenleistung, Ein-/Ausgabeoperationen (kurz I/O) und Arbeitsspeicher, wobei Node.js vor allem die Skalierbarkeit von I/O intensiven Anwendungen verbessert [Pre15]. I/O-Zugriffe sind beispielsweise Zugriffe auf Datenbanken, Webservices oder auf das Dateisystem. Node.js setzt dabei vollständig auf asynchrone Zugriffe. Dabei wartet der Thread nicht auf das Ergebnis eines I/O-Zugriffs, sondern führt andere Aufgaben aus, bis das Ergebnis verfügbar ist. Anschließend wird eine zuvor definierte Callback Funktion (siehe Codeausschnitt 2.1) durchgeführt. Bei einem synchronen Zugriff, wie es bei einigen anderen Laufzeitumgebungen der Fall ist, würde der Thread auf das Ergebnis warten und dieses anschließend weiterverarbeiten, wobei jedoch sein Speicherplatz zum Teil belegt bleibt. [Pre15] Die Vorteile hinsichtlich der Skalierbarkeit werden allerdings erst bei einer hohen Anzahl von Zugriffen erkennbar.

1 `database.query("SELECT * FROM user", function(result) {`

¹Quelle: <https://www.youtube.com/watch?v=EeYvF17li9E> am 22. April 2023

```

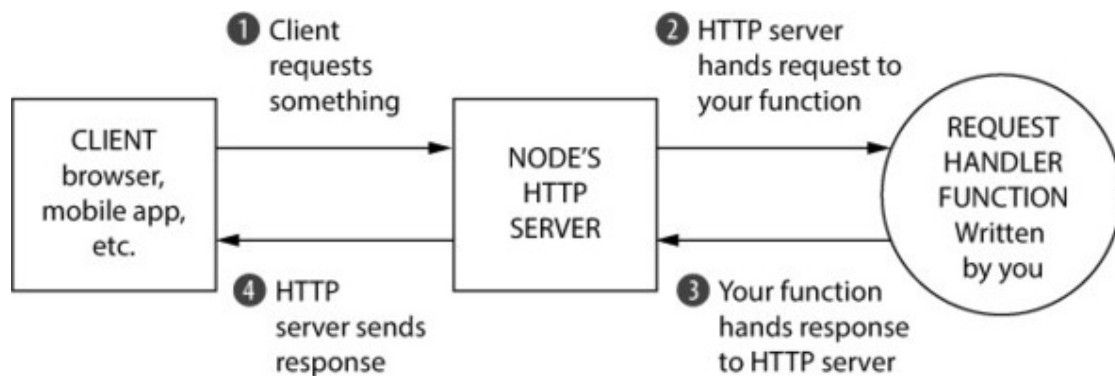
2 result...
3 });

```

Codeausschnitt 2.1: Beispiel einer Callback Funktion **Quelle:** [Pre15]

Ein weiterer Vorteil der Nutzung von Node.js ist die Nutzung der gleichen Programmiersprache für Frontend und Backend. In einem Team-Projekt kann das besonders hilfreich sein, da Kommunikationsbarrieren durch unterschiedliche Programmiersprachen von Frontend und Backend niedriger sind. Natürlich versteht deshalb der Frontend-Entwickler nicht alles was der Backend-Entwickler macht und umgekehrt, aber es gibt eine gemeinsame Grundlage. Neben den Kommunikationsvorteilen ermöglicht die Verwendung von der gleichen Programmiersprache im Frontend und Backend das Teilen von Code. So ist es zum Beispiel möglich Callback Funktionen vom Frontend an das Backend zu senden und dort aufzurufen.

Node.js basiert auf der Verarbeitung von Requests vom Frontend und dem zurücksenden von einem Result mittels dem HTTP-Protokoll. Das HTTP-Protokoll verwendet verschiedene Methoden wie GET, POST, PUT und DELETE, um unterschiedliche Aktionen durchzuführen [Hah16]. Zum Beispiel wird GET zum Abrufen von Informationen verwendet, während POST zum Senden von Daten verwendet wird. Die Art und Weise wie ein Request verarbeitet werden soll, ist dabei selbst zu definieren (siehe Abbildung 2.3). Dabei kann der Request sein, eine bestimmte Seite zu laden, womit dann mit der entsprechenden HTML-Datei geantwortet wird, oder es kann als API genutzt werden, um beispielsweise Daten einer Datenbank zu übermitteln. Um die Verarbeitung dieser Anfragen weniger komplex zu gestalten gibt es die Erweiterung *Express* für Node.js.



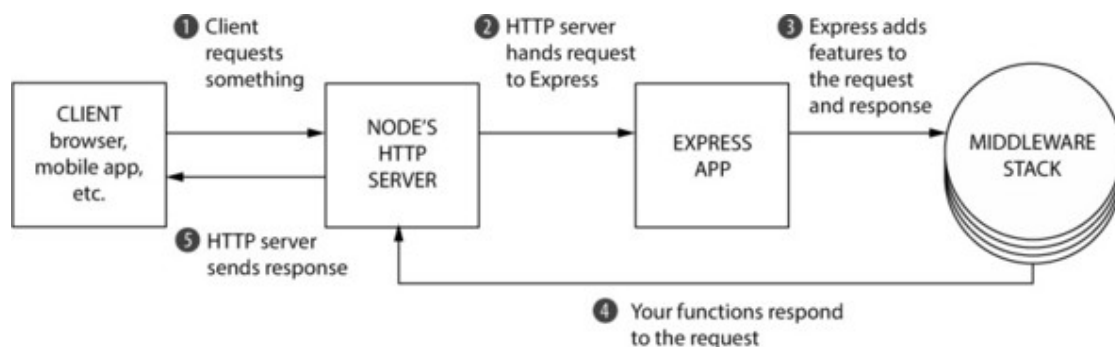
Quelle: [Hah16]

Abbildung 2.3: Ablauf einer Anfrage an einen Node.js Server

Express

Express ist ein leichtgewichtiges und sehr beliebtes Web-Framework, welches unter Node.js zur Verfügung steht. Die API von Node.js wird durch Express vereinfacht und es stellt hilfreiche Funktionen bereit [Hah16]. Beispielsweise ermöglicht es die Verwendung von *Middleware* und *Routing*.

Middleware sind Funktionen und ermöglichen, dass eine Anfrage an den Node.js Server nicht ausschließlich von einer Funktion bearbeitet werden muss, welche das Ergebnis zurücksendet, sondern von mehreren Funktionen, die sich um verschiedene Teile der Request kümmern (siehe Abbildung 2.4). Dabei gibt es eine von uns definierte Reihenfolge der Middlewares. Zum Beispiel können wir definieren, dass zu erst der Request von einer Middleware geloggt werden soll, anschließend soll der Benutzer authentifiziert werden und falls der Benutzer einen Pfad aufrufen möchte, für die er keine Berechtigung hat, wird eine „not authorized“ Seite zurück gesendet und die nächste Middleware wird nicht aufgerufen. Ansonsten wird die nächste Middleware der Kette ausgeführt, wie zum Beispiel das senden von Informationen (siehe Abbildung 2.5). Ein Vorteil der Nutzung von Middlewares ist, dass es bereits viele vordefinierte Middlewares (auch von Dritten) gibt, welche nützliche Funktionalitäten mitbringen. Die Anfrage des Frontends in mehrere kleinere Funktionen aufzuteilen, anstatt eine Funktion zu schreiben, welche sich um all dies kümmert verringert die Komplexität und erhöht die Modularität.



Quelle: [Hah16]

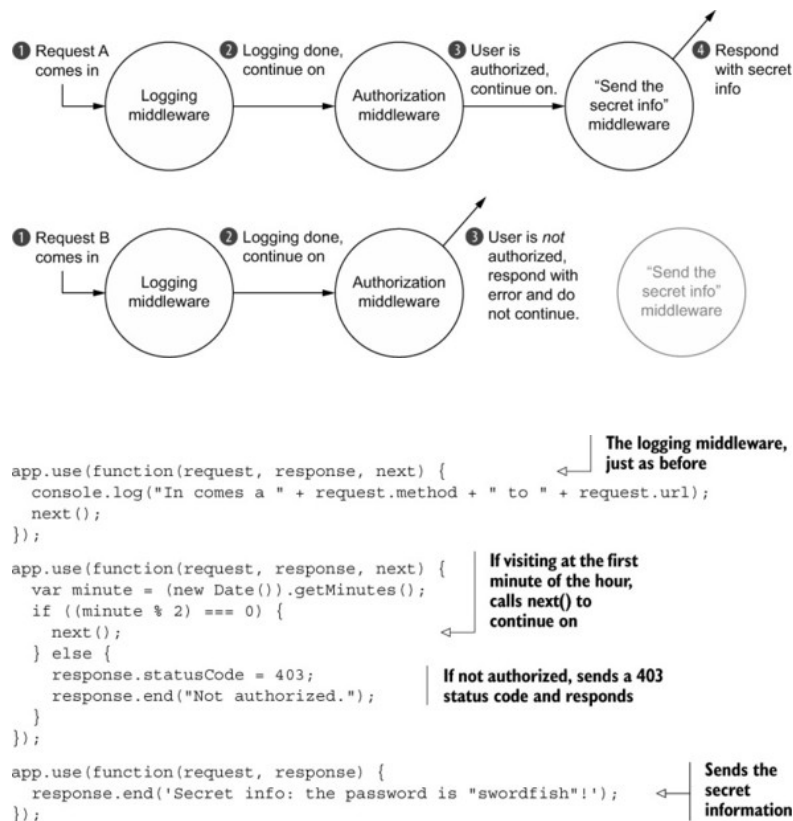
Abbildung 2.4: Ablauf einer Anfrage an einen Node.js Server mit Express

Routing hilft dabei zu identifizieren bei welchem Request welche Middleware ausgeführt werden soll (siehe Abbildung 2.6). Beispielsweise kann eine Anfrage an die URL `/auth` mit den angegebenen Anmeldedaten des Benutzers gesendet werden. Unter diesem Pfad können wir dann bestimmte Middlewares verwenden, welche sich mit der Authentifizierung des Benutzers befassen.

2.2.2 Socket.io

Die Kommunikation mit dem HTTP-Protokoll über Express hat den Nachteil, dass für jeden Datenaustausch eine neue Verbindung aufgebaut und wieder geschlossen wird, was zu einer Latenz führt, welche für Echtzeit-Anwendungen ungeeignet ist. Diese Problematik behebt das Framework *socket.io*.

Es ermöglicht eine direkte, bidirektionale Echtzeitübertragung von Daten mittels Websockets, long-polling und fünf anderen Protokollen zwischen den Clients und dem Server. Diese Echtzeitkommunikation ist für viele Spiele, wie auch für diese Schach-App, essenziell. So können beim Spielen mit Schachuhr Millisekunden entscheidend sein. Neben



Quelle: [Hah16]

Abbildung 2.5: Beispiel der Nutzung von Middlewares

der Echtzeitkommunikation überprüft socket.io unter anderem Timeouts, Verbindungsabbrüche, stellt Verbindungen automatisch wieder her und sorgt dafür, dass die Events in der richtigen Reihenfolge beim Server und beim Client ankommen.

Die Kommunikation mit Socket.io läuft ausschließlich über Events. So kann man sowohl beim Client, als auch bei dem Server Eventlistener definieren, die auf ein bestimmtes Event hören und daraufhin eine Funktion mit den übertragenen Daten ausführen. Events können mittels Sockets gesendet und empfangen werden, welche als Schnittstelle der Kommunikation mittels Socket.io dienen. Eventlistener (definiert mit der Funktion `.on()`) haben als ersten Parameter den Namen des Events als String, auf den dieser Listener hören soll und als zweiten Parameter die auszuführende Callback Funktion, welche mit den Parametern aufgerufen wird, die beim senden des Events übertragen wurden. Events können basierend auf verschiedenen Aktionen, wie zum Beispiel dem Drücken eines Buttons im Frontend oder als Reaktion eines eingegangenen Events auf dem Server, gesendet werden (mit der Funktion `.emit()`) (siehe Abbildung 2.7). Der erste Parameter der `emit`-Funktion ist wieder der Name des Events als String und im Anschluss kann man beliebig viele Parameter übertragen mit denen die Callback-Funktion des Listeners aufgerufen wird.

```

app.get("/about", function(request, response) {
  response.end("Welcome to the about page!");
});

app.get("/weather", function(request, response) {
  response.end("The current weather is NICE.");
});

app.use(function(request, response) {
  response.statusCode = 404;
  response.end("404!");
});

http.createServer(app).listen(3000);

```

← Called when a request to /about comes in

← Called when a request to /weather comes in

← If you miss the others, you'll wind up here.

Quelle: [Hah16]

Abbildung 2.6: Beispiel der Nutzung von Routing

Ein wichtiges Feature von socket.io sind die Räume². Sockets im Backend können ihnen Beitreten und sie Verlassen. Serverseitig kann man dadurch an alle Sockets, die in einem bestimmten Raum sind etwas senden, ohne es allen einzeln schicken zu müssen (siehe Abbildung 2.8). Hier kann man sich entschließen das Event an alle clients im Raum zu versenden (`io.to(...).emit(...)`) oder an alle, außer den sender (`socket.to(...).emit(...)`) (siehe Codeausschnitt 2.2).

Des weiteren erhält jede Socket beim Verbinden eine eigene ID, die ebenfalls als Raum genutzt werden kann. Dementsprechend ist `io.to(socket.id).emit('hello')`; äquivalent zu `socket.emit('hello')`;

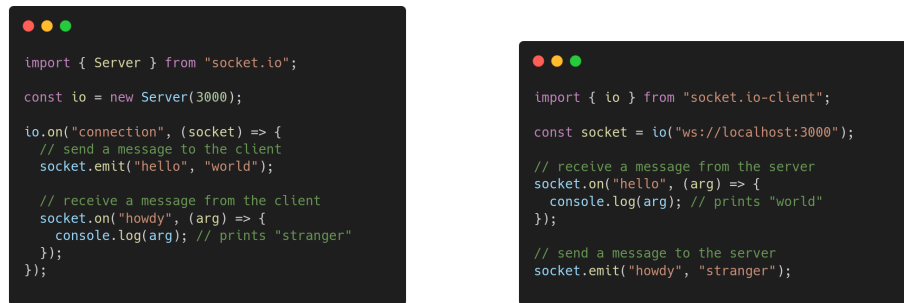
Socket.io unterstützt wie Express Middlewares, welche bei einem Verbindungsaufbau ausgeführt werden. Dabei sind die übergebenen Argumente die Socket und die next Funktion als nächste Middleware. Es bietet sich daher an, die Authentifizierung oder die Initialisierung von Listnern als Middleware zu behandeln.

```

1 //Server
2 io.on("connection", (socket) => {
3   socket.join("Chat");
4   socket.on("message", (text) => {
5     socket.to("Chat").emit("message", text);
6   })
7   //Empfangen der Nachricht und weiterleiten an alle im Raum, ausser
   Sender.
8 });
9
10 //Frontend
11 ...
12 socket.emit("message", "hello world"); //Senden
13 socket.on("message", text => console.log(text)); //Empfangen
14 ...

```

²Quelle: <https://socket.io/docs/v4/rooms/> am 22. April 2023



```

import { Server } from "socket.io";

const io = new Server(3000);

io.on("connection", (socket) => {
  // send a message to the client
  socket.emit("hello", "world");

  // receive a message from the client
  socket.on("howdy", (arg) => {
    console.log(arg); // prints "stranger"
  });
});

```

```

import { io } from "socket.io-client";

const socket = io("ws://localhost:3000");

// receive a message from the server
socket.on("hello", (arg) => {
  console.log(arg); // prints "world"
});

// send a message to the server
socket.emit("howdy", "stranger");

```

Quelle: [Soc23]

Abbildung 2.7: Simple Beispiel der Initialisierung einer socket.io Verbindung und das Senden und Empfangen von Events

Codeausschnitt 2.2: Beispiel zum Beitreten Raums und das senden eines Events in diesen Raum

```
//QUELLE socket.io im nodejsbook
```

2.2.3 React

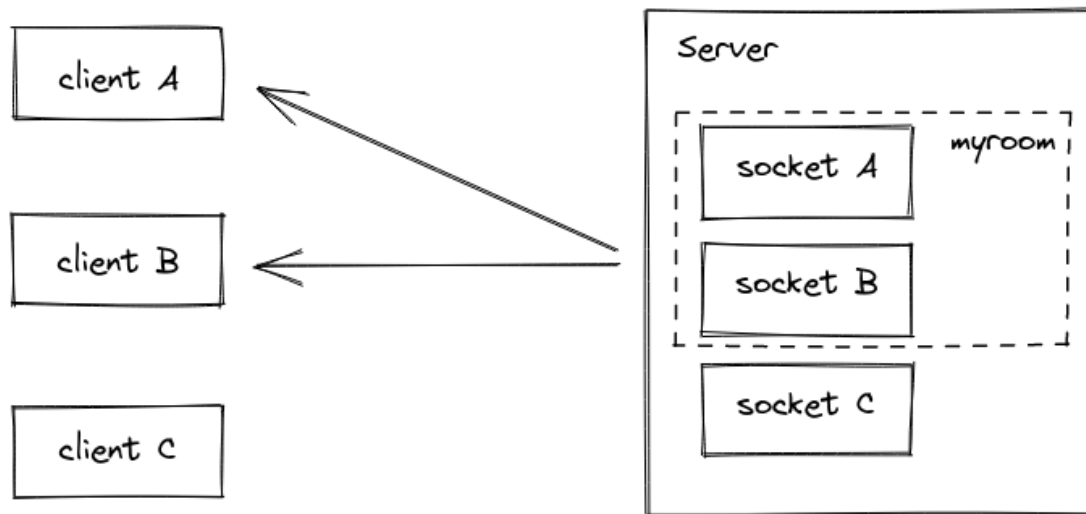
React

React ist eine der beliebtesten (nach einer Umfrage von 2022 von Stack Overflow sogar die beliebteste [Ove22]) Frontend Javascript Bibliotheken. Es basiert auf Komponenten, welche wiederverwendbar und kombinierbar sind und vereinfacht die Verwaltung von Interaktionen mit User Interfaces. Dabei benutzt React eine Syntax Erweiterung namens *JSX*. Mit dieser Erweiterung ist es erlaubt HTML Elemente in JavaScript Dateien zu verwenden, welches es ermöglicht die Logik hinter getrennten HTML und JavaScript Dateien in eine Datei zu kombinieren. Die Idee hinter React ist, dass wenn sich nur ein bestimmter Teil des User Interfaces im Vergleich zum aktuell sichtbaren User Interface ändert, auch nur dieser Teil neu gerendert wird und nicht das ganze User Interface. Diese reaktiven Änderungen ermöglicht React mittels seiner *Hooks* [Sch22].

Ich werde die Art und Weise wie React und seine Hooks funktionieren an dem Beispiel 2.3 erklären. In diesem Beispiel implementieren wir die Komponente *ExampleComponent*, welche beispielsweise mittels dem Tag

`<ExampleComponent initialCount={10} loadingDelay={3000} />` verwendet werden kann.

Die zwei übergebenen Variablen *initialCount* und *loadingDelay* werden auch **props** genannt, welche in der Komponente verwendet werden können. Eine Komponente ist eine Funktion, welche als Rückgabe den HTML-Code hat, welcher angezeigt werden soll.



Quelle: <https://socket.io/docs/v4/rooms/> am 27. April 2023

Abbildung 2.8: Darstellung eines Raumes *myroom* mit zwei sockets

Die Komponente hat den lokalen State *count*, welchen wir mittels der **useState** Hook initialisieren. Ein State beschreibt einen Zustand der Komponente und eine Änderung veranlasst die Komponente neu zu laden. Die Funktion *useState* nimmt als Argument den initialen Wert des States und gibt uns zwei Elemente zurück, einmal der sich verändernde State *count* und die Funktion *setCount*, um einen neuen Wert in den State *count* zu schreiben. Der zurückgegebenen Funktion *setCount* kann entweder ein konkreter Wert übergeben werden, oder aber eine Funktion welche beschreibt wie der neue Wert sich aus dem alten Wert bilden soll (siehe Zeile 31 in Beispiel 2.3).

Die Hook **useEffekt** nimmt zwei Argumente, eine Funktion und ein sogenanntes *Dependency Array*. Das Array enthält Variablen, deren Wertänderung das Ausführen der übergebenen Funktion auslöst. So wird in unserem Beispiel die Funktion einmal beim ersten Rendern der Komponente und dann bei jeder Änderung von *count* oder dem prop *loadingDelay* ausgeführt. Dadurch bleibt der Titel dieser Beispiel-Webanwendung immer konsistent mit dem aktuellen *count* State. Als Rückgabe kann die übergebene Funktion eine weitere Funktion haben, welche ausgeführt wird, sobald die Komponente *unmounted* wird. Das ist eine Phase im Lebenszyklus einer Komponente, die ausgeführt wird, sobald eine Komponente nicht mehr angezeigt wird, weil zum Beispiel auf eine andere Unterseite navigiert wird. In unserem Fall soll dann der Titel der Webanwendung nicht mehr den aktuellen Count repräsentieren, sondern „React App“.

useCallback ist eine Hook, welche unnötige Code Ausführungen vermeidet und daher ausschließlich performante Vorteile bietet. Sie verwendet die gleichen Argumente wie die *useEffect* Hook und durch sie können wir eine Funktion definieren, welche nur neu initialisiert wird, falls sich eine der Variablen im *Dependency Array* ändert. Würden wir sie als reguläre JavaScript Funktion definieren, würde die Funktion immer neu initialisiert

werden, wenn die Komponente gerendert wird.

Ein weiteres wichtiges Konzept in React ist der *Context*. Mit ihm lassen sich Daten über mehrere Ebenen von verschachtelten Komponenten verfügbar machen, ohne dass man sie explizit als Prop an alle Komponenten weitergeben muss. Ein Kontext lässt sich mittels der Hook **useContext** importieren. In unserem Beispiel verwenden wir ihn, um ein ThemeContext zu importieren, der die Hintergrundfarbe unserer Komponente bestimmt (siehe Zeile 35 in Beispiel 2.3).

In der Rückgabe der Komponente können wir nicht nur HTML, sondern auch JavaScript innerhalb von geschweiften Klammern verwenden. So prüfen wir in unserem Beispiel mit dem ternären Operator den Wert von *isLoading* und zeigen entsprechende Elemente an (siehe Zeilen 36-44, Beispiel 2.3).

```

1  import React, { useState, useEffect, useCallback, useContext } from
    "react";
2
3  // Beispiel Context
4  const ThemeContext = React.createContext({ theme: "light" });
5
6  // Beispiel Component Props
7  function ExampleComponent({ initialCount, loadingDelay }) {
8    // Beispiel useState
9    const [count, setCount] = useState(initialCount || 0);
10   const [isLoading, setIsLoading] = useState(true);
11
12   // Beispiel useContext
13   const { theme } = useContext(ThemeContext);
14
15   // Beispiel useEffect
16   useEffect(() => {
17     document.title = `Count: ${count}`;
18
19     const timer = setTimeout(() => {
20       setIsLoading(false);
21     }, loadingDelay || 2000);
22
23     return () => {
24       document.title = "React App";
25       clearTimeout(timer);
26     };
27   }, [count, loadingDelay]);
28
29   // Beispiel useCallback
30   const incrementCount = useCallback(() => {
31     setCount((prevCount) => prevCount + 1);
32   }, []);
33
34   return (
35     <div style={{ backgroundColor: theme === "light" ? "#fff" : "#333"
36       }}>
37       {isLoading ? (

```

```

38     ) : (
39       <>
40         <p>Count: {count}</p>
41         <button onClick={incrementCount}>Increment count</button>
42       </>
43     )}
44   </div>
45 );
46 }
47
48 export default ExampleComponent;

```

Codeausschnitt 2.3: Beispiel einer React Komponente

React Router

React Router ermöglicht die Erstellung von Anwendung mit mehreren Seiten unter verschiedenen Pfaden [Sch22]. Das ist sinnvoll, um als Benutzer direkt einen Pfad angeben zu können, um auf die gewünschte Seite zu kommen oder sie zu teilen. Ein Beispiel der Funktion von verschiedenen Komponenten auf verschiedenen Pfaden finden Sie in Abbildung 2.4.

In diesem Beispiel wird unter dem Pfad „/“ die Komponente **Dashboard** angezeigt, während unter dem Pfad „/orders“ die React Komponente **Orders** gerendert wird. Dafür werden die Komponenten **BrowserRouter**, **Routes** und **Route** des Pakets **react-router-dom** benötigt.

- **BrowserRouter** ermöglicht alle Routing Funktionen und Komponenten zu verwenden.
- **Routes** enthält alle Definition der Pfade. Es kann auch mehrmals verwendet werden um verschiedene Gruppen von Routen zu definieren.
- **Route** legt eine einzelne Route fest. Im **path** kann angegeben werden, welcher Pfad diese Route aktivieren soll und **element** definiert die React Komponente, welche unter diesem Pfad gerendert werden soll.

React Router ermöglicht alledings auch noch ein paar weitere Funktionen, wie zum Beispiel die Hooks **useParams()** und **useNavigate()** [Sch22].

Es ist möglich bei einer **Route** Komponente mit „:“ in einem Pfad einen String zu übertragen. Auf diesen String kann dann mit der **useParams()** Hook zugegriffen werden, wie bei **OrderDetail** in dem Beispiel 2.4.

Mit der **useNavigate()** Hook kann zu einem bestimmten Pfad gesprungen werden. Ein Beispiel dafür ist die **navigateToOrders()** Funktion, welche beim klicken auf den Button in der App Komponente ausgelöst wird (Beispiel 2.4).

```

1 import { BrowserRouter, Routes, Route, useNavigate } from
  'react-router-dom';
2 import { useCallback } from 'react';

```

```

3 import Dashboard from './routes/Dashboard';
4 import Orders from './routes/Orders';
5
6 function App() {
7   const navigate = useNavigate();
8
9   const navigateToOrders = useCallback(() => {
10     navigate('/orders');
11   }, [navigate]);
12
13   return (
14     <BrowserRouter>
15       <Routes>
16         <Route path="/" element={<Dashboard />} />
17         <Route path="/orders" element={<Orders />} />
18         <Route path="/orders/:id" element={<OrderDetail />} />
19       </Routes>
20       <Button onClick={navigateToOrders}> To Orders </Button>
21     </BrowserRouter>
22   );
23
24
25 export default App;
26
27 function OrderDetail() {
28
29   const params = useParams();
30
31   const orderId = params.id;
32
33   useEffect(() => {
34     //fetch Data with orderId
35   }, [])
36
37   return (
38     // Show Data
39   );
40 }
41
42 export default OrderDetail;

```

Codeausschnitt 2.4: Beispiel von verschiedenen Komponenten auf verschiedenen Pfaden
 Quelle: [Sch22] (abgewandelt)

2.2.4 PostgreSQL und Redis

PostgreSQL

PostgreSQL ist ein objektrelationales Open-Source Datenbanksystem, welches erstmals 1989 veröffentlicht wurde [Le21]. Die Verwaltung von Datenbanken basiert auf sogenannte Datenbankmanagementsystemen (DBMS). Das beliebteste DBMS für PostgreSQL ist

*pgAdmin*³. In relationalen Datenbanken sind Daten in Tabellen organisiert. Zur Bearbeitung und Auswertung von solchen Datenbanken wird die Structured Query Language (**SQL**) verwendet, die in drei Bereiche unterteilt ist [Add21]:

- Data Definition Language (DDL): Um Datenbanken, Tabellen und ihren Strukturen anzulegen, zu ändern und zu löschen.
- Data Manipulation Language (DML): Zum Einfügen, Ändern, Löschen und Aktualisieren von Daten in Tabellen.
- Data Control Language (DCL): Zur Administration von Datenbanken

Tabellen bestehen aus Zeilen, die als Tupel bezeichnet werden, und Spalten, die als Attribute bezeichnet werden. Jedes Attribut hat einen bestimmten, von uns definierten Wertebereich. Beispielsweise kann ein Attribut „Preis“ eine Zahl mit zwei Nachkommastellen oder ein Attribut „Name“ eine Zeichenkette mit maximal 20 Zeichen sein. Attributen können bestimmte Restriktionen (auch *Constraints* genannt) zugewiesen werden, wie zum Beispiel die UNIQUE Restriktion, welche definiert, dass jeder Wert des Attributs nur einmal in der Tabelle vorkommen darf. Ein weiteres wichtiges Konzept sind Primär- und Fremdschlüssel. Mit Hilfe von ihnen können Tupel verschiedener Tabellen in Beziehung gebracht werden. Ein Primärschlüssel ist ein Attribut, welches jeden Tupel einer Tabelle eindeutig identifiziert und welches als Fremdschlüssel in anderen Tabellen referenziert werden kann. Als Beispiel könnte eine Artikelnummer in einer Tabelle der Artikel als Primärschlüssel genutzt werden, welche in einer Tabelle Rechnung mit verschiedenen abgeschlossenen Bestellungen als Fremdschlüssel referenziert werden kann.

Zudem ist PostgreSQL ACID-konform. **ACID** steht für folgende Fachbegriffe [Add21]:

- *Atomicity (Atomarität)*: eine Transaktion, wie das Einfügen eines Tupels oder das Erstellen einer Tabelle, wird entweder ganz oder gar nicht ausgeführt.
- *Consistency (Konsistenz)*: Sicherstellung, dass die Datenbank immer in einem konsistenten Zustand ist, auch wenn eine Transaktion unter- oder abgebrochen wird.
- *Isolation (Isolation)*: Während einer Transaktion wird die Datenbank isoliert, da während einer Transaktion ein inkonsistenter Zustand herrschen kann. Diese Isolation wird am Ende der Transaktion aufgehoben.
- *Durability (Dauerhaftigkeit)*: Nach einer abgeschlossenen Transaktion sind die Änderungen an der Datenbank dauerhaft abgespeichert, sodass beispielsweise ein Systemabsturz die Daten nicht gefährden kann.

In Node.js kann auf eine PostgreSQL Datenbank mittels dem Framework *node-postgres* zugegriffen werden⁴.

³Quelle: <https://www.pgadmin.org/> am 22. April 2023

⁴Quelle: <https://node-postgres.com/> am 22. April 2023

Redis

Redis ist eine No-SQL (*Not only SQL*) Datenbank, welche nicht wie relationale Datenbanken auf Tabellen basieren, sondern in diesem Fall auf *Key-Value*-Paaren. Redis zeichnet sich vor allem durch seine verschiedenen Datentypen und seine schnellen Schreib- und Lesevorgänge aus, welche durch die Speicherung im Arbeitsspeicher resultieren [Nel16]. Daher ist es gut für Daten geeignet, welche eine hohe Speicherungs- oder Abruffrequenz haben. Obwohl Redis hauptsächlich im Arbeitsspeicher arbeitet, bietet es auch Optionen zur Datensicherung auf der Festplatte, um Datenverluste zu vermeiden. Oft dient Redis als Cache-Speicher, um häufig verwendete Daten temporär zu speichern und dadurch den Zugriff auf die Daten zu beschleunigen⁵. Zu den möglichen Datentypen zählen Strings, Listen, Sets, Hashes, sortierte Sets, Streams und einige weitere⁵. Zudem ermöglicht Redis eine gute Skalierbarkeit indem mehrere Redis Instanzen verbunden werden, anstatt eine Instanz hoch zu skalieren.

2.2.5 Weitere verwendete Bibliotheken

JWT

JWT (*JSON Web Token*) ist ein offener Standard, der eine sichere Möglichkeit bietet Informationen in Form eines JSON Objekts zu übertragen⁶. Diesen Informationen kann vertraut werden, da sie mittels eines privaten serverseitigen secrets mit verschiedenen Algorithmen verschlüsselt (*signiert*) und wieder entschlüsselt werden (siehe Abbildung 2.9). Der meist verwendete Anwendungsbereich für JSON Web Tokens ist die Authentifizierung, bei der der vom Backend generierte Token in einer Session oder einem Cookie gespeichert wird. Dieser kann beim Laden einer Seite aus dem HTTP Request entnommen und mittels des secrets verifiziert werden. Dabei ist wichtig zu beachten, dass der Token nicht clientseitig manipulierbar sein darf, da dies ein Sicherheitsrisiko darstellen kann. Beispielsweise kann das mit einem HTTP-Only Cookie⁷ erreicht werden.

Chakra UI

Chakra UI ist eine simple Komponenten-Bibliothek, welche das Designen von React Anwendungen vereinfacht⁸. Es stellt Komponenten zur Verfügung, welchen verschiedene Attribute zugeordnet werden können, um diese nach eigenem Ermessen zu designen (siehe Code Beispiel 2.5 und Abbildung 2.10).

```
1 import * as React from "react";
2 import { Box, Center, Image, Flex, Badge, Text } from "@chakra-ui/react";
3 import { MdStar } from "react-icons/md";
4
5 export default function Example() {
6   return (
```

⁵Quelle: <https://redis.io/> am 22. April 2023

⁶Quelle: <https://jwt.io/introduction> am 22. April 2023

⁷Quelle: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTTP/Cookies> am 22. April 2023

⁸Quelle: <https://chakra-ui.com/> am 22. April 2023

```

7   <Center h="100vh">
8     <Box p="5" maxW="320px" borderWidth="1px">
9       <Image borderRadius="md" src="https://bit.ly/2k1H1t6" />
10      <Flex align="baseline" mt={2}>
11        <Badge colorScheme="pink">Plus</Badge>
12        <Text
13          ml={2}
14          textTransform="uppercase"
15          fontSize="sm"
16          fontWeight="bold"
17          color="pink.800"
18        >
19          Verified &bull; Cape Town
20        </Text>
21      </Flex>
22      <Text mt={2} fontSize="xl" fontWeight="semibold"
23        lineHeight="short">
24        Modern, Chic Penthouse with Mountain, City & Sea Views
25      </Text>
26      <Text mt={2}>$119/night</Text>
27      <Flex mt={2} align="center">
28        <Box as={MdStar} color="orange.400" />
29        <Text ml={1} fontSize="sm">
30          <b>4.84</b> (190)
31        </Text>
32      </Flex>
33    </Box>
34  </Center>
35  );
36  }

```

Codeausschnitt 2.5: Beispiel mit Chakra UI designten React Komponente (siehe Abbildung **Quelle:** <https://chakra-ui.com/> am 27. April 2023

Formik und Yup

Formik ist die beliebteste Open-Source-Bibliothek für Formulare in React⁹. Sie vereinfacht die Handhabung von Formularen und bietet Funktionen wie die Validierung eingegebener Werte, Fehlermeldungen und Unterstützung für mehrstufige Formulare. Yup ist eine Bibliothek zur einfachen Definition von Schemata, die von bestimmten Formularen erfüllt werden sollen. Sie ermöglicht die Erstellung komplexer Schemata mit wenig Code¹⁰.

Die Integration von Yup-Schemata in Formik-Formularen ist bereits unterstützt, was eine einfache Handhabung von Überprüfungen und Fehlerbehandlungen bei Benutzereingaben ermöglicht.

⁹Quelle: <https://formik.org/> am 22. April 2023

¹⁰Quelle: <https://github.com/jquense/yup> am 22. April 2023

chess.js

chess.js ist eine Schach Bibliothek, welche die gesamte Schachlogik zur Verfügung stellt¹¹. Sie bietet Methoden, welche alle aktuell möglichen Züge ausgibt, einen Zug ausführt und verschiedene Notationen des Zuges zurückgibt, überprüft ob es sich um ein Schachmatt oder Patt handelt, eine Partie mittels einer FEN¹² oder PGN¹³ Notation laden kann und vieles weitere.

chessground

chessground ist ein Open-Source-Schach-User-Interface, das ursprünglich für die Online-Schachplattform `lichess.org` entwickelt wurde¹⁴. Es bietet zahlreiche Konfigurationsmöglichkeiten, wie zum Beispiel Animationen beim Bewegen von Figuren, Auswahl der anklickbaren und bewegbaren Figuren, Anpassung des Figurendesigns und vieles mehr. Die eigentliche Schachlogik ist nicht enthalten, sodass verschiedene Schachvarianten mit Sonderregelungen implementiert werden können.

bcrypt

bcrypt ist eine Bibliothek welche entwickelt wurde um Passwörter zu verschlüsseln. Sie basiert auf Blowfish, einem Verschlüsselungsalgorithmus, und löst das Problem, dass durch schnellere Hardware Passwörter immer schneller kodiert und dekodiert werden können und dadurch Sicherheitsrisiken entstehen. bcrypt löst dieses Problem dadurch, dass es die Passwörter um einen selbst definierbaren Faktor zeitlich länger kodiert, indem mehrere Iterationen durchgeführt werden¹⁵.

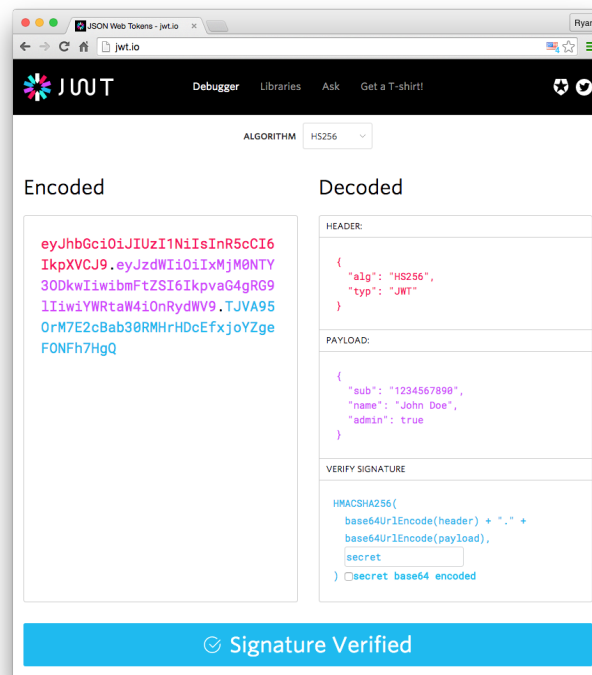
¹¹Quelle: <https://github.com/jhlywa/chess.js/> am 22. April 2023

¹²Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Forsyth-Edwards-Notation> am 22. April 2023

¹³https://de.wikipedia.org/wiki/Portable_Game_Notation am 22. April 2023

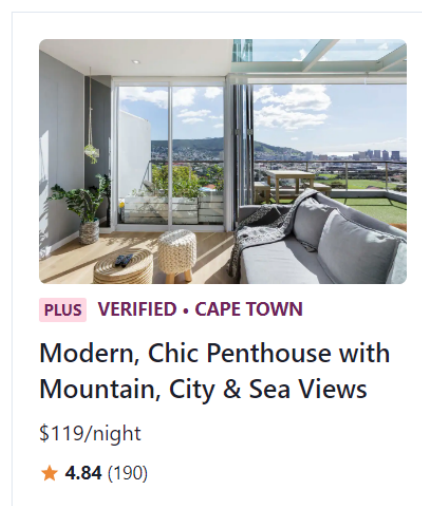
¹⁴Quelle: <https://github.com/lichess-org/chessground> am 22. April 2023

¹⁵Quelle: <https://auth0.com/blog/hashing-in-action-understanding-bcrypt/>



Quelle: <https://jwt.io/introduction> am 27. April 2023

Abbildung 2.9: Beispiel eines verschlüsselten Tokens von JWT



Quelle: <https://chakra-ui.com/> am 27. April 2023

Abbildung 2.10: Darstellung der mit Chakra UI designten React Komponente aus dem Code Beispiel 2.5

3 Systemarchitektur und Konzeption

In diesem Kapitel wird die Systemarchitektur der Anwendung vorgestellt, indem erläutert wird wie die verschiedenen Komponenten und Technologien zusammenarbeiten und miteinander kommunizieren. Die vorhandenen Funktionen der Schach-App werden mit Bildschirmfotos und Erklärungen veranschaulicht. Des weiteren werden verschiedene Abläufe durch Aktivitäts- und Sequenzdiagramme verdeutlicht.

3.1 Einführung

Die Anwendung ist in zwei Hauptkomponenten unterteilt: das Frontend und das Backend. Das Frontend ist für die Darstellung der Benutzeroberfläche und die Interaktion mit dem Benutzer verantwortlich, während das Backend die Spiellogik, die Verwaltung der Benutzerdaten und die Echtzeit-Kommunikation zwischen den Spielern steuert.

Die Anwendung verwendet moderne Web-Technologien, um eine reaktive und benutzerfreundliche Oberfläche zu schaffen. Das Frontend basiert auf dem React-Framework (siehe Kapitel 2.2.3), das es ermöglicht, wiederverwendbare Komponenten zu entwickeln und den Anwendungsstatus effizient zu verwalten. Das User-Interface basiert auf Chakra UI (siehe Kapitel 2.2.5, einem modernen und flexiblen Komponenten-Bibliothekssystem, das die Entwicklung von responsiven und zugänglichen Benutzeroberflächen erleichtert. Die Benutzerführung und die Kommunikation zwischen den React-Komponenten sind so gestaltet, dass sie eine nahtlose und intuitive Benutzererfahrung bieten.

Auf der Backend-Seite wird Node.js mit dem Express-Framework (siehe Kapitel 2.2.1) verwendet, um einen leistungsstarken und skalierbaren Server bereitzustellen. Die API-Endpunkte und die Echtzeitkommunikation mittels Socket.io (siehe Kapitel 2.2.2) ist so konzipiert, dass sie den Anforderungen der verschiedenen Frontend-Komponenten gerecht werden und die Kommunikation zwischen Frontend und Backend erleichtern. Für die Speicherung und Verwaltung der Benutzerdaten zum Anmelden wird eine PostgreSQL-Datenbank (siehe Kapitel ??) verwendet, die aufgrund ihrer Leistungsfähigkeit und Flexibilität ausgewählt wurde. Freundeslisten und Daten aktiver Spiele werden in einer Redis-Datenbank gespeichert, die sich durch hohe Leistung und niedrige Latenz auszeichnet, insbesondere bei Lese- und Schreibvorgängen. Redis, eine In-Memory-Datenstruktur, eignet sich ideal für Anwendungen, bei denen schnelle Zugriffszeiten und Skalierbarkeit wichtig sind. Die Kombination von PostgreSQL und Redis ermöglicht eine effiziente Verwaltung sowohl persistenter als auch flüchtiger Daten und fördert eine optimale Benutzererfahrung.

3.2 Architekturübersicht

Das Komponentendiagramm in Abbildung 3.1 visualisiert den Zusammenhang der Hauptkomponenten für die Kommunikation.

Wie zu erkennen ist, sind die Datenbanken und deren Funktionen getrennt gehalten. Die Web-API und die PostgreSQL Datenbank werden zum Authentifizieren genutzt, während die Kommunikation mittels Socket.io und die Redis Datenbank für die restlichen Funktionen der Anwendung verwendet werden. Dies erhöht die Modularität und Flexibilität, wodurch die verschiedenen Datenbanken und Funktionen unabhängig voneinander entwickelt, gewartet und skaliert werden können.

Im Frontend gibt es drei Komponenten, welche die Web-API verwenden: Der *UserContext*, *Login* und *SignUp*. Die Web-API verwendet dabei nur die Methoden GET und POST. Der *UserContext* ist verantwortlich für die Verwaltung des Benutzerzustands, während die Komponenten *Login* und *SignUp* das setzen des Benutzerzustands über das Anmelden und Registrieren unterstützen. Der *SocketContext* baut die Socket.io Verbindung für die Echtzeitkommunikation auf und stellt sie den restlichen React Komponenten zur Verfügung, um Events zu senden und zu empfangen.

Die Anfragen über die Web-API werden durch den in *authRouter* definierten Express Router entgegengenommen. Zur Behandlung werden in ihm verschiedene Middlewares der Datei *authController* für verschiedene Anfragen festgelegt, welche auf die PostgreSQL Datenbank zugreifen. Die Web-API und die PostgreSQL Datenbank werden lediglich für das Registrieren und Anmelden von Benutzern verwendet.

Beim Herstellen einer Socket.io Verbindung in *SocketContext* werden im Backend die Middlewares aus *socketMiddleware* ausgeführt, welche unter anderem die Listener aus *socketController* und *socketChessController* initialisieren. Der Unterschied zwischen den Listenern der beiden Dateien ist, dass *socketController* sich um allgemeine Funktionen wie das Versenden von Freundschaftsanfragen oder das senden von Informationen an das Frontend kümmert, während *socketChessController* Listener enthält, welche sich um Funktionen des Schachspiels kümmert, wie zum Beispiel das Behandeln eines neuen Zugs.

Alle Dateien im *sockets* Package verwenden den *redisController*, um Daten aus der Redis Datenbank abzurufen und zu speichern. Beispielsweise werden Freundschaftsanfragen, Freunde und Daten aktiver Spiele in der Redis Datenbank von dem *redisController* verwaltet, abgerufen und gespeichert.

3.3 Konzeption der Schachuhren

Bei der Konzeption der Schachuhren war ein Aspekt besonders entscheidend: Was passiert, falls ein Spieler vorübergehend keine Internetverbindung beim senden oder beim empfangen von Events hat?

Um den Server zu entlasten wäre natürlich eine Client basierte Lösung ideal, bei der mit einem Zug auch die jeweilige aktuelle Zeit gesendet wird. Wenn ein Spieler allerdings eine schlechte Internetverbindung hat und deshalb der Zug im Backend und bei dem an-

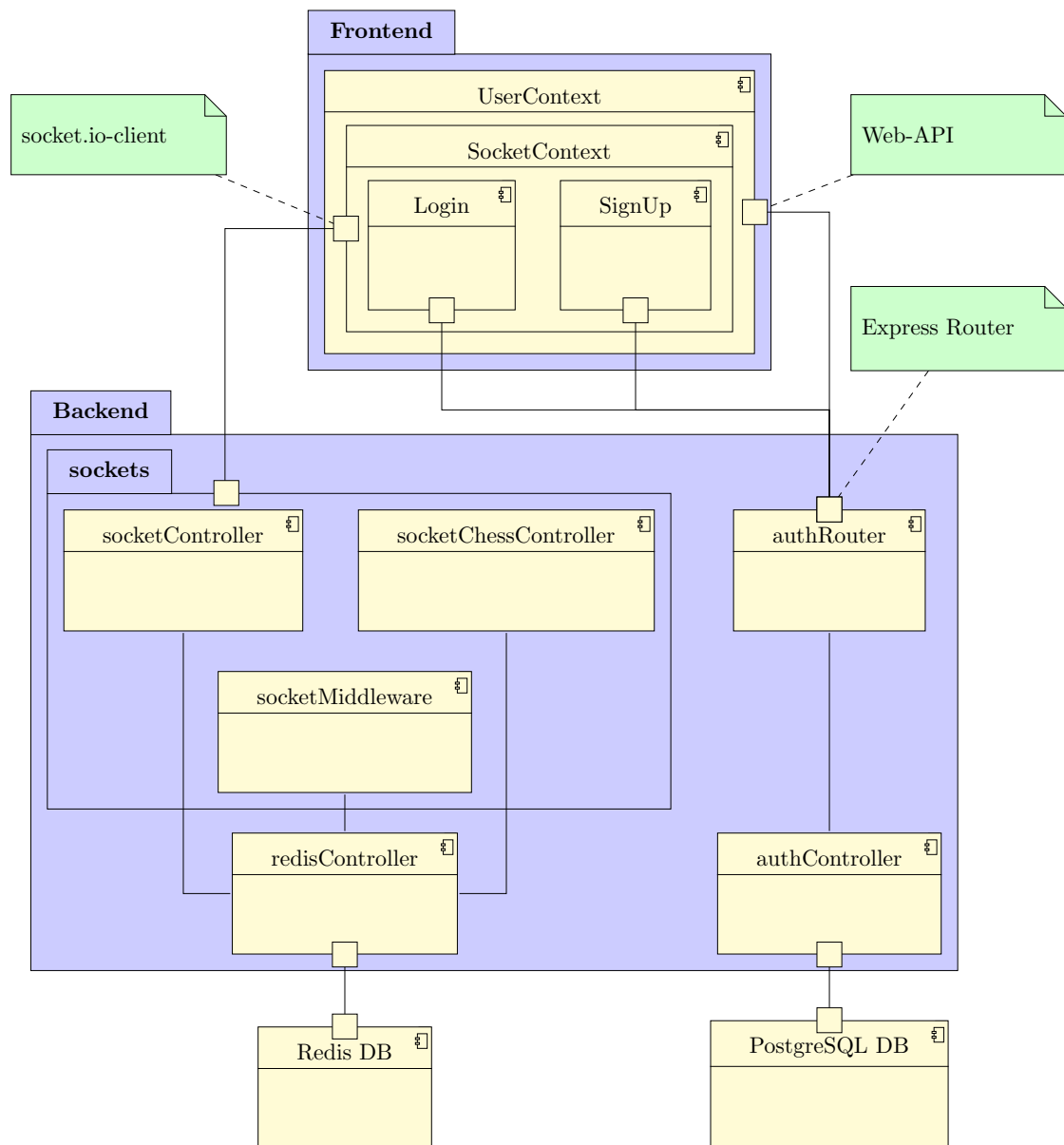


Abbildung 3.1: Komponentendiagramm der Anwendung

deren Spieler erst verspätet ankommt können sich die Zeiten der beiden Spieler erheblich unterscheiden. Es stellt sich die Frage, welche dieser Zeiten jetzt gültig ist. Trivialerweise entsteht das gleiche Problem bei einer verzögerten Zustellung. Wenn die Zeit auf einem Client bereits abgelaufen wäre, könnte sie auf dem anderen noch weiterlaufen. Hat der Spieler dann gewonnen oder nicht?

Um dieses Problem zu umgehen liegt die einfachste Lösung darin, eine serverseitige Schachuhr einzuführen. Diese Uhr bestimmt die aktuellen Zeiten. Wenn ein Zug im

Backend ankommt, wird die auf dem Server gültige Zeit an die Clients gesendet. Dadurch gibt es keine Unklarheiten hinsichtlich der aktuellen Zeit. Wenn eine Zeit auf dem Server abläuft wird dies durch ein Event mitgeteilt. Es kann zwar vorkommen, dass bei den Clients zu dem Zeitpunkt noch Zeit übrig ist, wenn das letzte Event aufgrund einer schlechten Verbindung verspätet eingetroffen ist, aber dieses Problem ist unvermeidbar. Durch dieses Konzept umgeht man auch das Problem, dass Client seitiger Code im Browser manipulierbar sein kann und dadurch die Schachuhren beeinflussbar wären. Wie die Schachuhren konkret funktionieren wird in den nachfolgenden Kapiteln behandelt.

3.4 Frontend-Architektur

Das Frontend der Anwendung wurde unter Verwendung von React (Abschnitt 2.2.3), Socket.io (Abschnitt 2.2.2) und weiteren Bibliotheken aus Abschnitt 2.2.5 entwickelt. In diesem Kapitel werde ich die unterschiedlichen React-Komponenten vorstellen und erläutern, wie sie zusammenarbeiten, um bestimmte Funktionen zu erfüllen und sowohl untereinander als auch mit dem Backend kommunizieren.

Die Ordnerstruktur (Abbildung 3.2) ist wie folgt aufgebaut:

- **public:** In diesem Ordner befinden sich statische Ressourcen, wie zum Beispiel Bilder des Logos, die von der Anwendung verwendet werden.
- **components:** Dieser Ordner enthält alle React-Komponenten, die für die Anwendung verwendet werden. Sie sind modular und stellen jeweils nur ein Teil eines User Interfaces dar.
- **contexts:** Hier befinden sich die React Contexts, die zum Verwalten von globalen Zuständen und Kommunikationsschnittstellen verwendet werden.
- **themes:** Dieser Ordner enthält Dateien, die für das Design und die Anpassung des Aussehens der Anwendung mittels Chakra UI verantwortlich sind.
- **utils:** In diesem Ordner befinden sich Hilfsdateien, die ausgelagerte Funktionen zur Verfügung stellen.
- **views:** Dieser Ordner enthält die verschiedenen Seiten der Anwendung. Zu diese Seiten kann mit Hilfe des React-Routers über verschiedene Pfade navigiert werden. Diese Seiten verwenden teilweise die Komponenten aus dem components-Ordner, um eine vollständige Benutzeroberfläche darzustellen.

3.4.1 React-Komponenten

Der hierarchische Aufbau der React-Komponenten in Abbildung 3.3 zeigt die Struktur und Verschachtelung der Anwendung für angemeldete Benutzer. Nicht angemeldete Benutzer sehen lediglich die Komponenten ActiveGames und FriendList nicht, während der

```
client/
├── public/
│   ├── Gambit dark.png
│   ├── Gambit light.png
│   ├── Gambit springer.png
│   ├── index.html
│   ├── manifest.json
│   └── robots.txt
├── src/
│   ├── components/
│   │   ├── ActiveGames.js
│   │   ├── AddFriendModal.js
│   │   ├── Chat.js
│   │   ├── ChessClock.js
│   │   ├── Friend.js
│   │   ├── FriendList.js
│   │   ├── FriendRequest.js
│   │   ├── GameRequests.js
│   │   ├── Navbar.js
│   │   └── PromotionModal.js
│   ├── contexts/
│   │   ├── AccountContext.js
│   │   ├── SocketContext.js
│   │   └── tests/
│   ├── themes/
│   │   └── Theme.js
│   ├── utils/
│   │   └── ChessLogic.js
│   ├── views/
│   │   ├── ChessGame.js
│   │   ├── Home.js
│   │   ├── Login.js
│   │   └── Signup.js
│   ├── App.js
│   ├── index.js
│   └── Views.js
└── package.json
```

Abbildung 3.2: Ordnerstruktur des Frontends

restliche Aufbau gleich bleibt. In diesem Abschnitt werden die wichtigsten Komponenten und ihre Funktionen innerhalb der Anwendung erläutert.

- **AccountContext:** Stellt Informationen über den Benutzerstatus allen Folgenden

Komponenten mittels eines React-Contexts zur Verfügung. Diese Informationen beinhalten, ob ein Benutzer angemeldet ist und falls er das ist seinen Benutzernamen.

- **SocketContext:** In diesem React Context wird eine Socket.io Verbindung mit dem Server hergestellt und allen darauf folgenden Komponenten bereitgestellt.
- **ChakraBaseProvider und ColorModeScript:** Diese importierten Komponenten von ChakraUI stellen die Funktionen zum designen bereit. Dazu gehören beispielsweise das Verwenden des globalen Zustands des Farbschemas (dunkel oder hell) oder das Zugreifen auf definierte Stile.
- **Views:** Diese Komponente beinhaltet das User Interface. Mit Hilfe des React-Routers werden hier die Komponenten des `view`-Ordners unter einem bestimmten Pfad definiert. Des weiteren beinhaltet es die Komponenten `GameRequest` und `Navbar`, welche durch die Definition in dieser Komponente auf jedem Pfad vorhanden sind.
 - **Navbar:** Die Navigationsleiste besteht aus dem Logo und einem Button zum wechseln des Farbschemas. Je nachdem, ob ein Benutzer angemeldet ist oder nicht beinhaltet es noch Buttons zum Anmelden, Registrieren oder Abmelden (siehe Abbildungen 3.4 & 3.5).
 - **GameRequests:** Diese Komponente ist dafür Verantwortlich beim Eingang einer Spielanfrage eines Freundes, dieses als Modal darzustellen und bietet die Möglichkeit diese Anfrage zu beantworten (siehe Abbildung 3.6).
- **Home:** Diese Komponente stellt die Startseite dar und enthält die Buttons zum Starten eines Spiels mit verschiedenen Schachuhr Konfigurationen (siehe Abbildung 3.4). Diese Buttons sind in einigen online Schachplattformen (Beispielsweise `lichess.org`) bereits gängig und benötigen keine zusätzliche Erklärung. Ist ein Benutzer angemeldet sind auch noch die Komponenten `ActiveGames` und `FriendList` auf der rechten Seite vorhanden (siehe Abbildung 3.5).
 - **ActiveGames:** `ActiveGames` ist eine Komponente die alle derzeit aktiven Spiele mit den Informationen der Benutzernamen und wer welche Farbe spielt als Buttons darstellt (siehe Abbildung 3.5). Beim klicken auf einen dieser Buttons wird zu der aktiven Partie navigiert.
 - **FriendList:** Diese Komponente verwaltet alle Freunde und Freundschaftsanfragen eines Benutzers, während die Darstellung und Interaktion die Unterkomponenten *Friend* und *FriendRequest* übernehmen. Die Funktionsweise der Komponente mit seinen Unterkomponenten wird in Abschnitt 3.4.4 erläutert.
 - * **Friend:** Übernimmt die Darstellung eines Freundes. Mittels eines farbigen Punktes ist erkennbar, ob dieser Freund gerade online ist (grün) oder nicht (rot) (siehe Abbildung 3.5). Ist er online erscheint noch mindestens ein weiterer Button. Es beinhaltet ein Icon in Form von gekreuzten

Schwertern und einem Schild. Dies hat die Funktion einen Freund zu einem Spiel herauszufordern. Falls dieser Freund gerade ein aktives Spiel hat erscheint noch ein zweiter Button mit einem Auge als Icon, welches den Benutzer zu dem aktiven Spiel des Freundes als Zuschauer navigiert.

- * **FriendRequest:** Eine Freundschaftsanfrage wird mittels dieser Komponente dargestellt und beantwortet (siehe Abbildung 3.5).
 - * **AddFriendModal:** Mit Hilfe dieser Komponente können Freundschaftsanfragen unter Angabe des Benutzernamens versendet werden (siehe Abbildung 3.17).
- **Login & SignUp:** Komponenten, die das Anmelden und Registrieren mittels Formularen mit Formik und Yup (siehe Abschnitt 2.2.5) ermöglichen und mit dem Server zur Authentifizierung kommunizieren (siehe Abbildungen 3.7 & 3.8). Diese Komponenten befinden sich unter dem Pfad `/login`, beziehungsweise `/signup`.
 - **ChessGame:** Die Komponente ChessGame ist das Herzstück der Anwendung, da dort das eigentliche Schachspiel stattfindet. Die ChessGame Komponente wird durch den Pfad `/game/:roomId` gerendert und holt sich durch die `roomId` die Spieldaten vom Backend. In der Abbildung 3.9 ist eine beispielhafte Komponente zu sehen. Auf der rechten Seite neben dem Brett befindet sich die *ChessClock* Komponente und daneben befindet sich die *Chat* Komponente. Das Spielfeld und die Figuren entstehen durch die Bibliothek chessground, während die Spiellogik hinter dem Schachspiel von chess.js verwaltet wird (siehe Abschnitt 2.2.5). Eine detaillierte Beschreibung, was in der Komponente beim spielen oder empfangen eines Zugs passiert befindet sich im Abschnitt 3.4.3.
 - **ChessClock:** ChessClock ist eine Komponente, die die Verwaltung und Darstellung der Schachuhren übernimmt.
 - **Chat:** Die Chat Komponente repräsentiert einen simplen gehaltenen Chat in dem die beiden Spieler kommunizieren können. Zuschauer können ihn lesen, allerdings nichts selber schreiben, da sie Tipps geben könnten.
 - **PromotionModal:** Über dieses Modal lässt sich bei einer Bauernumwandlung eine Figur auswählen, welche den Bauern ersetzen soll (siehe Abbildung 3.10).

3.4.2 Authentifizierung

Die Authentifizierung findet in drei Komponenten statt: Dem *UserContext* und den *Login*- und *SignUp*-Komponenten. Die Authentifizierung im Backend, wird in Abschnitt 3.5.1 erläutert. Konkrete Einzelheiten und Code-Beispiele werden in Abschnitt 4.1.1 vorgestellt.

Der *UserContext* beinhaltet den State `user`, der den Komponenten zur Verfügung gestellt wird. Nach dem rendern der Komponente wird im *UserContext* eine GET HTTP

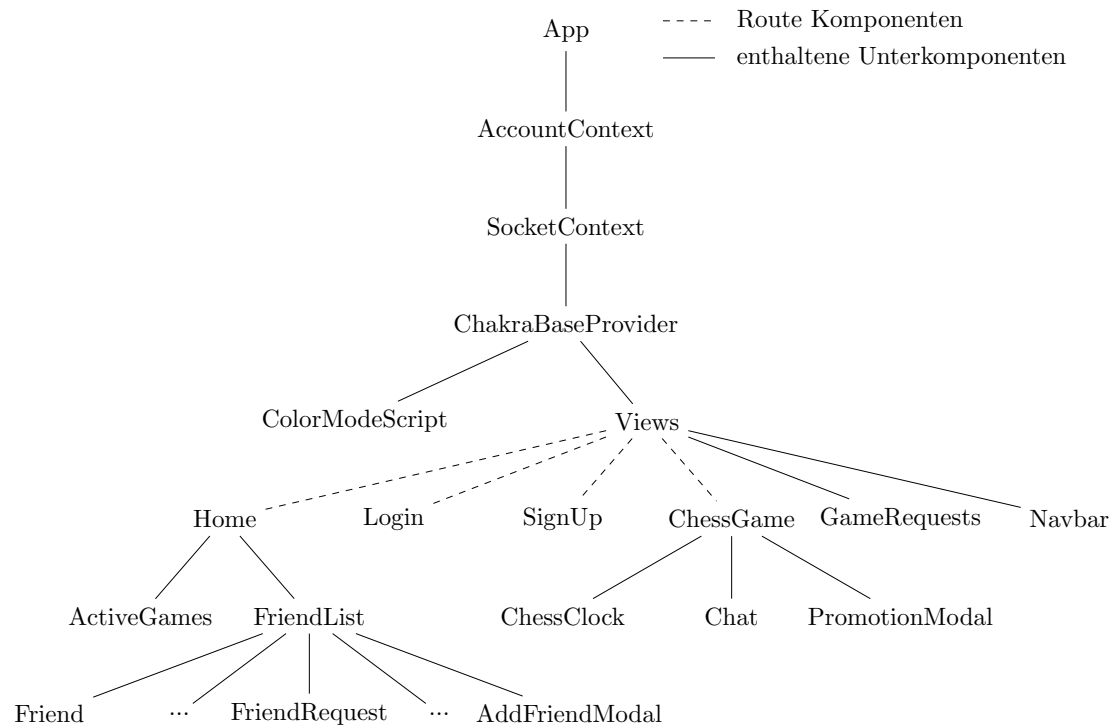


Abbildung 3.3: Aufbau der React-Komponenten für angemeldete Benutzer

Anfrage an den Server unter dem Pfad `/auth/login` gesendet. Diese beinhaltet, falls vorhanden, den Cookie mit dem auf dem Server authentifiziert werden kann. Daraufhin sendet der Server die Antwort, ob der Benutzer angemeldet werden konnte oder nicht und wenn ja, dann seinen Benutzernamen. Dies wird in den `user-State` gesetzt.

Die Authentifizierung der `Login`- und `SignUp`-Komponenten ist simpel gehalten. Mittels Formik und Yup (siehe Abschnitt 2.2.5) werden die Formulare überprüft und gegebenenfalls als POST HTTP Anfrage unter `/auth/signup` oder `/auth/login` an den Server gesendet. Falls es dabei auf dem Server einen Fehler gab, wird die Fehlermeldung angezeigt oder man erhält als Antwort die Benutzerdaten, welche in den `UserContext` gespeichert werden (siehe Abbildungen 3.7 & 3.8).

3.4.3 Das Schachspiel

In diesem Kapitel werde ich näher darauf eingehen wie das Schachspiel im Frontend verwaltet und aktualisiert wird. Die Vorgehensweise im Backend und das Zusammenspiel bei der Gegner Suche befindet sich in Abschnitt 3.5.2.

Das Schachspiel und die zugehörigen Schachuhren sind getrennt gehalten um die Modularität und Wartbarkeit zu erhöhen. Die Schachuhren und das Spiel haben jeweils eigene Events die sie empfangen und senden und kommunizieren nur bei der Initialisierung miteinander und sonst nur mit dem Server.

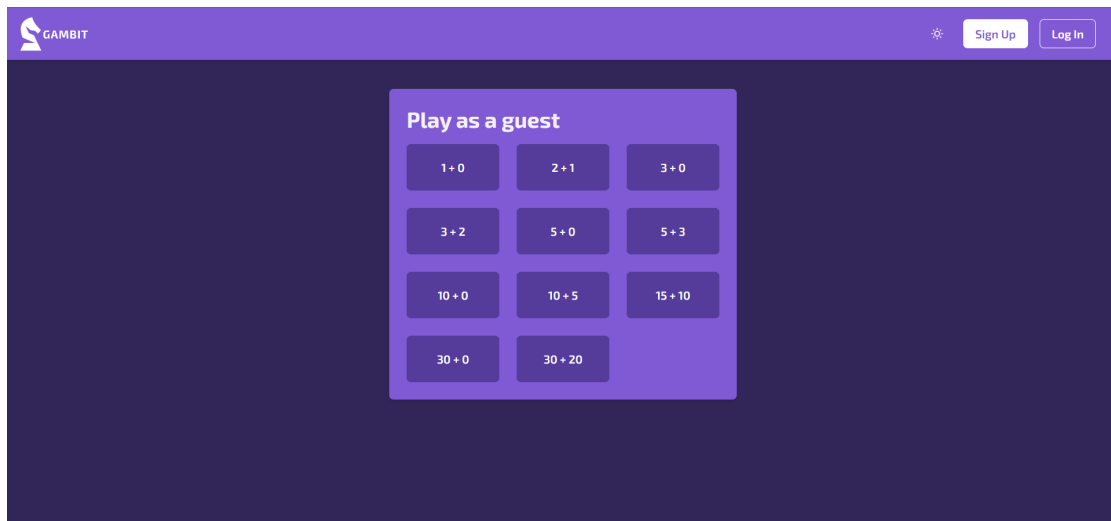


Abbildung 3.4: Home und Navbar Komponente eines nicht angemeldeten Benutzers im dunklen Farbschema

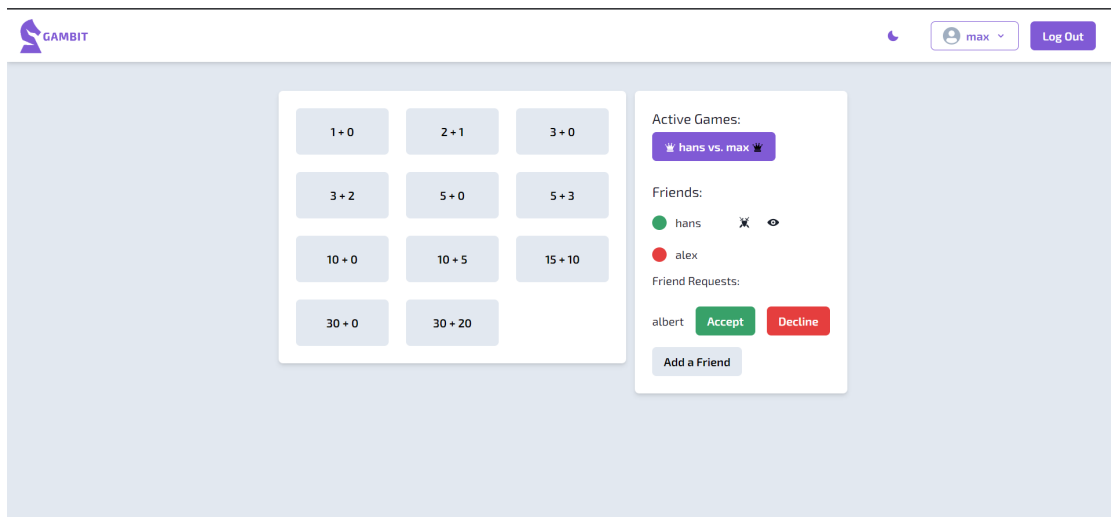


Abbildung 3.5: Home und Navbar Komponente eines angemeldeten Benutzers im hellen Farbschema

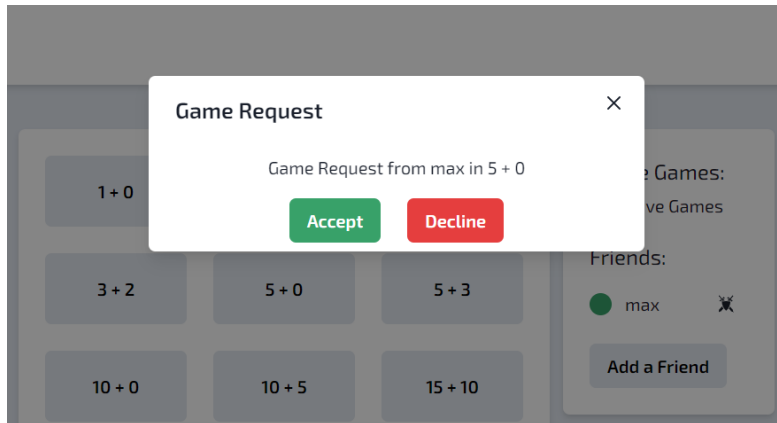


Abbildung 3.6: Das Modal der Komponente GameRequest in hellem Farbschema

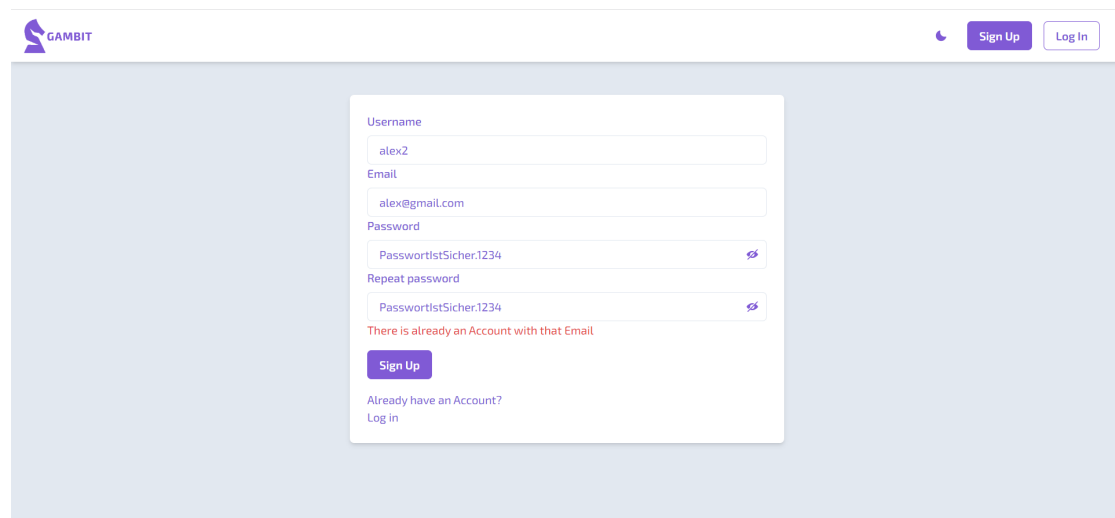


Abbildung 3.7: Beispiel einer SignUp-Komponente mit bereits verwendet E-Mail Adresse

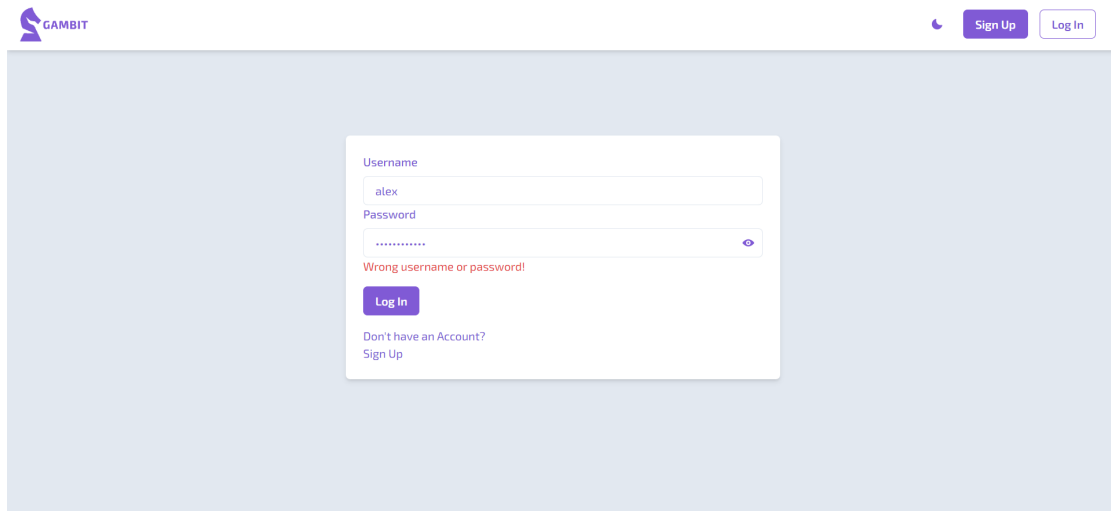


Abbildung 3.8: Beispiel einer Login-Komponente mit ungültigen Daten



Abbildung 3.9: Beispiel einer ChessGame-Komponente

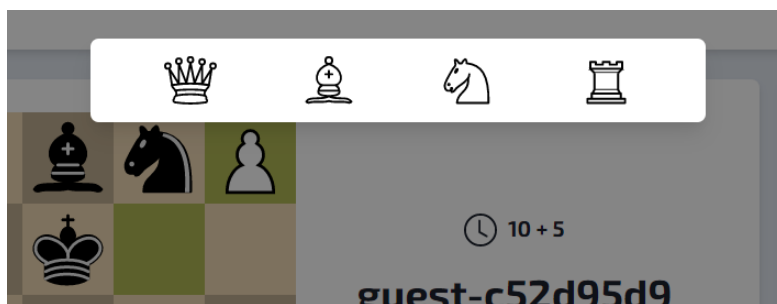


Abbildung 3.10: Das Modal der Komponente PromotionModal

Das Starten eines Schachspiels

Um eine Schachpartie zu starten können entweder die Buttons in der Mitte des Bildschirms der *Home*-Komponente (siehe Abbildung 3.5) oder die Herausforderung zu einer Partie eines Freundes verwendet werden.

Beim klicken auf eines der Zeitkonfigurations-Buttons in der *Home*-Komponente wird das Event `find_game` mit dem aktuellen Benutzerzustand der *UserContext*-Komponente und der Auswahl der Zeitkonfiguration gesendet. Solange man auf einen zufälligen Gegner wartet erscheint ein Lade-Bildschirm, mit einem Button um den Suchvorgang eines Gegners abzubrechen (siehe Abbildung 3.11). Bei solch einem Abbruch wird das Event `leave_queue` mit der Zeitkonfiguration gesendet.

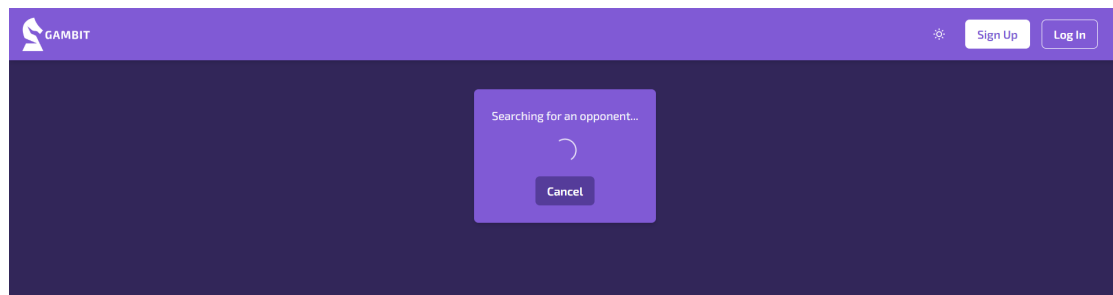


Abbildung 3.11: Lade-Bildschirm beim Starten eines Spiels mit den Buttons der *Home*-Komponente

Wurde ein Gegner für diese Zeitkonfiguration gefunden, wird in der *Home*-Komponente das Event `joined_game` mit einer ID unter der das Spiel stattfindet (In Zukunft wird die ID eines Schachspiels *roomId* genannt) und gegebenenfalls einen Gast Benutzernamen empfangen und man wird zu dem Pfad `/game/roomId` weitergeleitet, auf dem eine entsprechende *ChessGame*-Komponente das Schachspiel initialisiert.

Wie man einen Freund zu einer Partie herausfordert und was passiert wenn der Freund die Anfrage akzeptiert oder ablehnt wird in Abschnitt 3.4.4 erläutert, da dies eine Funktion ist, welche in der *Friend*-Komponente stattfindet.

Wenn man selbst eine Anfrage erhält wird dies mittels der *GameRequest*-Komponente dargestellt (siehe Abbildung 3.6). Diese besteht aus einer Liste aller gültigen Anfragen zu einer Partie und hat Listener auf die Events `game_request` und `cancel_game_request`. Das Event `game_request` empfängt eine Anfrage zu einer Partie mit den Informationen um welche Zeitkonfiguration es sich handelt und wer der Herausforderer ist. Diese wird ganz einfach der Liste hinzugefügt.

Das Event `cancel_game_request` wird empfangen, sobald der Freund seine Anfrage zurück zieht. Es enthält den Benutzernamen des Spielers, der die Anfrage gesendet hat und diese Anfrage wird aus der Liste der Anfragen entfernt.

Gesendet werden kann das Event `game_request_response` mit den Informationen um welche Anfrage es sich handelt und ob man die Anfrage akzeptiert oder ablehnt.

Das Spiel

Das Schachspiel findet in der Komponente *ChessGame* statt. Nach dem rendern der Komponente wird das `get_game_data` Event mit der `roomId` des Spiels und einer Callback Methode gesendet, die die Daten des Spiels beinhaltet, falls dieses existiert. Falls diese Partie nicht im Backend existiert, also keine Daten gesendet werden, wird der Benutzer darauf hingewiesen (siehe Abbildung 3.12).

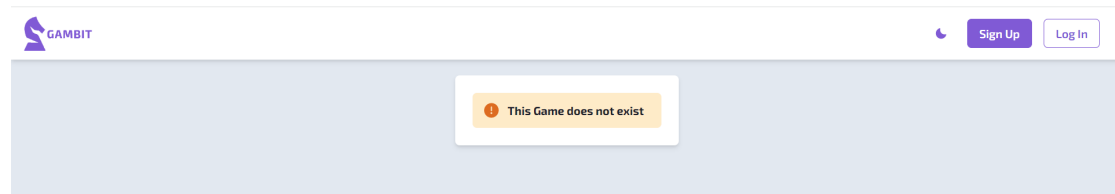


Abbildung 3.12: Benachrichtigung, falls kein Spiel unter der `roomId` gefunden werden konnte

Die Daten die gesendet werden umfassen folgendes:

- Der Namen des weißen und des schwarzen Spielers.
- Welcher Zeitmodus gespielt wird (z.B.: 5 + 3, 10 + 5, ...)
- Die aktuelle Stellung der Partie
- Die bisherigen Nachrichten im Chat.
- Die aktuelle Phase des Spiels: Dabei gibt es die vier Möglichkeiten, dass die Startzeit von Schwarz oder Weiß läuft oder dass die reguläre Zeit von Schwarz oder Weiß läuft.
- Die aktuellen Zeiten der Spieler.

Dieses Einholen der Informationen wird für den Fall benötigt, dass die Seite geladen wird, nachdem das Spiel bereits in Gang ist. Außerdem kann dadurch jede Person, die den Link der Partie eingibt oder durch einen Freund dort landet der Partie zuschauen. Aufgrund der gesendeten Namen der Spieler wird entschieden, ob man ein Zuschauer oder ein Spieler ist. Dafür werden die Benutzernamen mit dem eigenen Benutzernamen im *UserContext* verglichen. Doch was passiert wenn man eine Partie als unangemeldeter Benutzer spielt und deshalb keinen Benutzernamen im *UserContext* hat?

Bei dem Event `joined_game` (siehe Abschnitt 3.4.3) wird der Gast-Benutzername des Spielers gesendet und in `location.state` gesetzt¹. Dadurch kann in der *ChessGame*-Komponente darauf zugegriffen werden und es kann überprüft werden, ob es sich um einen Spieler oder Zuschauer handelt.

¹Quelle: <https://github.com/remix-run/history/blob/main/docs/api-reference.md#locationstate> am 04. Mai 2023

Dem entsprechend wird auch bestimmt wie das Schachbrett, die Namen und die Schachuhren ausgerichtet sind. Ist man Zuschauer wird in chessground definiert, dass man keine Figuren bewegen kann und es gibt kein input Feld für den Chat, sodass man keine Nachrichten abschicken kann. Dies verhindert, dass ein Zuschauer Tipps geben könnte. Zum Spielen der Partie werden folgende Listener definiert:

- **opponent_move**: Dient zu Empfangen eines Zugs eines Spielers.
- **checkmate**: Ein Event welches bei Schachmatt mit dem Benutzernamen des Gewinners empfangen wird.
- **time_over**: Ist eine Benachrichtigung, dass die Zeit eines Spielers abgelaufen ist.
- **draw**: Kommuniziert ein Patt der Partie.
- **resigned**: Signalisiert, dass ein Spieler aufgegeben hat.
- **cancel_game**: Das Spiel wird aufgrund der abgelaufenen Startzeit abgebrochen.

Die Events **checkmate**, **time_over**, **draw**, **resigned** und **cancel_game** beschreiben alle das Ende des Schachspiels. In ihren Listnern wird definiert, dass man keine Figur des Schach Interfaces von chessground mehr bewegen darf und man wird über den Ausgang des Spiels in Form von einem Toast benachrichtigt (siehe Abbildung 3.13).

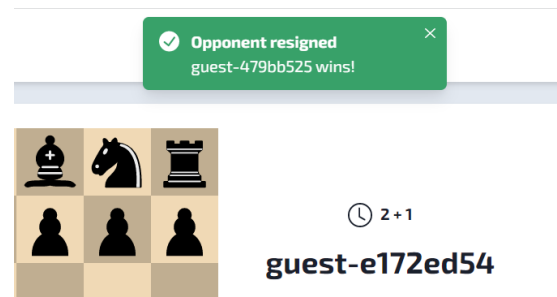


Abbildung 3.13: Beispiel eines Toasts, falls der Gegner aufgegeben hat

Der Ablauf beim Empfangen eines neuen Zugs ist im Aktivitätsdiagramm in Abbildung 3.15 dargestellt. Die Bauernumwandlung und das en passant müssen separat behandelt werden, da chessground nur das Schach-Interface zur Verfügung stellt und bei diesen beiden Zusatzregeln andere Figuren ersetzt oder entfernt werden, als bei regulären Zügen. Das Aktualisieren möglicher Züge beinhaltet, dass chessground alle möglichen Züge von chess.js übertragen bekommt, welches zur Folge hat, dass bei einem Klick auf eine Figur korrekt angezeigt wird wohin diese Figur ziehen könnte und auch nur auf diese Felder kann diese Figur bewegt werden (siehe Abbildung 3.9).

Gesendet werden können die Events: **new_move** zum senden eines Zugs, **resign** zum Aufgeben der Partie und **leave_room**, wenn der Spieler die *ChessGame* Komponente verlässt. Das **leave_room**-Event ist insofern wichtig, als dass es ermöglicht mehrere Spiele

gleichzeitig zu spielen. Wenn der Spieler eine Partie verlässt und eine zweite Partie startet und weiterhin die Events des ersten Spiels empfängt kann es zu Problemen kommen, da die Listener der neuen Partie die Events der alten Partie empfangen. Durch das Verlassen des Raums wird gewährleistet, dass ein Spieler immer nur die Events zu dem Spiel empfängt, auf dem er sich gerade befindet.

Ein Aktivitätsdiagramm des Sendens eines Zugs befindet sich in Abbildung 3.14. Genau wie bei dem Empfangen eines Zugs wird auch beim Senden zwischen Bauernumwandlung und En Passant unterschieden. Der einzige Unterschied ist, dass bei der Bauernumwandlung nach dem Setzen des Zugs noch mittels der *PromotionModal*-Komponente ausgewählt werden muss, in welche Figur sich der Bauer umwandeln soll, bevor der Zug gesendet wird.

Das Event zum Aufgeben wird nach dem klicken des „resign“ Buttons gesendet.

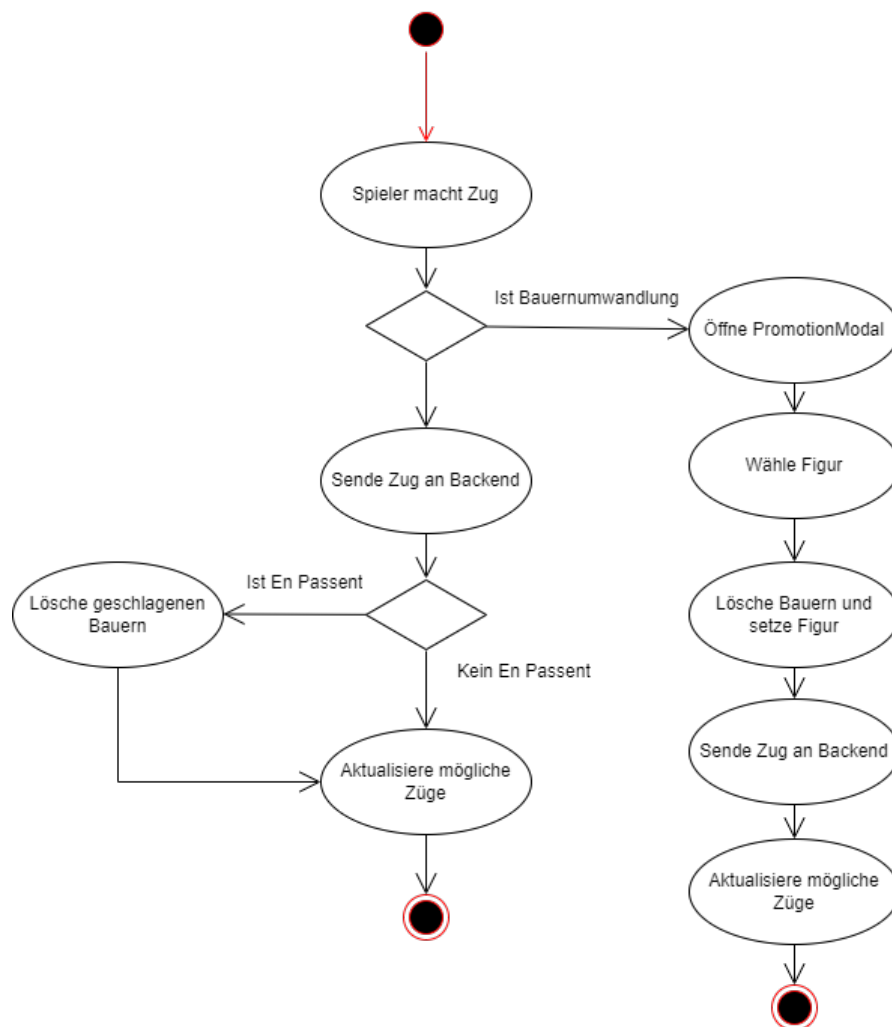


Abbildung 3.14: Aktivitätsdiagramm eines Schachzugs

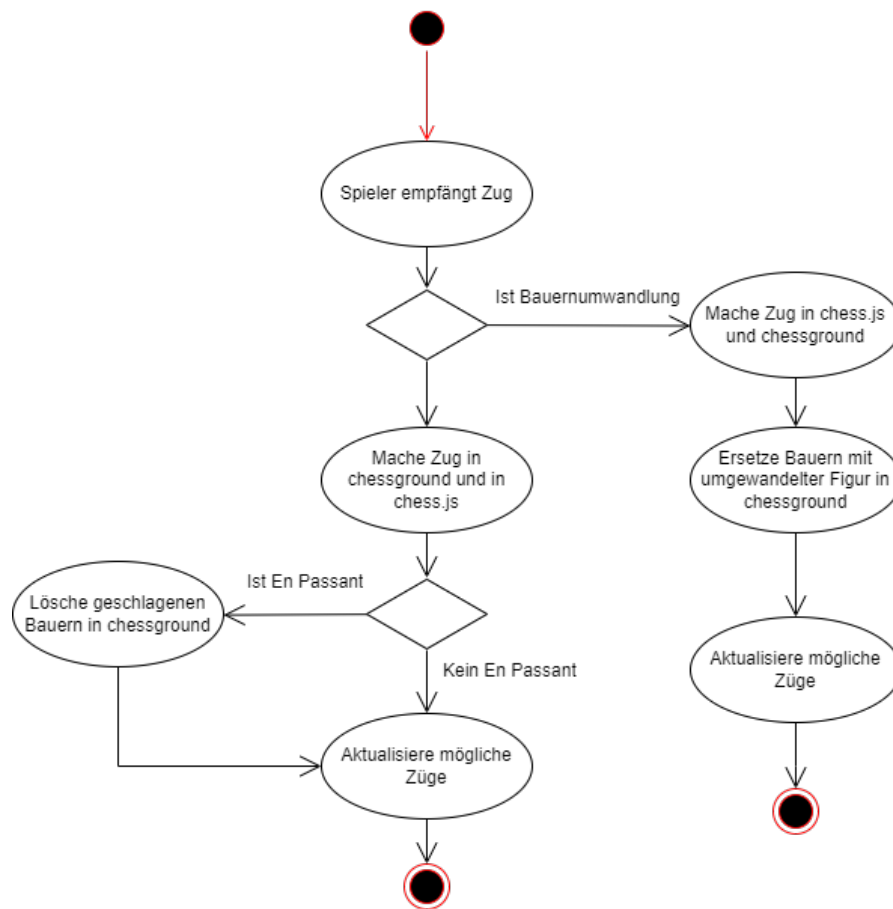


Abbildung 3.15: Aktivitätsdiagramm eines empfangenen Schachzugs

Die Uhr

Die *ChessClock* Komponente bekommt von *ChessGame* als Props die aktuelle Phase der Partie, die jeweiligen aktuellen Zeiten und die Ausrichtung, welche Zeit oben bzw. unten gezeigt werden soll. Neben der regulären Schach Zeit gibt es noch eine Startzeit, welche während des ersten Zugs jedes Spielers abläuft, um zu gewährleisten, dass das Spiel auch erst wirklich startet sobald beide Spieler bereit sind. Läuft die Startzeit ab wird das Spiel abgebrochen (siehe Abschnitt 2.1). Diese Startzeit ist die lila eingefärbte Zeit in Abbildung 3.9.

Die Komponente sendet keine Events, sondern hört nur auf die folgenden:

- **updated_time:** Dieses Event wird vom Backend gesendet, sobald ein Zug gemacht wurde und enthält die aktuellen Zeiten der Spieler nach dem Zug und welcher Spieler jetzt am Zug ist. Dementsprechend werden die Zeiten aktualisiert und die Uhr des Spielers, welcher jetzt dran ist wird gestartet.
- **stop_starting_time_white:** Stoppt die Startzeit des weißen Spielers und startet

die Startzeit des schwarzen Spielers.

- **stop_starting_time_black:** Stoppt die Startzeit des schwarzen Spielers und lässt die reguläre Zeit des weißen Spielers beginnen.
- **stop_clocks:** Wird bei Beendung des Spiels empfangen und stoppt die aktive Uhr.

Der Chat

Die *Chat*-Komponente bekommt als props alle bisher gesendeten Nachrichten, die roomId unter der das Spiel stattfindet, die Information ob es sich um einen Zuschauer handelt und gegebenenfalls den Gastnamen, falls es sich um einen nicht angemeldeten Benutzer handelt. Handelt es sich um einen Zuschauer wird das Input-Feld der Komponente nicht angezeigt, um keine Nachrichten schreiben zu können. Die Komponente ist relativ simpel und sendet das Event **send_message**, um eine Nachricht zu senden und empfängt eine Nachricht mit dem **message** Event. Eine Nachricht beinhaltet immer den Namen des Versenders, die Nachricht als String und die roomId des Spiels. Je nachdem ob der Versender der Nachricht mit dem eigenen Namen übereinstimmt wird die Nachricht unterschiedlich ausgerichtet und eingefärbt (siehe Abbildung 3.9).

3.4.4 Verwaltung von Freunden

Die Verwaltung und Darstellung (siehe Abbildung 3.5) von Freunden und Freundschaftsanfragen obliegt der *FriendList*-Komponente. Diese beinhaltet die Unterkomponenten *Friend*, *FriendRequest* und *AddFriendModal*.

FriendList-Komponente

FriendList verwendet zwei States in Form von Arrays: **friends** und **friendRequests**. Je ein Element dieser Listen wird durch eine *Friend*-, beziehungsweise *FriendRequest*-Komponente dargestellt und verwaltet. Dabei werden die Freunde je nachdem ob sie online sind oder nicht sortiert. *FriendList* hört dabei auf die folgenden Events:

- **friend_request_accepted:** Enthält Daten eines neuen Freundes, welcher deine Freundschaftsanfrage angenommen hat. Dieser wird der Freundesliste hinzugefügt.
- **friend_request:** Eingang einer neuen Freundschaftsanfrage. Wird der Liste der Freundschaftsanfragen hinzugefügt.
- **connected:** Dieses Event wird empfangen, falls ein Freund offline, beziehungsweise online geht. Der betreffende Freundes-Eintrag in der Freundesliste wird aktualisiert.

Zum Holen der Listen werden die zwei Events **get_friends** und **get_friend_requests** jedes Mal gesendet, wenn auf die *Home*-Komponente navigiert wird. Diese beiden Events empfangen mittels Callback-Funktionen alle Daten über die Freunde und Freundschaftsanfragen. Dies ist nötig, damit, falls beispielsweise nach einer Schachpartie wieder auf die *Home*-Komponente navigiert wird, die Daten der Freunde aktualisiert werden.

Friend-Komponente

Diese Komponente stellt einen Freund dar. Es kriegt als props den Benutzernamen, die aktiven Spiele und seinen online Status übergeben. Sie hat zwei Grundlegende Funktionen: Das Zuschauen einer Partie eines Freundes und das Herausfordern zu einer Partie. Beim Herausfordern eines Freundes sind genau die gleichen Schachuhren möglich, wie bei der Suche eines zufälligen Gegners und das Zuschauen ist aufgebaut wie bei der *ActiveGames*-Komponente. (siehe Abbildung 3.16)

Diese beiden Funktionen sind nur verfügbar, falls der Freund gerade online ist, welches über einen grünen Punkt ersichtlich ist und zum Zuschauen benötigt der Freund trivialerweise mindestens ein aktives Spiel.

Die Komponente hat zwei Eventlistener: `game_request_accepted` und `game_request_denied`, welche einen Toast darstellen und den Spieler gegebenenfalls zu dem Spiel navigieren.

Senden tut die Komponente zwei Events: `send_game_request` und `cancel_game_request`.

Wurde eine Herausforderung zu einer Partie versendet, erscheint ein Lade-Bildschirm, bis der Spieler die Anfrage angenommen, beziehungsweise abgelehnt hat. Entscheidet sich der Spieler davor doch nicht mehr gegen den Freund zu spielen, kann er auf den „Cancel“ Button klicken und die Spielanfrage wird zurückgenommen.



Abbildung 3.16: Das Herausfordern und Zuschauen bei Freunden

FriendRequest-Komponente

Die *FriendRequest*-Komponente stellt eine Freundschaftsanfrage dar und erhält ebenfalls seine Daten von der *FriendList*-Komponente, wozu auch die Funktionen `setFriends` und `setFriendRequest` zählen, um die Listen der *FriendList*-Komponente zu ändern. Es hört auf keine Events, sendet allerdings zwei Events: `accept_friend_request` und `decline_friend_request`. Die Behandlung dieser Events im Backend wird in Abschnitt 3.5.3 erläutert. War das Akzeptieren, beziehungsweise das Ablehnen der Anfrage erfolgreich wird die Freundschaftsanfrage aus der Liste gelöscht und zusätzlich wird gegebenenfalls der neue Freund der Freundesliste hinzugefügt. Dieser wird mittels Callback Funktion empfangen.

AddFriendModal-Komponente

Diese Komponente besteht aus einem Button und einem Modal, das sich öffnet, falls man den Button anklickt. In diesem Modal kann man einen Benutzernamen angeben, an den die Freundschaftsanfrage verschickt werden soll. Das Versenden einer Freundschaftsanfrage wird mittels des `send_friend_request`-Events behandelt. Es beinhaltet eine Callback-Funktion, welche entgegennimmt, ob die Versendung erfolgreich war und wenn nicht, dann eine Fehlermeldung, warum es nicht möglich war die Freundschaftsanfrage zu versenden (siehe Abbildung 3.17). Wie das Backend eine neue Freundschaftsanfrage behandelt wird in Abschnitt 3.5.3 erläutert.

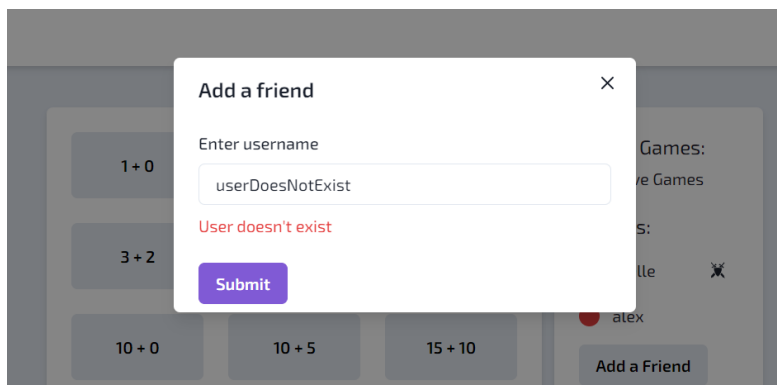


Abbildung 3.17: Das Modal der *AddFriendModal*-Komponente mit Fehlermeldung

3.4.5 Anzeigen und navigieren zu aktiven Partien

Falls man eine aktive Schachpartie spielt und aus Versehen den Browser schließt, auf die Startseite navigiert oder ähnliches gäbe es keine Möglichkeit auf das Spiel zurück zu kehren, es sei denn man hat den Link oder die `roomId` des Spiels gespeichert. Um es möglich zu machen auf aktive Spiele schnell wieder zurück zu kehren, ohne die `roomId` der Partie zu kennen, gibt es die Unterkomponente *ActiveGames* in der *Home*-Komponente (siehe Abbildung 3.5). Diese Komponente macht es möglich zu verfolgen welche offenen Spiele man gegen wen in welcher Farbe hat und man kann leicht wieder zu diesen Spielen navigieren, indem man auf den Button klickt.

Es sendet das Event `get_active_games`, welches mit einer Callback Funktion eine Liste aller aktiven Spiele empfängt. Dieses Event wird, wie bei dem Event `get_friends` von der *FriendList*-Komponente (siehe Kapitel 3.4.4), jedes mal gesendet, wenn auf die *Home*-Komponente navigiert wird, um die Liste der aktiven Spiele zu aktualisieren. Ist die Liste leer, wird nur „No active Games“ angezeigt. Ansonsten wird jedes aktive Spiel der Liste mit einem Button dargestellt, auf deren klick man zu dem Spiel navigiert wird.

3.5 Backend-Architektur

Das Backend basiert auf Node.js mit dem Express Framework. Des weiteren werden als Schnittstellen mit dem Frontend eine Web-API für HTTP Anfragen und ein Socket.io Server bereitgestellt. Das Backend kommuniziert mit zwei Datenbanken: einer PostgreSQL Datenbank für die Benutzerverwaltung und eine Redis Datenbank für häufig aktualisierte und angefragte Daten.

Die Ordnerstruktur des Backends (Abbildung 3.18) ist auf dieser Weise aufgebaut:

- **auth:** Dieser Ordner beschäftigt sich sowohl mit der Schnittstelle der Web-API-Kommunikation mit dem Frontend, als auch deren Behandlung und dem Austausch mit der PostgreSQL Datenbank. Diese Schnittstellen dienen bloß der Anmeldung und Registrierung eines Benutzers.
- **chess:** Stellt ein chess.js Schachspiel und die serverseitige Schachuhr zur Verfügung.
- **redis:** Dient als Schnittstelle und Verwalter von Operationen auf der redis Datenbank.
- **sockets:** Stellt Middleware für die Verbindungsherstellung und Listener für die Kommunikation zwischen Frontend und Backend bereit.
- **index.js:** Initialisiert den Server mit seinen Schnittstellen.

3.5.1 Authentifizierung

Die Authentifizierung eines Benutzers läuft über HTTP Anfragen an die Web-API und einer PostgreSQL Datenbank. Nachdem die erste Authentifizierung stattgefunden hat wird die Socket.io Verbindung des Clients hergestellt, in der die Socket Verbindung nochmals Authentifiziert wird. Es gibt drei verschiedene Möglichkeiten wie ein Benutzer authentifiziert werden kann: Durch das Anmelden, durch das Registrieren oder durch das Lesen des Cookies.

Die Authentifizierung im Frontend wird in Abschnitt 3.4.2 erläutert.

Authentifizierung mit der Web-API und PostgreSQL

Das Anmelden und Registrieren mittels Formular läuft über eine POST Anfrage des Clients an den Pfad `/auth/login`, beziehungsweise `/auth/signup`, die die angegebenen Formulardaten beinhaltet. Bei der Verarbeitung der Anfrage werden mittels des Express Routings verschiedene Middlewares verwendet.

Bei jeder Anfrage an die API stellt eine Middleware sicher, dass die Anzahl der Anfragen über eine IP-Adresse in einer bestimmten Zeit begrenzt wird. Dies verhindert sogenannte

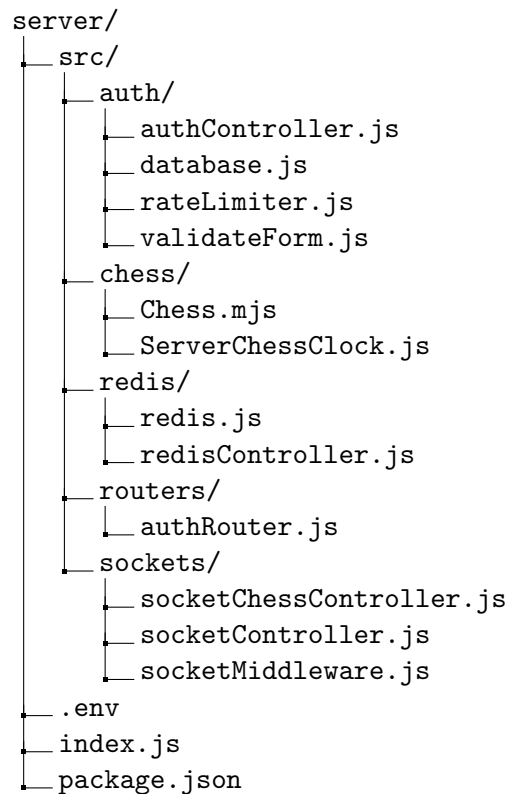


Abbildung 3.18: Ordnerstruktur des Backends

Denial-of-Service (kurz: DoS) Attacken², bei denen probiert wird den Server mit so vielen Anfragen zu belasten, dass dieser außer Betrieb gesetzt wird.

Anschließend überprüft eine Middleware, ob die angegebenen Daten mit dem Schema übereinstimmen.

Treten bei diesen beiden Middlewares keine Fehler auf wird beim Anmelden überprüft, ob dieser Benutzer in der Datenbank existiert und es wird mittels bcrypt kontrolliert, ob die Passwörter übereinstimmen. Ist dies der Fall, wird ein JWT-Token mit den Benutzerinformationen erstellt und als Cookie in den Browser des Clients gesetzt. Des Weiteren wird dem Benutzer geantwortet, dass die Anmeldung erfolgreich war mit der Übermittlung des Benutzernamens.

Beim Registrieren wird überprüft, ob bereits ein Nutzer mit dem Benutzernamen oder E-Mail existiert und anschließend wird ein neuer Tupel in der PostgreSQL Datenbank erstellt. Das Passwort wird dafür mittels bcrypt verschlüsselt und es wird eine individuelle **userid** generiert. Diese dient zur Socket.io-Kommunikation.

Bei dem ersten Aufruf der Seite vom Client wird eine GET Anfrage an `/auth/login`

²Quelle: https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/Verbraucherinnen-und-Verbraucher/Cyber-Sicherheitslage/Methoden-der-Cyber-Kriminalitaet/DoS-Denial-of-Service/dos-denial-of-service_node.html am 27. April 2023

gestellt. Bei dieser wird ebenfalls die Middleware gegen DoS-Attacken verwendet und anschließend wird überprüft, ob er einen gültigen JWT-Token im Cookie hat und ihm wird dem entsprechend geantwortet. Das Setzen des Tokens im Cookie hat den Vorteil, dass bei einem neuen Aufruf der Seite, solange der Cookie noch gültig ist, der Benutzer automatisch angemeldet wird, ohne seine Anmeldedaten nochmals einzugeben. Anschließend stellt der Client eine Socket.io Verbindung her.

Authentifizierung und anschließende Middleware mit Socket.io

Bei der Verbindungsherstellung des Clients mit dem Socket.io Server durchläuft die Socket verschiedene Middlewares.

Die erste Middleware Authentifiziert die Socket des Benutzers. Sie liest aus dem Cookie, der auch in der Socket mitgesendet wird, den JWT-Token, falls dieser existiert. Die Daten die in dem Token kodiert sind werden dann in der Socket als Attribute gesetzt, sodass anschließend immer mittels `socket.user` darauf zugegriffen werden kann.

Wenn der Benutzer keinen gültigen JWT-Token hat, werden trotzdem alle Middlewares ohne Fehler durchlaufen. Dies liegt daran, dass bei einem fehlgeschlagenen Middleware-Prozess die Socket.io-Verbindung abgelehnt werden würde. Es soll allerdings auch das Spielen einer Schachpartie als Gast möglich sein.

In der zweiten Middleware tritt die Socket der `userid` des Benutzers als Raum bei und wird sowohl in der Redis Datenbank unter `user:username` (siehe Kapitel 3.6.2) , als auch bei Freunden mittels des Events `connected`, als online vermerkt. Der Beitritt der eigenen `userid` dient als Kommunikationsschnittstelle. So können Event immer diese `userid` verwenden um ein Event an diesen Benutzer zu senden.

Beim Schließen der Anwendung oder Abmelden des Benutzers wird dementsprechend in Redis `connected` auf `false` gesetzt und die Freunde werden mit dem Event `connected` darüber in Kenntnis gesetzt, dass der Benutzer nicht mehr online ist.

Als letzte Middleware werden alle nötigen Listener sowohl für das Schachspiel, als auch für sonstige Funktionen initialisiert.

3.5.2 Das Schachspiel

In diesem Abschnitt werden die Prozesse beim Suchen eines Gegners, der Initialisierung des Schachspiels, der Ausführung neuer Züge sowie dem Senden und Empfangen von Nachrichten im Chat detailliert beschrieben.

Finden eines Gegners

Es gibt 3 verschiedene Möglichkeiten ein Schachspiel zu starten: Ein unangemeldeter Benutzer sucht einen zufälligen Gegner, ein angemeldeter Benutzer sucht einen zufälligen Gegner oder ein angemeldeter Benutzer spielt gegen einen Freund.

Das Suchen eines Spiels mit zufälligem Gegner wird mittels des Events `find_game` mit den Benutzerdaten und der gewählten Zeitkonfiguration vom Frontend gesendet. Ein

Sequenzdiagramm des Initialisieren eines Spiels mit zufälligem Gegner befindet sich in Abbildung 3.19. Dies beinhaltet folgende Schritte:

- Das Event `find_game` mit der Zeitkonfiguration und Benutzerdaten wird gesendet (siehe Abschnitt 3.4.3).
- Falls der Benutzer nicht angemeldet ist, wird ihm ein zufälliger Benutzername für dieses Schachspiel zugewiesen, der mit „guest-“ startet. Seine `userid` wird als seine Socket ID festgelegt.
- Daraufhin wird im Server ein Spieler aus der entsprechenden Warteschlange aus Redis genommen (siehe Abschnitt 3.6.2).
- Falls dabei kein Spieler entnommen werden konnte, wird der Benutzer selbst in die Liste geschrieben und wartet bis er von einem anderen Benutzer aus der Liste genommen wird.
- Falls ein Spieler aus der Liste entnommen werden konnte, wird das Spiel mit einer `roomId` als Identifikator initialisiert und in Redis gespeichert. Dabei wird auch ein `ServerChessClock` Objekt kreiert und in einem Array der `socketChessListeners` Datei gespeichert.
- An die beiden Spieler wird das Event `joined_game` mit der `roomId` und gegebenenfalls dem Gast-Benutzernamen gesendet, woraufhin sie zu dem Pfad `/game/roomId` navigieren, auf der sich die `ChessGame`-Komponente befindet.
- Die `ChessGame`-Komponente sendet das `get_game_data` Event. Daraufhin wird der aktuelle Zustands der Partie aus Redis geholt und an das Frontend zurück gesendet. Ein Ablauf was im Frontend bei einer Schachpartie passiert befindet sich im Abschnitt 3.4.3.

Falls es sich um eine Partie handelt, die aus einer Herausforderung eines Freundes resultiert, wird natürlich in keine Warteschlange nach einem Gegner gesucht, anstatt dessen wird mit den Events `send_game_request`, `game_request` und `game_request_response` (siehe Abschnitte 3.4.3) die Anfrage versendet und beantwortet. Anschließend wird das Spiel initialisiert und an die beiden Spieler das Event `game_request_accepted` mit der `roomId` gesendet (für Frontend-Informationen zu diesen Events siehe Kapitel 3.4.4 & 3.4.3).

Die Implementierungsdetails, wie ein Schachspiel auf dem Server mittels der Methoden `createChessGame` und `initializeGame` initialisiert und die Informationen des Schachspiels an das Frontend gesendet werden, sind in Kapitel 4.2.2 ausführlich beschrieben.

ServerChessClock

Die Klasse `ServerChessClock` definiert einzelne Schachuhr Objekte, welche die Startzeiten und die regulären Zeiten einer Schachpartie verwalten.

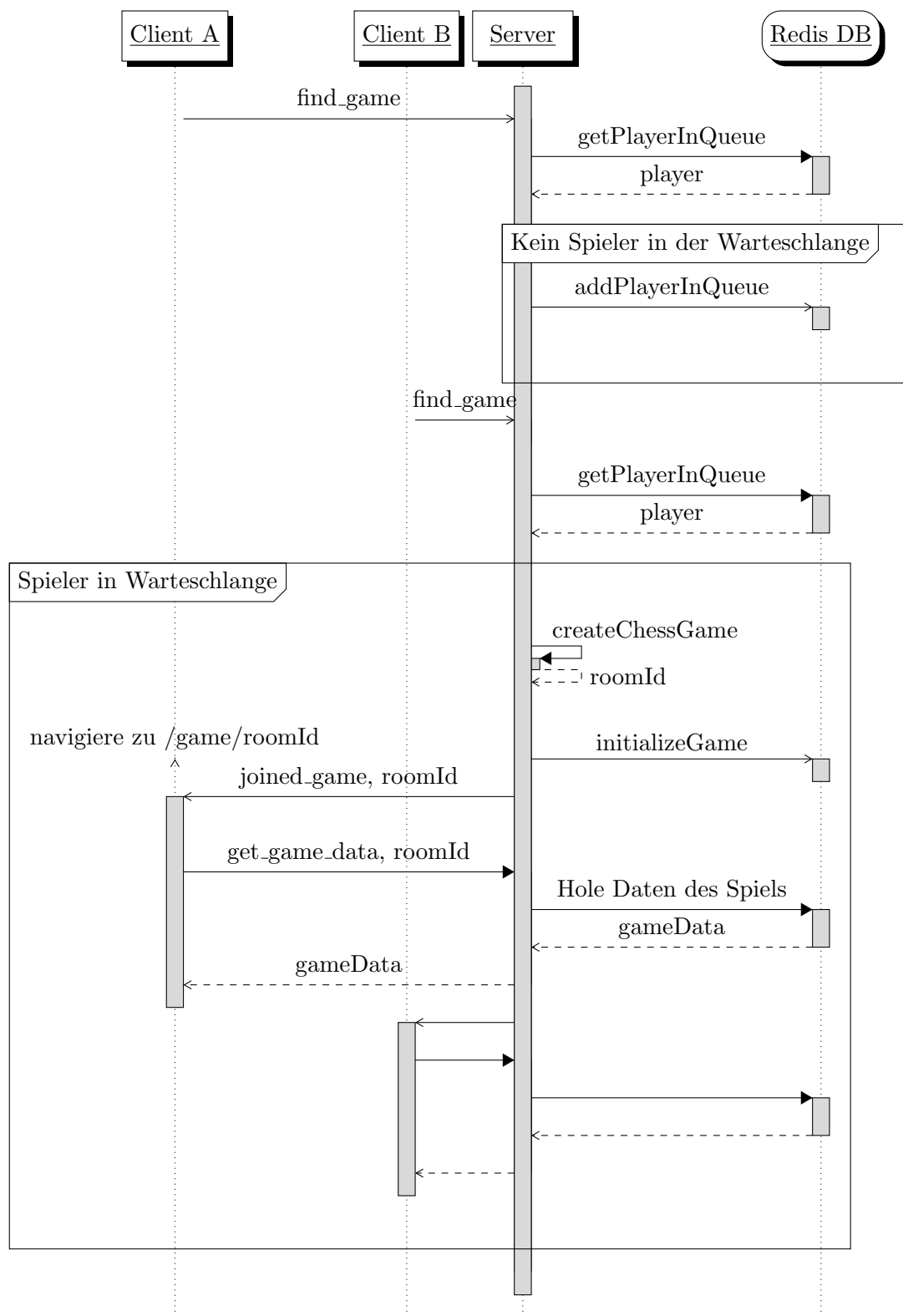


Abbildung 3.19: Sequenzdiagramm des Schachspielstartprozesses mit unbekanntem Gegner

socketChessController und ServerChessClock kommunizieren mittels Funktionen und Events miteinander, wobei Events genutzt werden um laufende Uhren anzuhalten und zu kommunizieren, dass eine Startzeit oder eine reguläre Schachuhr abgelaufen ist, während die Funktionsaufrufe von ServerChessClock dazu dienen eine bestimmte Zeit zu starten. Die Funktionsweise und Beispielcode der serverseitigen Schachuhr werden in Kapitel 4.2.2 erläutert.

Neuer Zug einer Schachpartie

Ein Aktivitätsdiagramm zur Behandlung eines neuen Zugs im Backend ist in Abbildung 3.20 zu finden.

Sobald ein neuer Zug eines Spielers ankommt wird zunächst die bisherige PGN-Notation des Spiels aus Redis und das ServerChessClock Objekt aus dem Array geholt. Es wird ein neues chess.js Objekt kreiert, welches das aktuelle PGN importiert und anschließend den neuen Zug macht. Daraufhin wird der Zug in die roomId gebroadcastet. Das bedeutet, es wird an alle Sockets im Raum gesendet, außer von dem Sender, da dieser ja bereits den Zug gemacht hat. Die veraltete PGN-Notation des Spiels wird nun mit der neuen Notation in Redis überschieben.

Anschließend wird überprüft ob es sich um ein Schachmatt oder ein Patt handelt, falls ja werden die Uhren der ServerChessClock angehalten, das Frontend wird über den Ausgang informiert und das Spiel wird beendet (siehe Abschnitt 3.5.2).

Falls dies nicht der Fall ist wird die Zeit des jetzigen Spielers gestoppt und falls es eine reguläre Zeit ist, wird das Inkrement auf die Zeit gerechnet, die Zeit des anderen Spielers fängt an zu laufen und die aktualisierten Zeiten werden an das Frontend gesendet.

Handelt es sich um die ersten zwei Züge, in denen die Startzeit und nicht die reguläre Zeit der Spieler läuft werden diese gesondert betrachtet und entweder die Startzeit von Schwarz beginnt zu laufen oder die reguläre Zeit von Weiß fängt an zu laufen. Dies wird auch mit entsprechenden Events dem Frontend mitgeteilt.

Ende einer Schachpartie

Das Ende einer Schachpartie kann durch folgende Situationen stattfinden: Schachmatt, Patt, Startzeit ist abgelaufen, eine reguläre Zeit ist abgelaufen oder ein Spieler hat aufgegeben.

Auf Schachmatt und Patt wird bei neuen Zügen geachtet und an das Frontend gesendet. Wenn das Ende der Partie auf die Schachuhren zurückzuführen ist, wird ein Event von ServerChessClock in socketChessController empfangen und an die Sockets im Raum weitergeleitet.

Bei einer Aufgabe empfängt das Backend das event **resign** mit der Farbe welche aufgibt und der roomId und leitet dies entsprechend weiter.

Bei jedem dieser Ausgänge einer Partie geschieht noch folgendes:

Das ServerChessClock Objekt wird aus dem Array in socketChessController gelöscht.

Die Benutzernamen werden aus dem Redis Eintrag **game:roomId** geholt und falls es sich um angemeldete Benutzer handelt wird das entsprechende Spiel aus der **activeGames**

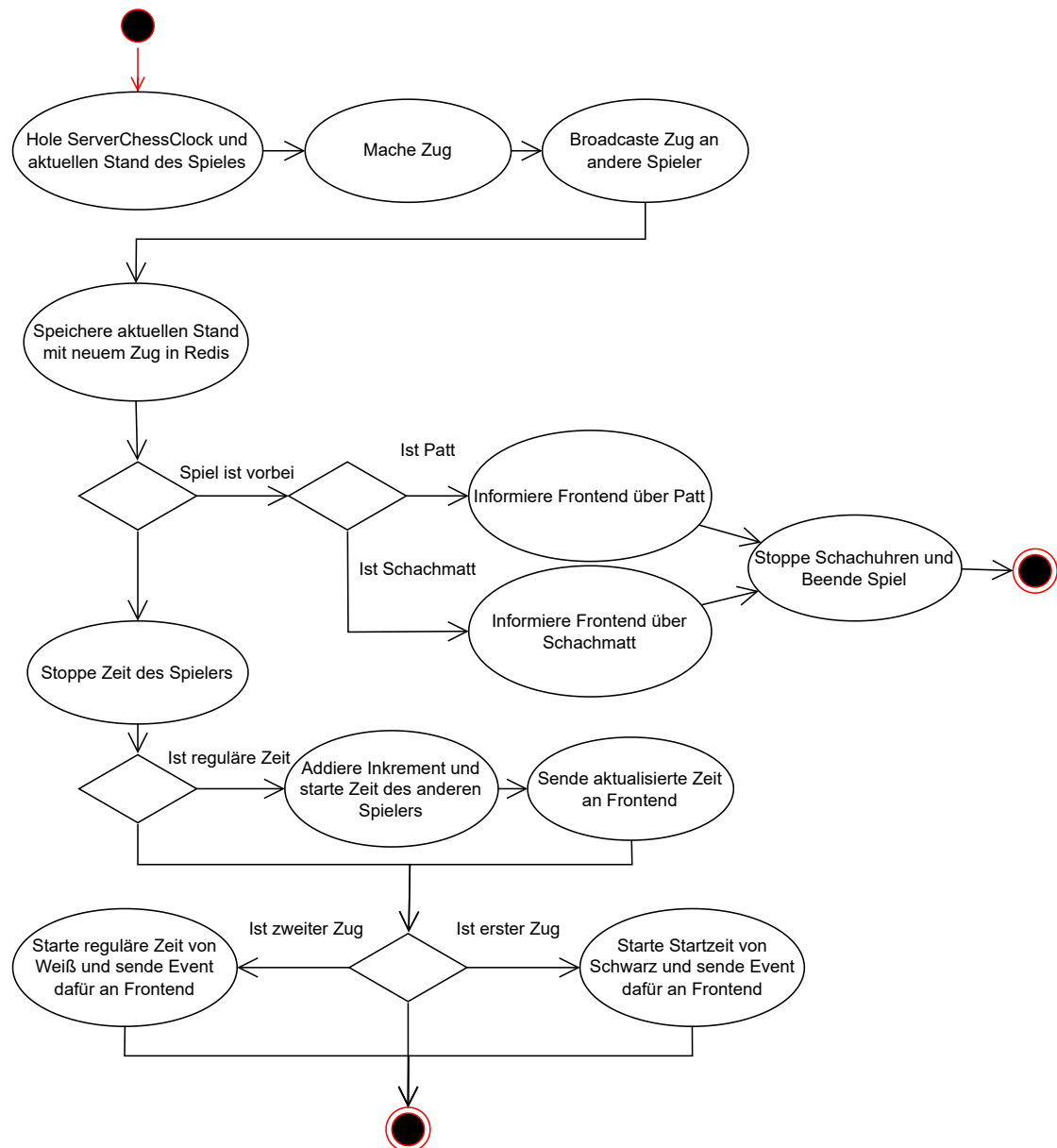


Abbildung 3.20: Aktivitätsdiagramm zur Behandlung eines neuen Zugs im Backend

Liste von `user:username` gelöscht. Anschließend wird der Eintrag `game:roomId` gelöscht. Somit wird kein Speicher mehr von alten Spielen belegt.

Chat

Der Listener auf das Event `send_message` empfängt und verwaltet die neue Nachricht, die ein Spieler gesendet hat. Die Informationen Benutzernamen, roomId und die Nach-

richt werden dabei empfangen und weitergeleitet.

Dabei passieren zwei Prozesse:

- Die Nachricht wird in Redis gespeichert. Dafür werden alle alte Nachrichten des Spiels aus `game:roomId` geholt, die neue Nachricht angehängt und anschließend wieder dort gespeichert.
- Die Nachricht wird an alle im Raum mittels des Events `message` gesendet.

3.5.3 Verwaltung von Freunden

In den Aktivitätsdiagrammen in Abbildung 3.21 ist der Ablauf des Versendens und des Akzeptierens einer Freundschaftsanfrage abgebildet. Die verschiedenen Datentypen der Speicherung in Redis befindet sich in Abschnitt 3.6.2.

Beispiel Codeausschnitte und Implementierungsdetails über die Verwaltung von Freunden im Backend befindet sich in Kapitel 4.2.3.

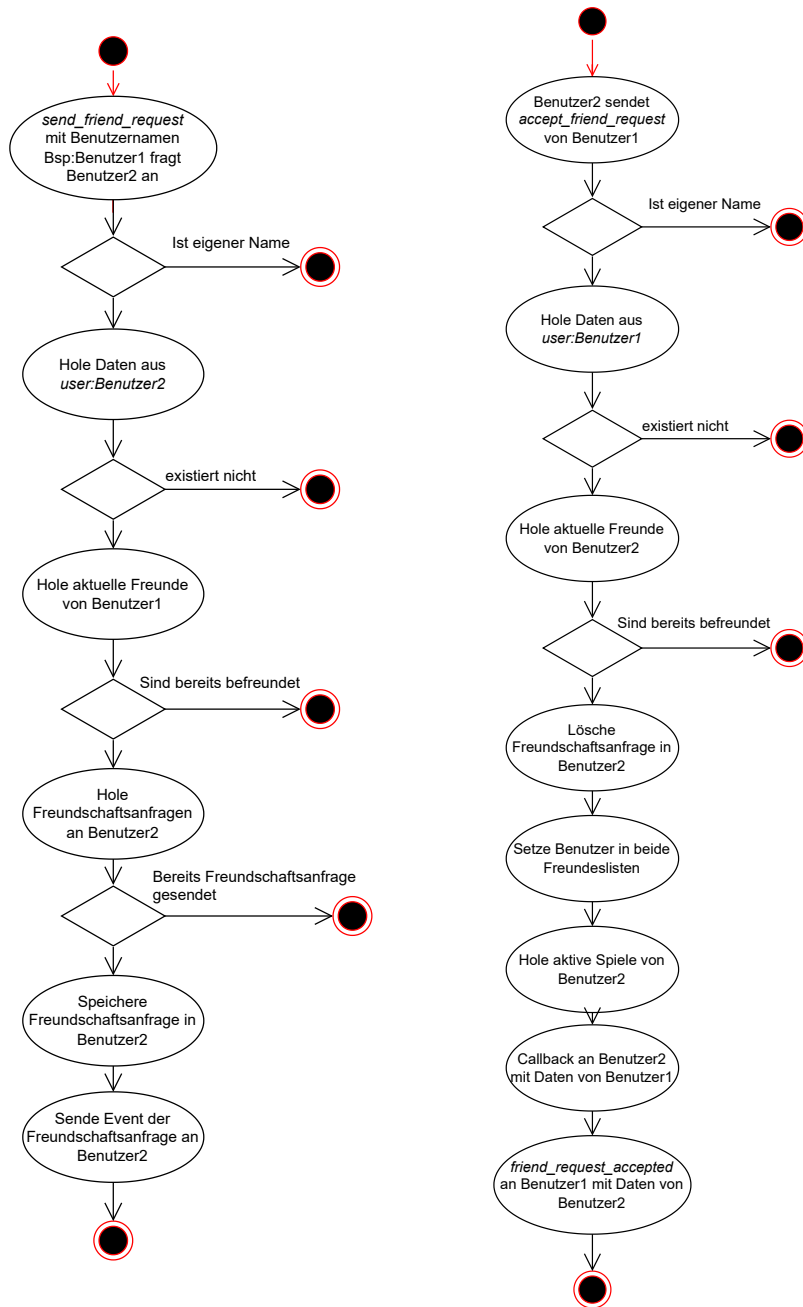
Versenden einer Freundschaftsanfrage

Beim Versenden einer Freundschaftsanfrage wird vom Frontend das Event `send_friend_request` mit dem angegebenen Benutzernamen versendet. Um zu überprüfen, ob eine Freundschaft der beiden erlaubt ist, wird kontrolliert, ob es der eigene Benutzername ist, ob der Nutzer nicht existiert und ob die beiden Benutzer schon befreundet sind. Ist eines davon der Fall, wird mit einer entsprechenden Fehlernachricht dem Sender mittels einer Callback Funktion geantwortet. Ist die Freundschaft erlaubt wird zusätzlich noch überprüft ob es noch eine offene Freundschaftsanfrage zwischen den beiden gibt und falls dies der Fall wird, wird der Benutzer ebenfalls darauf hingewiesen. Ansonsten wird die Freundschaftsanfrage in Redis gespeichert und ein Event mit der Freundschaftsanfrage wird an den betreffenden Spieler gesendet und der Sender wird darüber informiert, dass die Freundschaftsanfrage versendet wurde.

Akzeptieren und Ablehnen einer Freundschaftsanfrage

Beim Akzeptieren einer Freundschaftsanfrage wird wie bei dem Versenden nochmals überprüft, ob diese Freundschaft erlaubt ist. Anschließend wird die Freundschaftsanfrage gelöscht, die beiden Benutzer werden in die entsprechende Freundesliste gesetzt, die restlichen Daten der beiden Spieler werden eingeholt und an den jeweils anderen Benutzer werden alle Informationen, wie ob er/sie online ist oder ob er/sie aktive Spiele hat, gesendet. Dies stellt sicher, dass die Freunde im Frontend direkt richtig angezeigt werden können.

Beim Ablehnen einer Freundschaftsanfrage wird diese einfach nur aus Redis gelöscht.



(a) Senden einer Freundschaftsanfrage

(b) Akzeptieren einer Freundschaftsanfrage

Abbildung 3.21: Aktivitätsdiagramme des Versenden und Akzeptieren von Freundschaftsanfragen

3.6 Datenbankstruktur

3.6.1 PostgreSQL Datenbank

Die PostgreSQL Datenbank wird ausschließlich für die Anmeldung und Registrierung genutzt. Sie enthält eine Tabelle mit folgendem Schema:

- **id:** Eine Fortlaufende id, die als Primärschlüssel dient.
- **email:** Die E-Mail, die bei der Registrierung angegeben wurde.
- **username:** Der Benutzername des Benutzers.
- **userid:** Jeder Spieler erhält beim Registrieren seine eigene userid. Diese dient der Kommunikation mit dem Benutzer. Bei einer Verbindung mit Socket.io erhält die socket immer eine andere ID, also wie sendet man ein Event an einen bestimmten Spieler? Diese **userid** löst das Problem, indem man nach dem anmelden immer dieser ID als Raum beitrifft (siehe Kapitel 3.5.1). Somit kann immer an diese ID gesendet werden und man stellt sicher, dass der Client das Event empfängt.
- **password:** Das mit bcrypt verschlüsselte Passwort des Benutzers.

Jedes dieser Attribute, außer das Passwort, hat die Einschränkung, dass es einzigartig sein muss. Die E-Mail wird bisher nicht genutzt, kann aber in Zukunft zum Bestätigen der Registrierung oder Einrichtung eines Newsletters genutzt werden.

3.6.2 Redis

Bemerkung: Bei beispielsweise **user:username** oder **username:userid** wird der **username** immer mit dem richtigen Benutzernamen ausgetauscht. Also die konkreten Zuweisung wäre somit beispielsweise **user:Max** oder **Max:18b06...**

user:username

Unter dem Key **user:username** befindet sich ein Redis Hash. Ein Redis Hash besitzt Key-Value Paare, auf welche man zugreifen kann.

In unserem Fall werden folgende Values zu den Keys dort gespeichert:

- **userid:** Auch hier wird die userid gespeichert, da Redis vor allem für socket.io Funktionen verwendet wird und daher eine kurze Abfragezeit benötigt.
- **connected:** Ist „true“ oder „false“, je nachdem ob der Benutzer gerade online ist oder nicht.
- **activeGames:** Eine Liste in der alle roomIds der aktuellen Spiele des Benutzers gespeichert sind

game:roomId

Der Redis Hash `game:roomId` verwaltet die Daten einer Schachpartie. Dazu gehören:

- **whitePlayer, blackPlayer:** Benutzernamen des weißen und schwarzen Spielers.
- **time:** Der Zeitmodus welcher gespielt wird (z.B.: 15 + 10, 5 + 3, ...)
- **pgn:** Die Historie aller bisherigen Züge im PGN Format.
- **chat:** Alle bisher geschriebenen Nachrichten im Chat.

friends:username

Der Key `friends:username` verweist auf eine Liste von Freunden. Diese Freunde bestehen aus einem String, der sich zusammensetzt aus `username:userid`. Dies verhindert, dass wenn ein Event an einen Freund gesendet werden soll, man einen extra Zugriff auf `user:username` machen muss um die `userid` zu bekommen.

friend_requests:username

Dies ist eine Liste die genauso aufgebaut ist wie die `friends:username` Liste, außer, dass sie Freundschaftsanfragen verwaltet.

Warteschlangen

Die Warteschlangen für Partien mit zufälligem Gegner bestehen aus `waitingPlayers:timeMode` und `waitingGuests:timeMode`, je nachdem, ob es sich um einen angemeldeten Benutzer handelt oder nicht. `timeMode` repräsentiert hier alle möglichen Schachuhren, also beispielsweise „10 + 5“, „15 + 10“, ...

Diese Warteschlangen sind Listen, welche aus `username:userid` Einträgen bestehen, um zu verhindern, dass ein weiterer Zugriff auf `user:username` nötig ist, um die `userid` zu bekommen.

Durch die Redis Operationen `RPOP` und `LPUSH` lassen sich atomar Einträge hinzufügen oder herausnehmen, welches die Konsistenz der Liste gewährleistet.

3.7 Testen der Anwendung

Während der Entwicklung der Schach-App, wurden die Funktionen ausgiebig getestet, um die Richtigkeit der Implementierung zu gewährleisten. Aufgrund der begrenzten Zeit wurde der Schwerpunkt auf das Testen des Zusammenspiels zwischen Frontend und Backend gelegt, statt auf ausgiebige Tests der einzelnen Codeausschnitte des Front- und Backends.

Um die Funktionsweise der verschiedenen Komponenten zu überwachen wurden viele Konsolenausgaben genutzt, um zu überprüfen, dass die Anwendung das gewünschte Verhalten aufzeigt und um Fehlerquellen zu identifizieren.

Es ist zu beachten, dass dieser Ansatz zwar eine schnelle und effektive Methode zum Testen der Hauptfunktionalitäten darstellt, jedoch möglicherweise nicht alle möglichen Fehlerfälle oder Randbedingungen abdeckt. Für die zukünftige Entwicklung wäre es sinnvoll, den Testprozess zu strukturieren und ausgiebige Tests für das Front- und Backend durchzuführen, um die Stabilität der Anwendung zu verbessern.

4 Implementierung

4.1 Frontend-Entwicklung

4.1.1 Authentifizierung

Die verschiedenen Art und Weisen und Abläufe der Authentifizierung wurde im Kapitel 3.4.2 behandelt. In diesem Kapitel werde ich näher auf die genaue Implementierung dieser Abläufe eingehen, erklären wie die Formik Formulare funktionieren und konkrete Codeausschnitte vorstellen.

Erster Versuch der Authentifizierung mittels Cookie

Im Codeausschnitt 4.1 ist der Code der gesamten AccountContext Datei zu sehen, welche den *UserContext* zur Verfügung stellt.

```
1 import React, {useEffect, useState, createContext} from "react";
2
3 export const AccountContext = createContext();
4
5 const UserContext = ({children}) => {
6   const [user, setUser] = useState({loggedIn: null});
7
8   useEffect(() => {
9     fetch(`${process.env.REACT_APP_API_URL}/auth/login`, {
10       credentials: "include",
11     })
12       .catch(err => {
13         console.log(err);
14         return;
15       })
16       .then(r => {
17         if (!r || !r.ok || r.status >= 400) {
18           return;
19         }
20         return r.json();
21       })
22       .then(data => {
23         setUser({ ...data });
24       });
25   }, []);
26   return (
27     <AccountContext.Provider value={{user, setUser}}>
28       {children}
29     </AccountContext.Provider>
```

```

30     );
31 }
32 export default useContext;

```

Codeausschnitt 4.1: Die AccountContext.js-Datei

In ihr wird der State `user` mit `{loggedIn: null}` initialisiert. Weshalb wir dies tun wird durch den Codeausschnitt 4.6 und dessen Erklärung in Abschnitt 4.1.1 ersichtlich. Sobald die Komponente gerendert wurde, wird die Funktion der `useEffect`-Hook ausgeführt. Das leere Dependency Array verursacht, dass sie nur beim starten der Anwendung ausgeführt wird. Die Funktion schickt eine HTTP GET-Anfrage unter `/auth/login` an den Server mit der Option, dass Credentials mitgesendet werden sollen. Dies stellt sicher, dass der Cookie mit dem JWT-Token an den Server gesendet wird und dort verifiziert werden kann¹. Der restliche Pfad ist als Umgebungsvariable gesetzt um den Pfad flexibel ändern zu können.

Gibt es einen Fehler oder eine ungültige Antwort wird der Vorgang abgebrochen, ansonsten wird der `user` mit den erhaltenen Daten gesetzt.

Mögliche Optionen sind dabei:

- `{loggedIn: false}`, falls man nicht authentifiziert werden konnte.
- `{loggedIn: true, username: Max}`, bei erfolgreichem Authentifizieren. (Max ist hier nur ein Beispiel als username)

Mehr Informationen benötigt der Benutzer aktuell nicht über sich selbst.

Authentifizierung mittels *SignUp*- oder *Login*-Komponente

Um sich mit Hilfe von den *SignUp*- oder *Login*-Komponenten anzumelden wird eine HTTP POST-Anfrage an den Server unter dem Pfad `/auth/login` oder `/auth/signup` gesendet.

Die Funktion zum Senden der Login-Daten an den Server befindet sich in Codeausschnitt 4.2.

```

1   const submitLogin = useCallback((values, setSubmitting) => {
2     fetch(`${process.env.REACT_APP_API_URL}/auth/login`, {
3       method: "POST",
4       credentials: "include",
5       headers: {
6         "Content-Type": "application/json",
7       },
8       body: JSON.stringify(values)
9     })
10    .catch(err => {
11      setLoginError("Please try again later");
12      setSubmitting(false);
13      return;
14    })

```

¹Quelle: <https://javascript.info/fetch-crossorigin> am 11. Mai 2023

```

15     .then(res => {
16         if (!res || !res.ok || res.status >= 400) {
17             setSubmitting(false);
18             setLoginError("Please try again later");
19             return;
20         }
21         return res.json();
22     })
23     .then(data => {
24         if (!data.loggedIn) {
25             setLoginError(data.message);
26             setSubmitting(false);
27             return;
28         }
29         setUser({...data});
30         setLoginError(null);
31         navigate('/');
32     });
33 }, [setLoginError, setUser, navigate]);

```

Codeausschnitt 4.2: Die Funktion zum Senden der Benutzerdaten an das Backend

Die Funktion zum Senden der Registrierungs-Daten ist ähnlich aufgebaut, nur dass die Anfrage an einen anderen Pfad geht und es mehr Daten enthält, wie zum Beispiel die E-Mail.

Initialisiert wird die Funktion mittels der *useCallback*-Hook um unnötige Neuerstellungen zu vermeiden (siehe Kapitel 2.2.3). Der „Content-Type“ hilft dem Server zu erkennen um was für eine Art von Daten es sich handelt², während im Body die angegebenen Anmeldedaten als String verpackt werden. Falls der Server mit einem Fehler antwortet, wird dieser durch den State `loginError` erfasst und dargestellt. Ansonsten wird der Benutzerstatus gesetzt und es wird auf den Pfad `/` navigiert, auf der sich die *Home*-Komponente befindet.

Das Formular wird mittels Formik reaktiv und nutzt Yup Schemata zum Überprüfen der eingegebenen Werte.

```

1  ...
2  <Formik
3      initialValues={{
4          username: "",
5          password: "",
6      }}
7      validationSchema={LoginSchema}
8      validateOnChange={true}
9      onSubmit={(values, { setSubmitting }) => {
10         submitLogin(values, setSubmitting);
11     }}
12  >
13      ({ { isValid, isSubmitting } }) => (
14          <Form style={{ width: "100%" }}>
15              ...

```

²Quelle: <https://javascript.info/fetch> am 11. Mai 2023

```

16      <Field name="password">
17        {( { field, form } ) => (
18          <FormControl isValid={form.errors.password &&
19            form.touched.password}>
20            <FormLabel htmlFor="password">Password</FormLabel>
21            <InputGroup>
22              <Input {...field}
23                id="password"
24                type={showPassword ? 'text' : 'password'}
25                autoComplete="current-password" />
26              <InputRightElement>
27                <IconButton
28                  icon={showPassword ? <ViewOffIcon />
29                    : <ViewIcon />}
30                  onClick={handlePasswordClick}
31                  variant="ghost"
32                  _hover={{ bg: hover }}
33                  aria-label="Toggle password
34                    visibility"
35                />
36              </InputRightElement>
37            </InputGroup>
38            <FormErrorMessage>{form.errors.password}</FormErrorMessage>
39          </FormControl>
40        )}
41      </Field>
42      ...
43      <Button
44        type="submit"
45        disabled={!isValid || isSubmitting}
46        ...
47      >
48        Log In
49      </Button>
50      ...

```

Codeausschnitt 4.3: Ein Ausschnitt der *Login*-Komponente mit Formik

In diesem Codeausschnitt ist das von Formik verwaltete Formular der *Login*-Komponente zu erkennen (die Komponente ist in Abbildung 3.8 dargestellt). Als Schema für dieses Formular wird das Yup Schema `LoginSchema` verwendet (siehe Codeausschnitt 4.4) und es wird definiert, dass bei jeder neuen Änderung der Eingabefelder des Formulars, die Eingaben auf das Schema getestet werden sollen (siehe Zeilen 7 & 8 des Codeausschnitts 4.3).

`isValid` und `isSubmitting` (siehe Zeile 13 des Codeausschnitts 4.3) sind props, die man von Formik zur Verfügung gestellt bekommt und die angeben, ob die Eingabefelder mit dem Schema übereinstimmen und ob gerade noch auf die Antwort des Servers gewartet wird. Dies ist auch der Grund, warum wir `setSubmitting` der `submitLogin` Funktion übergeben (siehe Zeile 9 des Codeausschnitts 4.3). Wird noch auf die Antwort des Servers gewartet oder das Formular stimmt nicht mit dem Schema überein, wird der Button

deaktiviert, sodass man ihn nicht mehr klicken kann zum Absenden (siehe Zeile 42 & 43 des Codeausschnitts 4.3).

Als Eingabefelder, gibt es den Benutzernamen und das Passwort. Aus Demonstrationszwecken habe ich in den Codeausschnitt 4.3 nur das Passwort eingefügt.

Die Props `field` und `form` (siehe Zeile 17 des Codeausschnitts 4.3) versorgen das Feld mit Informationen und Funktionen für das Feld und über das gesamte Formular. So wird in Zeile 21 das Input Feld mit dem `field` prop verknüpft, welches Attribute wie die Funktion `field.onChange` oder `field.value` besitzt. `form` wird genutzt um beispielsweise wie in Zeile 35 ein Fehler beim Passwort anzuzeigen, falls dies nicht mit dem Schema übereinstimmt³.

Gestaltet wird das Formular mit Komponenten von Chakra UI, welche viele hilfreiche Komponenten wie `FormErrorMessage` oder `IconButton` bereitstellt. Mit Attributen wie `_hover` oder `variant` können diese Komponenten noch weiter individualisiert werden (siehe Kapitel 4.1.4).

Die `Login`-Komponente besitzt den boolean State `showPassword`, welcher angibt, ob das Passwort zu sehen sein soll oder nicht (siehe Zeile 23 des Code Ausschnitts 4.3). Bei einem Klick auf das Icon mit dem Auge wird die Funktion `handlePasswordClick` ausgeführt, welche den `showPassword` State negiert. Je nach dem aktuellen Wert des States `showPassword` wird ein Auge oder ein durchgestrichenes Auge als Icon angezeigt. Die Formulierung von Schemata mittels Yup ist relativ simpel.

```

1  const LoginSchema = Yup.object().shape({
2    username: Yup.string()
3      .min(3, 'Username has to be at least 3 characters long')
4      .max(20, 'Username cannot be longer than 20 characters')
5      .test('not_guest', 'Username cannot start with "guest"', (value)
6        => {
7          return !value.startsWith('guest');
8        })
9      .test('no_colon', 'Username cannot include ":"', (value) => {
10       return !value.includes(':');
11     })
12     .required('Username is a required field'),
13    password: Yup.string()
14      .min(8, 'Password has to be at least 8 characters long')
15      .minLowercase(1, 'At least one character hat to be in lower
16        case')
17      .minUppercase(1, 'At least one character has to be in upper
18        case')
19      .minNumbers(1, 'At least on character has to be a number')
20      .minSymbols(1, 'At least one character has to be a symbol')
21      .minRepeating(3, 'It is only allowed to have at most 3 repeating
22        characters')
23      .required('Password is a required field'),
24  });

```

Codeausschnitt 4.4: Yup Schma für das Anmelden

³Quelle: <https://formik.org/docs/api/field> am 11. Mai 2023

In diesem Beispiel ist das `LoginSchema` zu sehen, welches für die Validierung der Eingabefelder im Anmeldeformular aus Codeausschnitt 4.3 verwendet wird. Yup ermöglicht es bestimmte Restriktionen an Eingabefelder zu stellen und dabei direkt die Fehlermeldungen zu definieren, falls eine Restriktion nicht erfüllt ist. Selbstverständlich sind die Restriktionen für das Registrieren die gleichen, wobei das Registrierungsformular noch ein paar weitere Felder hat.

Verwendet werden übliche Restriktionen an Benutzernamen und Passwörter, sodass das Passwort mindestens eine Nummer, ein Symbol, einen Großbuchstaben, ... beinhalten muss. Eine Besonderheit ist, dass der Benutzername nicht mit „guest“ beginnen darf (siehe Zeile 5 f. des Codeausschnitts 4.4), da unangemeldete Benutzer bei Schachpartien einen solchen Benutzernamen zugewiesen bekommen (siehe Kapitel 4.2.2). Eine zweite Besonderheit ist, dass der Benutzername keinen Doppelpunkt beinhalten darf. Dies liegt daran, dass wir in der Redis Datenbank öfters die `userid` mit dem Benutzernamen mit einem Doppelpunkt in einem String verbinden (siehe Kapitel 3.6.2).

Socket.io Verbindungsaufbau

Immer sobald sich der Benutzerzustand ändert wird eine Socket.io Verbindung hergestellt und den anderen Komponenten zur Verfügung gestellt. Dies hat den Nutzen, dass beim Verbindungsaufbau immer auch die socket auf dem Server authentifiziert werden muss. Dafür wird die `SocketContext`-Komponente verwendet:

```
1 import {io} from "socket.io-client";
2 import React, {useContext, useEffect, useState, createContext} from
  "react";
3 import {AccountContext} from "../AccountContext.js";
4
5 export const SocketContext = createContext();
6
7 function SocketConnectionContext({children}) {
8   const [socket, setSocket] = useState(null);
9   const {user} = useContext(AccountContext);
10
11   useEffect(() => {
12     if(user.loggedIn !== null) {
13       if(socket) {
14         socket.disconnect();
15       }
16       setSocket(new io(process.env.REACT_APP_SOCKET_URL, {
17         withCredentials: true
18       }));
19     }
20   }, [user]);
21
22   return (
23     <SocketContext.Provider value={{socket}}>
24       {children}
25     </SocketContext.Provider>
26   );
27 }
```



```

28
29 export default SocketConnectionContext;

```

Codeausschnitt 4.5: Die Datei *SocketContext.js*

Bei der Verbindung wird darauf geachtet, dass die Credentials mitgesendet werden, also beispielsweise auch Cookies. Des weiteren wird erst eine Verbindung aufgebaut, sobald die Antwort des Servers auf die Authentifizierungs-Anfrage mittels Cookie (siehe Abschnitt 4.1.1) empfangen wurde und dadurch das `user.loggedIn` Attribut nicht mehr `null` ist. Dies dient dazu einen unnötigen Verbindungsaufbau zu unterlassen, da nach der Antwort des Servers in der *UserContext*-Komponente ohnehin eine neue Verbindung aufgebaut werden würde. Die Verbindung der Socket zu trennen vor der neuen Verbindung hat den Sinn, im Backend ein `disconnect` Event zu triggern (siehe Kapitel 4.2.1).

Erst sobald die erste Authentifizierung stattgefunden hat und eine Socket.io Verbindung hergestellt wurde, werden die verschiedenen Elemente und Routen in der *Views*-Komponente definiert. So lange wird ein Lade-Bildschirm gezeigt (siehe Codeausschnitt 4.6).

```

1      ...
2      {user.loggedIn === null || socket === null ?
3          <Flex align="center" justify="center" direction="column"
4              height="80vh">
5              <Heading as='h2' size='lg'>Loading...</Heading>
6              <Spinner size='xl' color="purple.500" marginTop="4"/>
7          </Flex>
8      :
9      <>
10         <Navbar/>
11     ...

```

Codeausschnitt 4.6: Ausschnitt der *Views*-Komponente

4.1.2 Das Schachspiel

In diesem Abschnitt werde ich darauf eingehen, was passiert nachdem die Daten erfolgreich vom Backend empfangen wurden, wie ein neuer Zug gehandhabt wird und wie die Bauernumwandlung implementiert ist. Der Ablauf wie ein Gegner gefunden wird, wie auf die *ChessGame*-Komponente navigiert wird und welche Daten von dem Backend empfangen werden befindet sich in Kapitel 3.4.3.

Initialisierung nach dem Empfangen der Daten

```

1  useEffect(() => {
2      if(initialized) {
3          setGround(new Chessground(document.getElementById(roomId), {
4              fen: chess.fen(),

```

```

5         orientation: orientation,
6         viewOnly: isSpectator,
7         movable: {
8             free: false,
9             color: orientation,
10            showdests: true
11        },
12        premovable: {
13            enabled: false
14        },
15        animation: {
16            enabled: true,
17            duration: 400
18        }
19    }));
20 }
21 }, [initialized]);
22
23 useEffect(() => {
24     if(ground) {
25         ground.set({
26             movable: {
27                 events: {
28                     after: onMove(ground, chess)
29                 }
30             }
31         });
32         refreshBoard(ground, chess);
33         socket.on('opponent_move', (move) => {
34             if(move.flags.includes('p')) {
35                 onOpponentPromotion(move);
36                 return;
37             }
38             ground.move(move.from, move.to);
39             chess.move(move);
40             if(move.flags.includes('e')) {
41                 onEnPassent(ground, move);
42             }
43             refreshBoard(ground, chess);
44         });
45         socket.on('cancel_game', () => {...});
46         socket.on('time_over', (color) => {...});
47         socket.on('checkmate', (winner) => {...});
48         socket.on('draw', () => {...});
49         socket.on('resigned', (color) => {...});
50     }
51     return () => {
52         socket.off('opponent_move');
53         socket.off('Checkmate');
54         socket.off('draw');
55         socket.off('time_over');
56         socket.off('cancel_game');
57         socket.off('resigned');

```

```

58     }
59 }, [socket, ground, initialized, ground, chess, orientation,
    whitePlayer, blackPlayer]);

```

Codeausschnitt 4.7: Initialisierung des Schachspiels nach Empfangen der Daten

Sobald erfolgreich die Daten mit dem `get_game_data` Event empfangen und gesetzt wurden, wird `initialized` auf `true` gesetzt, um die nächsten Schritte in Gang zu leiten. Zunächst wird ein `chessground` Objekt mit Konfigurationen erstellt. In diesem wird übermittelt, wie die Figuren gerade stehen (mittels FEN-Notation), die Orientierung welche Farbe nach unten zeigen soll, ob man Figuren bewegen darf und wenn ja welche und weitere Optionen. Dieses `chessground` Interface wird dann in dem definierten `div` Bock angezeigt (siehe Zeile 3 des Codeausschnitts 4.7).

Wurde dann `chessground` initialisiert, wird noch die Methode `onMove` hinzugefügt, die ausgeführt werden soll, falls man selbst einen Zug macht (siehe Zeile 28 Codeausschnitt 4.7) und Listener für verschiedene Events des Schachspiels werden initialisiert. Diese Listener werden wieder entfernt (siehe Zeile 52 ff. in Codeausschnitt 4.7), falls die *Chess-Game*-Komponente verlassen wird, da sie nur für diese Komponente verwendet werden. Nach jedem Zug, egal ob eigener oder eines Gegners, wird die `refreshBoard` Methode aufgerufen.

```

1 export function refreshBoard(ground, chess) {
2     ground.set({
3         turnColor: toColor(chess),
4         movable: {
5             dests: getValidMoves(chess)
6         }
7     });
8 }

```

Codeausschnitt 4.8: Die refreshBoard Methode

Diese Methode sorgt dafür, dass eine Figur von `chessground` nur auf legale Züge ziehen darf und korrekt aktualisiert wird, welcher Spieler an der Reihe ist.

Ein `move` Objekt, das zurückgegeben wird nach dem ziehen eines Zuges auf einem `chess.js` Objekt (siehe `move` Parameter Zeile 35 in Codeausschnitt 4.7 oder Zeile 10 Codeausschnitt 4.9)) ist folgendermaßen aufgebaut⁴:

```
{ color: 'w', from: 'e2', to: 'e4', flags: 'b', piece: 'p', san: 'e4' }
```

Vor allem relevant sind die flags dieses Objekts, da sie ausdrücken um was für eine Art von Zug es sich handelt. Wird als flag beispielsweise „e“ angegeben, handelt es sich um ein En passant. Bei einem „p“ liegt eine Bauernumwandlung vor. Je nachdem ob eines dieser flags vorhanden ist, wird der Zug anders behandelt (siehe Zeile 34 ff. in Codeausschnitt 4.7).

⁴Quelle: <https://github.com/jhlywa/chess.js/> am 08. Mai 2023

Neuer Zug

```

1  const onMove = useCallback(() => {
2    return (orig, dest) => {
3      //Promotion
4      if((dest.includes('8') || dest.includes('1')) &&
        chess.get(orig).type === 'p') {
5        setSelectVisible(true);
6        setPromotionMove([orig, dest]);
7        return;
8      }
9      const player = (orientation === 'white') ? whitePlayer :
        blackPlayer;
10     const move = chess.move({from: orig, to: dest});
11     socket.emit('new_move', roomId, player, move, ({done, errMsg}) =>
        {
12       if(!done) {
13         chess.undo();
14         ground.set({fen: chess.fen()});
15         toast({
16           title: "Invalid Move",
17           description: errMsg,
18           status: "error",
19           position: "top",
20           isClosable: true
21         });
22         refreshBoard(ground, chess);
23         return;
24       }
25     });
26     if(move.flags.includes('e')) {
27       onEnPassent(ground, move);
28     }
29     refreshBoard(ground, chess);
30   };
31 }, [socket, chess, roomId, ground, orientation, setSelectVisible,
    setPromotionMove, whitePlayer, blackPlayer]);

```

Codeausschnitt 4.9: Die onMove Methode

Die `onMove` Methode, welche ausgeführt wird, sobald auf dem chessground Interface eine Figur von dem Spieler bewegt wurde, behandelt, wie schon in Abschnitt 3.4.3 erläutert, En Passent- und Bauernumwandlungszüge gesondert. Wenn es sich um eine Bauernumwandlung handelt (ein Zug in Reihe 1 oder 8 mit einem Bauern), wird `selectVisible` auf `true` gesetzt, welches bewirkt, dass die Komponente *PromotionModal* sein Modal öffnet und man eine Figur auswählen kann, in welche der Bauer transformiert werden soll. Um die Felder dieses Zuges zu speichern und außerhalb dieser Methode Verfügbar zu machen, werden sie in den State `promotionMove` gespeichert (siehe Zeile 6 des Codeausschnitts 4.9).

```

1  const promotion = useCallback(
2    (toPiece) => {

```

```

3      const move = chess.move({from: promotionMove[0], to:
4        promotionMove[1], promotion: toPiece});
5      ground.state.pieces.set(promotionMove[1], {
6        role: charPieceToString(toPiece),
7        color: parseInt(promotionMove[1].split(',')[1]) === 8 ?
8          'white' : 'black',
9        promoted: true
10     });
11     const player = (orientation === 'white') ? whitePlayer :
12       blackPlayer;
13     socket.emit('new_move', roomId, player, move, ({done, errMsg})
14     => {
15       if(!done) {
16         chess.undo();
17         ground.set({fen: chess.fen()});
18         toast({
19           title: "Invalid Move",
20           description: errMsg,
21           status: "error",
22           position: "top",
23           isClosable: true
24         });
25         refreshBoard(ground, chess);
26         return;
27       }
28     });
29     setPromotionMove([]);
30     setSelectVisible(false);
31     refreshBoard(ground, chess);
32   },
33   [socket, roomId, chess, ground, promotionMove]
34 );

```

Codeausschnitt 4.10: Die promotion Methode

Wurde auf eine Figur des Modals geklickt, wird von dort die Methode `promotion` mit der entsprechenden Figur ausgeführt. Dann wird sowohl auf der `chess.js`, als auch auf der `chessGround` Instanz diese Bauernumwandlung durchgeführt, an das Backend gesendet und die States `promotionMove` und `selectVisible` werden zurückgesetzt. Da `chess.js` und `chessground` verschiedene Notationen der Figuren verwenden transformiert die Funktion `charPieceToString` beispielsweise „q“ in „queen“. Die Farbe der Figur wird durch die Reihe ermittelt in der die Bauernumwandlung stattfindet (siehe Zeile 6 des Codeausschnitts 4.10).

Schachuhr

Die Komponente *ChessClock* übernimmt die Verwaltung und die Darstellung der Schachuhren. Die Listener dieser Komponente wurden in Kapitel 3.4.3 erläutert.

```

1  ...
2  const currentTimer = useRef(0);
3  ...

```

```

4 socket.on('updated_time', (timeWhite, timeBlack, turn) => {
5     stopClocks();
6     updateTime(timeWhite, timeBlack);
7     setCurrentTurn(turn);
8 });
9 ...
10 useEffect(() => {
11     if(currentTurn === 'off') {
12         return;
13     }
14     const functionMap = {
15         tw: setTimeWhite,
16         tb: setTimeBlack,
17         sw: setStartingTimeWhite,
18         sb: setStartingTimeBlack,
19     };
20     const setFunction = functionMap[currentTurn];
21     const id = setInterval(() => {
22         decrease(setFunction);
23     }, 1000);
24     currentTimer.current = id;
25     return () => {
26         clearInterval(id);
27     }
28 }, [currentTurn]);

```

Codeausschnitt 4.11: Ausschnitt der *ChessClock*-Komponente

Mit diesem Beispiel kann man gut demonstrieren, wie vielfältig die `useEffect`-Hook genutzt werden kann. Man nutzt in diesem Fall keine selbst definierte Funktion um eine Zeit zu starten, sondern nutzt die Eigenschaft der Hook, dass sie ausgeführt wird sobald sich ein Wert des Dependency Arrays (in diesem Fall `currentTurn`) ändert, um eine Zeit starten zu lassen. Den State der Zeit die ablaufen soll wird mittels `currentTurn` definiert. Diese kann die folgenden Werte annehmen:

- „sw“: Die Startzeit von Weiß läuft.
- „sb“: Die Startzeit von Schwarz läuft
- „tw“: Die reguläre Zeit von Weiß läuft.
- „tb“: Die reguläre Zeit von Schwarz läuft.
- „off“: Keine Zeit läuft.

Diese Werte werden auch in der serverseitigen Schachuhr verwendet (siehe Kapitel 4.2.2). Die `setInterval`-Methode akzeptiert als ersten Parameter eine Funktion und als zweiten Parameter eine Zahl, die das Zeitintervall in Millisekunden angibt, in dem die Funktion ausgeführt werden soll. In unserem Fall soll die verbleibende Zeit jede Sekunde um eine Sekunde reduziert werden. Die `setInterval`-Methode gibt eine ID zurück, die in der `useRef`-Variable `currentTimer` gespeichert wird. Im Vergleich zur `useState`-Hook hat

die `useRef`-Hook den Vorteil, dass sie keine Neurenderung der Komponente auslöst, wenn sich der Wert ändert, und besser geeignet ist, um Werte über mehrere Rendervorgänge hinweg persistent zu speichern⁵.

Über `currentTimer` kann in anderen Funktionen, beispielsweise beim Anhalten einer Uhr, auf die ID zugegriffen werden, und die `setInterval`-Funktion kann mit `clearInterval(currentTimer.current)` gestoppt werden.

4.1.3 Verwaltung von Freunden

Die Verwaltung von Freunden und Freundschaftsanfragen im Frontend wurde in Kapitel 3.4.4 behandelt. In diesem Kapitel möchte ich konkrete Code Beispiele der Komponenten erläutern.

Darstellung der Freundesliste

```

1 {friends.length === 0 ? (
2   <Text>No Friends</Text>
3 ) : (
4   <>
5     {friends
6       .slice()
7       .sort((a, b) => (a.connected === "true") - (b.connected ===
8         "true"))
9       .map((friend) => (
10        <Friend key={friend.username} friend={friend}
11          times={props.times} />
12      ))}
13   </>
14 )
15 }
```

Codeausschnitt 4.12: Darstellung der Freundesliste in *FriendList*

Die Darstellung von Daten in Arrays kann in React mittels der Array `map()` Funktion unkompliziert gehandhabt werden. Doch vor der Darstellung wird die Freundesliste noch nach dem `connected` Status sortiert, sodass Freunde die online sind zuerst angezeigt werden.

Dafür wird die Methode `sort()` verwendet. Diese nimmt eine Funktion mit zwei Parametern (hier `a` und `b`) entgegen, die jeweils ein Element des Arrays sind. Gibt uns die Funktion 1 zurück, muss Element `a` vor Element `b` sortiert sein. Bei -1 anders herum und bei 0 ist es gleichgültig. Indem die Booleschen Werte von einander subtrahiert werden, werden ihnen Zahlen zugeordnet: 1 für `true` und 0 für `false`. Nun haben wir die folgenden Szenarien: Wenn beide den gleichen Status haben ist der Wert 0. Ist `a.connected` `true` und `b.connected` ist `false`: $1-0=1 \Rightarrow a$ wird vor `b` sortiert. Anders herum dem entsprechend $0-1=-1$.

⁵Quelle: <https://react.dev/reference/react/useRef> am 09. Mai 2023

Die Darstellung und Funktionen eines einzelnen Freundes übernimmt die *Friend*-Komponente, die ihre Daten als props übergeben bekommt.

Auch die Liste der Freundschaftsanfragen, die Liste der aktiven Spiele der *ActiveGames*- oder *Friend*-Komponente wird mittels der `map()` Funktion durch einzelne Komponenten dargestellt.

connected-Event

Eine andere Interessante Methode der *FriendList*-Komponente ist der Listener auf das `connected` Event:

```

1 socket.on('connected', (status, username) => {
2   setFriends(prevFriends => {
3     return [...prevFriends].map(friend => {
4       if (friend.username === username) {
5         friend.connected = status;
6       }
7       return friend;
8     });
9   });
10 });

```

Codeausschnitt 4.13: Der `connected` Eventlistener der *FriendList*-Komponente

Dieses Event wird ausgelöst, wenn ein Freund die Anwendung öffnet oder schließt beziehungsweise sich anmeldet oder abmeldet. Dabei wird die Freundesliste mit der Funktion `map()` durchlaufen und der Status des entsprechenden Freundes wird aktualisiert. Der Code zum Senden dieses Events vom Backend wird in Kapitel 4.2.1 dargestellt.

Nutzung von `refreshKey`

```

1 //Home.js
2 ...
3 const [refreshKey, setRefreshKey] = useState(0);
4 const refreshData = useCallback(() => {
5   setRefreshKey((prevKey) => prevKey + 1);
6 }, [setRefreshKey, refreshKey]);
7
8 useEffect(() => {
9   refreshData();
10 }, [location.pathname]);
11 ...
12 //FriendList
13 useEffect(() => {
14   socket.emit('get_friends', ({friendList}) => {
15     setFriends(friendList);
16   });
17   socket.emit('get_friend_requests', ({requests}) => {
18     setFriendRequests(requests);
19   });
20 }, [socket, props.refreshKey]);

```


Codeausschnitt 4.14: Darstellung der Freundesliste in *FriendList*

`refreshKey` ist ein State, welcher den Komponenten *FriendList* und *ActiveGames* übergeben wird. Dieser State ist dient dazu die Freundesliste, Freundschaftsanfragen und aktive Partien aus dem Backend zu holen und zu aktualisieren. Wird beispielsweise von der *ChessGame*-Komponente auf die *Home*-Komponente navigiert, werden die Komponenten neu gerendert, doch die `useEffect`-Hooks werden nur neu ausgeführt, wenn eines der Elemente im Dependency Array geändert wurde. Um sicherzustellen, dass die Daten ordnungsgemäß aktualisiert werden wird der `refreshKey` dem Dependency Array hinzugefügt.

4.1.4 Design

In diesem Abschnitt geht es um Code-Beispiele des Frontend Designs mittels Chakra UI. Wie schon in //REF besprochen ist das Design nicht responsiv.

Chakra UI stellt Komponenten zum Gestalten zur Verfügung, so ist zum Beispiel die Komponente `<Box>` vergleichbar mit einer `<div>` Komponente und `<Text>` mit `<p>`. Diesen Komponenten lassen sich Attribute geben, um die Anpassbarkeit der Elemente zu erhöhen.

```

1  ...
2  const backgroundBox = useColorModeValue("white", "purple.500");
3  ...
4  {user.loggedIn === true ?
5  <Box backgroundColor={backgroundBox} borderRadius="md" marginLeft={3}
6    p={6}
7    boxShadow="0 4px 6px -1px rgba(0, 0, 0, 0.1), 0 2px 4px -1px
8    rgba(0, 0, 0, 0.06)">
9    <Text marginBottom={1} fontSize="1.2rem"> Active Games: </Text>
10   <ActiveGames refreshKey={refreshKey}/>
11   <Text marginTop={5} fontSize="1.2rem"> Friends: </Text>
12   <FriendList refreshKey={refreshKey} times={times}/>
13 </Box>
14 :
15 <>
16 </>

```

Codeausschnitt 4.15: Darstellung der *Friendlist* und *ActiveGames* Komponenten in der *Home*-Komponente

In diesem Codeausschnitt der *Home*-Komponente wird die *FriendList* und *ActiveGames* gerendert siehe Abbildung 3.5).

Verwendet wird der Ternäre Operator, um die Komponenten nur anzuzeigen, falls der Benutzer angemeldet ist (siehe Zeile 4 des Codeausschnitts ??). Ist er nicht angemeldet wird das React Fragment `<> </>` gerendert. Ein React Fragment ermöglicht die Gruppierung von Komponenten ohne einen `<div>` Block verwenden zu müssen, da das React

Fragment nicht in der DOM gerendert wird⁶. In diesem Fall dient das React Fragment dazu, nichts zu rendern, falls der Benutzer nicht angemeldet ist.

Die Chakra UI Syntax für die Attribute einer Komponente erinnert an die CSS Syntax. So steht das Attribut `p={6}` für das Padding⁷. Es handelt sich dabei allerdings nicht um sechs Pixel, sondern Chakra UI verwendet seine eigene Größenzuordnung. In diesem Fall entspricht das 1.5rem.

Um die Anwendung sowohl in einem dunklen Modus, als auch einem hellen Modus anzupassen, gibt es die Funktion `useColorModeValue`⁸. Diese Funktion lässt uns Werte je nach Modus definieren. In unserem Beispiel hat die `<Box>`-Komponente die Hintergrundfarbe Weiß im hellen Farbschema und Lila im dunklen Farbschema.

```
1 //App.js
2 ...
3 <ChakraBaseProvider theme={customTheme}>
4   ...
5 </ChakraBaseProvider>
6 ...
7
8 //themes.js
9 const customTheme = extendTheme({
10   overrides,
11   fonts: {
12     heading: 'Exo 2', sans-serif,
13     body: 'Exo 2', sans-serif,
14   },
15   components: {
16     Button: {
17       variants: {
18         'start-game-light': {
19           bg: "gray.200",
20           color: "black",
21           _hover: {
22             bg: "purple.200",
23           }
24         },
25         'start-game-dark': {
26           bg: "purple.700",
27           color: "white",
28           _hover: {
29             bg: "purple.600"
30           }
31         },
32         ...
33       }
34     }
35   }
36 })
37
38 //Home.js
39 ...
40 const startGameButton = useColorModeValue("start-game-light",
41   "start-game-dark");
42 ...
```

⁶Quelle: <https://react.dev/reference/react/Fragment> am 11. Mai 2023

⁷Quelle: <https://chakra-ui.com/docs/styled-system/style-props> am 11. Mai 2023

⁸Quelle: <https://chakra-ui.com/docs/styled-system/color-mode> am 11. Mai 2023

```
37 <Button variant={startGameButton} ... > {time.string} </Button>  
38 ...
```

Codeausschnitt 4.16: Verwendung von einem Thema mit Chakra UI

Chakra UI ermöglicht die Verwendung eines Themas, auf die man in allen Unterkomponenten der *ChakraBaseProvider*-Komponente (siehe Abschnitt 3.4.1) zugreifen kann⁹. In dem Beispielcode sieht man die Definition von zwei verschiedenen Buttons, die die Optik der Knöpfe in der *Home*-Komponente zum Starten eines Spiels definieren. Diese Optik wird in einigen anderen Komponenten wiederverwendet, weshalb sie in der `themes.js` Datei definiert werden, um eine bessere Wartbarkeit, Anpassbarkeit und Wiederverwendbarkeit zu gewährleisten.

4.2 Backend-Entwicklung

4.2.1 Authentifizierung

Die Vorgehensweise im Backend bei der Authentifizierung des Benutzers ist im Kapitel 3.5.1 geschildert. In diesem Kapitel werde ich Code Beispiele vorstellen und erläutern.

Routing-Middlewares

Der Codeausschnitt 4.17 zeigt die Reihenfolge der Middlewares bei den Anmelde- und Registrierungsanfragen des Frontends.

```
1 //index.js  
2 ...  
3 app.use("/auth", authRouter);  
4 ...  
5  
6 //authRouter.js  
7 const express = require('express');  
8 const router = express.Router();  
9 ... //import der Middlewares  
10  
11 router.use(rateLimiter(60, 10));  
12  
13 router.route('/login').get(handleLogin).post(validateLogin,  
14   attemptLogin);  
15 router.post('/signup', validateSignUp, attemptSignUp);  
16  
17 router.get('/logout', handleLogout);  
18  
19 module.exports = router;
```

Codeausschnitt 4.17: Ausschnitt aus index.js und die Datei authRouter.js

⁹Quelle: <https://chakra-ui.com/docs/styled-system/customize-theme> am 11. Mai 2023

Für jede Anfrage auf den Pfad `/auth` wird die Middleware `rateLimiter` verwendet (siehe Zeile 11 des Codeausschnitts 4.17). Dieser achtet darauf, dass nicht zu viele Anfragen einer IP Adresse gesendet werden.

```

1  const redisClient = require("../redis/redis.js");
2
3  module.exports.rateLimiter = (secondsLimit, limitAmount) => async (req,
4    res, next) => {
5    const ip = req.connection.remoteAddress;
6    [response] = await redisClient
7      .multi()
8      .incr(ip)
9      .expire(ip, secondsLimit)
10     .exec();
11    if (response[1] > limitAmount) {
12      res.json({
13        loggedIn: false,
14        message: "Slow down!! Try again in a minute.",
15      });
16    } else next();
17  };

```

Codeausschnitt 4.18: Die `rateLimiter` Middleware

Der `rateLimiter` nimmt die Argumente `secondsLimit` als Zeitfenster und `limitAmount` als Anfragelimit an und definiert mit Hilfe von ihnen die Middleware. Dafür nutzt er Redis und setzt mit der IP-Adresse als Key die Zahl der Anfragen als Value¹⁰. Dieser Eintrag wird nach Ablauf des Zeitfensters gelöscht und falls das Anfragelimit innerhalb dieses Zeitfensters überschritten wurde, wird eine Fehlermeldung gesendet. Andernfalls wird die nächste Middleware aufgerufen.

In unserer Anwendung legen wir fest, dass 10 Anfragen innerhalb von 60 Sekunden gesendet werden dürfen.

Für die erste Authentifizierung im *UserContext* (siehe Abschnitt 4.1.1) wird die Middleware `handleLogin` verwendet (siehe Zeile 13 des Codeausschnitts 4.17).

```

1  const getJwtFromCookie = req => {
2    return req.headers["cookie"] &&
3      cookie.parse(req.headers["cookie"])["jwt"];
4  };
5
6  module.exports.handleLogin = (req, res) => {
7    const token = getJwtFromCookie(req);
8    if (!token) {
9      res.json({loggedIn: false});
10    } else {
11      jwt.verify(token, process.env.JWT_SECRET, (err, decodedPayload)
12        => {
13        if (err) {
14          res.json({loggedIn: false});
15        }
16      });
17    }
18  };

```

¹⁰Quelle: <https://redis.io/commands/incr/> am 11. Mai 2023

```

13         } else {
14             res.json({loggedIn: true, username:
15                     decodedPayload.username});
16         }
17     });
18 };

```

Codeausschnitt 4.19: Die handleLogin Middleware zum Authentifizieren mit Cookie

Diese Middleware läßt gegebenenfalls den Cookie mit dem JWT-Token und antwortet entsprechend ob er ihn erfolgreich dekodieren konnte oder nicht.

Bei den POST Anfragen des Frontends, über die das ausgefüllte Anmelde-, beziehungsweise Registrierungsformular gesendet wird, wird vor der Auswertung mit den Middlewares `validateLogin` oder `validateSignUp` überprüft, ob das Formular auch dem entsprechenden Yup Schema übereinstimmt. Anschließend wird mit `attemptLogin` oder `attemptSignUp` versucht den Benutzern anzumelden oder zu registrieren.

```

1 module.exports.attemptLogin = async (req, res) => {
2     const potentialLogin = await query(
3         "SELECT id, username, password, userid FROM users u WHERE
4           u.username=$1",
5         [req.body.username]
6     );
7     if (potentialLogin.rowCount > 0) {
8         const isSamePassword = await bcrypt.compare(
9             req.body.password,
10            potentialLogin.rows[0].password
11        );
12        if (isSamePassword) {
13            const user = {
14                username: req.body.username,
15                userid: potentialLogin.rows[0].userid,
16            };
17            jwt.sign(
18                user,
19                process.env.JWT_SECRET,
20                {expiresIn: "24h"},
21                (err, token) => {
22                    if (err) {
23                        res.json({loggedIn: false, message: "Something went
24                                wrong, try again later"});
25                    } else {
26                        const jwtCookie = cookie.serialize("jwt", token, {
27                            httpOnly: true,
28                            secure: process.env.NODE_ENV === "production",
29                                // Secure flag only in production
30                            maxAge: 24 * 60 * 60, // 24 hours
31                            sameSite: "lax",
32                            path: "/"
33                        });
34                        res.setHeader("Set-Cookie", jwtCookie);
35                        res.json({loggedIn: true, username: user.username});
36                    }
37                }
38            );
39        }
40    }
41 }

```

```

33         }
34     }
35 );
36 } else {
37     res.json({loggedIn: false, message: "Wrong username or
38         password!"});
39 }
40 } else {
41     res.json({loggedIn: false, message: "Wrong username or
42         password!"});
43 }
44 };

```

Codeausschnitt 4.20: Die attemptLogin Middleware zum Anmelden

Die Middleware `attemptLogin` überprüft zunächst, ob ein Benutzer mit diesem Benutzernamen in der PostgreSQL-Datenbank existiert und mittels `bcrypt` ob die Passwörter übereinstimmen. Dafür wird die `query`-Funktion (siehe Kapitel 4.3) genutzt, indem in der Tabelle `users` nach einem Eintrag mit dem Benutzernamen gesucht wird. Der SQL-String verwendet den Platzhalter `$1`, der durch den Wert `[req.body.username]` ersetzt wird¹¹. Existiert kein Benutzer mit diesem Benutzernamen oder ist das Passwort falsch wird das Frontend darüber benachrichtigt. Ansonsten wird ein 24 Stunden haltbarer JWT-Token mit dem Benutzernamen und der `userid` generiert und in einen Cookie mit dem Key „jwt“ gesetzt, welcher ebenfalls 24 Stunden gültig ist. Der JWT-Token beinhaltet die `userid`, da die Socket Verbindung diese Information beim authentifizieren benötigt (siehe Abschnitt 4.2.1). Wichtig dabei ist, dass das Attribut `httpOnly` auf `true` gesetzt wird, um zu verhindern, dass Client seitiger Code auf den Cookie zugreifen könnte. Anschließend wird dem Frontend noch mit dem JSON Objekt geantwortet (siehe Zeile 39).

Beim Registrieren wird ebenfalls bei Erfolg der Cookie mit dem JWT-Token gesetzt, jedoch sind die Anforderungen natürlich andere. Es wird überprüft, ob bereits ein Account mit dem Benutzernamen oder der E-Mail existiert und falls ja wird dem Frontend entsprechend geantwortet. Ansonsten wird eine zufällige `userid` erstellt, das Passwort mit `bcrypt` verschlüsselt, der Tupel in der Datenbank gespeichert und der Cookie mit dem JWT-Token gesetzt.

Abmelden

Da das Abmelden auch gewissermaßen zum Authentifizierungsprozess gehört, wird hier kurz beschrieben, was im Backend dabei passiert.

```

1 module.exports.handleLogout = (req, res) => {
2     res.setHeader(
3         "Set-Cookie",
4         cookie.serialize("jwt", "", {
5             httpOnly: true,
6             secure: process.env.NODE_ENV === "production",

```

¹¹Quelle: <https://node-postgres.com/features/queries> am 11. Mai 2023

```

7         maxAge: -1,
8         sameSite: "lax",
9         path: "/"
10    })
11  );
12  res.sendStatus(204);
13 }

```

Codeausschnitt 4.21: Middleware zum Abmelden

Eine Anfrage zum Abmelden wird auf den Pfad `auth/logout` gestellt unter der die Middleware aus Codeausschnitt 4.21 durchlaufen wird. In dieser wird ein leerer, abgelaufener „jwt“-Cookie gesetzt, der bewirkt, dass der bisherige „jwt“-Cookie gelöscht wird. Dann wird dem Frontend mit dem Code 204 geantwortet, welcher aussagt, dass die Anfrage erfolgreich bearbeitet wurde, jedoch keine Daten mit der Antwort gesendet werden¹².

Socket.io Authentifizierung und Middleware

Im Codeausschnitt 4.22 ist ein Ausschnitt der `index.js` Datei zu sehen, in der der Socket.io Server initialisiert wird und die Middlewares für socket Verbindungen zugewiesen werden.

```

1  ...
2  const corsConfig = {
3    origin: process.env.FRONTEND_URL,
4    credentials: true,
5  }
6  const server = require('http').createServer(app);
7  const io = new Server(server, {
8    cors: corsConfig
9  });
10 io.use(authorizeUser);
11 io.use(initializeUser);
12 io.use((socket, next) => {
13   initializeChessListeners(socket, io);
14   initializeListeners(socket, io);
15   next();
16 });
17 ...

```

Codeausschnitt 4.22: Ausschnitt der `index.js` Datei mit Socket.io Server Erstellung und Middleware Zuweisung

Die Initilaisierung des Socket.io Servers benötigt die `corsConfig` Konfiguration, um Verbindungen vom Frontend zuzulassen und Header Informationen wie Cookies mitzusenden.

Es werden drei Middlewares bei einem Verbindungsaufbau durchlaufen, die ich in diesem Kapitel mit Codeausschnitten erläutern werde.

```

1 module.exports.authorizeUser = (socket, next) => {
2   let token = null;

```

¹²Quelle <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTTP/Status/204> am 05. Mai 2023

```

3   if (socket.request.headers.cookie) {
4       token = cookie.parse(socket.request.headers.cookie).jwt;
5       if (token) {
6           jwt.verify(token, process.env.JWT_SECRET, (err,
              decodedPayload) => {
7               if (err) {
8                   next(new Error('Unable to Read Token'));
9                   return;
10              }
11              socket.user = {...decodedPayload};
12          });
13      }
14  }
15  next();
16 }

```

Codeausschnitt 4.23: authorizeUser Middleware für Socket.io Verbindungen

Die Middleware **authorizeUser** (siehe Codeausschnitt 4.23) authentifiziert den Benutzer. Dabei wird auf den Cookie zugegriffen, der gegebenenfalls gesetzt wurde, um den Benutzernamen und die **userid** als Attribute der socket zu setzen (siehe Zeile 11 des Codeausschnitts 4.23). Diese Middleware ist der Grund, warum immer eine neue Socket.io Verbindung hergestellt werden muss, sobald der Benutzerzustand und damit der Cookie sich verändert. Ansonsten könnte es sein, dass veraltete Informationen in **socket.user** definiert sind.

```

1  module.exports.initializeUser = async (socket, next) => {
2      if (socket.user) {
3          socket.join(socket.user.userid);
4          await setUser(socket.user.username, socket.user.userid, true);
5          getFriends(socket.user.username).then(async friends => {
6              const friendRooms = friends.map(friend => friend.userid);
7              if (friendRooms.length > 0) {
8                  socket.to(friendRooms).emit("connected", "true",
                      socket.user.username);
9              }
10         });
11     }
12     next();
13 };

```

Codeausschnitt 4.24: initializeUser Middleware für Socket.io Verbindungen

In der Middleware **initializeUser** wird der Nutzer als online vermerkt, seine Freunde werden darüber informiert, dass er nun online ist und er tritt dem Raum seiner **userid** bei. Dies passiert natürlich nur, wenn in der vorherigen Middleware der Benutzer authentifiziert werden konnte. Die Funktion **setUser** setzt den Eintrag **user:username** mit der **userid** und **connected** auf **true**. Die Methode **getFriends** (siehe Kapitel ??) holt die Benutzernamen und die **userids** aller Freunde des Benutzers und mittels der **map** Funktion wird an alle **userids** der Freunde das Event **connected** gesendet. Dadurch wird im Frontend der Spieler als online angezeigt (siehe Abschnitt 4.1.3).

Die dritte Middleware setzt alle nötigen Listener für Events, die mit dem Schachspiel zusammenhängen, als auch sonstige Funktionen (siehe Zeilen 12 ff. des Codeausschnitts 4.22).

```

1 module.exports.onDisconnect = async (socket) => {
2   if (!socket.user) {
3     return;
4   }
5   await setUser(socket.user.username, socket.user.userid, false);
6   getFriends(socket.user.username).then(friends => {
7     const friendRooms = friends.map(friend => friend.userid);
8     if (friendRooms.length > 0) {
9       socket.to(friendRooms).emit("connected", "false",
10         socket.user.username);
11     }
12   });
13 }

```

Codeausschnitt 4.25: Die onDisconnect Methode für Sockets

Die `onDisconnect` Methode aus Codeausschnitt 4.25 wird aufgerufen, sobald eine socket Verbindung getrennt wird. Hierfür dient der `socket.disconnect()` Aufruf des Frontends (siehe Abschnitt 4.1.1). Ähnlich wie bei der `initializeUser` Middleware (siehe Codeausschnitt 4.24) wird dabei in Redis der Spieler als offline vermerkt und seine Freunde werden mit dem Event `connected` darüber in Kenntnis gesetzt.

4.2.2 Das Schachspiel

Das Schachspiel verwaltet die Datei `socketChessController.js`, welche eine der Funktionen zur Listener Initialisierung bereitstellt (siehe `initilializeChessListeners` aus Codeausschnitt 4.22), wobei `ServerChessClock.js` die Schachuhren bereitstellt.

In diesem Abschnitt werde ich einige Aspekte der Implementierung des Schachspiels mit Code Beispielen erläutern. Funktionen wie Aufgeben, das Ende der Partie oder Chat Nachrichten werden im Abschnitt 3.5.2 erläutert und zeichnen sich durch geringere Komplexität aus, weshalb sie in diesem Abschnitt nicht nochmals behandelt werden. Auch das Finden eines Gegners wird in dem Abschnitt der Backend-Architektur detailliert beschrieben, weshalb dies hier nicht noch einmal erläutert wird.

Initialisierung eines Spiels

Die Suche und das Finden eines Gegners wurde in Abschnitt 3.5.2 erläutert. In diesem Abschnitt möchte ich genauer darauf eingehen, wie ein Spiel nach gefundenem Gegner initialisiert wird. Dabei handelt es sich um die `createChessGame` Methode (für Kontext siehe Sequenzdiagramm in Abbildung 3.19).

```

1 const createChessGame = async (io, username1, username2, time) => {
2   const roomId = UUIDv4();
3   const [whitePlayer, blackPlayer] = Math.random() < 0.5 ? [username1,
4     username2] : [username2, username1];

```

```

4
5     const chessInstance = await
      import('../chess/Chess.mjs').then(ChessFile => {
6         return ChessFile.Chess();
7     });
8     const d = new Date();
9     chessInstance.header('White', whitePlayer, 'Black', blackPlayer,
      'Date', d.toDateString());
10    //Store Game in Redis
11    await initializeGame(roomId, whitePlayer, blackPlayer, time,
      chessInstance.pgn());
12    const chessClock = new ServerChessClock(time);
13    currentChessClocks[roomId] = {chessClock};
14
15    chessClock.startStartingTimer('white');
16    chessClock.ChessClockEvents.on('cancel_game', () => {
17        io.to(roomId).emit('cancel_game');
18        io.to(roomId).emit('stop_clocks');
19        endGame(roomId)
20    });
21    chessClock.ChessClockEvents.on('time_over', (color) => {
22        io.to(roomId).emit('time_over', color);
23        io.to(roomId).emit('stop_clocks');
24        endGame(roomId);
25    });
26    return roomId;
27 }

```

Codeausschnitt 4.26: Die createChessGame Methode zum Initialisieren einer Schachpartie

Die createChessGame Methode legt zunächst per Zufall fest, welcher Spieler welche Farbe spielen soll und generiert eine zufällige ID als roomId in der das Spiel stattfindet. Anschließend wird ein chess.js Objekt erstellt. Da es sich bei der Bibliothek chess.js um ein ECMAScript-Module handelt und node.js ein CommonJS-Modulsystem verwendet muss man einen Umweg mittels einer .mjs-Datei zum Importieren der Bibliothek verwenden¹³ (siehe Codeausschnitt 4.27).

```

1 import {Chess as ChessGame} from 'chess.js';
2 export const Chess = () => new ChessGame();

```

Codeausschnitt 4.27: Die Chess.mjs Datei

Mit diesem chess.js Objekt generieren wir eine PGN-Notation, in die die Benutzernamen der Spieler und das Datum eingetragen sind. Diese Informationen werden mittels der initializeGame Methode in Redis unter game:roomId gespeichert. Falls die Spieler angemeldet sind wird die roomId auch in die Listen activeGames der user:username Einträge der beiden Spieler hinzugefügt.

¹³Quelle: <https://stackoverflow.com/questions/70396400/how-to-use-es6-modules-in-commonjs> am 06. Mai 2023

Des weiteren wird ein `ServerChessClock` Objekt erstellt und in `currentChessClock` mit der `roomId` als Key gespeichert. Die Kommunikation und der Aufbau von `ServerChessClock` wird in Abschnitt 4.2.2 erläutert. Eventlistener für die Events `time_over` und `cancel_game` der `ServerChessClock` werden definiert. `cancel_game` ist ein Event, welches ausgelöst wird, falls eine Startzeit abgelaufen ist und `time_over`, falls eine reguläre Zeit abgelaufen ist. Da die Schachuhren und das Schachspiel möglichst Modular gehalten werden, wird an das Frontend in diesen Listnern immer zwei Events gesendet: `time_over`, beziehungsweise `cancel_game` für das Schachspiel und `stop_clocks` für die Schachuhren im Frontend. Bei jeder Möglichkeit wie eine Schachpartie endet wird definiert, dass die Funktion `endGame` ausgeführt werden soll, so auch bei diesen zwei Listnern. Was bei diese Methode bewirkt wird in Kapitel 3.5.2 erläutert.

Neue Züge

Beim Eingang eines neuen Zugs mittels des `new_move` Events wird die Methode `newMove` ausgeführt. Sie benötigt die socket des Spielers und die Socket.io Server Instanz. Die restlichen Daten die sie benötigt werden vom Frontend mit dem Event mitgesendet. Ein Aktivitätsdiagramm und eine ausführliche Erklärung des Ablaufs wird in Abschnitt 3.5.2 behandelt. In diesem Abschnitt konzentrieren wir uns auf die Umsetzung dieser Aktivitäten im Code.

```

1  //Listener:
2  client.on('new_move', newMove(client, io));
3  //Methode
4  const newMove = (socket, io) => async (roomId, player, move, cb) => {
5      if(!currentChessClocks[roomId]) {
6          cb({done: false, errMsg: "Game does not exist"});
7          return;
8      }
9      const {chessClock} = currentChessClocks[roomId];
10     const chessInstance = await
11         import('../chess/Chess.mjs').then(ChessFile => {
12             return ChessFile.Chess();
13         });
14     try {
15         chessInstance.loadPgn(await getGame(roomId, "pgn").then(pgn => {
16             if(!pgn) {
17                 cb({done: false, errMsg: "Game does not exist"});
18                 return;
19             }
20             return pgn;
21         }));
22         chessInstance.move(move)
23     } catch(error) {
24         cb({done: false, errMsg: error});
25         return;
26     }
27     socket.to(roomId).emit('opponent_move', move);
28     //Store move in Redis

```

```

29     newChessMove(chessInstance.pgn(), roomId).then(r => cb({done:
30         true})));
31
32     if(chessInstance.isGameOver()) {
33         if (chessInstance.isCheckmate()) {
34             io.to(roomId).emit('checkmate', socket.user.username);
35         } else {
36             io.to(roomId).emit('draw');
37         }
38         io.to(roomId).emit('stop_clocks');
39         chessClock.ChessClockEvents.emit('stop');
40         endGame(roomId);
41         cb({done: true});
42         return;
43     }
44
45     chessClock.ChessClockEvents.emit('toggle', ({remainingTimeWhite,
46         remainingTimeBlack, turn}) => {
47         io.to(roomId).emit('updated_time', remainingTimeWhite,
48             remainingTimeBlack, turn);
49     });
50
51     if (chessInstance.history().length === 1) {
52         chessClock.startStartingTimer('black');
53         io.to(roomId).emit('stop_starting_time_white');
54     } else if (chessInstance.history().length === 2) {
55         chessClock.startTimer('white');
56         io.to(roomId).emit('stop_starting_time_black');
57     }
58 }

```

Codeausschnitt 4.28: newMove Methode die beim Eingang eines neuen Zugs aufgerufen wird

Die Methode holt erst das ServerChessClock Objekt aus dem currentChessClocks Array und importiert die aktuelle PGN-Notation des Schachspiels aus der Redis Datenbank in ein chess.js Objekt und macht den Zug darauf (siehe Zeilen 5 - 25 des Codeausschnitts 4.28).

Die Kommunikation mit dem Frontend erfolgt über verschiedene Events wie opponent_move, checkmate, draw, stop_clocks, updated_time, stop_starting_time_white und stop_starting_time_black. Diese Events behandeln entweder ein Ereignis der Schachpartie oder verwalten die Schachuhren. Über die Callback Funktion wird mitgeteilt, ob der Zug erfolgreich behandelt werden konnte oder nicht.

Mit dem ServerChessClock Objekt wird mittels der Events stop und toggle (siehe Abschnitt 4.2.2) und den Funktionsaufrufen startStartingTimer und startTimer kommuniziert. stop wird bei einem Ende der Partie gesendet, toggle bei jedem neuen Zug, es sei denn das Spiel ist vorbei und die Funktionsaufrufe dienen zum initialen starten der Startuhren oder der regulären Uhr.

Des weiteren wird die aktualisierte PGN-Notation des Spiels mit der Funktion

`newChessMove` (siehe Zeile 28 im Codeausschnitt 4.9) in Redis gespeichert.

Senden des aktuellen Zustands einer Partie

Beim Laden der *ChessGame*-Komponente im Frontend wird das Event `get_game_data` gesendet, um den aktuellen Zustand des Spiels zu erhalten und spielen zu können beziehungsweise zugucken zu können.

```

1  client.on('get_game_data', (roomId, guestName, cb) => {
2      if (!currentChessClocks[roomId]) {
3          cb({done: false, errMsg: "This Game does not exist"});
4          return;
5      }
6      const {chessClock} = currentChessClocks[roomId];
7      if (!client.rooms.has(roomId)) {
8          client.join(roomId);
9      }
10     if(guestName) {
11         client.user = {username: guestName}
12     }
13     getGame(roomId)
14         .catch(() => {
15             cb({done: false, errMsg: "This Game does not exist"})
16         })
17         .then(game => {
18             if (!game) {
19                 cb({done: false, errMsg: "This Game does not exist"});
20                 return;
21             }
22             game.currentState = chessClock.getCurrentMode();
23             if (game.currentState.includes('s')) {
24                 game.currentStartingTimer =
25                     chessClock.getCurrentStartingTimer();
26             } else {
27                 game.currentTimes = chessClock.getCurrentTimes();
28             }
29             cb({done: true, data: game});
30         })
31     });

```

Codeausschnitt 4.29: Der Listener des `get_game_data` Events zum übermitteln des Schachspiels

Es gibt zwei Szenarien, in denen kein Zustand des Schachspiels gesendet werden kann: Falls kein `ServerChessClock` Objekt in dem `currentChessClocks` Array vorhanden ist (siehe Zeile 2 des Codeausschnitts 4.29) oder falls kein Redis Eintrag zu diesem Spiel gefunden werden konnte (siehe Zeile 15 & 18 des Codeausschnitts 4.29).

Essenziell bei diesem Listener ist, dass die socket gegebenenfalls der `roomId` beitrifft, um zukünftige Events, wie neue Züge, erhalten zu können. Außerdem ist es wichtig den

Benutzernamen zu setzen, falls es sich um einen Gast handelt. Denn wenn dieser die Seite neu lädt wird eine neue socket Verbindung hergestellt und der Gast-Benutzername wäre nicht mehr in der socket gespeichert. Allerdings wird auf den Benutzernamen der socket beispielsweise bei einem Schachmatt zugegriffen.

Die aktuellen Daten, wie welcher Spieler welche Farbe spielt und die aktuelle PGN-Notation des Spiels werden aus Redis mittels der Funktion `getGame` aus `game:roomId` geholt. Fehlen nur noch die aktuellen Zeiten. Dafür verwenden wir `getCurrentMode()`, um den aktuellen Zustand der Schachuhren zu bekommen (siehe Zeile 23). Dieser besteht wie im Frontend aus „tw“, „tb“, „sw“ und „sb“ (siehe 4.1.2).

Je nachdem welche Uhren gerade laufen werden entweder die Startzeiten oder die regulären Zeiten der Spieler den Redis Daten hinzugefügt und anschließend dem Frontend per Callback Funktion übermittelt.

Hier wird der Sinn hinter der Speicherung des `ServerChessClock` Objekts in einem Array ersichtlich. Um die aktuelle Zeit abzurufen muss auf das `ServerChessClock` Objekt zugegriffen werden. Alternative Speicherungsmöglichkeiten der aktuellen Zeiten werden in Abschnitt //REF erläutert.

Die Uhr

Die serverseitige Schachuhr wird von Objekten der Klasse `ServerChessClock` verwaltet. Diese Objekte besitzen die folgenden Attribute:

```

1  function ServerChessClock(time) {
2      this.timeMode = time;
3      this.currentMode = 'off';
4      this.remainingTimeWhite = {minutes: time.minutes, seconds: 0};
5      this.remainingTimeBlack = {minutes: time.minutes, seconds: 0};
6      this.ChessClockEvents = new EventEmitter();
7      this.startingTimeWhite = {seconds: 0};
8      this.startingTimeBlack = {seconds: 0};
9      switch (time.type) {
10         case 'Bullet': this.startingTimeWhite.seconds =
11             this.startingTimeBlack.seconds = 15; break;
12         case 'Blitz': this.startingTimeWhite.seconds =
13             this.startingTimeBlack.seconds = 20; break;
14         case 'Rapid': this.startingTimeWhite.seconds =
15             this.startingTimeBlack.seconds = 30; break;
16         case 'Classical': this.startingTimeWhite.seconds =
17             this.startingTimeBlack.seconds = 45; break;
18         default: this.startingTimeWhite.seconds =
19             this.startingTimeBlack.seconds = "unknown"; break;
20     }
21 }

```

Codeausschnitt 4.30: Konstruktor der `ServerChessClock` Klasse

Vorab stelle ich vor, wie ein `time` (siehe Zeile 1 des Codeausschnitts 4.30) Objekt aufgebaut ist:

```
{type: 'Rapid', minutes: 15, increment: 10, string: '15 + 10'}
```

type klassifiziert die Schachuhr Konfigurationen zu verschiedenen Modi. Diese Klassifikationen der Schachuhren sind auf online Schach-Plattformen wie lichess.org bereits Standard. Die Gründe dafür liegen vor allem in der Erweiterbarkeit (siehe //REF). Bisher werden sie genutzt um wie in Zeilen 9 ff. des Codeausschnitts 4.30 verschieden lange Startzeiten zu initialisieren.

string dient der Darstellung und der einfachen Identifizierung dieser Objekte.

```

1  ServerChessClock.prototype.startTimer = function (color) {
2      this.currentMode = color === "white" ? "tw" : "tb";
3      const currentPlayerTime = color === "white" ?
4          this.remainingTimeWhite : this.remainingTimeBlack;
5
6      const isTimeOver = () => {
7          return currentPlayerTime.minutes === 0 &&
8              currentPlayerTime.seconds === 0;
9      };
10
11     const decreaseTime = () => {
12         if (currentPlayerTime.seconds === 0) {
13             currentPlayerTime.minutes -= 1;
14             currentPlayerTime.seconds = 59;
15         } else {
16             currentPlayerTime.seconds -= 1;
17         }
18     };
19
20     const timer = setInterval(() => {
21         decreaseTime();
22         if (isTimeOver()) {
23             clearInterval(timer);
24             this.stopCurrentGame();
25         }
26     }, 1000);
27
28     //If game ends, because player resigned, checkmate, ...
29     this.ChessClockEvents.once("stop", () => {
30         clearInterval(timer);
31     });
32
33     //If a player played a new move
34     this.ChessClockEvents.once("toggle", (cb) => {
35         clearInterval(timer);
36         if (color === "white") {
37             this.remainingTimeWhite = increment(
38                 currentPlayerTime,
39                 this.timeMode.increment
40             );
41             cb({
42                 remainingTimeWhite: this.remainingTimeWhite,
43                 remainingTimeBlack: this.remainingTimeBlack,
44                 turn: "tb",

```

```

45         });
46         this.startTimer("black");
47     } else {
48         this.remainingTimeBlack = increment(
49             currentPlayerTime,
50             this.timeMode.increment
51         );
52         cb({
53             remainingTimeWhite: this.remainingTimeWhite,
54             remainingTimeBlack: this.remainingTimeBlack,
55             turn: "tw",
56         });
57         this.startTimer("white");
58     }
59 });
60 };
61
62 ServerChessClock.prototype.stopCurrentGame = function () {
63     if (this.getCurrentMode().includes('s')) {
64         this.ChessClockEvents.emit('cancel_game');
65     } else if (this.getCurrentMode().includes('w')) {
66         this.ChessClockEvents.emit('time_over', 'white');
67     } else {
68         this.ChessClockEvents.emit('time_over', 'black');
69     }
70 }

```

Codeausschnitt 4.31: Die `startTimer` und `stopCurrentGame` Methoden der `ServerChessClock` Klasse

Die Funktion `startTimer` wird ein mal von `SocketChessController` aufgerufen, falls der zweite Zug gespielt wurde (siehe Zeile 52 des Codeausschnitts 4.28). Anschließend wird die Methode selbst rekursiv aufgerufen, falls ein neuer Zug gespielt wurde und das `toggle` Event empfangen wurde (siehe Zeile 46 & 57 im Codeausschnitt 4.31).

Je nachdem welche Zeit läuft, wird `currentMode` aktualisiert und die entsprechende Zeit wird in `currentPlayerTime` referenziert (siehe Zeilen 2 & 3 des Codeausschnitts 4.31). Die Zeit läuft durch den `timer` ab, welcher `setInterval` nutzt, um jede Sekunde mittels `decreaseTime` die Zeit ablaufen zu lassen und `isTimeOver` um zu überprüfen ob die Zeit abgelaufen ist (siehe Zeile 19 ff. des Codeausschnitts 4.31).

Es wird ein Listener auf das Event `toggle` definiert, welcher bei einem neuen Zug das Inkrement auf die entsprechende Zeit rechnet und mittels Callback Funktion die aktuellen Zeiten durchgibt (siehe Zeilen 41 ff. und 52 ff. des Codeausschnitts 4.31), um diese in der `newMove` Methode an das Frontend zu senden (siehe Kapitel 4.2.2). Dieser Listener wird mit `ones(...)` definiert, wodurch er nur ein mal auf das Event hört. Dies ist wichtig, da anschließend die `startTimer` Methode rekursiv aufgerufen wird und der Listener neu initialisiert wird.

Die `stopCurrentGame` Methode wird aufgerufen, falls eine Zeit (Startzeit oder reguläre Zeit) abgelaufen ist und sendet entsprechende Events an `SocketChessController`. Wie diese Events empfangen werden ist in Codeausschnitt 4.26 enthalten.

4.2.3 Verwaltung von Freunden

In diesem Kapitel zeige ich die Implementierung von dem Versenden von Freundschaftsanfragen und dem senden der Freunde an das Frontend. Die zugehörigen Redis Funktionen werden in Kapitel 4.3 erläutert.

Alle anderen Funktionen welche nicht mit dem Schachspiel und der Authentifizierung zusammenhängen werden durch die Listener in der Datei `socketController.js` zur Verfügung gestellt und verwenden den `redisController` für Operationen an der Redis Datenbank. Der Ablauf von Funktionen im Backend bezüglich Freunden wurde ausführlich in dem Kapitel 3.5.3 behandelt.

Freundschaftsanfrage

```
1 client.on('send_friend_request', (requestName, cb) => {
2   if(client.user) {
3     requestFriend(client.user.username, client.user.userid,
4       requestName)
5     .catch(err => {
6       cb({done: false, errorMsg: "Please try again later"});
7       return;
8     })
9     .then(result => {
10      if (result.errorMsg) {
11        cb({done: false, errorMsg: result.errorMsg});
12        return;
13      }
14      cb({done: true});
15      client.to(result.userid).emit('friend_request',
16        client.user.username);
17    })
18  } else {
19    cb({done: false, errorMsg: "Please try again later"});
20  }
21 });
```

Codeausschnitt 4.32: Der Listener des send_friend_request Events

Die Funktion `requestFriend` der `redisController` Datei überprüft, ob eine Freundschaft der beiden Spieler erlaubt wäre und gibt uns unter anderem die `userid` des angefragten Spielers zurück und speichert die Freundschaftsanfrage in Redis (siehe Kapitel 4.3.1). Ist die Freundschaft nicht erlaubt wird die entsprechende Fehlermeldung, warum sie nicht erlaubt ist an den Sender mittels Callback Funktion weitergeleitet. Ansonsten wird die Freundschaftsanfrage mittels des Events `friend_request` an den Benutzer gesendet und der Sender wird über die Callback Funktion über den erfolgreichen Versand benachrichtigt.

Das Senden der Freunde ans Frontend

Beim rendern der *Home*-Komponente werden Events vom Frontend gesendet, um Daten wie Freunde, Freundschaftsanfragen und aktive Spiele aus der Redis Datenbank mittels Callback Funktion zu holen. Eine davon ist das `get_friends` Event.

```

1  client.on('get_friends', async (cb) => {
2    if(client.user) {
3      const friends = await getFriends(client.user.username);
4      const parsedFriends = await parseFriendList(friends);
5      cb({friendList: parsedFriends});
6    }
7  });

```

Codeausschnitt 4.33: Der `get_friends` Listener

Die `get_friends` Methode liefert uns die Benutzernamen und `userids` aller Freunde (siehe Kapitel 4.3.1), allerdings benötigt das Frontend noch weitere Daten. Das sind die aktiven Partien des Benutzers und den Status ob er gerade online ist oder nicht. Diese Daten ergänzt die Methode `parseFriendList` (siehe Kapitel 4.3.1).

4.3 Datenbank Integration

Die Herstellung einer Verbindung zu der PostgreSQL und zu der Redis Datenbank wird jeweils in einer Datei hergestellt:

```

1  require('dotenv').config()
2  const Pool = require('pg').Pool
3
4  const pool = new Pool({
5    user: process.env.DATABASE_USER,
6    host: process.env.DATABASE_HOST,
7    database: process.env.DATABASE_NAME,
8    password: process.env.DATABASE_PASSWORD,
9    port: process.env.DATABASE_PORT,
10 })
11
12 const query = (text, params) => pool.query(text, params)
13 module.exports = { query }

```

Codeausschnitt 4.34: Initialisierung der PostgreSQL Datenbank und einer Methode für die Anfragen

```

1  const Redis = require('ioredis');
2
3  const redisClient = new Redis();
4
5  module.exports = redisClient;

```

Codeausschnitt 4.35: Initialisierung einer Redis-Datenbank Verbindung

Die Daten zum Herstellen einer Verbindung sind in einer `.env` Datei gespeichert, um die Sicherheit und Wartbarkeit zu erhöhen, da `.env` Dateien standardmäßig zu Dateien zählen, welche nicht in Git aufgenommen werden.

Wie die PostgreSQL Datenbank genutzt wird ist in Kapitel 4.2.1 erläutert.

4.3.1 Zugriff auf Redis mit dem `redisController`

Alle Operationen auf der Redis Datenbank werden von der Datei `redisController` zur Verfügung gestellt (mit Ausnahme der `rateLimiter` Middleware). Welche Datentypen unter welchen Keys in Redis gespeichert werden, wird in Abschnitt 3.6.2 erläutert. Die Datei enthält 19 Methoden, die fast alle auf die Datenbank zugreifen. In diesem Abschnitt werden exemplarisch zwei Methoden dargestellt.

`addPlayerInQueue`

```

1 module.exports.addPlayerInQueue = async (loggedIn, time, user) => {
2   return new Promise((resolve, reject) => {
3     const key = loggedIn === true ? 'waitingPlayers${time}' :
      'waitingGuests${time}';
4     redisClient.lpush(key, `${user:username}:${user:userid}`,
      (err, result) => {
5       if (err) {
6         reject(err);
7       } else {
8         resolve(result);
9       }
10    });
11  });
12 };

```

Codeausschnitt 4.36: Methode um einen Spieler in eine Warteschlange hinzuzufügen

Die `addPlayerInQueue` Methode hat die Funktion einen Spieler in eine Warteschlange für einen zufälligen Gegner hinzuzufügen. Je nachdem ob er angemeldet ist oder nicht wird die Warteschlange `waitingPlayers` oder `waitingGuests` mit der entsprechenden Zeit als Key genutzt, um `username:userid` in die Warteschlange zu schreiben.

Die Funktion `lpush` fügt den Spieler am Anfang der Liste ein. Herausgenommen werden Spieler mittels der Funktion `rpop`, die Spieler am Ende der Liste entnehmen. So wird gewährleistet, dass der Spieler der am längsten wartet zu erst entnommen wird.

`getFriends`

```

1 const getFriends = async (username) => {
2   const friendList = await redisClient.lrange('friends:${username}',
      0, -1);
3   return friendList.map(friend => {
4     return {username: friend.split(':')[0], userid:
      friend.split(':')[1]};

```

```

5     });
6 }

```

Codeausschnitt 4.37: Methode um Freunde eines Spielers zu erhalten

Die Methode `getFriends` holt alle Freunde eines Spielers aus dem key `friend:username`. Mittels der Funktion `lrange` können Elemente aus einer Liste geholt werden. Der Parameter 0 repräsentiert den Start, ab welchem Index die Freunde geholt werden sollen und der Parameter -1 das Ende. In diesem Fall heißt -1, dass alle aus der Liste geholt werden sollen. Die Daten werden im letzten Schritt mittels der Array `map()` Funktion noch vernünftig aufbereitet um die Nutzung der Daten zu vereinfachen.

parseFriendList

```

1  const parseFriendList = async (friendList) => {
2      const newFriendList = [];
3      for (let friend of friendList) {
4          const friendConnected = await getUserData(friend.username,
5              "connected");
6          const activeGames = await getActiveGamesData(friend.username);
7          newFriendList.push({
8              username: friend.username,
9              userid: friend.userid,
10             connected: friendConnected,
11             activeGames: activeGames
12         });
13     }
14     return newFriendList;
15 }

```

Codeausschnitt 4.38: Methode um alle Informationen eines Arrays von Freunden zu bekommen

Die Methode `parseFriendList` hat die Funktion alle Daten aller Freunde einer Freundesliste zu holen. Sie dient als Erweiterung der `getFriends` Methode, falls mehr Daten nötig sind, als lediglich der Benutzername und die `userid`. Dies ist beispielsweise für die Anzeige im Frontend der Fall (siehe Kapitel 4.2.3).

Mit einer `for`-Schleife wird das Array der Freunde aus `getFriends` durchlaufen und für jeden Spieler werden folgende Daten geholt:

- online-Status: aus dem Redis Eintrag `user:username` wird mittels der `getUserData` Methode abgefragt, ob der Spieler gerade online ist (siehe Zeile 4).
- Aktive Partien: Die Funktion `getActiveGamesData` (siehe Zeile 5) hat zwei Aufgaben:
 - Aus `user:username` wird die Liste `activeGames` der `roomIds` der aktiven Spiele dieses Benutzers abgefragt.

- Anschließend wird für jede dieser roomIds der Eintrag `game:roomId` geholt, da Informationen darüber benötigt werden gegen wen und welche Farbe der Benutzer spielt.

Anschließend werden diese Daten in einem Objekt gesammelt und der neuen Freundesliste hinzugefügt, welche am Ende zurückgegeben wird.

In dem Abschnitt //Ref kritisiere ich die Struktur meiner Redis Datenbank, da sehr viele Zugriffe nötig sind, um dem Frontend alle Informationen über die Freunde eines Benutzers zukommen zu lassen.

requestFriend und friendIsValid

```

1 module.exports.requestFriend = async (username, userid, requestName) => {
2   const requestedFriend = await friendIsValid(username, requestName);
3   if (requestedFriend.errorMsg) {
4     return {errorMsg: requestedFriend.errorMsg};
5   }
6   const currentFriendRequests = await
7     redisClient.lrange('friend_requests:${requestName}', 0, -1);
8   if (currentFriendRequests.includes([requestName,
9     requestedFriend.userid].join(':'))) {
10    return {errorMsg: "You've already sent a friend request to this
11      user"};
12  }
13  await redisClient.lpush('friend_requests:${requestName}', [username,
14    userid].join(":"));
15  return {userid: requestedFriend.userid};
16 }

```

Codeausschnitt 4.39: requestFriend Methode um eine Freundschaftsanfrage in redis zu speichern

Die `requestFriend` Methode wird beim Versenden einer Freundschaftsanfrage aufgerufen (siehe Kapitel 4.2.3), um zu überprüfen, ob eine Freundschaftsanfrage legal wäre und diese gegebenenfalls in Redis zu speichern.

Die Methode `friendIsValid` überprüft, ob eine Freundschaft zulässig ist (siehe Codeausschnitt 4.40). Ist sie es nicht wird die entsprechende Fehlermeldung zurückgegeben. Um sicherzustellen, dass auch die Freundschaftsanfrage wirklich gültig ist, muss zusätzlich gewährleistet werden, dass zwischen den beiden Spielern keine ausstehenden Freundschaftsanfragen existieren (siehe Zeile 7 des Codeausschnitts 4.39).

Ist dies nicht der Fall, kann die Freundschaftsanfrage der Liste unter dem Key `friend_requests:requestName` in der Form `username:userid` hinzugefügt werden und die `userid` des angefragten Freundes wird zurückgegeben, um an ihn die Freundschaftsanfrage zu senden (siehe Kapitel 4.2.3).

```

1 const friendIsValid = async (username, requestName) => {
2   if (requestName === username) {
3     return {errorMsg: "You can not add yourself as a Friend"};
4   }
5 }

```

```
5     const friend = await getUserData(requestName);
6     if (!Object.keys(friend).length) {
7         return {errorMsg: "User doesn't exist"};
8     }
9     const currentFriendList = await
        redisClient.lrange('friends:${username}', 0, -1);
10    if (currentFriendList.includes([requestName,
        friend.userid].join(':'))) {
11        return {errorMsg: "You are already friends with that user"};
12    }
13    return friend;
14 }
```

Codeausschnitt 4.40: friendIsValid Methode um zu überprüfen, ob eine Freundschaft legal wäre

Bei einer legalen Freundschaft muss gewährleistet sein, dass man nicht mit sich selbst befreundet sein kann (siehe Zeile 2 des Codeausschnitts 4.40), dass der angefragte Benutzer existiert (siehe Ziele 5 & 6) und, dass die beiden Benutzer nicht bereits befreundet sind.

Die Überprüfung ob der Nutzer existiert, basiert darauf, dass falls er nicht existiert `friend` aus einem leeren Objekt `{}` besteht, was bedeutet, dass `Object.keys(friend).length` gleich 0 ist (siehe Zeile 6). Der `!`-Ausdruck konvertiert diesen Wert zunächst in den booleschen Wert `false` und negiert ihn anschließend, sodass der Ausdruck `true` zurückgibt.

5 Fazit und Ausblick

5.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Diese Bachelorarbeit hatte das Ziel eine Schachanwendung als Basis für Erweiterungen zu entwerfen und zu implementieren. Das Ergebnis ist eine App mit folgenden Funktionen:

- Schachpartien mit unterschiedlichen Zeitkonfigurationen können sowohl gegen zufällige als auch befreundete Gegner gespielt werden.
- Das gleichzeitige Spielen mehrerer Partien ist möglich.
- Während einer Schachpartie ermöglicht ein integrierter Chat die Kommunikation zwischen den Gegnern.
- Zuschauer können Partien über die URL verfolgen.
- Die Erstellung eines Accounts und die Anmeldung sind benutzerfreundlich und sicher gestaltet.
- Das Hinzufügen von Freunden und die Anzeige ihres Online-Status sind implementiert.
- Eine Funktion zum einfachen Wiedereinstieg in aktive Partien erleichtert das gleichzeitige Spielen mehrerer Spiele.

All diese Funktionen bilden die Grundlage für eine Schachanwendung, die besonderen Wert auf soziale Interaktionen legt. Bei der Implementierung lag der Schwerpunkt auf Modularität, Wartbarkeit, Skalierbarkeit, Erweiterbarkeit und Echtzeitkommunikation. Dafür wurden moderne Web-Technologien für eine schnelle und benutzerfreundliche Anwendung verwendet.

5.2 Herausforderungen

In diesem Kapitel bespreche ich Herausforderungen auf die ich gestoßen bin während der Konzeption oder Implementierung der Schachanwendung.

5.2.1 Schachuhren

Die Konzeption der Schachuhren war eine Herausforderung, die vielen verschiedene Ansätze beinhaltete. Im Endeffekt wurde sich für eine getrennte serverseitige und clientseitige Lösung entschieden (siehe Kapitel 3.3). Doch auch bei dieser Lösung gab es

Gestaltungsspielraum, beispielsweise wie die Zeiten konsistent gehalten werden sollten, wie das Inkrement addiert wird oder wie die verschiedenen Zeiten (Startzeit, reguläre Zeit, von weiß, von schwarz) und Events realisiert werden sollten.

Ein Problem, welches bei der Konzeption und Realisierung nur bedingt gelöst werden konnte ist die Abfrage der Zeit im Backend, wenn die Daten des Schachspiels geholt werden.

Die Frage ist, wie kann man die Zeiten konsistent im Backend speichern kann, um zu jedem Möglichen Zeitpunkt dem Frontend mitteilen zu können welche genauen Zeiten die Spieler noch haben.

Aktuell ist so realisiert, dass das `ServerChessClock` Objekt bei der Initialisierung eines Schachspiels im Backend in einem Array der `socketChessController` Datei gespeichert wird (siehe Kapitel 4.2.2) und bei einer Abfrage des Frontends, das Objekt herausgenommen wird und die Zeiten übermittelt werden.

Das Problem dieser Implementierung besteht darin, dass bei vielen aktiven Partien zahlreiche `ServerChessClock`-Objekte den Arbeitsspeicher des Backends belegen und bei einem Neustart oder Problem des Backends das Array neu initialisiert werden könnte, wodurch alle diese Objekte verloren gehen würden.

Somit verringert diese Implementierung sowohl die Skalierbarkeit, als auch die Wartbarkeit des Backends.

Der Grund, warum dennoch vorerst diese Implementierung gewählt wurde, liegt in den zu diesem Zeitpunkt fehlenden Alternativen. Es wäre denkbar, die aktuellen Zeiten wie die anderen Daten des Schachspiels in Redis zu speichern. Jedoch hätte eine Speicherung der aktuellen Zeit jede Sekunde viel zu viele I/O Operationen zur Folge und beispielsweise nur alle 10 Sekunden die aktuellen Zeiten zu speichern würde zu einer zu großen Diskrepanz führen, wenn das Frontend in einer ungünstigen Zeit die Daten abfragen würde und es sich um ein schnelles Spiel wie „1+0“ handeln würde. Die Speicherung der Zeit nach jedem Zug könnte auch zu sehr großen Diskrepanzen führen, wenn lange kein Zug gemacht wurde.

Eine mögliche Alternative um die Skalierbarkeit und Wartbarkeit hinsichtlich dieser Implementierung zu erhöhen und dennoch keine großen Zeitdiskrepanzen zu haben, wäre eine Lösung, bei der man bei jedem Zug die aktuellen Zeiten der Spieler und den Zeitpunkt des Zugs in Redis speichert. Sobald eine Abfrage der Daten von dem Frontend kommt, können die aktuellen Zeiten der Spieler berechnet werden, indem die Differenz zwischen dem jetzigen Zeitpunkt und dem Zeitpunkt des alten Zugs berechnet wird und diese von der Zeit des Spielers abgezogen wird, der gerade am Zug ist. Eine serverseitige Überprüfung, ob eine Zeit abgelaufen ist, müsste in einem Intervall von jeder Sekunde ausgeführt werden. Allerdings könnte man vermeiden, dass die `ServerChessClock`-Objekte im Arbeitsspeicher des Backends gespeichert werden müssen.

Diese Alternative scheint eine vielversprechende Möglichkeit zur Verbesserung zu sein.

5.2.2 Züge des Schachspiels

Bei der Implementierung der Behandlung eines neuen Zugs im Front- und Backend sind kleinere Herausforderungen aufgekommen.

Während des Testens der Anwendung wurde festgestellt, dass chessground die Szenarien von Bauernumwandlungen und En-passant-Schlägen nicht ausreichend unterstützt und die betreffenden Figuren manuell entfernt oder ersetzt werden müssen (siehe Kapitel 3.4.3). Nach etwas Feinarbeit konnten diese Szenarien problemlos behandelt werden. Im Backend trat das Problem auf, dass die Bibliothek chess.js ein ECMAScript-Module ist und Node.js das CommonJS Modulsystem verwendet. Mithilfe eines Umwegs konnte dieses Problem allerdings gelöst werden (siehe Kapitel 4.2.2).

5.3 Zukünftige Erweiterungen und Verbesserungen

Neben der in 5.2.1 beschriebenen Verbesserung der Backend Schachuhr ist die Anzahl der möglichen Erweiterungen dieser Schachanwendung nahezu unbegrenzt. Einige der wichtigsten Erweiterungen, welche als nächstes angegangen werden könnten wären:

- **Responsive Design:** Die Anwendung für verschiedene Geräte zu optimieren wäre ein wichtiger Schritt Richtung Veröffentlichung.
- **Hosting:** Durch das Bereitstellen der Anwendung auf einer Hostingplattform könnte man die Anwendung der Öffentlichkeit zugänglich machen.
- **Analysen:** Schachpartien analysieren zu können ist wichtig um aus den Fehlern der Partie zu lernen. Es gibt einige Analyseprogramme, wobei die beste derzeit Stockfish ist¹.
- **Wertungen:** In Schach gibt es eine sogenannte Elo-Wertung, welche die relative Stärke eines Spielers misst². Typischerweise besitzt jeder Spieler jeweils eine Elo für einen Zeitmodi (Bullet, Blitz, Rapid, ...). Diese Zeitmodi sind schon implementiert, sie werden nur bisher kaum genutzt (siehe Kapitel 4.2.2).
- **Historie vergangener Partien:** Eine Schachpartie wird bereits mit der Historie aller Züge in PGN-Notation gespeichert, wird allerdings nach dem Ende des Spiels gelöscht. Man könnte diese Datensätze wiederverwenden, um sich vergangene Spiele nochmal anschauen zu können oder teilen zu können.
- **Zurücknehmen von Zügen:** Das Zurücknehmen eines bereits gemachten Zugs ist eine wichtige Funktion, falls man sich verklickt haben sollte. Meist schickt der Spieler eine Anfrage der Zugzurücknahme, welcher der Gegner annehmen oder ablehnen kann.

Dies sind nur einige Beispiele der von Erweiterungen welche als nächstes Angegangen werden könnten.

Da vor allem die sozialen Interaktionen dieser Schach-App ausgeprägt sein sollen, sind weitere mögliche Erweiterungen die Gründung von Clubs, welche gegeneinander in Ligen

¹Quelle: <https://stockfishchess.org/> am 13. Mai 2023

²Quelle: <https://www.chess.com/de/terms/elo> am 13. Mai 2023

oder Turnieren antreten können, einen Clubchat haben, in dem unter anderem Partien geteilt werden können und Rollen wie Präsident, Vize-Präsident,... verteilt werden können.

Um das Spielen zu Belohnen könnte man Figuren-, Bretter- oder Emotodesigns als Belohnungen einführen, welche nicht nur der Spieler selber, sondern auch der Gegner sieht. Zusätzliche Belohnungen könnte man einführen durch täglich-wechselnde und statische Herausforderungen.

Dies bietet auch eine Möglichkeit der Kommerzialisierung: Nicht durch Werbung oder freischaltbare Funktionen Einnahmen generieren, sondern durch freischaltbare Designs. Die Benutzer können sich somit keinen Vorteil durch Funktionen wie Analysen oder Tutorials erkaufen, sondern ausschließlich andere Optiken.

Die Vision dieser Anwendung ist eine Schach-App, die stärker auf soziale Interaktionen und Anreize zum Spielen setzt als `lichess.org` und weniger kommerzialisiert ist, indem wichtige freischaltbare Funktionen nicht ausschließlich gegen Geld angeboten werden, wie es bei `chess.com` der Fall ist (siehe Kapitel 1.4).

Insgesamt bietet diese Bachelorarbeit eine solide Grundlage für eine Schach-App, die durch soziale Interaktionen und eine Vielzahl von Funktionen den Schachspielern ein umfassendes und ansprechendes Erlebnis bietet.

Literaturverzeichnis

- [Add21] ADDAMS R.: *SQL - Der Grundkurs für Ausbildung und Praxis*. 2021.
- [Fou23] FOUNDATION O.: Node.js - an open-source, cross-platform javascript runtime environment., 2023.
- [Hah16] HAHN E. M.: *Express in Action - Writing, Builing and Testing Node.js applications*. Manning Publications, 2016.
- [Le21] LE D. Q. H.: *Developing Modern Database Applications with PostgreSQL*. 2021.
- [Nel16] NELSON J.: *Mastering Redis - take your knowledge of Redis to the next level to build enthralling applications with ease*. 2016.
- [Ove22] OVERFLOW S.: Stack overflow survey 2022, 2022.
- [Pre15] PREDIGER R.: *NODE.JS - Professionell hochperformante Software entwickeln*. Carl Hanser Verlag, 2015.
- [Rob12] ROBBINS J. N.: *Learning Web Design*. O'REILLY, 2012.
- [Sch22] SCHWARZMÜLLER M.: *React Key Concepts*. 2022.
- [Soc23] SOCKET.IO: Socket.io - bidirectional and low-latency communication for every platform., 2023.
- [vdL74] VAN DER LINDE A.: *Geschichte und Litteratur des Schachspiels, Erster Band*. 1874.

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|------|--|----|
| 1.1 | Relatives Suchinteresse des Wortes <i>Chess</i> auf Google in den letzten 5 Jahren. | 1 |
| 1.2 | Home-Bildschirm von Chess.com | 4 |
| 1.3 | Abonnement Möglichkeiten von Chess.com | 5 |
| 1.4 | Der Lichess Desktop Home-Bildschirm | 6 |
| 2.1 | Die Zusatzregel <i>en passant</i> | 7 |
| 2.2 | Die Zusatzregel <i>Bauernumwandlung</i> | 8 |
| 2.3 | Ablauf einer Anfrage an einen Node.js Server | 9 |
| 2.4 | Ablauf einer Anfrage an einen Node.js Server mit Express | 10 |
| 2.5 | Beispiel der Nutzung von Middlewares | 11 |
| 2.6 | Beispiel der Nutzung von Routing | 12 |
| 2.7 | Simple Beispiel der Initialisierung einer socket.io Verbindung und das Senden und Empfangen von Events | 13 |
| 2.8 | Darstellung eines Raumes <i>myroom</i> mit zwei sockets | 14 |
| 2.9 | Beispiel eines verschlüsselten Tokens von JWT | 23 |
| 2.10 | Darstellung der mit Chakra UI designten React Komponente aus dem Code Beispiel 2.5 | 23 |
| 3.1 | Komponentendiagramm der Anwendung | 26 |
| 3.2 | Ordnerstruktur des Frontends | 28 |
| 3.3 | Aufbau der React-Komponenten für angemeldete Benutzer | 31 |
| 3.4 | Home und Navbar Komponente eines nicht angemeldeten Benutzers im dunklen Farbschema | 32 |
| 3.5 | Home und Navbar Komponente eines angemeldeten Benutzers im hellen Farbschema | 32 |
| 3.6 | Das Modal der Komponente GameRequest in hellem Farbschema | 33 |
| 3.7 | Beispiel einer SignUp-Komponente mit bereits verwendet E-Mail Adresse | 33 |
| 3.8 | Beispiel einer Login-Komponente mit ungültigen Daten | 34 |
| 3.9 | Beispiel einer ChessGame-Komponente | 34 |
| 3.10 | Das Modal der Komponente PromotionModal | 34 |
| 3.11 | Lade-Bildschirm beim Starten eines Spiels mit den Buttons der <i>Home</i> -Komponente | 35 |
| 3.12 | Benachrichtigung, falls kein Spiel unter der roomId gefunden werden konnte | 36 |
| 3.13 | Beispiel eines Toasts, falls der Gegner aufgegeben hat | 37 |
| 3.14 | Aktivitätsdiagramm eines Schachzugs | 38 |
| 3.15 | Aktivitätsdiagramm eines empfangenen Schachzugs | 39 |
| 3.16 | Das Herausfordern und Zuschauen bei Freunden | 41 |

| | | |
|------|--|----|
| 3.17 | Das Modal der <i>AddFriendModal</i> -Komponente mit Fehlermeldung | 42 |
| 3.18 | Ordnerstruktur des Backends | 44 |
| 3.19 | Sequenzdiagramm des Schachspielstartprozesses mit unbekanntem Gegner | 47 |
| 3.20 | Aktivitätsdiagramm zur Behandlung eines neuen Zugs im Backend | 49 |
| 3.21 | Aktivitätsdiagramme des Versenden und Akzeptieren von Freundschafts- anfragen | 51 |

Listings

| | | |
|------|---|----|
| 2.1 | Beispiel einer Callback Funktion Quelle: [Pre15] | 8 |
| 2.2 | Beispiel zum Beitreten Raums und das senden eines Events in diesen Raum | 12 |
| 2.3 | Beispiel einer React Komponente | 15 |
| 2.4 | Beispiel von verschiedenen Komponenten auf verschiedenen Pfaden Quelle: [Sch22] (abgewandelt) | 16 |
| 2.5 | Beispiel mit Chakra UI designten React Komponente (siehe Abbildung Quelle: https://chakra-ui.com/ am 27. April 2023 | 19 |
| 4.1 | Die AccountContext.js-Datei | 56 |
| 4.2 | Die Funktion zum Senden der Benutzerdaten an das Backend | 57 |
| 4.3 | Ein Ausschnitt der <i>Login</i> -Komponente mit Formik | 58 |
| 4.4 | Yup Schema für das Anmelden | 60 |
| 4.5 | Die Datei <i>SocketContext.js</i> | 61 |
| 4.6 | Ausschnitt der <i>Views</i> -Komponente | 62 |
| 4.7 | Initialisierung des Schachspiels nach Empfangen der Daten | 62 |
| 4.8 | Die refreshBoard Methode | 64 |
| 4.9 | Die onMove Methode | 65 |
| 4.10 | Die promotion Methode | 65 |
| 4.11 | Ausschnitt der <i>ChessClock</i> -Komponente | 66 |
| 4.12 | Darstellung der Freundesliste in <i>FriendList</i> | 68 |
| 4.13 | Der connected Eventlistener der <i>FriendList</i> -Komponente | 69 |
| 4.14 | Darstellung der Freundesliste in <i>FriendList</i> | 69 |
| 4.15 | Darstellung der <i>Friendlist</i> und <i>ActiveGames</i> Komponenten in der <i>Home</i> -Komponente | 70 |
| 4.16 | Verwendung von einem Thema mit Chakra UI | 71 |
| 4.17 | Ausschnitt aus index.js und die Datei authRouter.js | 72 |
| 4.18 | Die rateLimiter Middleware | 73 |
| 4.19 | Die handleLogin Middleware zum Authentifizieren mit Cookie | 73 |
| 4.20 | Die attemptLogin Middleware zum Anmelden | 74 |
| 4.21 | Middleware zum Abmelden | 75 |
| 4.22 | Ausschnitt der index.js Datei mit Socket.io Server Erstellung und Middleware Zuweisung | 76 |
| 4.23 | authorizeUser Middleware für Socket.io Verbindungen | 76 |
| 4.24 | initializeUser Middleware für Socket.io Verbindungen | 77 |
| 4.25 | Die onDisconnect Methode für Sockets | 78 |
| 4.26 | Die createChessGame Methode zum Initialisieren einer Schachpartie . . . | 78 |

| | |
|---|----|
| 4.27 Die Chess.mjs Datei | 79 |
| 4.28 newMove Methode die beim Eingang eines neuen Zugs aufgerufen wird . . | 80 |
| 4.29 Der Listener des get_game_data Events zum übermitteln des Schachspiels | 82 |
| 4.30 Konstruktor der ServerChessClock Klasse | 83 |
| 4.31 Die startTimer und stopCurrentGame Methoden der ServerChessClock Klasse | 84 |
| 4.32 Der Listener des send_friend_request Events | 86 |
| 4.33 Der get_friends Listener | 87 |
| 4.34 Initialisierung der PostgreSQL Datenbank und einer Methode für die An- fragen | 87 |
| 4.35 Initialisierung einer Redis-Datenbank Verbindung | 87 |
| 4.36 Methode um einen Spieler in eine Warteschlange hinzuzufügen | 88 |
| 4.37 Methode um Freunde eines Spielers zu erhalten | 88 |
| 4.38 Methode um alle Informationen eines Arrays von Freunden zu bekommen | 89 |
| 4.39 requestFriend Methode um eine Freundschaftsanfrage in redis zu speichern | 90 |
| 4.40 friendsValid Methode um zu überprüfen, ob eine Freundschaft legal wäre | 90 |