

Robuste Abstraktion für Heads Up No Limit Texas Hold'em Poker

Projektarbeit

eingereicht bei

Prof. Dr. Ute Schmid

Professur für Angewandte Informatik insb. Kognitive Systeme

Fakultät Wirtschaftsinformatik und Angewandte Informatik

Otto-Friedrich-Universität Bamberg

von

Thorsten Spieker

Seehofstr. 33, 96052 Bamberg

0178-3673946

thorsten.spieker@gmail.com

Studienrichtung: Wirtschaftsinformatik

6. Fachsemester

Matrikelnummer: 1523164

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	V
1 Einführung	1
1.1 Problemstellung	1
1.2 Texas Hold'em Poker	1
1.2.1 Karten	1
1.2.2 Aktionen	1
1.2.3 Setzrunden	2
1.2.4 Wertigkeiten	2
1.3 Varianten	3
1.3.1 No Limit	3
1.3.2 Heads Up	3
1.4 Ziel	3
2 Stand der Technik	4
2.1 Erforschte Varianten des Computer Poker	4
2.2 Beherrschung des Suchraums durch Abstraktion	4
2.3 Methoden zur Strategiesynthese	6
2.3.1 Gewinnen	6
2.3.2 Nicht Verlieren	6
2.3.3 Vorsichtig Gewinnen	6
2.4 Menschenähnliches Verhalten	7
2.5 Validierungsmethoden von Strategien	8
3 Abstraktionsmethoden	9
3.1 Abstraktion der Karten	9
3.2 Abstraktion der Setzrunden	10
3.3 Abstraktion der Aktionen	11
3.3.1 Aktionsanzahlanalyse	12
3.3.2 Aktionsfolgeanalyse	13
4 Umsetzung und Bewertung	15
4.1 Implementierung	15
4.1.1 TreeViewer	15
4.2 Resultate	17
4.2.1 Setzrundenanalyse	17
4.2.2 Aktionsanzahlanalyse	18
4.2.3 Aktionsfolgeanalyse	20

5 Ausblick	22
Literaturverzeichnis.....	24
Anhang	25

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Screenshot von der TreeViewer GUI mit geladenem Zustandsbaum .. 16

Abbildung 2: Setzgrößenverteilung der ersten Erhöhung nach dem Flop 19

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vergleich von Abdeckung vs. Speicherbedarf ausgewählter Abstraktionen.....	17
Tabelle 2: Abdeckung ausgewählter Abstraktion bei konstantem Speicherbedarf....	18
Tabelle 3: Erhöhung des ersten Spielers Preflop in Relation zu verschiedenen Größen	18
Tabelle 4: Fehler der Satzgrößenabstraktion verschiedener Abstraktionen (Preflop).....	21
Tabelle 5: Fehler der Satzgrößenabstraktion verschiedener Abstraktionen (Flop) ...	21

1 Einführung

1.1 Problemstellung

Automatischen Agenten, die sich in unbekanntem Umgebungen mit unbekanntem Gegnern bewegen, stellen sich mehrere Probleme. Erstens gilt es den eigenen Gewinn zu maximieren, also sich so zu verhalten, dass das bestmögliche Resultat erzielt wird. Zweitens gilt es aber auch sich gegen andere feindliche Agenten zu schützen, um möglichst wenig an diese zu verlieren. Diese beiden Ziele stehen sich oft im Wege und es gilt eine Strategie zu finden, die einen Kompromiss zwischen beiden Zielen findet. Drittens muss die Umgebung modelliert werden, in welcher sich der Agent befindet. Dies stellt oft ein erhebliches Problem dar, vor allem in Umgebungen in denen keine vollständige Information vorhanden ist, sondern Teilinformationen verborgen bleiben.

1.2 Texas Hold'em Poker

1.2.1 Karten

Texas Hold'em Poker ist ein Kartenspiel, welches mit einem Deck aus 52 Karten gespielt wird. Es gibt vier Farben (Herz = h, Kreuz = c, Karo = d und Pik = s) und 13 Wertigkeiten (2,3,...,10 = T, Bube = J, Dame = Q, König = K, Ass = A). Im Folgenden werden Karten mit ihrer Wertigkeit und einem kleinen Buchstaben für ihre Farbe benannt. So wird z.B. das Ass in Pik zu As (A für Ass und s für spade).

Ein Spieler erhält zu Beginn eines Spiels zwei Karten, die nur er sehen darf („Holecards“). Im Laufe des Spiels werden bis zu fünf Karten offen in die Mitte gelegt („Board“), welche jeder Spieler für seinen endgültigen Kartenwert mit verwenden kann. Eine Kombination aus mehreren Karten wird auch als Hand bezeichnet.

1.2.2 Aktionen

Ein Spieler hat generell drei Aktionen zur Verfügung. Er kann aussteigen („Fold“), mitgehen („Call“) oder setzen bzw. erhöhen („Bet“ bzw. „Raise“).

Möchte ein Spieler den Betrag, den er setzen müsste um im Spiel zu bleiben nicht setzen, so steigt er aus, gibt seine Karten ab und hat somit jegliche Möglichkeit die Chips in der Mitte („Pot“) zu gewinnen verwirkt.

Möchte ein Spieler weiter spielen, den Betrag aber nicht erhöhen, so geht er mit. Falls er keinen Betrag setzen muss, weil noch keine Erhöhung gemacht wurde, so nennt sich dies auch checken („Check“).

Möchte ein Spieler den Betrag erhöhen, so setzt er mehr Chips als er mitgehen müsste. Falls er nicht mitgehen müsste, also checken könnte, so nennt man dies „Bet“, ansonsten ist es ein „Raise“.

1.2.3 Setzrunden

Das Spiel besteht aus vier Setzrunden (Preflop, Flop, Turn und River). Zunächst wird ein Geber ausgewählt. Die Reihenfolge geht stets im Uhrzeigersinn. Die ersten beiden Spieler nach dem Geber müssen einen Zwangsbetrag setzen (Small Blind und Big Blind), welcher von allen anderen Spielern mindestens mitgegangen werden muss. Erhöht ein Spieler wenn er an der Reihe ist, so muss jeder Spieler diesen Betrag ebenfalls setzen. Möchte ein Spieler dies nicht tun, so kann er aussteigen, indem er seine Karten abgibt und kann dadurch nichts mehr in diesem Spiel gewinnen. Sind alle Spieler entweder die Erhöhungen mitgegangen oder ausgestiegen, so wird der Flop (drei offene Karten in der Mitte) gelegt.

In dieser ersten Runde beginnt derjenige Spieler mit einer Aktion, der zur Linken des Big Blinds sitzt. Dann geht es im Uhrzeigersinn weiter. In den darauf folgenden Setzrunden beginnt der Spieler, der unter den verbleibenden, nicht ausgestiegenen Spielern dem Geber im Uhrzeigersinn am nächsten sitzt.

Eine weitere Setzrunde beginnt, in der ein Spieler entweder nichts setzen muss, sofern noch nichts gesetzt wurde, oder mindestens den Big Blind erhöhen muss. Sind wieder alle Spieler entweder mitgegangen oder ausgestiegen, so wird der Turn (eine weitere offene Karte) gelegt.

Diese Abfolge wiederholt sich ebenfalls für den River (eine weitere offene Karte).

Nach dem River gibt es eine letzte Setzrunde, nach der alle verbleibenden Spieler ihre Karten umdrehen (Showdown) und die höchste 5-Karten-Kombination aus privaten Karten plus offene Karten alles gewinnt.

1.2.4 Wertigkeiten

Rangfolge der möglichen Kombinationen aus Pokerkarten

- Royal Flush: Ass bis 10 der gleichen Farbe
- Straight Flush: Reihe aus fünf Karten der gleichen Farbe
- Vierling: vier Karten gleicher Wertigkeit
- Full House: drei Karten gleicher Wertigkeit plus zwei Karten gleichen Werts einer anderen Wertigkeit

- Flush: fünf Karten der gleichen Farbe aber beliebigen Werts
- Straight: Reihe aus fünf Karten beliebiger Farbe
- Drilling: drei Karten gleicher Wertigkeit
- Zwei Paare: zwei Karten gleicher Wertigkeit plus zwei Karten gleichen Werts einer anderen Wertigkeit
- Paar: zwei Karten gleicher Wertigkeit
- Höchste Karte: eine Karte mit höchstem Wert.

Es wird immer die höchst mögliche Kombination gewählt, die ein Spieler mit seinen Karten und Hilfe der offenen Karten bilden kann.

1.3 Varianten

1.3.1 No Limit

In der No Limit Variante kann ein Spieler, wenn er an der Reihe ist, jeden Betrag zwischen der Minimum-Erhöhung und dem Rest seiner verbleibenden Chips setzen („All-in“). Die Minimum-Erhöhung beträgt immer den Betrag der mitzugehen ist plus den Betrag der letzten Erhöhung. Wurde noch nicht erhöht, so ist das Minimum der Big Blind.

Dies steht im Gegensatz zu den Varianten Fixed Limit und Pot Limit. Beim Fixed Limit wird immer um einen festen Betrag erhöht. Beim Pot Limit ist das Minimum der gleiche Betrag wie im No Limit, das Maximum beträgt allerdings den Betrag in der Mitte plus zwei Mal der Betrag der mitzugehen wäre.

1.3.2 Heads Up

Die Heads Up Variante bezeichnet das Spiel mit nur zwei Spielern. Poker kann jedoch auch mit mehreren Spielern gespielt werden. Short Handed bezeichnet man das Spiel mit bis zu sechs Spielern, Full Ring das Spiel mit bis zu zehn Spielern an einem Tisch. Diese Bezeichnungen gelten jeweils für einen Tisch. In Turnieren können insgesamt wesentlich mehr Spieler gegeneinander spielen, diese sind jedoch auf mehrere Tische verteilt.

1.4 Ziel

In dieser Projektarbeit soll es zunächst darum gehen, die Komplexität des Heads Up No Limit Texas Hold'em Poker Spiels zu reduzieren und eine Abstraktion der Realität zu finden, in welcher Strategien erstellt werden können. Ferner wird ein Ausblick gegeben, wie sich erfolgreiche state-of-the-art Strategien in dieser Abstraktion berechnen lassen.

2 Stand der Technik

2.1 Erforschte Varianten des Computer Poker

Bisherige Arbeiten im Bereich des Computer Poker beschränkten sich hauptsächlich auf die Variante des Limit Pokers oder auf die Pseudo Pokervariante Leduc Hold'em. Dies wird mit der Komplexität des Spiels begründet.

Angenommen man würde einen Zustandsbaum erstellen um eine Strategie für das Spiel zu speichern. Ein Knoten in diesem Baum repräsentiert einen Zustand, also eine bestimmte Aktionsabfolge und Kartenverteilung und beinhaltet zwei 8-byte float Werte um die Wahrscheinlichkeiten der Aktionen Fold, Call und Raise darzustellen. Die Verbindungen zwischen den Knoten repräsentieren dabei eine bestimmte Aktion.

Würde man einen solchen Zustandsbaum für Heads Up Limit Texas Hold'em Poker erstellen, so benötigte man 4,5 Petabyte an Speicherplatz da diese Variante schon $3,16 * 10^{18}$ Zustände enthält (vgl. Johanson 2007, S. 22).

Andere Varianten wie die No Limit Variante oder Mehrspieler Varianten lassen die Anzahl der Zustände noch um ein Vielfaches wachsen und wurden daher in der momentanen Forschung bisher vernachlässigt. Erst langsam wird das Heads Up Spiel in Richtung No Limit (vgl. Schnizlein 2009) und das Limit Spiel in Richtung 3-Spieler Variante erweitert (vgl. Risk 2009).

2.2 Beherrschung des Suchraums durch Abstraktion

Um die Anzahl der Spielzustände auf ein berechenbares Maß zu reduzieren und dennoch die Eigenschaften des Originalspiels bei zu behalten, gibt es diverse Abstraktionsmethoden, welche in den letzten Jahren angewandt wurden.

Als erste Variante versuchte man die Farben der Karten weg zu abstrahieren. Die Karten haben isomorphe Eigenschaften, welche es möglich machen bestimmte Karten in Gruppen einzuteilen, welche keine strategischen Unterschiede zu einander haben. Dadurch muss lediglich eine Strategie für eine Gruppe von Karten gefunden werden, anstatt für jede der Karten innerhalb der Gruppe. Beispielsweise können einem Spieler am Anfang die Holecards Ac und 2c ausgeteilt werden, welche strategisch keinen Unterschied zu den Karten Ah und 2h haben. Genauso besteht kein strategischer Unterschied zwischen 7c2h und 7d2s. Aus 1326 möglichen Holecards-Kombinationen werden somit lediglich 169

strategisch verschiedene Kombinationen. Mit dieser Abstraktionsmethode verliert man keine Informationen, allerdings bringt sie auch nicht die benötigte Reduktion des Spielbaums, da sie maximal um $4!$ reduziert (vgl. Billings 2006, S. 83).

Es gibt noch weitere Abstraktionsmöglichkeiten, bei denen nicht nur über die Farben, sondern auch die Wertigkeit der Karten abstrahiert wird. Dabei verliert man allerdings Informationen und gruppiert Karten mit lediglich ähnlichen, nicht strategisch gleichen Eigenschaften zusammen. Diese Methode wird auch als Bucketing bezeichnet (vgl. Johanson 2006, S. 23ff). Um Karten in gleiche Eimer zu codieren, werden hierbei verschiedene Funktionen verwendet, die beispielsweise die Gewinnwahrscheinlichkeit einer Hand gegen eine zufällige andere Hand oder das Verbesserungspotential einer Hand berechnet. Bisherige Vorgehensweisen gingen nun davon aus, dass je mehr Buckets man berechnen kann, also je mehr Informationen man behält, desto besser die berechnete Strategie wäre. Dies wurde allerdings in neusten Forschungen widerlegt (vgl. Waugh 2009, S. 21).

Eine andere Herangehensweise ist es über die Setzrunden zu abstrahieren. Dabei lassen sich zum Beispiel Teilbäume erstellen, für lediglich die beiden ersten Setzrunden (Preflop und Flop) und die beiden letzten Setzrunden (Turn und River). Dabei geht allerdings der Bezug zu Geschehnissen vorher verloren, es besteht also keine perfekte Erinnerung mehr im Laufe eines Spiels. Es entstehen allerdings zwei zusammen deutlich kleinere Spielbäume, welche keine Informationsverluste im Bezug auf die Karten aufweisen. Trotzdem verlieren solche Strategien deutlich auf Grund der nicht perfekten Erinnerung. Es macht einen Unterschied für das Spiel am Turn und River, ob ein Spieler Preflop und am Flop mehrere Raises macht oder ob er nur zweimal mitgeht.

Eine letzte Möglichkeit ist es, die erlaubte Anzahl an Raises zu kürzen. In der Limit Variante darf pro Runde lediglich viermal erhöht werden. Dies lässt sich auf dreimal reduzieren und führt dann zu einer weiteren Reduktion des Spielbaums. Die Anzahl der Setzsequenzen verringert sich dabei von 6378 auf 2286 (vgl. Johanson 2007, S. 23). Diese Abstraktion lässt sich unter der Annahme machen, dass die maximale Anzahl der Erhöhungen meistens nicht erreicht wird.

2.3 Methoden zur Strategiesynthese

Um nun in dem Zustandsbaum des Spiels oder auch dem Zustandsbaums einer Abstraktion eine Strategie zu berechnen, gibt es ebenfalls diverse Ansatzmöglichkeiten. Erst einmal muss klar werden, was eine Strategie für Eigenschaften haben muss. In dem Spiel Poker geht es darum möglichst viel zu gewinnen. Dies sollte also das erste Ziel einer Strategie sein. Ferner spielt man gegen andere Spieler, die ebenfalls das Ziel haben möglichst viel zu gewinnen, was zum eigenen Verlust führt. Also muss als zweites Ziel gelten möglichst wenig an andere Spieler zu verlieren.

2.3.1 Gewinnen

Um gegen einen Spieler das Maximum zu gewinnen, gilt es zunächst herauszufinden, wie dieser Gegner spielt. Dies wird als Opponent Modeling bezeichnet. Nimmt man einmal an man würde die Strategie eines Gegners genau kennen. So lässt sich gegen diese Strategie eine optimale Gegenstrategie berechnen. Dies wird als Best Response bezeichnet. Einzige Schwierigkeit ist hier ein genaues Abbild der Strategie des Gegners zu erlangen. Dies ist meist nur durch sehr langes Spielen möglich unter der Annahme, dass der Gegner seine Strategie nicht ändert. Im Bereich des Opponent Modeling besteht noch ein ziemlich großer Forschungsbedarf. Es gibt zwar einige Ansätze, dennoch keinen, der allgemein gültig ist und perfekte Resultate erzielt (vgl. McNally & Rafii 2008 und Davidson, Billings, Schaeffer & Szafron 2000).

2.3.2 Nicht Verlieren

Möchte man unabhängig vom Gegner perfektes Poker spielen, welches minimal bis gar nicht verlieren kann, so bieten sich Nash-Gleichgewichte an. Da ein Spiel, welches gemischte Strategien ermöglicht, mindestens ein Nash-Gleichgewicht haben muss, muss auch Poker mindestens ein Nash-Gleichgewicht haben. Das Finden eines solchen Gleichgewichts ist allerdings eine äußerst rechenintensive Aufgabe, weshalb in letzter Zeit viel Aufwand in die Entwicklung von Algorithmen dafür gesteckt wurde. Heraus kamen dabei Counterfactual Regret Minimization (vgl. Johanson 2007, S. 38), Monte Carlo Tree Search (vgl. van den Broeck, Driessens & Ramon 2009) und Incorporating Qualitative Models (vgl. Ganzfried & Sandholm 2010).

2.3.3 Vorsichtig Gewinnen

Um nun beide Konzepte zu vereinen, könnte man jeweils eine Strategie zum Gewinnen und eine zu Nicht-Verlieren erstellen und diese ab-

wechselnd verwenden. Stattdessen gibt es allerdings eine Methode beide Ziele in einer Strategie zu verfolgen und zu berechnen. Diese Methode nennt sich Restricted Nash Response (vgl. Johanson 2007, S. 66). Im Wesentlichen wird hier ebenfalls ein Modell des Gegners erstellt und eine Strategie gegen dieses Modell trainiert. Allerdings wählt der Algorithmus beim Training lediglich mit Wahrscheinlichkeit p die Gegenaktion, welche das Modell vorgibt und lässt mit Wahrscheinlichkeit $1-p$ eine Aktion zu, welche unsere momentane Strategie maximal ausbeutet. Beim Versuch eine optimale Gegenstrategie gegen einen sich so verhaltenden Gegner zu finden, entsteht eine Strategie, welche den Gegner etwas ausbeutet, sich aber gegen seine Ausbeutungsversuche schützt. Im Großen und Ganzen entsteht hierdurch eine deutlich bessere Strategie als die ursprünglich beschriebene Abwechslungsstrategie (vgl. Johanson 2007, S.71).

2.4 Menschenähnliches Verhalten

Forschung in Bezug auf Computer Agenten, welche Poker spielen sollen, gibt es seit etwas mehr als zehn Jahren. Menschen spielen Poker schon seit knapp 150 Jahren, der Boom im Texas Hold'em gelang allerdings erst vor 20 Jahren. Man sieht also, Menschen spielen Poker schon deutlich länger als Computer, warum also nicht von Menschen einige Konzepte übernehmen und von Ihnen Lernen?

Forschung wird in diese Richtung relativ wenig betrieben, hauptsächlich deswegen, weil es entweder nicht genug Daten über viele Spieler gibt, oder weil sich professionelle Spieler nicht dazu bereit erklären möchten über ihre Herangehensweise an das Spiel zu diskutieren und diese in ein Computerprogramm zu übersetzen. Verständlicherweise, denn dadurch würden Sie überflüssig werden.

Seit September 2009 gibt es die Möglichkeit an eine sehr große Datenbank von gespielten Pokerspielen zu gelangen, um Forschung damit zu betreiben. Die Datenbank enthält 600 Millionen verschiedene Spiele, welche alle auf der Onlinepokerseite PokerStars gesammelt wurden. Um die Datenbank nur für Forschungszwecke verfügbar zu machen, wurden allerdings die Namen der Spieler und andere Informationen, welche die Identifikation der Spieler möglich machen würden, verschlüsselt. Diese Datenbank macht es möglich komplexe Analysen von menschlichen Spielgewohnheiten durchzuführen. Diese wurden allerdings in der Forschung kaum genutzt bisher.

2.5 Validierungsmethoden von Strategien

Zur Validierung erstellter Strategien gibt es mehrere Möglichkeiten. Zum einen gibt es eine offizielle Computer Poker Competition, welche einmal im Jahr von der University of Alberta, Canada organisiert wird. Resultate davon werden ebenfalls auf der AAAI Konferenz vorgestellt. Die ACPC stellt ihre eigenen Server inklusive Kommunikationsprotokoll zur Verfügung um Spiele durch zu führen.

Desweiteren die PokerAcademy Software, welche das Testen von eigenen Strategien gegen in der Software vorhandene Strategien ermöglicht. Teilweise wurden die Strategien von der Pokergruppe der University of Alberta erstellt und an PokerAcademy per Lizenz zur Verfügung gestellt. Neuste Strategien sind allerdings nicht in der Software vorhanden.

Ferner gibt es privat erstellte Testumgebungen, welche hauptsächlich von Usern der Foren auf pokerai.org programmiert und benutzt werden. Diese Umgebungen bieten die einzigartige Möglichkeit komplette Kontrolle über den Code zu haben und sind auf Geschwindigkeit optimiert. Konkurrenz hierzu bietet nun lediglich die Server Software der ACPC.

Problematisch an der Sache ist lediglich, dass die meisten Bots entweder gegen die Meerkat API, die veröffentlichte API von PokerAcademy, oder gegen den Server der ACPC programmiert wurden. Eine gemeinsame Brücke besteht momentan nicht bzw. ist veraltet.

Als letzte Möglichkeit ließen sich Strategien auf Onlinepokerseiten gegen menschliche Gegner testen. Die Programmierung eines Interfaces für die jeweilige Pokerseite wäre allerdings ein enormer Aufwand, da es keine öffentlichen APIs oder Schnittstellen gibt. Sogenanntes „botting“ wird allerdings von den meisten Pokerseiten per Terms of Service verboten, um unfaire Vorteile gegenüber den menschlichen Nutzern zu unterbinden. Ob Pokerspielende Computer Agenten („bots“) allerdings tatsächlich einen unfairen Vorteil darstellen, bleibt in der Poker Community heiß diskutiert (vgl. pokerai.org 2010, „2p2 discussion on ethics behind pokerbots“ und twoplustwo.com 2010, „ethics behind pokerbot...“). Einerseits haben sie Vorteile wie konstante Leistung ohne Müdigkeitserscheinungen, Konzentrationsverlust oder Emotionen, andererseits kann ein bot auch immer nur so gut Poker spielen, wie sein Autor das Spiel beherrscht.

3 Abstraktionsmethoden

Der erste Schritt zu einer guten Pokerstrategie besteht darin eine Abstraktion des Spiels zu finden, welche klein genug ist um in angemessener Zeit berechenbar zu sein, jedoch möglichst viele wichtige Eigenschaften des Spiels bestehen lässt. Beim No Limit Poker geht es dabei nicht nur um die Abstraktion der Karten und der Anzahl an erlaubten Erhöhungen pro Runde, sondern auch um eine Abstraktion über die Größe einer Erhöhung. Da äußerst viele verschiedene Erhöhungen möglich sind, sollte der Fokus auch eben auf dieser Abstraktion liegen. Zunächst wird hierzu ein allgemeiner Zustandsbaum für Poker definiert.

Definition 1 *ein Zustandsbaum enthält folgende Komponenten:*

- *Knoten, repräsentiert einen Zustand des Spiels und kann sein:*
 - *Anfangsknoten (unabhängig, erster Zustand)*
 - *Zustandsknoten (abhängig von vorherigen Aktionen)*
- *Kante, repräsentiert eine Aktion die von einem Zustand in einen anderen Zustand führt und kann sein:*
 - *Spieleraktion (Aktion wird von einem Spieler ausgeführt)*
 - *Geberaktion (Aktion wird vom Kartengeber ausgeführt, hat keinen Spielerwechsel zur Folge, gibt lediglich neue offene Karte(n) aus).*

3.1 Abstraktion der Karten

Zunächst sollte man allerdings das Problem der Kartenkomplexität behandeln. Bisherige Verfahren gruppieren Karten lediglich anhand ihrer relativen Stärke und ließen dabei strategische Unterschiede der Karten in einer Gruppe außer Acht.

In meiner Abstraktion werden die Karten zunächst vollständig außer Acht gelassen im Hinblick auf den Zustandsbaum des Spiels. D.h. ein Zustand ist lediglich davon abhängig, welche Aktionen bisher getätigt wurden und in welcher Höhe diese Aktionen getätigt wurden, falls sie Erhöhungen waren. Passen oder mitgehen kann immer nur in einer Größe getätigt werden. Diese Reduktion verkleinert den Zustandsbaum erheblich und lässt deutlich mehr Möglichkeiten für komplexere Aktionsabstraktionen zu, als ein Baum in dem ebenfalls Karteninformationen inkludiert werden.

Um nun eine Strategie aus dieser Abstraktion bilden zu können, werden allerdings Karteninformationen benötigt. Die Idee ist hierbei, die eigene momentane Handstärke, welche für zur Laufzeit eindeutig bestimmbar ist, in einer Simulation gegen mögliche Gegnerhände antreten zu las-

sen, um die eigenen Chancen auf den Gewinn zu berechnen. Aufgrund dieser Information lassen sich dann profitable Aktionen auswählen. Dafür ist allerdings ein Modell des Gegners nötig, um möglichst genau die Gegnerhände bestimmen zu können. Genauere Verfahren dazu bleiben im Anschluss an diese Projektarbeit noch zu entwickeln.

3.2 Abstraktion der Setzrunden

Es wurde zunächst ein Zustandsbaum für das Poker-Spiel definiert und als nächstes festgestellt, dass vorerst von den Karteninformationen abgesehen werden sollte. Dadurch lässt sich der Zustandsbaum um all die Aktionen des Kartengebers und die daraus resultierenden Zustände reduzieren.

Definition 2 *ein Aktionsfolgebaum ist ein Zustandsbaum ohne Geberaktionen und enthält daher:*

- *Knoten, repräsentiert einen Zustand des Spiels und kann sein:*
 - *Anfangsknoten (unabhängig, erster Zustand des Spiels)*
 - *Zustandsknoten (abhängig von vorherigen Aktionen)*
- *Kante, repräsentiert eine Aktion die von einem Zustand zu einem anderen Zustand führt und kann nur sein:*
 - *Spieleraktion (Aktion wird von einem Spieler ausgeführt).*

Unter Angabe der Anzahl der Runden, der erlaubten Erhöhungen pro Runde und der erlaubten Anzahl an Erhöhungen insgesamt lässt sich nun ein Algorithmus zur Erstellung diese Baums definieren.

Algorithmus 1: Aktionsfolgebaumerstellung(*ns*, *arr*, *art*)

Parameter: Anzahl der Runden *ns*

Parameter: Anzahl der erlaubten Erhöhungen pro Runde *arr*

Parameter: Anzahl der erlaubten Erhöhungen insgesamt *art*

1. Erstelle Anfangsknoten
2. Lass *nextNodes* eine leere Liste von Knoten sein
3. Füge den Anfangsknoten zu *nextNodes* hinzu
4. while (*nextNodes* nicht leer)
5. Lass *node* der nächste Knoten in *nextNodes* sein
6. Lass *cs* die momentane Anzahl an Runden sein
7. Lass *crr* die momentane Anzahl an Erhöhungen diese Runde sein
8. Lass *crt* die momentane Anzahl an Erhöhungen insgesamt sein
9. if (*cs* <= *ns* und *crt* <= *arr* und *crt* <= *art*)
10. Erstelle neuen Knoten *r* für eine Erhöhung
11. Füge *r* zu *nextNodes* hinzu
12. Lass *r* Kind von *node* sein
13. end if
14. Erstelle neuen Knoten *f* für Passen
15. Erstelle neuen Knoten *c* für Mitgehen
16. Füge *c* zu *nextNodes* hinzu
17. Lass *f* und *c* Kinder von *node* sein
18. end while

Der Algorithmus erstellt einen Baum, der eine vollständige Repräsentierung aller möglicher Aktionen und daraus resultierender Zustände darstellt. Der Baum enthält keine weiteren Informationen außer der Art der Aktionen. Das heißt auch keine Informationen über die Höhe der Aktion, dies wird erst im nächsten Abschnitt 3.3 behandelt.

Die Angabe der verschiedenen Parameter bei der Erstellung lassen nun verschiedenste Abstraktionen der Setzrunden zu. Zunächst könnte man die Anzahl der Runden einschränken und von vier auf drei herabsetzen. Dies würde einen äußerst kleinen Baum erzeugen, jedoch würde der Agent keine Informationen über die letzte Runde des echten Spiels haben und dementsprechend nicht handeln können. Dies ist also sicherlich keine sinnvolle Abstraktion.

Wie schon in Abschnitt 2.2 genannt ist es allerdings eine durchaus legitime Methode die Anzahl der erlaubten Erhöhungen pro Runde zu reduzieren. Im Limit Poker besteht diese Grenze bei vier Erhöhungen, im No Limit gibt es überhaupt keine Grenze. Trotzdem werden auch in diesem Bereich äußerst selten mehr als vier Erhöhungen pro Runde getätigt, denn meist geht ein Spieler an diesem Punkt schon „All-in“ und nimmt seinem Gegner so die Möglichkeit noch weiter zu erhöhen. Insofern ist eine Abstraktion in der Richtung sicherlich eine Erforschung wert.

Mit dem gleichen Argument lässt sich die Einschränkung der Anzahl der Erhöhungen insgesamt begründen. Nachdem im Verlaufe eines Spiels schon mehrere Erhöhungen getätigt wurden, ist der Pot meist schon so groß, das sich eine andere Aktion außer dem „All-in“ als sinnlos erweist, da sie kaum Einfluss auf die Entscheidung des Gegners hat, wenn eine Erhöhung zu klein ist im Vergleich zur Größe des Pots. Hinzu kommt noch, dass Pokerstrategiebücher darauf hin weisen, dass man lieber „All-in“ gehen sollte, als eine Aktion auszuführen, die mehr als ein Drittel der Restanzahl an Chips kosten würde (vgl. Nelson, Streib & Heston 2009, S.78).

3.3 Abstraktion der Aktionen

Bisherige Forschungsarbeiten beschränkten sich im Bereich des No Limit Pokers auf eine grobe Abstraktion der Setzhöhen in relativ willkürliche Größen: halben Pot, Pot, doppelter Pot und „All-in“ (vgl. Schnizlein 2009, S.23). In der Praxis werden diese Größen unter Menschen fast nicht benutzt, viel häufiger treten Größen auf wie $\frac{3}{4}$ Pot oder $\frac{2}{3}$ Pot, wie auch potunabhängige Größen wie 3-facher Big Blind oder 3-fache

Erhöhung (der letzten Erhöhung). Dafür gibt es auch Gründe, die ausführlich zu erklären ein gesamtes Pokerstrategie-Buch füllen können und somit hier den Rahmen sprengen würden. Lediglich als Beispiel erwähnt sei hier allerdings das Konzept der „pot odds“. Bestimmte Gruppen von Händen haben nämlich das Potential sich dramatisch mit der nächsten öffentlichen Karte zu verbessern. Diese nächste Karte wird mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit kommen, also lässt sich ein „break-even“ Punkt berechnen für eine Setzhöhe, die ein Spieler mit einer solchen Hand mathematisch korrekt bezahlen darf und ab welchem Punkt er es nicht mehr sollte. Um diesen Punkt für sich zu nutzen setzen Spieler etwas mehr als diesen „break-even“ Punkt, um einen schlechten Gegner zu einem Fehler zu zwingen, falls er trotzdem mitgeht. Auf lange Sicht ist solches Vorgehen (gegen Gegner, die sich dessen nicht bewusst sind) äußerst profitabel.

Unter diesem Aspekt könnte man sich zur Modellierung des Aktionsfolgebauums mit einem Profi-Pokerspieler zusammen setzen und unter seiner Anleitung alle möglichen Setzsequenzen durchgehen und sinnvolle Setzgrößen zu verschiedenen Zeitpunkten identifizieren. Dass dies ein langwieriger Prozess wäre wird sofort klar, wenn man sich zurückerinnert an die in 2.2 erwähnte Anzahl an Setzsequenzen. Zudem ist es sicherlich auch eine nicht sehr einfache Aufgabe, einen Profispieler davon zu überzeugen, seine Zeit und sein Wissen an einen Computerspieler weiter zu geben, der dann das Potential erhält ihn zu ersetzen. Also scheidet diese Möglichkeit zur Setzgrößenabstraktion aus.

3.3.1 Aktionsanzahlanalyse

Mit Hilfe der Datenbank aus 2.4 kann man stattdessen menschliches Verhalten analysieren, ohne die Zustimmung einer einzigen Person zu benötigen und ohne sich auf die Angaben eines Einzelnen verlassen zu müssen. Über die Menge der Daten kann man nun die Annahme der Kollektivintelligenz unterstützen oder sogar lediglich das Verhalten der gewinnenden Spieler analysieren. Verschiedene Analysen haben tatsächlich gezeigt, dass Menschen deutliche Neigungen zu bestimmten Setzgrößen haben, welche sich zum Teil deutlich von den eingangs erwähnten willkürlichen Größen unterscheiden.

Bei dieser Methode werden alle Hände der Datenbank analysiert und ein n -dimensionaler Array mit Setzgrößen gefüllt. n steht hier für die höchste Anzahl an zu analysierenden Erhöhungen. Nach n und mehr Erhöhungen werden alle Setzgrößen im n -ten Feld aggregiert. Aus die-

sem Array lassen sich nun Graphen über die Setzgrößenverteilung erstellen und Durchschnitte ausrechnen. Die Analyse ist dabei allerdings nicht abhängig davon, wer eine Erhöhung getätigt hat, sondern nur von der gesamten Anzahl an Erhöhungen in einer bestimmten Runde.

3.3.2 Aktionsfolgeanalyse

Diese Analysen wurden lediglich rundenabhängig durchgeführt, das bedeutet es besteht kein Unterschied zwischen Aktionen am Flop, welche nach einem äußerst erhöhungsreichen Preflop zustande kommen und derer, die nach einem erhöhungsarmen Preflop zustande kommen.

Um dies detaillierter zu unterscheiden lässt sich ein Zustandsbaum erstellen, der lediglich die Aktionen, nicht deren Größen enthält. Die Knoten dieses Baums stellen den Zustand des Spiels dar, nach einer bestimmten Setzfolge. Ein Zustand ist also von den vorherigen Aktionen abhängig. Die Definition eines solchen Baums wurde schon in Abschnitt 3.2 gegeben. Um nun den Baum mit Aktionsdaten zu füllen wird im Folgenden ein Aktionssammelalgorithmus definiert.

Algorithmus 2: Aktionssammeln(tree, db)

Parameter: Aktionsfolgebaum tree

Parameter: Datenbank mit Pokerspielen db

1. while (db nicht leer)
2. Lass h das nächste Spiel in db sein
3. Lass n den Anfangsknoten in tree sein
4. Lass as alle Aktionen in h sein
5. while (as nicht leer)
6. Lass a die nächste Aktion in as sein
7. Lass n den Kindknoten von n sein, der zu a passt
8. Speichere a in n
9. end while
10. end while

In einem Sammelprozess lassen sich nun die Knoten des Baums mit Daten zu den Aktionen in der Datenbank füllen. Dabei wird der Baum entsprechend jeder Aktion in einem Spiel abgelaufen und die nächste Aktion in dem Knoten gespeichert. Innerhalb jedes Knotens entsteht so eine Liste von Aktionsgrößen, die jeweils in dem Zustand, den der Knoten repräsentiert, getätigt wurden. Nach jedem Spiel geht man zum Anfangsknoten zurück und startet das Ablaufen neu, solange bis alle Spiele in der Datenbank abgearbeitet wurden.

Mithilfe der gesammelten Aktionen lassen sich nun verschiedenste statistische Methoden anwenden, um eine möglichst kleine Anzahl verschiedener Aktionsgrößen mit maximaler prozentualer Abdeckung zu finden. Ein erster Versuch die Aktionen mit *k*-means Clustering in Gruppen einzuteilen liefert selbst für sehr ersichtliche Knoten keine zu-

friedenstellenden Ergebnisse. Ebenfalls fehl schlug der Versuch die prozentual am meisten vorkommende Größe mit ihren Nachbarn zu erweitern, um zumindest eine Mindestabdeckung über einen fixen Prozentsatz aller Aktionen zu gewährleisten.

Letztendlich blieb mangels Zeit nur die manuelle Identifikation bzw. das automatische Sammeln der n häufigsten Größen. Dabei wird pro Schleifendurchlauf die häufigste Größe gespeichert. Die Schleife läuft solange bis n Größen identifiziert wurden.

Hier besteht noch weiterer Forschungsbedarf, inwiefern diese Aktionen am besten in Gruppen eingeteilt werden können. Statistische Methoden und Algorithmen sind mit Sicherheit vorhanden, wurden aber im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter recherchiert.

Nachdem pro Knoten die häufigsten Setzgrößen identifiziert wurden, ist es ein trivialer Prozess den Aktionsfolgebaum so anzupassen, dass die Aktionen nun auch Setzgrößeninformation enthalten und der Baum dementsprechend auch mehrere verschiedene Erhöhungen darstellen kann. Somit lässt sich ein vollständiger abstrakter Aktionsfolgebaum für No Limit Texas Hold'em erstellen. Sind die einzelnen Algorithmen in einem Meta-Algorithmus verbunden, so lässt sich sogar lediglich aus der Angabe von n zugelassenen verschiedenen Erhöhungen pro Zustand und der Angabe der Datenbank automatisch ein solcher Baum erstellen.

4 Umsetzung und Bewertung

4.1 Implementierung

Zur Umsetzung der erarbeiteten Ergebnisse wurde ein Analyse Framework in Java implementiert. Neben einem Test-Framework für Strategien bildet dieses die Basis aller Analysen und wird auch in Zukunft zur Evaluierung von Strategien verwendet werden können.

Zunächst wurde ein TreeViewer implementiert, welcher eine leichtere Handhabung der Zustandsbäume gewährleisten sollte. Der TreeViewer bildet somit einen essentiellen Teil, um Zustandsbäume zu visualisieren und Fehler zu finden. Die restlichen Analysen wurden beinahe ausschließlich auf textuellen Konsolenoutput beschränkt. Lediglich die Aktionsanzahlanalyse produzierte zusätzlich noch Graphen zur Verteilung von Satzgrößen. Die Graphen befinden sich nicht im Anhang, liegen aber der Arbeit bei.

4.1.1 *TreeViewer*

Zur Veranschaulichung der erstellten Abstraktionen wurde eine TreeViewer GUI entwickelt, welche Zustands- und Aktionsfolgebäume darstellen kann. Hierzu wurden Funktionen zum Laden und Speichern implementiert, um vorher berechnete Bäume zu laden bzw. neu berechnete Bäume zu speichern.

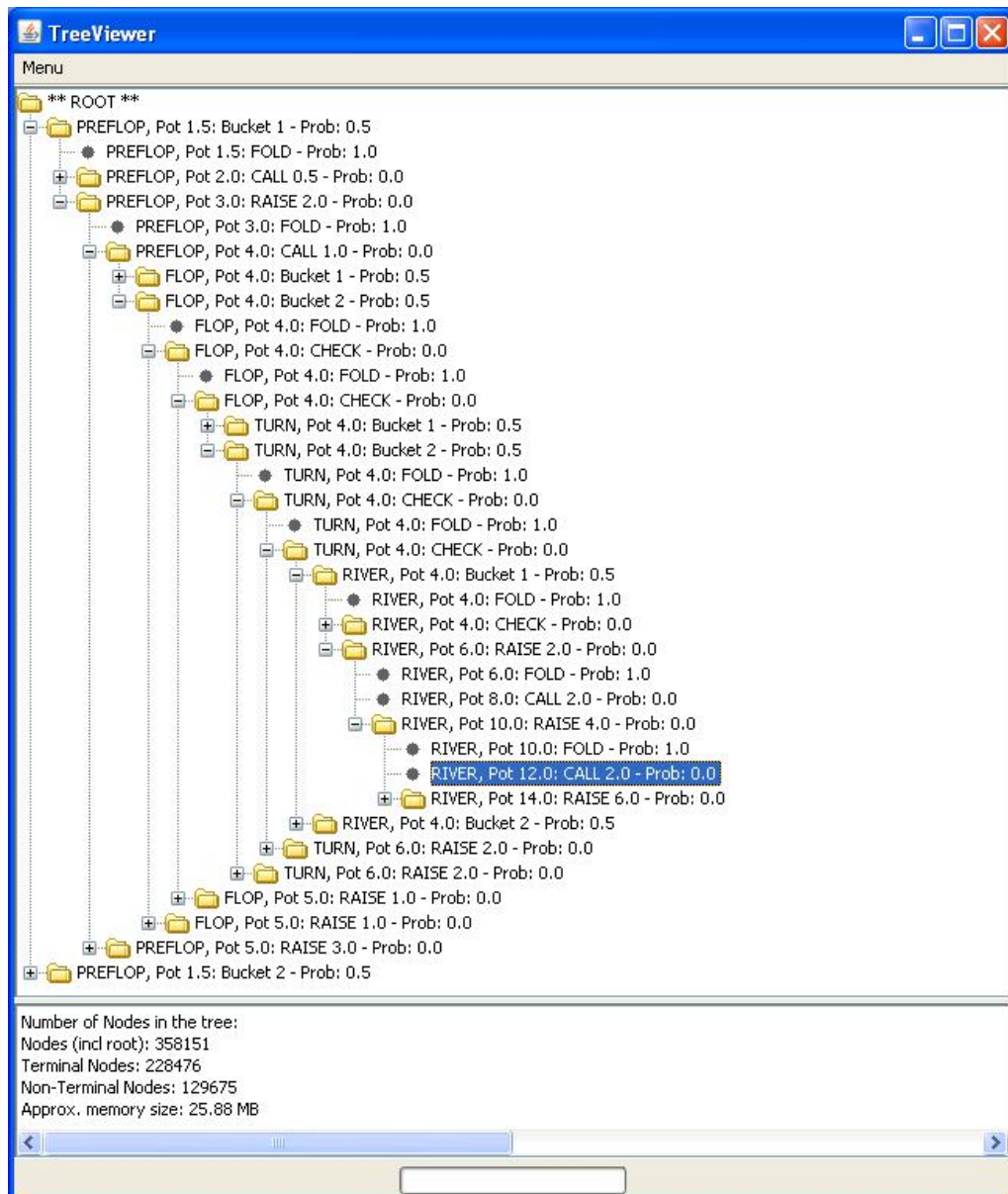


Abbildung 1: Screenshot von der TreeViewer GUI mit geladenem Zustandsbaum

Der Screenshot zeigt den TreeViewer mit geladenem Zustandsbaum. Der Baum ist teilweise ausgeklappt, um verschiedene Zustände zu zeigen. Der TreeViewer zeigt für jeden Zustand diverse Informationen an, wie zum Beispiel die Größe des „pots“, die aktuelle Runde und die Aktion, welche zu diesem Zustand geführt hat. Zustände, die mit „Bucket x“ bezeichnet sind statt einer Aktion, sind Zustände die für Karteninformationen benötigt werden könnten und aus Kartengeberaktionen resultieren. Im unteren Abschnitt des Fensters werden noch allgemeine Informationen über die Größe des geladenen Baums angezeigt, wie zum Beispiel Anzahl aller Knoten und die geschätzte Größe im Speicher.

4.2 Resultate

4.2.1 Setzrundenanalyse

Um eine Entscheidung im Sinne der Abstraktion der Setzrunden zu fällen, wurden zunächst experimentell verschiedene Abstraktionen erstellt und durch die Datenbank aus 2.4 analysiert.

Die Tabelle zeigt Daten der Analyse über 40,177,601 verschiedene Heads Up No Limit Spiele. Hieraus kann man sehen, dass das Reduzieren der Runden eine grobe Fehlabbstraktion ist. Es werden etwa 23% der Spiele nicht abgedeckt, wenn der River wegabstrahiert wird.

Interessanter sind Fälle, bei denen die Erhöhung der erlaubten Anzahl an Erhöhungen (pro Runde oder insgesamt) eine deutlich bessere Abdeckung bieten, aber eine relativ geringe Zunahme der Anzahl der Knoten darstellen. Dies ist wichtig, da die Anzahl der Knoten den Speicherbedarf eines Baums angibt. Dies bietet zum Beispiel die Abstraktion von 444 (Anzahl Runden, Anzahl erlaubte Erhöhungen pro Runde, Anzahl erlaubte Erhöhungen insgesamt) mit 1970 Knoten und 2% fehlender Abdeckung im Vergleich zu 445 mit 3730 Knoten und 0,5% fehlender Abdeckung. Dennoch ist die Erhöhung der Anzahl an erlaubten Erhöhungen pro Runde immer der Erhöhung der erlaubten Erhöhungen insgesamt vorzuziehen. Dies zeigt beispielsweise Abstraktion 448 im Vergleich mit 458 und 449:

<i>Abstraktion</i>	<i>Anzahl Knoten</i>	<i>Abdeckung</i>
448	12722	99,84%
449	15986	99,84%
458	16130	99,98%

Tabelle 1: Vergleich von Abdeckung vs. Speicherbedarf ausgewählter Abstraktionen

Während die Anzahl der Knoten in etwa um die gleiche Höhe steigt, vergrößert sich die Abdeckung deutlich besser beim Erhöhen der Anzahl der erlaubten Erhöhungen pro Runde. Diese Erkenntnis führt zu dem Versuch bei möglichst gleich bleibender Zahl der Knoten die höchste Abdeckung zu erreichen.

<i>Abstraktion</i>	<i>Anzahl Knoten</i>	<i>Fehlabdeckungen</i> <i>(bei 42,7 Mio Spielen)</i>
44 [∞]	22963	64059
459	22146	7235
468	17746	1594
4 [∞] 8	18578	787

Tabelle 2: Abdeckung ausgewählter Abstraktion bei konstantem Speicherbedarf

Hier werden verschiedenste Abstraktionen bei etwa gleichbleibendem Speicherbedarf im Hinblick auf ihre Abdeckung untersucht. Aus diesem Experiment lässt sich schließen, dass eher die Anzahl der Erhöhungen insgesamt zur Abstraktion verwendet werden sollte, als die Reduzierung der erlaubten Erhöhungen pro Runde.

4.2.2 Aktionsanzahlanalyse

Aus der Analyse der Setzhöhen im Bezug auf die Anzahl der vorherigen Erhöhungen ergaben sich folgende Ergebnisse:

<i>Action\Ratio</i>	<i>Big Blind</i>	<i>Pot</i>	<i>Stack</i>	<i>Previous</i>	<i>Total</i>
CALL:	2.237	0.386	0.028	0.0	8102836
BET:	3.192	2.128	0.034	0.0	22799526
RAISE:	20.856	4.04	0.34	5.16	76003
3BET:	47.392	3.9	0.374	5.25	275252
4BET:	73.26	2.277	0.78	3.278	1909
5+BET:	133.591	1.987	0.839	3.011	5549

Tabelle 3: Erhöhung des ersten Spielers Preflop in Relation zu verschiedenen Größen

Erste Analysen bezogen sich lediglich auf die Position des Spielers und die Anzahl der Erhöhungen bis zu diesem Punkt. Zum Beispiel liegt die Durchschnittserhöhung des ersten Spielers bei 3,192-fachem Big Blind. Als Antwort darauf erhöht der zweite Spieler diese Erhöhung auf durchschnittlich 11,531-fachen Big Blind bzw. das 3,992-fache der vorherigen Erhöhung. Als Antwort auf das Mitgehen des ersten Spielers, anstatt einer Erhöhung, erhöht der zweite Spieler hier lediglich auf 5,152-fachen Big Blind. Nach der ersten Runde und dem Austeilen der ersten öffentlichen Karten (dem Flop) setzt der erste Spieler, der eine Erhö-

hung macht, durchschnittlich 0,736 bzw. 0,737-fachen Pot. Also tatsächlich knapp $\frac{3}{4}$ des Pots.

Schon anhand dieser Daten lässt sich erkennen, dass die von bisheriger Forschung benutzen Abstraktionsgrößen nicht besonders gut gewählt sind. Die restlichen Daten bestätigen diese Aussage ebenfalls, wie im Anhang einsehbar.

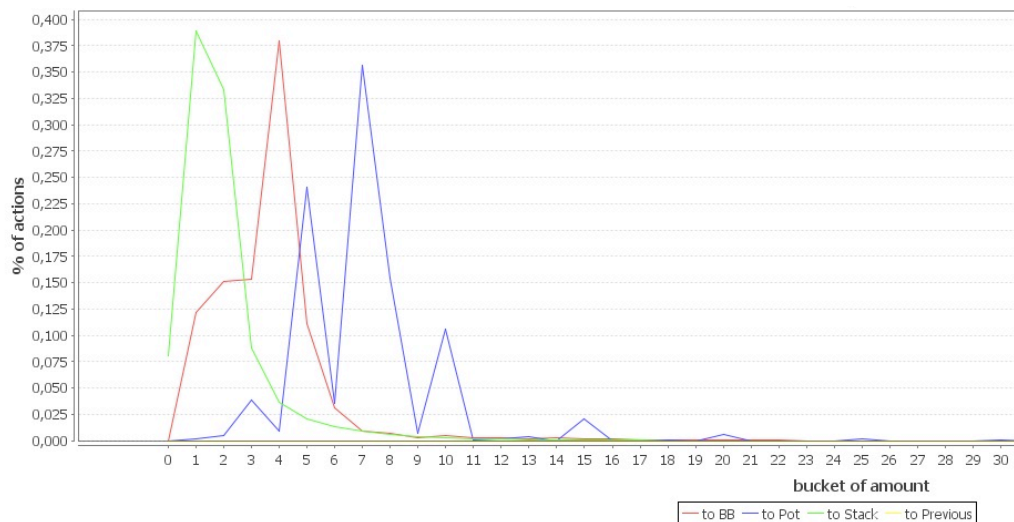


Abbildung 2: Setzgrößenverteilung der ersten Erhöhung nach dem Flop

Dies sind lediglich Durchschnittswerte, nun gilt es die Setzgrößen etwas genauer unter die Lupe zu nehmen, um noch weitere „peaks“ in der Wahl der Setzgröße zu identifizieren. Betrachtet man hier den Graphen zur ersten Erhöhung nach dem Flop, so erkennt man deutlich das globale Maximum um den Durchschnittswert $\frac{3}{4}$ Pot, jedoch lassen sich zwei weitere lokale Maxima identifizieren und zwar bei etwa $\frac{1}{2}$ Pot und 1-fachem Pot. Insofern relativiert sich die totale Willkür der bisherigen Forschung wieder, jedoch wurden definitiv nicht die wichtigsten Größen in die Abstraktionen mit einbezogen.

Anhand der gesammelten und analysierten Daten aus der Datenbank lassen sich nun Annahmen treffen, welche die besten Größen für eine Abstraktion sind. Als wiederkehrende Größen lassen sich somit folgende Zahlen identifizieren:

Hat noch keine Erhöhung stattgefunden, so wird Preflop ausschließlich der 3-fache Big Blind gesetzt. Postflop werden Größen wie $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ und 1-fachen Pot gesetzt. Nach einer Erhöhung wird zwischen 2-facher und 4-facher vorheriger Erhöhung gesetzt. Müsste ein Spieler mehr als ein Drittel seiner restlichen Chips setzen, so geht er meistens direkt

„All-in“. Dies bestätigt auch entsprechende Pokerliteratur, wie schon im vorherigen Abschnitt angesprochen.

4.2.3 Aktionsfolgeanalyse

Aus den vorherigen Analysen und teilweise Expertenwissen im Bereich Texas Hold'em Poker wurde nun eine Abstraktion erstellt, welche den Ergebnissen entspricht und somit eine kleine Abstraktion bildet, die die Datenbank und somit das echte Spiel besser abdeckt, als vorherige Forschungsergebnisse.

Die Abstraktion wurde mit folgenden Restriktionen erstellt:

- Insgesamt werden 7 Erhöhungen erlaubt, keine Restriktion pro Runde
- Als erste Aktion Preflop wird eine Erhöhung auf 2, 3 oder 4 Big Blinds erlaubt
- Als erste Erhöhung nach dem Flop, Turn oder River wird das Setzen von 1/2, 3/4 oder ganzem Pot erlaubt
- Als Aktion nach einer vorherigen Erhöhung wird 2, 2,5 oder 3-fache vorherige Erhöhung erlaubt
- Falls ein Spieler mehr als ein Drittel seiner Chips setzen würde, geht er stattdessen „All-in“.

Diese Abstraktion wird nun verglichen mit Abstraktionen aus vorherigen Forschungsberichten der University of Alberta. Dort werden Setzabstraktionen lediglich in Abhängigkeit zum Pot zugelassen. Benutzt werden neben Passen (f) und Mitgehen (c) als Aktionen halber (h), drei-viertel (q), ganzer (p), doppelter (d) und zehnfacher (t) Pot ebenso wie „All-in“ (a). Zum Vergleich werden hier die am Häufigsten verwendeten Abstraktionen für No-Limit (fcpa und fcpta) und eine größere Abstraktion für Leduc Hold'em, eine kleinere Spielvariante als Texas Hold'em, (fchpda) herangezogen (vgl. Schnizlein, S. 23). Bei einem Durchlauf über die Datenbank werden die realen Aktionen der nächsten Aktion der Abstraktion zugeordnet. Als Fehlermaß dient nun die Standardabweichung der zugeordneten Aktionen von der abstrahierten Aktion.

	<i>Fehler 1</i>	<i>Fehler 2</i>	<i>Fehler 3</i>	<i>Fehler 4</i>
Eigene Abs.	6,86	3,69	849,40	19043,53
fcpa	284,33	18808,26	n/a	n/a
fcpta	76,35	2912,13	20156,99	n/a
fchpda	25,01	49,90	833,16	19043,53

Tabelle 4: Fehler der Setzgrößenabstraktion verschiedener Abstraktionen (Preflop)

Für den ersten Vergleich wird die erste mögliche Aktion eines Spielers angenommen. Gegeben sei folgendes Situation: Preflop, direkt nachdem beide Blinds gesetzt wurden, beginnt der Spieler im Small Blind mit der ersten Aktion und möchte eine Erhöhung tätigen. In verschiedensten Abstraktionen stehen ihm nun verschiedene Erhöhungsmöglichkeiten zur Verfügung. In der obenstehenden Tabelle werden die Standardabweichungen der einzelnen möglichen Werte gezeigt. Die höchste Auswahl hat ein Spieler mit vier möglichen Erhöhungen, die niedrigste mit zwei.

Beim Vergleich der Werte ist sofort ersichtlich, dass die eigene Abstraktion deutlich besser abschneidet als vorherige.

	<i>Fehler 1</i>	<i>Fehler 2</i>	<i>Fehler 3</i>	<i>Fehler 4</i>
Eigene Abs.	58,51	25,26	1011,08	6896,65
fcpa	293,29	8858,41	n/a	n/a
fcpta	217,41	2548,46	7015,43	n/a
fchpda	73,29	59,00	2168,06	6478,30

Tabelle 5: Fehler der Setzgrößenabstraktion verschiedener Abstraktionen (Flop)

Um nun auch noch eine weitere Situation zu vergleichen, wird die erste Erhöhung nach dem Flop genutzt. In den Bäumen werden jeweils die Situationen nach (Blinds), Erhöhung um 150, Mitgehen, (Flop), Mitgehen... durchgegangen und nun hat der Spieler die Möglichkeit zu erhöhen. Wie im Beispiel vorher stehen ihm pro Abstraktion verschiedene Setzgrößen zur Verfügung. Auch hier sieht man, dass die eigens erstellte Abstraktion deutlich besser ist als die Vergleichsabstraktionen.

5 Ausblick

Neu in dieser Arbeit eingeführt wurden Methoden zur Abstraktion der Setzrunden und zur Abstraktion der Setzgrößen.

Bei der Analyse der Anzahl der Erhöhungen wurde deutlich, dass bisherige Methoden, welche lediglich über die Anzahl der Erhöhungen pro Runde, nicht aber über die Anzahl der Erhöhungen insgesamt abstrahieren, deutlich schlechter das reale Spiel repräsentieren, als die neu vorgestellte Methode der Einschränkung der Anzahl der Erhöhungen im gesamten Spiel.

Bei der Analyse der Setzgrößen wurde deutlich, dass bisherige Abstraktionen der Setzgrößen ebenfalls eine schlechte Repräsentierung des realen Spiels darstellen. Zwar konnte auf Grund von fehlenden Statistikmethoden keine optimale Abstraktion präsentiert werden, jedoch wurde erstmals eine Methode zur Evaluierung von Abstraktionen gefunden. Somit kann nun eine Abstraktion mit anderen Abstraktionen verglichen werden, ohne die Notwendigkeit eine Strategie erstellen zu müssen.

Von dieser Basis aus gibt es weitere Forschungsmöglichkeiten für die Zukunft. Erstens sind die Abstraktionsmöglichkeiten nicht komplett ausgeschöpft, es bleibt noch Spielraum bei den statistischen Methoden zur Aktionsgruppierung und es muss noch Karteninformation inkludiert werden, um eine spieltheoretisch optimale Lösung in dieser Abstraktion zu finden.

Ferner bleibt lediglich die Abstraktion des Spiels nutzlos, solange keine Strategie mit ihrer Hilfe erstellt wurde. Dies wird in meiner Bachelorarbeit weiter behandelt und Methoden zur Strategieerstellung aufgrund dieser Abstraktion präsentiert.

Außerdem ist die Validierung solcher Abstraktionen in Form von Fehlermaßen aufgrund der Datenbankanalyse lediglich ein Indikator, ob eine Abstraktion in etwa dem Spiel entspricht. Um tatsächlich die Nützlichkeit und die Qualität der Abstraktion zu testen, muss die Abstraktion als Teil einer Strategie gegen andere Strategien im realen Spiel getestet werden. Dies kann, wie schon in 2.5 angemerkt, bei der Annual Computer Poker Competition der University of Alberta erfolgen, denn dort treten die besten Computer-Pokerspieler gegeneinander an. Eine Teilnahme wurde im Rahmen der Bachelorarbeit angestrebt und ent-

sprechende Resultate werden, falls sie vor Ende der Abgabe einsehbar sind, in der Ausarbeitung präsentiert.

Zuletzt gibt es auch noch Forschungsmöglichkeiten in weitere Varianten des Pokers. Erstens ließen sich auch andere Varianten als Texas Hold'em, wie zum Beispiel Omaha oder Stud erschließen. Zweitens lassen sich auch die hier beschriebenen Methoden auf Mehrspieler-Poker anwenden. Problem dabei ist, dass der Aktionsfolgebäum mit dem Hinzufügen weiterer Spieler explodiert und deshalb nur sehr grobe Abstraktionen möglich sind.

Literaturverzeichnis

Billings, Darse: „Algorithms and Assessment in Computer Poker“ Doktorarbeit, 2006, Department of Computer Science, University of Alberta

Davidson, Aaron/Billings, Darse/Schaeffer, Jonathan/Szafron, Duane: „Improved Opponent Modeling in Poker“ ICAI, 2000, Department of Computer Science, University of Alberta

Ganzfried, Sam/Sandholm, Tuomas: „Computing Equilibria by Incorporating Qualitative Models“ 2010, School of Computer Science, Carnegie Mellon University

Johanson, Michael B.: „Robust Strategies and Counter-Strategies: Building a Champion Level Computer Poker Player“ Masterarbeit, 2007, Department of Computer Science, University of Alberta

McNally, Patrick/Rafii, Zafar: „Opponent Modeling in Poker using Machine Learning Techniques“ 2008, Northwestern University Evanston

Nelson, Lee/Streib, Tysen/Heston, Steven: „Kill Everyone: Advanced Strategies for No-Limit Hold'em Poker Tournaments and Sit-N-Go's“ Revised and Expanded Edition, 2009, Huntington Press

PokerAI.org: „2p2 discussion on ethics behind pokerbots“ <http://pokerai.org/pf3/viewtopic.php?f=30&t=3381>

PokerFTP.com: „Academic research“ <http://pokerftp.com/index.htm>

Risk, Nicholas A.: „Using Counterfactual Regret Minimization to Create a Competitive Multiplayer Poker Agent“ Masterarbeit, 2009, Department of Computer Science, University of Alberta

Schnizlein, David P.: „State Translation in No-Limit Poker“ Masterarbeit, 2009, Department of Computer Science, University of Alberta

TwoPlusTwo.com: „ethics behind pokerbot...“ <http://forumserver.twoplustwo.com/47/science-math-philosophy/ethics-behind-poker-bot-768552/>

Van den Broeck, Guy/Driessens, Kurt/Ramon, Jan: „Monte Carlo Tree Search using Expected Reward Distributions“, 2009, Department of Computer Science, Katholieke Universiteit Leuven

Waugh, Kevin: „Abstraction in Large Extensive Games“ Masterarbeit, 2009, Department of Computer Science, University of Alberta

Anhang A: Daten zur Setzrundenanalyse

<i>Anzahl Runden Erlaubte Erhöhungen pro Runde</i>	<i>Erlaubte Erhöhungen insgesamt</i>	<i>Anzahl an Knoten</i>	<i>Anzahl Setzse- quenzen</i>	<i>Nicht ab- gedeckte Hände</i>	<i>Anteil nicht ab- gedeckter Hän- de an Händen insgesamt</i>	
3	15	8	115190	57595	9307776	0,231665798
4	3	8	8002	4001	334362	0,0083221
4	4	8	22962	11481	64059	0,001594396
4	5	8	52706	26353	7172	0,000178507
4	6	8	104722	52361	1134	2,82247E-05
4	7	8	188034	94017	395	9,83135E-06
4	8	8	313202	156601	186	4,62945E-06
4	9	8	492322	246161	115	2,86229E-06
4	10	8	739026	369513	74	1,84182E-06
4	15	8	3570946	1785473	18	4,48011E-07
4	4	4	1970	985	807031	0,02008659
4	4	5	3730	1865	194551	0,004842275
4	4	6	6226	3113	81217	0,00202145
4	4	7	9330	4665	66139	0,001646166
4	4	8	12722	6361	64284	0,001599996
4	4	9	15986	7993	64089	0,001599996
4	4	10	18738	9369	64065	0,001595143
4	4	11	20754	10377	64062	0,001594471
4	4	12	22002	11001	64060	0,001594421
4	5	5	3906	1953	143939	0,003582568
4	5	6	6850	3425	26321	0,000655116
4	5	7	10946	5473	9750	0,000242673
4	5	8	16130	8065	7519	0,000187144
4	5	9	22146	11073	7235	0,000180075
4	5	10	28546	14273	7189	0,000178931
4	5	11	34786	17393	7177	0,000178632
4	5	12	40354	20177	7173	0,000178532
4	6	6	7026	3513	21254	0,000529001
4	6	7	11570	5785	4078	0,000101499
4	6	8	17746	8873	1594	3,96738E-05
4	6	9	25554	12777	1229	3,05892E-05
4	6	10	34802	17401	1166	2,90211E-05
4	6	11	45106	22553	1145	2,84985E-05
4	6	12	55890	27945	1137	2,82994E-05
4	8	4	2002	1001	758764	0,018885249
4	8	5	3938	1969	139156	0,003463522
4	8	6	7058	3529	20806	0,000517851
4	8	7	11778	5889	3476	8,65159E-05
4	8	8	18578	9289	787	1,9588E-05
4	8	9	28002	14001	302	7,51663E-06
4	8	10	40658	20329	158	3,93254E-06
4	8	11	57218	28609	95	2,3645E-06
4	8	12	78418	39209	54	1,34403E-06

Anhang B: Daten zur Setzhöhenanalyse, SB

+++ HU (2max) +++

Stats for player that has 1 players left to act behind him.

*** Average Preflop Statistics ***

Action\Ratio	BB	Pot	Stack	Previous	Total
CALL:	2.237	0.386	0.028	0.0	8102836
BET:	3.192	2.128	0.034	0.0	22799526
RAISE:	20.856	4.04	0.34	5.16	76003
3BET:	47.392	3.9	0.374	5.25	275252
4BET:	73.26	2.277	0.78	3.278	1909
5+BET:	133.591	1.987	0.839	3.011	5549

*** Average Flop Statistics ***

Action\Ratio	BB	Pot	Stack	Previous	Total
CALL:	5.189	0.379	0.064	0.0	2494541
BET:	6.39	0.736	0.077	0.0	3407698
RAISE:	14.521	1.345	0.154	3.525	777625
3BET:	76.375	2.015	0.607	4.096	90821
4BET:	109.832	2.433	0.799	4.1	23114
5+BET:	88.961	1.391	0.731	2.549	3034

*** Average Turn Statistics ***

Action\Ratio	BB	Pot	Stack	Previous	Total
CALL:	8.676	0.34	0.106	0.0	1297448
BET:	7.582	0.665	0.085	0.0	2978962
RAISE:	33.99	1.273	0.327	3.796	217208
3BET:	61.033	1.642	0.548	3.472	40308
4BET:	83.306	1.581	0.734	3.075	4097
5+BET:	72.607	1.314	0.692	2.518	1502

*** Average River Statistics ***

Action\Ratio	BB	Pot	Stack	Previous	Total
CALL:	13.872	0.339	0.17	0.0	751330
BET:	13.364	0.789	0.154	0.0	2316120
RAISE:	46.888	1.686	0.427	5.143	71507
3BET:	62.836	1.762	0.619	3.581	19190
4BET:	81.594	1.482	0.755	2.741	507
5+BET:	60.975	0.994	0.713	1.909	365

Anhang C: Daten zur Setzhöhenanalyse, BB

+++ HU (2max) +++

Stats for player that has 0 players left to act behind him.

*** Average Preflop Statistics ***

Action\Ratio	BB	Pot	Stack	Previous	Total
CALL:	2.413	0.477	0.029	0.0	8155038
BET:	5.152	2.576	0.077	0.0	1526876
RAISE:	11.531	2.94	0.126	3.992	3453716
3BET:	68.196	4.811	0.582	6.988	9719
4BET:	131.775	3.768	0.862	5.264	54575
5+BET:	84.359	1.345	0.725	2.212	1183

*** Average Flop Statistics ***

Action\Ratio	BB	Pot	Stack	Previous	Total
CALL:	7.587	0.367	0.088	0.0	1866881
BET:	4.024	0.737	0.045	0.0	5957033
RAISE:	20.493	1.334	0.211	4.113	581882
3BET:	48.992	2.09	0.44	4.058	101437
4BET:	100.021	1.949	0.768	3.55	14170
5+BET:	99.529	1.399	0.78	2.464	3983

*** Average Turn Statistics ***

Action\Ratio	BB	Pot	Stack	Previous	Total
CALL:	7.87	0.342	0.095	0.0	1562734
BET:	8.003	0.692	0.087	0.0	2478896
RAISE:	27.584	1.153	0.26	4.173	353748
3BET:	73.546	1.614	0.65	3.364	24477
4BET:	77.924	1.57	0.713	2.984	6026
5+BET:	61.818	1.006	0.714	2.019	1117

*** Average River Statistics ***

Action\Ratio	BB	Pot	Stack	Previous	Total
CALL:	12.341	0.326	0.152	0.0	930356
BET:	14.507	0.934	0.158	0.0	1630096
RAISE:	33.482	1.391	0.347	5.701	283058
3BET:	70.488	1.574	0.658	3.166	5044
4BET:	67.374	1.272	0.712	2.342	1879
5+BET:	47.91	0.791	0.619	1.569	163