



BOSCH
Technik fürs Leben



Sudoku Solver

Studienarbeit

Bachelor of Science

des Studiengangs Informatik

an der Dualen Hochschule Baden-Württemberg Stuttgart

von

Ruben Hartenstein, Annika Harter

10.06.2022

Bearbeitungszeitraum
Matrikelnummer, Kurs
Ausbildungsfirma
Betreuer
Gutachter

22.10.2022 - 10.06.2022
2746235, 4810277, TINF19ITA
Robert Bosch GmbH, Stuttgart
Sebastian Trost
Sebastian Trost

Duale Hochschule Baden-Württemberg, Stuttgart

Ausbildungsbereich Technik, Fachrichtung IT-Automotive

Bericht über die Ausbildung in der betrieblichen Ausbildungsstätte im 5. und 6. Studienhalbjahr.

Name des Studierenden: Ruben Hartenstein, Annika Harter

Studienjahrgang: 2019

Einsatz in Abteilung:

Standort: Stuttgart

Thema: Sudoku Solver

Betreuer: Sebastian Trost

vom: 22.10.2022

bis: 10.06.2022

Stellungnahme des Betreuers:

Dieser Bericht wurde geprüft und ist sachlich und fachlich richtig.

Ort

Datum

Abteilung, Unterschrift

Selbstständigkeitserklärung des Studenten

Gemäß §5(2) der „Studien- und Prüfungsordnung DHBW Technik“ vom 29. September 2015: Ich habe die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet.

Ort

Datum

Unterschrift

Sperrvermerk

Die vorliegende Studienarbeit mit dem Titel

Sudoku Solver

enthält unternehmensinterne bzw. vertrauliche Informationen der Robert Bosch GmbH, ist deshalb mit einem Sperrvermerk versehen und wird ausschließlich zu Prüfungszwecken am Studiengang Informatik der Dualen Hochschule Baden-Württemberg Stuttgart vorgelegt.

Der Inhalt dieser Arbeit darf weder als Ganzes noch in Auszügen Personen außerhalb des Prüfungsprozesses und des Evaluationsverfahrens zugänglich gemacht werden, sofern keine anders lautende Genehmigung der Ausbildungsstätte (Robert Bosch GmbH) vorliegt.

Stuttgart, 10.06.2022

Ruben Hartenstein, Annika Harter

Selbstständigkeitserklärung

Ich versichere hiermit, dass ich meine Studienarbeit mit dem Thema: *Sudoku Solver* selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Ich versichere zudem, dass die eingereichte elektronische Fassung mit der gedruckten Fassung übereinstimmt.

Stuttgart, 10.06.2022

Ruben Hartenstein, Annika Harter

Abstract

TODO: deutscher Abstract....

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	VII
Abbildungsverzeichnis	VIII
Tabellenverzeichnis	IX
Formelgrößenverzeichnis	X
Formelverzeichnis	XI
Listings	XII
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Forschungsstand	1
1.3 Forschungsfrage	2
2 Rahmenbedingungen	3
2.1 Programmiersprache	3
2.2 Webserver	3
2.2.1 Apache HTTP Server	5
2.2.2 Nginx Webserver	5
2.2.3 Fazit	6
2.3 Framework	7
2.3.1 Django	7
2.3.2 Flask	7
2.4 Entwurfsmuster	7
2.4.1 MVC	7
3 Die Mathematik hinter Sudoku	8
3.1 Mathematische Fragen	8
3.1.1 Abzählfragen	8
3.1.2 Komplexität	8
3.1.3 Strategie	8
3.2 Mathematisches Argumentieren beim Lösen eines Sudoku	8
3.2.1 Existenzbeweis	8

3.2.2	Eindeutigkeitsbeweis	8
3.3	Lösungshilfen: Kandidaten-Notation	8
4	Frontend	9
5	Backend	10
6	Implementierung Lösungsstrategien	11
	Anhang	A

Abkürzungsverzeichnis

BSD	Berkley Software Distribution
BSP	Board Support Package
CSS	Cascading Style Sheets
HTML	Hypertext Markup Language
HTTP	Hypertext Transport Protocol
HTTPS	Hypertext Transport Protocol Secure

Abbildungsverzeichnis

2.1	Quelle: https://w3techs.com/technologies/overview/web_server	4
-----	---	---

Tabellenverzeichnis

2.1	Tabelle	6
-----	-------------------	---

Formelgrößenverzeichnis

a	rad	Bedeutung von a
b	rad	Bedeutung von b
λ	rad	Bedeutung von lambda
ϕ	rad	Bedeutung von phi

Formelverzeichnis

Listings

1 Einleitung

In vielen Zeitungen ist eine Vielzahl von Logikrätseln gedruckt. Darunter eines der häufigsten Logikrätsel: das Sudoku. In der üblichen Version ist es das Ziel, ein 9×9 -Gitter mit den Ziffern 1 bis 9 zu füllen. Dabei kann das Gitter in drei unterschiedliche Einheiten aufgeteilt werden. Diese Einheiten sind die Spalten, Zeile und Blöcke des Gitters. Ein Block ist eine 3×3 -Unterquadrat des Gitters. In jeder Einheit darf jede Ziffer genau einmal vorkommen. Ausgangspunkt ist ein Gitter, in dem bereits mehrere Ziffern vorgegeben sind. Sudokus gibt es in unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden. Dabei spielt nicht nur die Anzahl der vorgegebenen Ziffern eine Rolle, sondern auch die Anordnung der Ziffern.

1.1 Motivation

Wer schon einmal ein schweres Sudoku versucht hat zu lösen ist vielleicht auch schon an seine Grenzen zu kommen.

1.2 Forschungsstand

Im Internet findet man immer wieder Websites mit dem Angebot Sudokus zu lösen. Hierbei können die angegebenen Zahlen eingegeben werden und das Sudoku wird korrekt vervollständigt, falls es eine eindeutige Lösung gibt. Daraus kann der Anwender jedoch keinen Nutzen ziehen. Des Weiteren gibt es Websites mit Lösungsstrategien, die bei schwierigeren Sudokus angewendet werden müssen.

Das Beherrschen der Lösungsstrategien besitzt einen großen Stellenwert. Einfache Sudokus lassen sich meist noch intuitiv und durch konzentriertes Absuchen lösen. Die beiden dafür ausreichenden Anfängertechniken heißen „Nackter Single“ und unter „Versteckter Single“ und werden im Verlauf dieser Arbeit noch erläutert. Sie werden mehrheitlich intuitiv und unbewusst eingesetzt, wenn für ein bestimmtes Feld nur eine Zahl möglich ist oder wenn eine

bestimmte Zahl nur in ein einziges Feld passt. Bei kniffligeren Sudokus müssen gewissenhaft Notizen gemacht werden. Dafür wird die Methode der „Kandidaten“ verwendet. Damit lassen sich die Zusammenhänge am besten beschreiben. Manche Situationen in einem anspruchsvollen Sudoku erfordern sehr komplexe Lösungsansätze, die nicht immer so einfach zu verstehen sind.

1.3 Forschungsfrage

Für diese Studienarbeit ist die Zielsetzung ein Sudoku Solver zu entwickeln. Ziel ist es nicht ein Sudoku automatisch zu lösen, sondern dem Benutzer Schritt für Schritt den Weg zur Lösung aufzuzeigen. Auf dieser Basis wird zunächst geprüft, ob das Sudoku eindeutig lösbar ist. Ist dies der Fall, muss der Nutzer die Möglichkeit haben sich Anweisungen geben zu lassen, wie man weiter vorgehen könnte und welche Lösungsstrategie der Benutzer anwenden muss, damit man das Sudoku lösen kann. Das heißt, dass die Zahlen auf Basis der bereits vorhandenen Zahlen und Kandidaten mit ein wenig überlegen ermittelt und erklärt werden kann, anstatt einfach eine korrekte Zahl zu zeigen, damit der Benutzer das Sudoku lösen kann. Die Lösungsstrategien sollen mittels des aktuellen Rätels erläutert und von der Software angewandt werden können. Diese Anweisungen, im folgenden auch Hilfestellungen genannt, sind in vier Varianten unterteilt.

Für die erste Hilfestellung soll das Programm dem Benutzer die anzuwendende Strategie nennen und den Bereich hervorheben, auf dem die Strategie angewendet werden soll. Wenn diese Hilfestellung nicht ausreichend ist, dann markiert das Programm die konkreten Zellen und Kandidaten, die von der Strategie betroffen sind. Mit der dritten Hilfestellung soll eine Erläuterung gezeigt werden, warum bestimmte Kandidaten laut Strategie gestrichen werden können. Mit der letzten Hilfestellungen löscht das Programm den betroffenen oder mehrere betroffene Kandidaten.

Um ein lösbares Sudoku beenden zu können, müssen etwa 25 Lösungsstrategien implementiert werden.

Das Programm soll auf einem Ubuntu Server mit Apache und Django laufen. Hier gibt es des Weiteren noch die Anforderung, dass das Frontend responsiv sein soll und immer eine benutzeroptimierte Darstellungen liefert.

2 Rahmenbedingungen

2.1 Programmiersprache

2.2 Webserver

Ein Webserver ist in der Regel ein Server, der zur Verbreitung von Webinhalten im Inter- oder Intranet dient. Die jeweiligen Informationen und Dokumentationen können demnach weltweit oder firmenintern erreicht werden. Damit eine Website jederzeit erreichbar sein kann, muss der Webserver permanent online sein. Der Rechner, auf dem der Webserver läuft, wird als Host bezeichnet. Der Webserver ist für die zuverlässige Übertragung von statischen, wie beispielsweise von unveränderlichen Hypertext Markup Language (HTML)-Dateien, aber auch von dynamischen Dateien verantwortlich. Für dynamische Dateien muss der Webserver vor der Antwort Programmcode ausführen. Dieser Programmcode wird in diesem Fall in der Programmiersprache Python geschrieben. Mittels einer Cascading Style Sheets (CSS) Datei können die Inhalte der dynamischen Dateien weitestgehend von den Darstellungsvorgaben getrennt werden. In der HTML Datei wird folglich nur die inhaltliche Gliederung definiert und in der CSS Datei die Darstellung, wie etwa Farben oder Layout. Für die Übermittlung wird das Übertragungsprotokoll Hypertext Transport Protocol (HTTP) oder die verschlüsselte Variante Hypertext Transport Protocol Secure (HTTPS) verwendet. Ein Webserver ist in der Lage, die Inhalte auf viele verschiedene Rechner gleichzeitig zu übermitteln. Wie viele Nutzeranfragen (Requests) ein Server bearbeiten kann, hängt von der Hardware und der Auslastung des Hosts ab.

Am verbreiteten sind unter anderem die Webserver Computerprogramme Apache HTTP Server und nginx wie in die Statistik 2.1. Beide Programme sind freie Software und wurden daher für das Projekt in Betracht gezogen. Im Folgenden werden diese beide Programme verglichen.

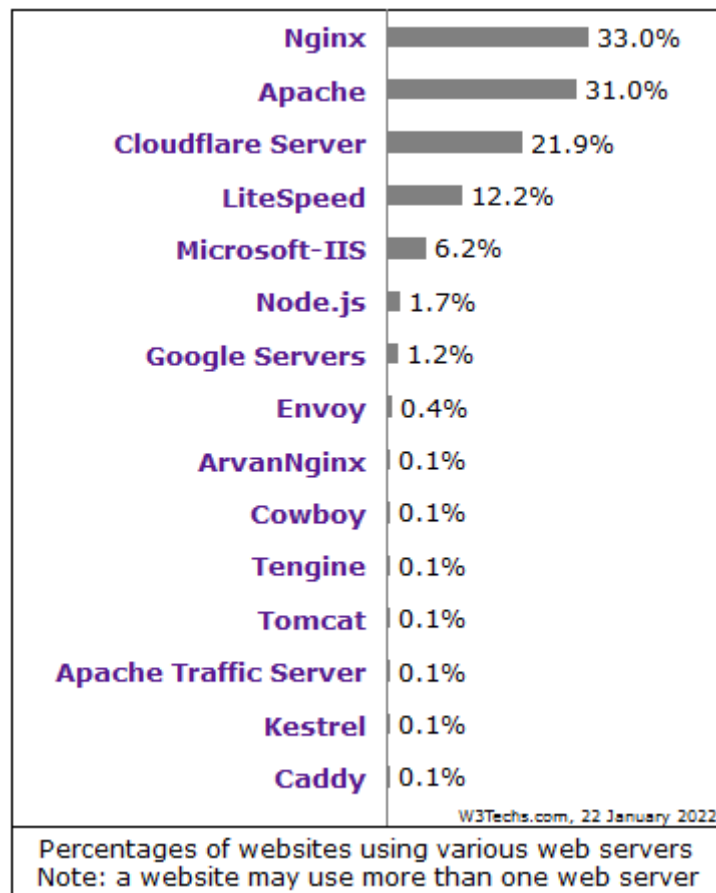


Abbildung 2.1: Quelle: https://w3techs.com/technologies/overview/web_server

2.2.1 Apache HTTP Server

Der Apache Webserver wurde erstmals 1995 veröffentlicht und hat sich schnell zu einem der beliebtesten Webserver entwickelt. Er unterstützt neben Unix und Linux noch eine Vielzahl an weiteren Betriebssystemen.

Beim Apache-Webserver wird ein Ansatz verfolgt, bei dem jede Clientanfrage von einem separaten Prozess oder Thread bearbeitet wird. Dadurch werden Prozesse, die Schreib- oder Leseoperationen erfordern, nacheinander abgearbeitet und es kann passieren, dass ein Request in der Warteschlange verweilen muss, bis der vorherige Request durchgeführt werden konnte. Damit man dieses Problem umgehen kann, gibt es die Möglichkeit mehrere Single-Threading-Prozesse gleichzeitig zu starten. Diese Strategie ist jedoch mit einem hohen Ressourcenaufwand verbunden. Um dies zu vermeiden, kommen Multi-Threading-Mechanismen zum Einsatz. Für die parallele Abfrage von Clientanfragen gibt es verschiedene Multi-Processing-Module, die integriert werden können.

Der Apache Server ist modular aufgebaut, wodurch benötigte Funktionen, die der Server nicht nativ bereitstellt, durch Module importiert werden können. Das Erstellen dynamischer Webseiten wird mittels serverseitiger Skriptsprachen bewerkstelligt. Über ein Modul kann der entsprechende Interpreter in den Server integriert werden.

2.2.2 Nginx Webserver

Der Marktanteil von Nginx ist in den letzten Jahren kontinuierlich gestiegen, weshalb auch dieser Webserver für die Studienarbeit in Betracht gezogen wurde. Nginx wurde erstmals 2004 veröffentlicht und ist wie der Apache Server auch mit diversen Betriebssystemen kompatibel.

Dieser Server zeichnet sich durch eine hohe Performance aus. Dabei können eine möglichst große Anzahl an Clients gleichzeitig bedient werden und der Ressourcenverbrauch trotzdem gering gehalten. Durch die ereignisorientierte Architektur können Client-Anfragen asynchron bearbeitet werden, wodurch Arbeitsspeicher und Zeit gespart werden kann. Die Nebenläufigkeit ist realisiert, ohne dass für jede neue Verbindung ein zusätzlicher Prozess oder Thread benötigt wird. Die Stärke dieser Architektur zeigt sich bei großen Webprojekten.

Wie Apache ist auch Nginx modular aufgebaut und verschiedene Funktionen können über Module bereitgestellt werden. Zu diesen Modulen gehört jedoch nicht die Option Interpreter für eine Programmiersprache entsprechend in den Webserver zu integrieren.

Es wird also ein weiterer Anwendungsserver benötigt. Für kleine Webprojekte ist das ein Mehraufwand, der nicht immer eingegangen werden muss.

2.2.3 Fazit

Die folgende Tabelle 2.1 zeigt die Unterschiede und Gemeinsamkeiten der beiden Webserver auf. Der ausschlaggebende Grund warum sich für einen Apache Server entschieden wurde, ist das Merkmal der dynamischen Webinhalte.

Merkmal	Apache	NGINX
Funktion	Webserver, Proxy-Server	Webserver, Proxy-Server, E-Mail-Proxy, Load-Balancer
Betriebssystem	Alle unixoiden Plattformen, Windows	FreeBSD, Linux, Solaris, IBM AIX, HP-UX, macOS, Windows
Lizenz	Apache License v2.0	BSD-Lizenz
Entwickler	Apache Software Foundation	Nginx, Inc.
Statische Webinhalte	Ja	Ja
Dynamische Webinhalte	Ja	Nein
Software-Architektur	Prozess-/threadbasiert	Eventgesteuert

Tabelle 2.1: Vergleich der Webserver Apache HTTP Server und Nginx Webserver

Der Apache Webserver bietet eine breite Möglichkeit an Modulen, um die Software zu erweitern. Der ausschlaggebende Grund, warum sich in diesem Projekt für den Apache HTTP Server entschieden wurde, ist die Möglichkeit Interpreter für Programmiersprachen über ein Modul direkt in den Webserver zu integrieren. Zudem muss für das Projekt nur ein Client bedient werden. Dadurch wird für das Anzeigen von dynamischen Inhalten kein separaten Anwendungsserver benötigt. Dadurch bietet der Apache HTTP Server eine bequemere Lösung für kleine Websites, deren Inhalt dynamisch erzeugt wird.

2.3 Framework

2.3.1 Django

2.3.2 Flask

2.4 Entwurfsmuster

2.4.1 MVC

3 Die Mathematik hinter Sudoku

3.1 Mathematische Fragen

3.1.1 Abzählfragen

3.1.2 Komplexität

3.1.3 Strategie

3.2 Mathematisches Argumentieren beim Lösen eines Sudoku

3.2.1 Existenzbeweis

3.2.2 Eindeutigkeitsbeweis

3.3 Lösungshilfen: Kandidaten-Notation

4 Frontend

5 Backend

6 Implementierung Lösungsstrategien

Anhang