P2P Volltextsuche

Dokumentation Projektstudium

Boris Caspary, Emma Calewaert, Jonathan Neidel, Joscha Seelig, Leon Enzenberger, Ryan Torzynski, Simon Breiter, Stefan Sadewasser

Table of contents

1. Home

1.1 Peer 2 Peer Fulltext search

This is a project created for the Hochschule für Technik und Wirtschaft in Berlin. The participants are:

- Boris Caspary
- Emma Calewaert
- Jonathan Neidel
- Joscha Seelig
- Leon Enzenberger
- Ryan Torzynski
- Simon Breiter
- Stefan Sadewasser

The repository for the project can be found here

1.2 Basic concepts

In this project, we've combined two basic concepts into an application: the peer-2-peer network and the fulltext search. In order to explain more about our project, a broad definition of these two concepts must be established.

On one hand, we have the peer-2-peer network. This is a network type where, in contrast to the classic client-server model, each participating node has equal rights.

On the other hand, there's the full text search. This is a type of purely syntactical search, where the goal is to find given words in a large set of documents. Often this process if divided into two phases: The indexing phase - where documents are collected, prepared and indexed - and the search phase - where requests are received, corresponding documents are gathered, ranked and displayed to the user.

1.3 Subject

The subject for our fulltext search are the speeches of the *Bundestag*. This set of data was chosen due to its Open Data nature combined with the size of the dataset and the fact that these protocols are recorded live into an XML formatted document.

The XML format *should* mean, that these files are easier to parse, but this was not always the case. There's a clear distinction between the 19th legistlative period and the 18th and earlier periods.

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"  ?>
<?xml-stylesheet href="dbtplenarprotokoll.css" type="text/css" charset="UTF-8"?>
<!DOCTYPE dbtplenarprotokoll SYSTEM "dbtplenarprotokoll.dtd">
<dbtplenarprotokoll vertrieb="Bundesanzeiger Verlagsgesellschaft mbH, Postfach
1 0 05 34, 50445 Köln, Telefon (02 21) 97 66 83 40, Fax (02 21) 97 66 83 44,
www.betrifft-gesetze.de" herstellung="H. Heenemann GmbH  Co. KG, Buch- und
Offsetdruckerei, Bessemerstraße 83-91, 12103 Berlin, www.heenemann-druck.de"
sitzung-ort="Berlin" herausgeber="Deutscher Bundestag" issn="0722-7980"
wahlperiode="19" sitzung-nr="237" sitzung-datum="25.06.2021" sitzung-start-
uhrzeit="9:00" sitzung-ende-uhrzeit="18:16" sitzung-naechste-datum="07.09.2021"
start-seitennr="30883">
    <vorspann>
        <kopfdaten>
            <plenarprotokoll-nummer>Plenarprotokoll <wahlperiode>19</
wahlperiode>/<sitzungsnr>237</sitzungsnr>
            </plenarprotokoll-nummer>
            <herausgeber>Deutscher Bundestag</herausgeber>
            <berichtart>Stenografischer Bericht</berichtart>
            <sitzungstitel>
                <sitzungsnr>237</sitzungsnr>. Sitzung</sitzungstitel>
            <veranstaltungsdaten>
                <ort>Berlin</ort>, <datum date="25.06.2021">Freitag, den
25. Juni 2021</datum>
            </veranstaltungsdaten>
        </kopfdaten>
        <inhaltsverzeichnis>
            <ivz-titel>Inhalt:</ivz-titel>
            <ivz-eintrag>
                <ivz-eintrag-inhalt>Absetzung des Zusatzpunktes 21</ivz-eintrag-
inhalt>
                <a href="S30883" typ="druckseitennummer">
                    <seite>30883</seite>
                    <seitenbereich>A</seitenbereich>
                </a>
```

This first excerpt is an example from the 19th period. The document follows the XML structure well and provides good groundwork to allow easy parsing.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<DOKUMENT>
  <WAHLPERIODE>18</WAHLPERIODE>
  <DOKUMENTART>PLENARPROTOKOLL</DOKUMENTART>
  <NR>18/179</NR>
```

```
  <DATUM>23.06.2016</DATUM>
  <TITEL>Plenarprotokoll vom 23.06.2016</TITEL>
  <TEXT>Plenarprotokoll 18/179

Deutscher Bundestag
Stenografischer Bericht

179. Sitzung

Berlin, Donnerstag, den 23. Juni 2016

Inhalt:

Wahl der Abgeordneten Nina Warken als or-
dentliches Mitglied des Gemeinsamen Aus
schusses   . . . . . .
17575 A

Wahl des Abgeordneten Steffen Bilger als
ordentliches Mitglied des Vermittlungsaus
schusses   . . . . . .
17575 B

Erweiterung und Abwicklung der Tagesord-
nung . . . . . .
17575 B

Absetzung der Tagesordnungspunkte 14, 15 b
und
25  . . . . . .
17576 D

Begrüßung des Botschafters der Republik
Polen, Herrn Jerzy Jozef Marganski  . . . . . 17613 C
```

This second excerpt is an example from the 18th period. Without the few XML tags at the start of the document, it would be impossible to tell that this is indeed an XML file and not a plain text file. This made these documents quite a lot more difficult to parse.

For more information about these problems and their solutions, please find the documentations about these respective components.

1.4 Work division

During our work on the project, our group naturally tended towards a division of the components into working groups. We had two major groups: The text processing group (crawler, extraction 18, extraction 19) and the fulltext-search group (P2P-DHT and fulltext-search). Aside from these groups, we also had OPS and the UI, which stood more separately on their own.

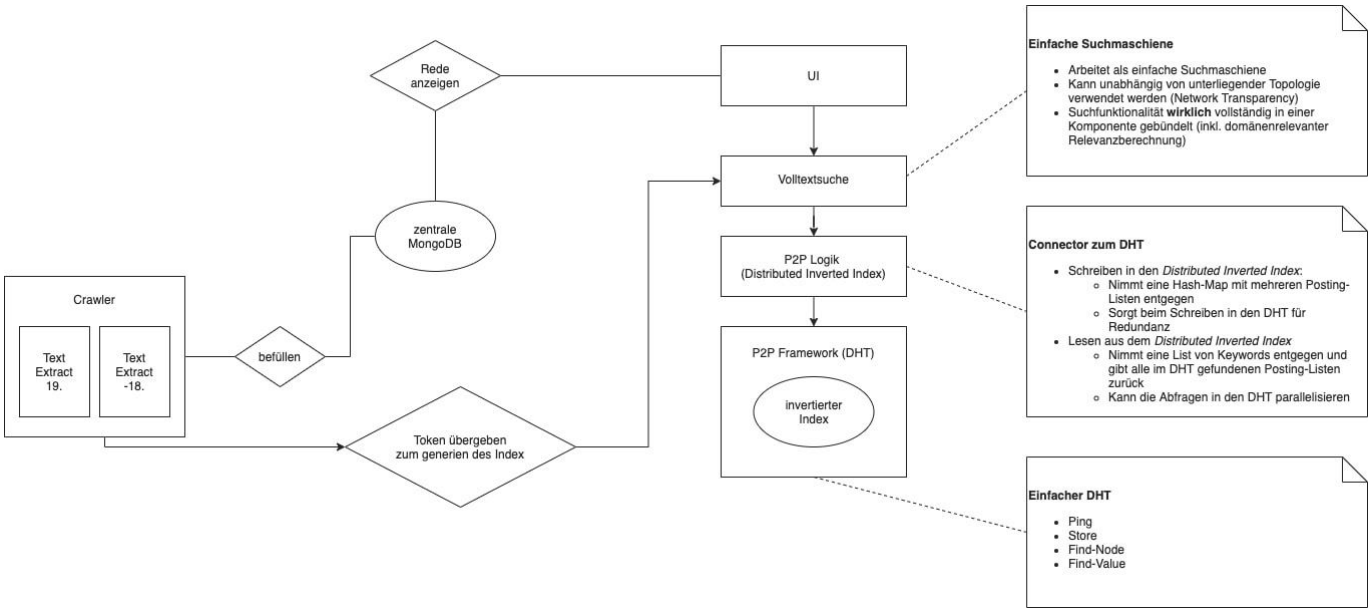
2. Design decisions

2.1 Design decisions

This section is dedicated to the major design decisions that were made within the duration of the project and the reasoning behind these decisions.

2.2 Architecture diagram

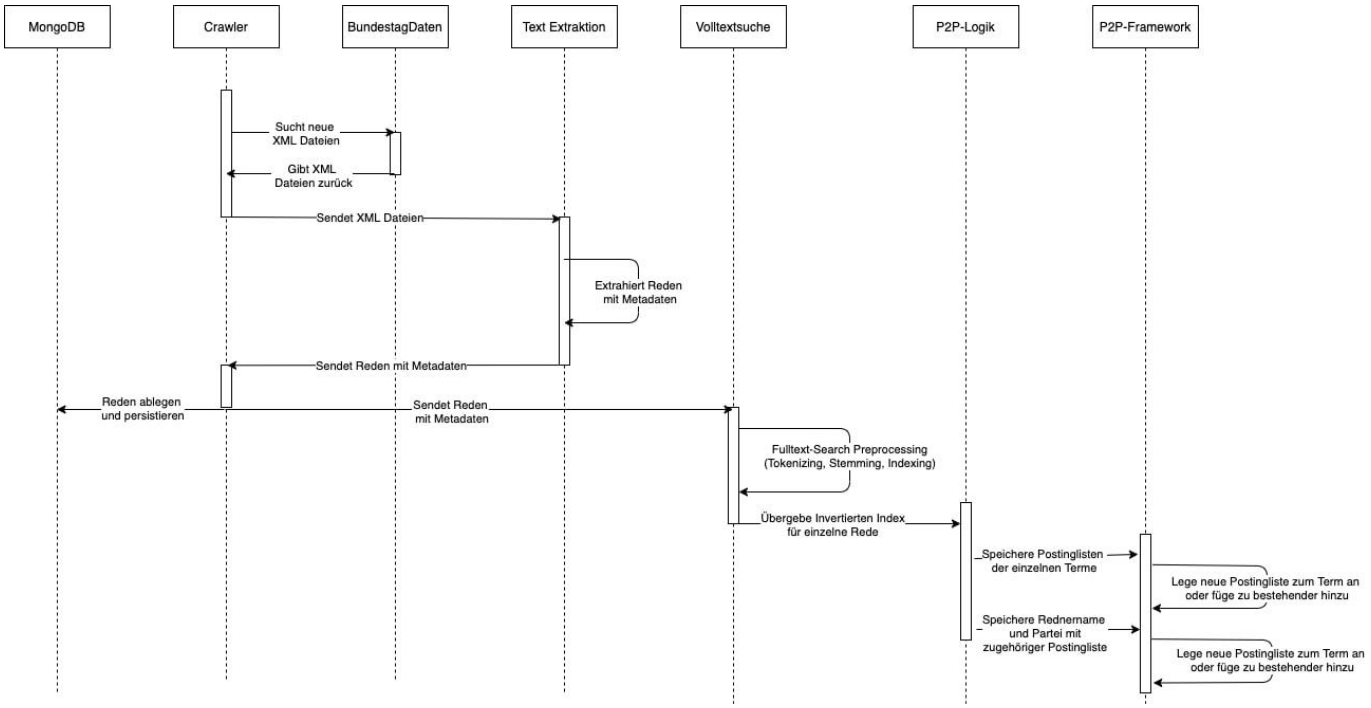
This diagram is an overview of the overarching architecture we used for our project.



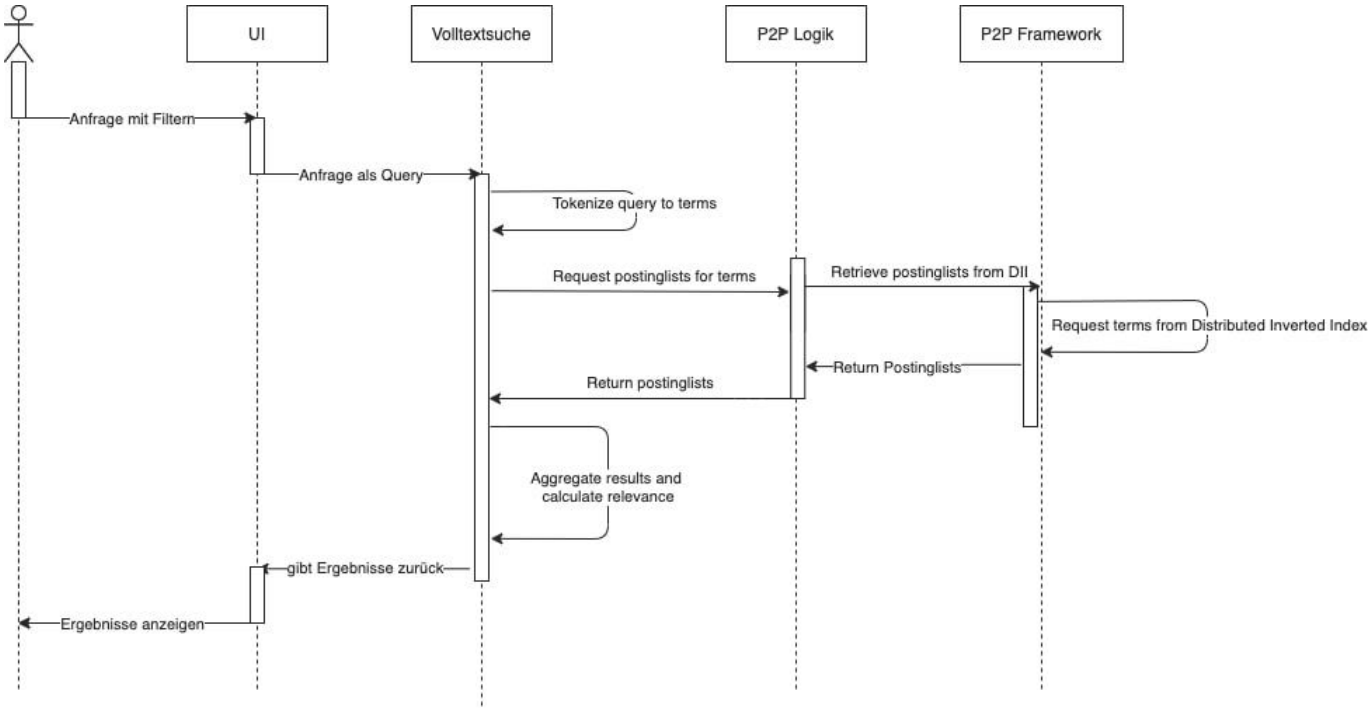
2.3 Sequence diagrams about handling speeches

The following two sequence diagrams describe our chosen process for indexing and retrieving speeches.

Indexing speeches:



Retrieving speeches:



2.4 Beispiel Partition By Keyword von zentraler Volltextsuche aus

Drei Dokumente: d1, d2, d3 **Vier Terme:** t1, t2, t3, t4 **Drei Peers:** p1, p2, p3

Dokumente:

```
d1 = {t1, t2, t3}
d2 = {t4}
d3 = {t1, t2}
```

Hashen der Terme auf die Peers: T1 -> p1 T2 -> p2 T3 -> p3 T4 -> p1

2.4.1 Indexing

1. Wenn ein Dokument neu indexiert werden soll, kann z.B. durch Hashing des Dokuments der verantwortliche Peer bestimmt werden, der das Dokument vorverarbeitet (tokenizing, stemming, indexing, …)
2. Alle gefundenen Terme werden gehashed und nach zuständigen Peers zusammengefasst
3. Die Terme werden inklusive der Postinglisten als Batch (über die P2P Logik) an den jeweils zuständigen Peer gesendet
4. Der jeweils zuständige Peer fügt die Terme mit Postinglisten in seinen eigenen (lokalen) Invertierten Index hinzu oder nimmt es in die bereits vorhandene Postingliste auf, falls der Term bereits bekannt ist.

Beispiel:

Invertierter Index auf den einzelnen Peers:

```
P1 {
    t1 = [d1, d3]
    t4 = [d2]
}
P2 {
    t2 = [d1, d3]
}
P3 {
    t3 = [d1]
}
```

Der gesamte Index eines jeden Peers könnte nun noch auf den jeweiligen Vorgänger repliziert werden. Fällt ein Peer unerwartet aus, kann der vorherige Peer als Fallback dienen:

```
P1 {
    t1 = [d1, d3]
    t2 = [d1, d3]
    t4 = [d2]
```

```
}
P2 {
    t2 = [d1, d3]
    t3 = [d1]
}
P3 {
    t1 = [d1, d3]
    t3 = [d1]
    t4 = [d2]
}
```

Die Redundanz gleicht sich mit steigender Anzahl der Peers aus und könnte ggF. sogar auch auf den Nachfolger ausgeweitet werden.

2.4.2 Retrieval

1. Es wird ein Request gegen die Volltextsuche auf einem beliebigem Peer gestellt
    - Das wird in unserem Fall immer der Peer sein, von dessen UI die Suche gestellt wurde
2. Die Volltextsuche extrahiert die einzelnen Terme der Query und ruft diese über die P2P Logik aus dem *Distributed Inverted Index* ab
    - Für den Fall, dass einer der gesuchten Terme auf Peer liegt, von dem die Anfrage ausgeht, sollten Optimierungen vorgenommen werden, so dass der Zugriff einem einfachen lokalen Zugriff gleicht, der aber trotzdem über den *Distributed Inverted Index* abstrahiert wird.
3. Sobald die Volltextsuche die Postinglisten erhalten hat, kann sie diese verarbeiten, das Ranking durchführen und die sortierten Ergebnisse zurück liefern.
    - Hier kann überlegt werden, ob die Postinglisten inkrementell zurück gegeben werden, so dass die Volltextsuche schon arbeiten kann, während die P2P-Logik die restlichen Postinglisten noch sucht.

Beispiel:

Anfragen: A1 = „t1 AND t3“ A2 =„t3 AND t4“ A3 = „t2“

A1: Anfrage landet auf beliebigem Peer, dieser greift auf den Invertierten Index zu und baut das Ergebnis zusammen. Fällt der Peer für einer der Terme aus, wird über den DHT (das P2P Framework) auf den Fallback Peer zurückgegriffen. In beiden Fällen vollständiges und zuverlässiges Ergebnis, auch wenn einer der Peers ausfällt. **A2:** Gleiches Verhalten wie bei A1. Vollständiges und zuverlässiges Ergebnis, auch wenn einer der Peers ausfällt **A3:** Gleiches Verhalten wie bei A1. Vollständiges und zuverlässiges Ergebnis, auch wenn einer der Peers ausfällt

2.4.3 Indexing und Retrieval nach Parteizugehörigkeit und Rednername

Damit auch performant nach allen Reden einer Partei oder eines einzelnen Redners gesucht werden kann werden beim Indexing zwei Spezial-Tokens für Partei- und Rednername angelegt. Diese bekommen einen besonderen Prefix, damit sie von einfachen Termen unterschieden werden können. Beim indizieren einer Rede werden dann also jeweils zwei zusätzliche Schlüssel im *Distributed Inverted Index* abgelegt, die beide das entsprechende Dokument beinhalten.

Beispiel

d1 = {t1, t2, t3} von Angela Merkel (CDU)

Hashing:

```
t1 -> p1
t2 -> p2
t3 -> p3
_speaker:angelamerkel -> p1
_affiliation:cdu -> p2
```

Der Prefix ist hier nur ein Beispiel und muss im Weiteren noch festgelegt werden

Index:

```
P1 {
    t1 = [d1]
}
P2 {
    t2 = [d1]
}
P3 {
    t3 = [d1]
}
```

2.4.4 Argumentation der Design-Entscheidung

Nachteil gegenüber des *Partition By Document* Ansatzes ist, dass die Suche nur als gesamtes Netzwerk wirklich funktionsfähig ist. Bei *Partition By Document* kann jeder Peer eine eigenständige Volltextsuche für alle ihm zugeordneten Dokumente vornehmen.

Vorteil hingegen ist, dass das Netzwerk nicht für jede einzelne Query geflutet (Broadcast) werden muss, sondern lediglich die für die entsprechenden Keywords der Query verantwortlichen Peers angefragt werden müssen.

3. Text Processing

3.1 Crawler

3.1.1 Über den Crawler

Der Crawler ist dafür zuständig die Bundestagswebseite in regelmäßigen Abständen auf neu veröffentlichte Reden zu überprüfen, diese herunterzuladen, durch externe Anwendungen Reden aus den Dateien zu extrahieren und diese in das P2P Netzwerk weiterzureichen.

3.1.2 Installation und Ausführung

Ohne Docker

1. Stellen Sie sicher, dass .NET 5.0 SDK auf Ihrem System installiert ist
2. Klonen Sie das Repository
3. Bauen Sie die Anwendung mit `dotnet publish ./Crawler -c Release`
4. Wechseln Sie zum Ausgabeverzeichnis des Builds `./Crawler/bin/Release/net5.0/publish`
5. Folgen Sie dem Anleitungsschritt "Konfiguration"
6. Führen Sie die Anwendung aus `./Crawler.exe`

Mit Docker Compose

BAUEN

1. Klonen Sie das Repository
2. Führen Sie folgenden Befehl im Root-Verzeichnis des Repositories aus, um das Docker-Image zu bauen: `docker build . --tag crawler`

AUSFÜHREN

1. Erstellen Sie eine appsettings.json mit Ihren gewünschten Einstellungswerten.
2. Führen Sie den Docker-Container aus mit `docker-run -v ./appsettings.json:/app/appsettings.json crawler`

MOUNTING POINTS

- Der Pfad `/app/data/` muss zum Hostsystem persistiert werden, damit der Crawler tracken kann, welche Protokolle bereits indexiert wurden.

- Die `appsettings.json` Datei muss nach `/app/appsettings.json` gemounted werden, falls die Konfiguration via .json-Datei geschehen soll. Alternativ kann dieser Schritt weggelassen werden, wenn die Konfiguration via Umgebungsvariablen geschieht

Konfiguration

Die Konfiguration geschieht über die in der Standard-Konfigurationsdatei bereitgestellen Parameter. Über den Einsellungen sind Kommentare zur Erläuterung vorhanden. Es muss entweder die appsettings.json existieren oder es müssen alle vom Standard abweichenden Einstellungen über gleichnamige Umgebungsvariablen übergeben werden. Umgebungsvariablen überschreiben die Werte der appsettings.json.

Wenn z.B. die Einstellung `Interval` überschrieben werden soll mit einer Umgebungsvariable, dann muss die Umgungsvariable auch `Interval` heißen.

Name	Standardwert	Beschreibung
Interval	`* * * * *`	Intervall als CRON-Expression, die bestimmt in welchem Intervall der Crawler die Seite des Bundestages überprüft.
InitialDelay	`0`	Einmalige Verzögerung des Anwendungsstarts in Sekunden.
ChunkDelay	`0`	Verzögerung zwischen den POST Anfragen an die Indexing-API in Sekunden.
MaximumBatchSize	`5`	Maximale Anzahl der Reden die in einer POST Anfrage an die Indexing-API übergeben werden.
MongoConnectionString	`mongodb://0.0.0.0:8430`	Verbindungsstring zur Mongo-DB Datenbank, in der der Crawler extrahierte Reden ablegen wird.
MongoDatabase	`crawler`	Name der Datenbank.
MongoCollection	`protocols`	Name der Collection.
LocalDbConnectionString	`Data Source=data/local.db`	Verbindungsstring zur SQLite Datenbank, die der Crawler nutzt um abzuspeichern welche Dokumente bereits indexiert wurden.
IndexingApiEndpoint	`http://0.0.0.0:8421/api`	Endpunkt des P2P Netzwerkes, an den der Crawler Reden zur Indexierung schickt.
IndexingApiTimeout	`300`	Timeout der HTTP Anfrage der vorangehenden Einstellung.

3.2 Textextraction 19

3.2.1 Text-Extraktion von Bundestagsreden der 19. Legislaturperiode

Nimmt Plenarprotokolle der 19. Legislaturperiode oder späteren im XML-Format entgegen und gibt eine JSON-Datei mit Reden aus dem Protokoll zurück.

3.2.2 Titel der Reden

Da Bundestagsreden im Protokoll keine traditionellen Titel haben, wurde entschieden, die jeweiligen Tagesordnungspunkte als Titel zu verwenden. Da diese teilweise unverhältnismäßig lang sind, wurde eine Funktionalität zur Kürzung der Titel hinzugefügt. In manchen Fällen werden meherere Tagesordnungspunkte in Verbindung miteinander abgearbeitet. In diesem Fall enthält der gekürzte Titel nur die gekürzte Version des erstgenannten Tagesordnungspunktes.

3.2.3 Nutzung

```
python text-extraction-19 <Plenarprotocol xml-file>
```

erzeugt eine JSON-Datei mit dem gleichen Namen im gleichen Ordner, die alle Reden des Protokolls enthält.

```
python title_shortener <speech json-file>
```

fügt gekürzte Titel zu einer bereits existierenden JSON-Datei, falls nicht bereits vorhanden.

3.2.4 Anforderungen

Python 3.9

3.2.5 Format der zurückgegebenen JSON-Datei

```
{
    //Tagesordnungspunkt
    "title": "string",
    //Gekürzte Version des Titels
    "title_short": "string",
    //Redner
    "speaker": "string",
    //Zugehörigkeit: entweder Partei oder Amt, so wie im Protokoll vorhanden
    "affiliation": "string",
    //Datum der Rede
    "date": "Date in ISO 8601-1:2019 String Format",
    //Gesamter Inhalt der Rede
    "text": "string"
}
```

3.3 Textextraction 18

3.3.1 Textextraction-18

The content-related task of the text extraction-18 was to extract all speeches of the 1st - 18th legislative period, the XML documents passed by the crawler and output them in JSON files. The crawler achieved this by temporarily persisting the plenary minutes as as XML files and passing them as parameters to the text extraction-18.

The basic idea is to examine the text block semantically and syntactically in order to find a search algorithm, which will find the text within the text block:

- Title of the speech

● Name of the speaker

● Affiliation

● Date of the speech

● Speech

to a person and extracts it.

3.3.2 Problems

Most of the problems arose from the assumption that there was consistency in the formatting of the documents.

Problem	Description
Document type	In the 1st - 14th electoral legislature period, a document type was given to the XML files, but from the from the 15th electoral legislature onwards, this was no longer the case.
Formatting	In some documents, the considered commonalities of the table of contents were also not present, which makes a uniform programme for all electoral legislatures almost impossible.
Naming of the affiliation	There were also many spelling differences in the naming of affiliations. The best example of this is the party "BUNDNIS 90/ DIE GRÜNEN". For the different spellings of this party alone: • BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN • BÜNDNIS 90/ DIE GRÜNEN • BÜNDNIS 90 /DIE GRÜNEN • BÜNDNIS 90/DIE GRÜ- NEN three regular printouts had to be changed to make them work.

The decisive point in the extraction was the search in the table of contents for persons. Within the search itself, however, there were differences that had to be processed separately. The search was implemented

with the method createMap() in the SpeechSearch class. The literal flow of the method is roughly as follows:

- ***IF*** there is a title
  - the first name is also contained in the same entry and must be saved
    after that, each entry is a name,
    until the entry that contains a title.
    Next loop pass from this title.
- ***otherwise***
  - ***if*** a title is followed by a name
    - **then** each subsequent entry is a name and must be saved,
      until an entry contains a title.
      next loop pass from this title.

If the speakers were found for each title, these entries are saved in a map.

3.3.3 Build Jar File

```
mvn clean package
```

3.3.4 Execute

```
java -jar textextraction-18.jar \<plenary minutes xml file>
```

creates a json file from the plenary minutes with all entered speeches

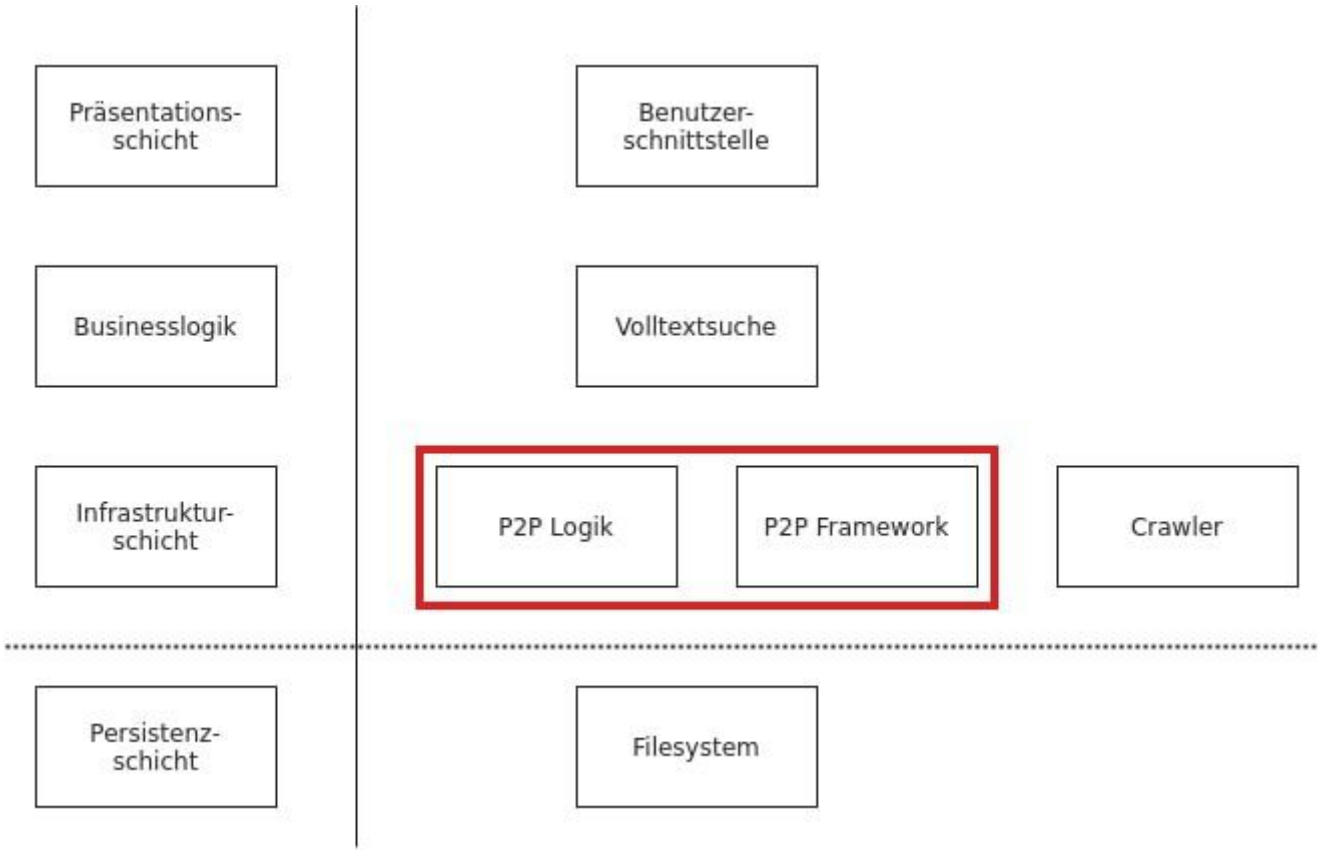
4. Fulltext-search

4.1 P2P-DHT

4.1.1 p2p-dht

This peer-to-peer component is responsible for the distribution of the fulltext-searches posting lists among the peers inside the network. The component is implemented as a DHT based on the libp2p Framework and implemented in NodeJS.

In the layer modell it sits between the fulltext-search which is exclusively served by it and above the filesystem which is used for storage.



The services provided are:

- Insertion and retrieval of objects (in our case posting lists)
- Distributed storage of those objects on multiple nodes in the network

4.1.2 Design

Framework Choice and Data Distribution Design

How the inverted index should be distributed with the DHT

ORIGINAL PLAN

Indexing

Initally the plan we developed was to have the crawler send the extracted and structured documents to it's local full-text-search, which would break it up and assemble groups of keywords. Those groups of keywords are to be split up accross the p2p network, turned into an inverted index and persisted with the dht.

Retrieval

The posting lists of the inverted index are available to the full-text-search component through an http server, which answers the UI's queries for searches.

CHOOSING A P2P LIBRARY

I had decided that libp2p would be the p2p framework to be used, as it fullfilled all the other demands of the project:

- net and routing (different configurable ways to run/setup the network)
- content routing (put/get using key-value pairs)
- static connection addresses
- well maintained and documented
- efficient transports
- well tested with checks and corrections throughout to maintain consistent state and functionality

It was preferable to:

1. using a smaller (and/or outdated) library that didn't cover the demands above
2. building the system from the ground up, for which the timeframe would be tight and it probably would not reach libp2p's level of consistency

libp2p's Constraints

One constraint that comes along with using libp2p is that the put separates local and remote insertion. Looking at the implementation of put it always inserts locally and then remotely into the network. This is not to our specification as we did not want to make a distinction between local and remote but just wanted to insert on the peer(s) closest to the hashed key of the value to be inserted.

Possible changes to the design to address this 1. local & remote

Keep current design and use the given implementation to insert once locally and n-times remotely.

Pro: - scalable: the processing of keywords -> posting lists happens distributed accross the network

Contra: - suboptimal inverted index distribution: the algorithm used in the full-text-search component - to divvy up the keywords to different peers for computation - would be responsible for distribution the local part of the data accross the network - no separation of concerns: again the algorithm just mentioned handles functionality that should be part of the p2p net

2. remote only

Designate a peer to become the central crawler and inserter instance and only insert remotely.

Pro: - optimal inverted index distribution: by inserted in the closest peer, to the specification of kademlia this would be the most optimal distribution of the data accross the network - simple implementation: least effort to implement (no balancing algorithm in full-text-search, trivial adjustment in the framework)

Contra: - not scalable: to have all the computation of creating the index done on a single peer has a natural limit and is not an efficient use of the networks resources - resource imbalance: increased data load on the rest of the peers, storage resources unused (hd and cpu (see previous point)) - single point of failure: not critial though, as the indexing only happens upfront and very occasionally throughout service

3. local/remote

Fork the framework and adjust it to do local and remote put/get through the same routines. This would be the optimal solution and satifies the original design.

Pro: - optimal inverted index distribution: same as with 2. - optimal resource usage: storage and cpu load are distributed equally - scalable: same as with 1.

Contra: - stability/introduction of inconsistencies: requires heavy modification of the framework, which will possibly circumvent checks and corrections within it and produce a less stable framework as a result - a lot of work: most effort by far, I tried implementing this and hit one hurdle after another, the underlying system (kademlia and k-buckets below libp2p) definitely allow for this change, but you are just fighting against libp2p at every point

Our choice

We decided upon moving forward with "remote only" (2.) as the downsides are very much tolerable along with having the best of both words on the pro side.

API Specification

As defined here.

```
openapi: 3.1.0
info:
  title: P2P framework
  version: 0.2
paths:
  /:key:
    get:
      summary: Get an entry from hash table
      description: data is an array
      parameters:
      - name: key
        in: path
      responses:
        "200":
          description: OK
          content:
            schema:
              format:
                error: "boolean"
                key: "string"
                value: "any[]"
              example:
                error: false
                key: "Grundgesetz"
                value: [ "postingList1", "postingList2" ]
        "400":
          description: User error
```

```
          content:
            schema:
              format:
                error: "boolean"
                errorMsg: "string"
              example:
                error: true
                errorMsg: "No key given"
  /append/:key:
    put:
      summary: Append to an entry in the hash table
      description: Entities are an array, to which you can add a single value
through this route
      parameters:
      - name: key
        in: path
      - name: data
        in: body
        schema:
          format:
            data: "any"
          example:
            data: { id: 123 }
      responses:
        "200":
          description: OK
          content:
            schema:
              format:
                error: "boolean"
                key: "string"
              example:
                error: false
                key: "Grundgesetz"
        "400":
          description: User error
          content:
            schema:
              format:
                error: "boolean"
                errorMsg: "string"
              example:
                error: true
                errorMsg: "missing data"
  /merge/:key:
    put:
      summary: Merge with the array in the hash table
      description: Entities are an array, to which you can add a mutiple values
through this route by wrapping them in an array
```

```
      parameters:
      - name: key
        in: path
      - name: data
        in: body
        schema:
          format:
            data: "any[]"
          example:
            data: [ { id: 123 }, { id: 124 } ]
      responses:
        "200":
          description: OK
          content:
            schema:
              format:
                error: "boolean"
                key: "string"
              example:
                error: false
                key: "Grundgesetz"
        "400":
          description: User error
          content:
            schema:
              format:
                error: "boolean"
                errorMsg: "string"
              example:
                error: true
                errorMsg: "missing data"
  /batch-get:
    post:
      summary: Get multiple entries of the hash table
      description:
        parameters:
          - name: keys
            in: body
            schema:
              format:
                data: "string[]"
        responses:
          "200":
            description: OK
            content:
              schema:
                format:
                  error: "boolean"
                  keys: "string[]"
```

```
                values: "object"
              example:
                error: false
                keys: [ "Grundgesetz", "Merkel" ]
                values: {
                  "Grungesetz": {
                    "error": false,
                    "value": [ "postingList1", "postingList2" ]
                  },
                  "Merkel": {
                    "error": true,
                    "errorMsg": "Not found"
                  }
        "400":
          description: User error
          content:
            schema:
              format:
                error: "boolean"
                errorMsg: "string"
              example:
                error: true
                errorMsg: "missing keys"
```

Also there is a key mangaged by the system named `_keyset_size`, which tracks the number of keysets in the dht.

API Examples

SETUP TO RUN THE EXAMPLES

```
./spawnnode 1 &
#=> Server running on http://localhost:8091

./spawnnode 2 &
#=> Server running on http://localhost:8092

./spawnnode 3 &
#=> Server running on http://localhost:8093
```

PUT `/APPEND/:KEY`

```
curl -Ss -X PUT "http://localhost:8093/append/linux" -d '{"data":"arch"}' -H
"Content-Type: application/json"
```

```
curl -Ss -X PUT "http://localhost:8093/append/linux" -d '{"data":"debian"}' -H
"Content-Type: application/json"
```

```
{
  "error": false,
  "key": "linux"
}
```

PUT `/MERGE/:KEY`

```
curl -Ss -X PUT "http://localhost:8093/merge/linux" -d '{"data":
["ubuntu","manjaro"]}' -H "Content-Type: application/json"
```

```
{
  "error": false,
  "key": "linux"
}
```

GET `/:KEY`

```
curl -Ss "http://localhost:8091/linux"
```

```
{
  "error": false,
  "key": "linux",
  "value": [
    "arch",
    "debian",
    "ubuntu",
    "manjaro"
  ]
}
```

POST `/BATCH-GET`

```
curl -Ss -X POST "http://localhost:8092/batch-get" -d '{"keys":
["linux","windows"]}' -H "Content-Type: application/json"
```

```
{
  "error": false,
  "keys": [
    "linux",
    "windows"
```

```
  ],
  "values": {
    "linux": {
      "error": false,
      "value": [
        "arch",
        "debian",
        "ubuntu",
        "manjaro"
      ]
    },
    "windows": {
      "error": true,
      "errorMsg": "Not found"
    }
  }
}
```

4.1.3 Run

Install:

```
npm install
```

Development:

```
npm start
```

Production:

```
npm run start-prod
```

4.1.4 Configure

Configured via environmental variables in `variables.env`. See: `variables.env.example`.

HTTP_PORT

Port for the http server to run on.

Default: `8090`

HTTP_LIMIT

The maximum request body size.

Default: `10mb`

See: body-parser

PEER_PORT

Port for the p2p node to run on.

Default: `8070`

PEER_IP

IP for the p2p node to run on.

Default: `127.0.0.1` (localhost)

PEER_LIST

List of peers, required for joining the network. Leave blank on first peer, that is "creating" the network.

Default: empty

Format: - multiaddr incl. ipfs address - seperated by commas

Example:

```
PEER_LIST=/ip4/127.0.0.1/tcp/8071/ipfs/
QmdW3RF4Yq4acYc4bgUmxeuJQLb2mQpQmMuDTGir5gQcYM, /ip4/127.0.0.1/tcp/8072/ipfs/
QmPP5pdu6Dh93DL7LnQkKU2x8m4BoSrQswjQR5q26PMneg
```

You have to fill this list manually with the multiaddresses of the other peers. You do this by configuring a peer through the above options (ports and ip) and running the `npm run addr` script to show you that specific peers multiaddress, which can then be used in another peers `PEER_LIST` to connect to this peer.

PEER_STORAGE

Storage location on disk for the data of the DHT.

Default: `/tmp/datastore`

PEER_REDUNDANCY

Specifies on how many different remote nodes a value should be stored.

Default: 2

PEER_MPLEX_SIZE

Specify the max message size of the p2p net's multiplexer.

Default: `10mb`

DEBUG

Enable logging in the p2p network.

Set it to:

```
libp2p:dht:Q*,libp2p:dht:rpc:get-value:*
```

4.1.5 Scripts

Multiaddress:

Print the multiaddress used for connection to the node:

```
npm run addr
```

Debug:

Print the environmental variables that are being read in:

```
npm run debug
```

Node testing:

Run a node for testing:

```
npm run spawn 1
```

Generate peerId locally:

Create the `peerId.json` locally.

```
npm run local-peerid
```

4.2 Fulltext-search

4.2.1 Bundestag Speech Search

Simple search engine for querying speeches from the Bundestag.

4.2.2 Get started

```
$ git clone https://github.com/htw-projekt-p2p-volltextsuche/fulltext-search
$ cd fulltext-search

$ sbt run
```

CONFIGURE THE APP

The application configuration can be specified in *src/main/resources/application.conf* in HOCON notation. It's also possible to override the *application.conf* by java system properties or environment variables.

Environment variables need to be prefixed by `CONFIG_FORCE_` except if there is an *env-alias* specified for the property.

They will be evaluated in following order (starting from the highest priority):

1. Environment variable: `export CONFIG_FORCE_SERVER_HOST="0.0.0.0"`
    - **This actually doesn't work!** - use env-alias if defined
2. Java system property as argument: `sbt '; set javaOptions += "-Dserver.host="0.0.0.0""; run'`
3. *application.conf*: `server { host = 0.0.0.0 }`

Configuration properties

identifier	description	env-alias	default
server.port	HTTP port of the service	HTTP_PORT	8421
server.host	Host of the service	SERVER_HOST	0.0.0.0
server.log-body	Enables server logging of response bodies	SERVER_LOG_BODY	true
index.storage	Storage policy for the inverted index	INDEX_STORAGE_POLICY	local
index.stop-words-location	File name of the stopwords resource	-	stopwords_de.txt
index.sample-speeches-location	File name of the sample speeches resource	-	sample_speeches.json
index.insert-sample-speeches	Inserts sample speeches on startup when set	-	false
index.distribution-interval	Interval for scanning and distributing the cached index in ms	INDEX_DISTRIBUTION_INTERVAL	120000
index.distribution-chunk-size	Size of each concurrently processed chunk of the cached index	INDEX_DISTRIBUTION_CHUNK_SIZE	100
index.insertion-ttl	Amount of retries for the insertion of single index entry	INDEX_INSERTION_TTL	5
search.cache-size	Size of cache for search results	SEARCH_CACHE_SIZE	5
peers.uri	Entrypoint to the P2P network	-	http://localhost:8090/
peers.log-body	Enables client logging of response bodies	PEERS_LOG_BODY	true
peers.max-wait-queue-limit	Max wait queue limit for requests to peers	PEERS_MAX_WAIT_QUEUE_LIMIT	1024

INDEX STORAGE POLICIES

The application can be started with three different storage policies. They work as follows:

- `local`
  - Indexing and retrieval are both done locally in memory on the host machine.
- `distributed`
  - Indexing and retrieval are handled by calling the P2P network directly.
  - Using this option, the index request is blocked until all entries are distributed to the P2P network. This can possibly take a long while. Therefore, an appropriate timeout should be set on the calling machine.
- `lazy-distributed`
  - Indexing is done by first storing the index in a local cache and then distributing it on a background thread.
  - The interval for scanning the cached index can be configured with the option `index.distribution-interval`

RUN TESTS

```
$ sbt test
```

4.2.3 Retrieve Search Results

To the API-Doc's

SIMPLE QUERIES

Only searches with at least one term in the query fields are valid. All the other fields are optional.

To limit the maximum number of results `search.max_results` can be set to any positive integer.

The simplest possible search request has following form:

```
json
{
  "search": {
    "query": {
      "terms": "your query here..."
    }
```

```
  }
}
```

In the above example all the terms specified in `terms` will be combined with *AND*.

To combine the terms with different boolean operators the search you can extend the search with arbitrary additional terms.

```
json
{
  "search": {
    "query": {
      "terms": "find this ...",
      "additions": [
        {
          "connector": "or",
          "terms": "... or that ..."
        },
        {
          "connector": "and_not",
          "terms": "... but not that"
        }
      ]
    }
  }
}
```

Evaluation order of boolean operators

1. First all `terms` fields are evaluated with *AND* in isolation.
2. The results will then be combined by the specified `connector` and evaluated in the following order:
    - *AND_NOT*
    - *AND*
    - *OR*

FILTERED QUERIES

Up until now the queries can be filtered by *speaker* or *affiliation*.

If several filters with same criteria are specified they're combined by *OR*, while the entire set resulting from all filters of same type will by combined by *AND* with the actually specified query results.

```
json
{
  "search": {
    "query": {
      "terms": "some search"
    },
    "filter": [
      {
        "criteria": "affiliation",
        "value": "SPD"
      },
      {
        "criteria": "affiliation",
        "value": "Die Linke"
      },
      {
        "criteria": "speaker",
        "value": "Peter Lustig"
      }
    ]
  }
}
```

5. User Interface

5.1 Problemstellung

Die UI soll die Eingabe von präzisen Suchanfragen zu den Bundestagsreden ermöglichen, die Suchergebnisse mit ihren Metadaten anzeigen und beim Klick auf eine einzelne Rede den vollen Text anzeigen. Hierbei gab es keine Vorgaben zur technischen Umsetzung.

5.2 Lösungsansatz

Die Benutzeroberfläche wird als React-Web-Applikation mit Javascript umgesetzt. React basiert darauf, die Website in Komponenten zu zerlegen und diese gegebenenfalls wiederverwendbar zu machen. Zusätzlich wurde CSS für das Styling der Komponenten benutzt. Ein dynamisches, erweiterbares Formular soll möglichst genaue Suchanfragen ermöglichen. Ursprünglich sollten neue Formularreihen hinzugefügt werden bei denen man einen logischen Operator sowie Typ (Freie Suche, Partei, Redner) frei auswählen kann. Aus diesem Formular wird eine Query erstellt, die dann an die Volltextsuche geschickt wird. Die Volltextsuche gibt unter anderem Dokumenten-Ids zurück anhand derer aus der MongoDB die Reden mit Metadaten angefragt werden können. Die Anzeige der Ergebnisse wird als Ergebnisliste umgesetzt, bei Klick auf einen Listeneintrag wird die volle Rede angezeigt.

5.3 Probleme

Das Design des Suchformulars musste abgeändert werden, da aufgrund des Aufbaus nicht genau klar war, in welcher Reihenfolge beziehungsweise mit welcher Priorität einzelne Formularreihen ausgewertet werden. Infolgedessen wurde das Suchformular in drei Hauptbereiche eingeteilt: Freie Suche sowie Partei und Redner, die letzteren beiden bieten jedoch keine Auswahl eines logischen Operators mehr an.

Im Laufe des Projekts wurde klar, dass außerdem ein Backend für den Zugriff auf die MongoDB nötig ist, da ein direkter Zugriff aus dem UI nicht möglich ist. Es wurde als simples Node.js Projekt aufgesetzt, das eine GET-Request mit Dokumenten-Id als Übergabeparameter beantworten kann.

Anfangs war eine Sortierung der Suchergebnisse in Diskussion, diese wurde aber bewusst weggelassen, da die Suchergebnisse standardmäßig nach Relevanz sortiert von der Volltextsuche zurückgegeben

werden. Eine alphabetisches Sortieren nach Partei oder Titel der Reden erschien obsolet. Durch die Komplexität der Titel wird bei einer alphabetischen Sortierung kein Mehrwert geboten.

5.4 Schlussbetrachtung

Die Anforderungen wurden weitestgehend erfüllt. Aus Zeitmangel wurden ein paar optionale Features nicht mehr angeboten, wie zum Beispiel Paginierung und das Anzeigen von sinnvollen Textausschnitten in der Suchergebnisliste.

5.5 Verwendung der Software

Für volle Funktionalität muss das User Interface über das Ops gestartet werden.

Für die Nutzung des User Interface benötigt man Node.js. Das User Interface ist intern in Frontend und Backend aufgeteilt, diese müssen wenn man sie lokal und alleinstehend ausführen will seperat gestartet werden. Das Frontend wurde mit Create-React-App initialisiert und lässt sich z.B. mit dem Befehl `npm start` im "frontend" Ordner starten.

Das Backend ist eine simple Node.js Anwendung das sich mit dem Befehl `node index.js` im "backend" Ordner starten lässt.

Es stellt einen Endpunkt für einen GET-Request bereit, dieser kann folgendermaßen `http://{hostadress}:{hostport}/api/protocol/doc_id` erreicht werden und gibt das Protokoll mit der passenden doc_id zurück, falls dieses gefunden wurde.

6. OPS

6.1 Description short

The OPS repository contains all configuration files and scripts used to deploy peers for the htw-projekt-p2p-volltextsuche.

6.2 Description long

The peer to peer network consists of nodes with equal functionality. The nodes all have an user-interface delivered via http, a service for searching for terms and p2p-distribution system for managing the inverted index of the search service. From here on such a node is called a "peer".

There is a unique node which additionally to the functionality mentioned above, also hosts a central db holding all the speeches in json format as well as a crawler filling it with speeches. From here on this node is called the "data".

6.3 Setup

In order to setup a network of peers you need to setup one "data" node as well as as many peers you desire. If you don't need the scaling capability, you can just setup one data node as well.

6.3.1 Development

1. Setup your firewall to allow communication through these ports:

- 22 (ssh)
- 80 (http)
- 8080 (alternate http port)
- 8421 (fulltext-search)
- 8090, 8070 (p2p-network)
- 8430 (mongodb)
- 8081 (ui-backend)

2. Install docker: https://docs.docker.com/get-docker/

3. Install docker-compose: https://docs.docker.com/compose/install/

4. clone this repository

5. go into ops/data/

6. create a .env file with the following content

```
MONGO_INITDB_ROOT_USERNAME=<[choose one]>
MONGO_INITDB_ROOT_USERNAME=<[choose one]>
DATA_HOST=<[the ip of your pc]>
INDEX_STORAGE_POLICY=local
UI_PORT=80
```

8. start the node

- you can start it with `docker-compose up` to see the complete log in the terminal.
- you can start it with `docker-compose up -d` if you want to run it as a deamon.

9. Stop the nodes again with `docker-compose down` if you are done.

6.3.2 Production

The first four steps are documented for transparency reasons. You can skip them by cloning this repository and executing install.sh The same goes for a testing-environment on which you don't need to setup the firewall and may already have installed docker (possible with root permissions).

Setup without scripts.

1. Setup your firewall to allow communication through olny these ports:

- 22 (ssh)
- 80 (http)
- 8080 (alternate http port)
- 8421 (fulltext-search)
- 8090, 8070 (p2p-network)
- 8430 (mongodb)

- 8081 (ui-backend)

Route port 80 to port 8080 to enable rootless access of the docker-container port

2. install docker rootless: https://docs.docker.com/engine/security/rootless/

3. install docker-compose: https://docs.docker.com/compose/install/

4. clone this repository

5. go into the folder representing this repository

6. create a .env file in the folder representing the type of node you want to deploy (peer or data) with the following values

```
MONGO_INITDB_ROOT_USERNAME=<[for data choose one/for peer use the name of
data]>
MONGO_INITDB_ROOT_USERNAME=<[for data choose one/for peer use the password of
data]>
DATA_HOST=<[the ip of the server running the data node]>
INDEX_STORAGE_POLICY=<[local, distributed or lazy-distributed]>
PEER_LIST=<[see step 10 or leave blank for a single node setup]>
UI_PORT=8080
```

Read more about the index storage policies

7. go into the folder representing the type of node you want to deploy (peer or data)

8. start the nodes

- you can start them with `docker-compose up` to see the complete log in the terminal.
- you can start them with `docker-compose up -d` if you want to run it as a deamon.

9. Stop the nodes again with `docker-compose down` after seeing the ascii-art "https"-logo.

10. Setup the PEER_LIST (after running all instances at least once)(only necessary for multi-node setups)

- copy the output of all the p2pframework containers signaling the "own multiaddr:" into the "PEER_LIST" var of every node. They should only be sepereated by a comma. See
- replace the "0.0.0.0"-part of the adresse with the corresponding ip of the node

11. Start the nodes again with `docker-compose up`.

6.4 Challenges

This project was originally intended to run with kubernetes. Due to limited server resources we changed course to use docker compose instead. Kubernetes was more likely to consume storage by writing to logs that aren't directly associated with kubernetes and are not removed when kubernetes data is cleared. This logging issue was first discovered after the switch to a docker compose based configuration. Due to the late integration phase of the project, there wasn't enough time to react adequately to this requirements change. This led to a time-consuming administration job because instances of services first need to be stopped, their images deleted and then new pulled instead of just pulling and replacing a running service. Furthermore logs needed to be limited to a small size which made debugging an interactive job because missed error logs were overwriten not even a minute later.

7. Outlook

7.1 Outlook

This section is dedicated to known imperfections of the project and possible future improvements.

7.2 Leistungsoptimierungen des Anfrage- und Indexierungsprozess

Bei der Integration der einzelnen Sub-Systeme zum Ende des Projektes, ist klar geworden, dass das Gesamtsystem vor allem beim Indexieren kritische Performance Defizite aufweist.

7.2.1 Das Hauptproblem - Bottleneck: Netwerk

Das Indexieren einer einzelnen Rede über das P2P-Netzwerk benötigte fast eine halbe Stunde. Damit ist uns der vorher erwartete Overhead der hohen Netzwerklast sehr direkt klar geworden und wir haben uns im Projekt gemeinsam dazu entschlossen, Optimierungen vorzunehmen, um den Indexierungsprozess in einer vertretbaren Zeit durchführen zu können.

Zum Vergleich handelte es sich bei der lokalen Ausführung des gleichen Prozesses (also ohne Netzwerk-Overhead) lediglich um Millisekunden.

Durch eine Code-Analyse konnten zwei wesentliche Ursachen der Problematik ausgemacht werden. 1. Die Requests von der Volltextsuche zum P2P-Netwerk wurden sequentiell abgearbeitet. * Hier konnten wir erfolgreich optimieren 2. Das P2P-Netzwerk hat, entgegen dem ursprünglichen Plan, keine Zusammenführung aller auf einen Peer hinauslaufenden Requests angeboten. * Hier werden grundlegende, architektonische Änderungen benötigt, die in der übrigen Zeit nicht zu schaffen waren

7.2.2 Lösungsansätze

Paralleles Senden der Requests aus der Volltextsuche

Der erste Versuch des Parallelisierens der Requests hat grundsätzlich funktioniert, aber zwei weitere Probleme hervogerufen: * Aus der Volltextsuche wurden so viele Requests in so kurzer Zeit gesendet, dass das P2P-Netwerk nach kurzer Zeit überlastet war. * Die Fehlerbehandlung innerhalb der Volltextsuche gestaltete sich als wesentlich komplexer gegenüber der sequentiellen Verarbeitung.

Der folgende Ansatz, um diese Probleme in den Griff zu kriegen, war die Implementierung eines Load-Balancers, mit dem versucht wurde das Leistungs-Limit des P2P-Netzwerks auszunutzen, ohne dieses zu überlasten und Fehler zu provozieren. Mit diesem Ansatz war es weiterhin sehr schwer, die Fehler anständig zu behandeln und auch das Finden eines passenden Request-Limits gestaltete sich schwierig.

Wesentlich erfolgreicher waren wir mit der Umsetzung der nächsten Idee. Diese beruhte darauf, die Indexierung vorerst lokal im Hauptspeicher vorzunehmen und den resultierenden lokal gecachten Index anschließend über einen regelmäßigen Batch-Job im Hintergrund ins P2P-Netz zu übertragen. Der Batch-Job wurde zeitgesteuert angestoßen und auf separaten Threads ausgeführt. Bei jedem Lauf wurde nur eine bestimmte Menge an zu übertragenden Postings aus dem lokalen Index gelesen, um die einzelnen Sendedurchläufe möglichst kurz zu halten. Sowohl das Sendeintervall, als auch die Menge eines zu sendenden Datenblocks wurde konfigurierbar gestaltet, um beim weiteren Experimentieren problemlos Anpassungen vornehmen zu können und die Werte ggF. sogar an die genutzte Umgebung anzupassen.

Auch die Fehlerbehandlung ließ sich mit diesem Ansatz leichter angehen. Alle Fehler die beim Senden der Requests vorgekommen sind, wurden entweder als *FATAL_ERROR* oder als *RECOVERABLE_ERROR* eingestuft. Die Requests, die fatale Fehler verursacht haben, wurden verworfen, um die Sende-Queue nicht weiter zu blockieren. Die Requests, die nicht fatale Fehler verursachten, wurden mit einem TTL versehen und so lange zurück in den lokalen Cache geschrieben, bis deren TTL abgelaufen ist und auch diese Verworfen wurden.

Mit diesem Ansatz ist es uns gelungen die Laufzeit der Indexierung einer einzelnen, durchschnittlichen Rede **von einer knappen halben Stunde auf unter 3 Minuten** zu bringen. Dieses Ergebnis ist immer noch nicht befriedigend, doch für einen einzelnen Optimierungsversuch ein großer Erfolg.

Minimieren der Netzwerklast durch Aggregation der Requests pro Peer

Uns war klar, um weitere Leistungsverbesserungen zu erreichen müssen wir die Anzahl der Requests minimieren, um das Netzwerk zu entlasten. Für dieses Problem war die theoretische Lösung bereits gegeben, denn sie entspricht dem, was wir ursprünglich für das P2P-Netwerk geplant haben. Anstatt für jedes einzelne Posting einen eigenen Request zu senden, müssten wir den Hashwert des jeweiligen Postings errechnen und alle Postings, die gemeinsam auf einem Peer gespeichert werden sollen, in einem einzelnen Request zusammenfassen.

Die Umsetzung dieses Ansatzes verlangt, tief in die Logik des P2P-Frameworks einzugreifen. Die von uns genutzte Bibliothek für die Implementierung des P2P-Frameworks bot diese Möglichkeit leider nicht nativ an. Das Austauschen dieser Bibliothek hätte zu dem Zeitpunkt zu viel Zeit gekostet und das Umschreiben der Bibliothek auf eigene Faust birgte zu viele Risiken.

Wir haben uns dann gemeinsam dazu entschlossen einen anderen Weg zu gehen.

Weitere weniger kritische Optimierungen

Im Laufe der Entwicklung haben wir einige weitere Optimierungen vorgenommen, wenn immer es angemessen schien. Grundsätzlich ist klar geworden, dass in dem von uns gewählten Distibutionsmodell für den Invertierten Index, vorallem die Indexierungsphase Leistungsdefizite aufweist. Die Anfragephase hat wie erwartet wesentlich bessere Performance aufweisen können.

Dennoch ergab sich auch für die Anfragephase Optimierungspotential:

z.B. haben wir unter anderem in der Volltextsuche ein Caching der Suchanfragen implementiert. Wenn immer eine zuvor bereits gestellte Suchanfrage in kurzer Zeit erneut gestellt wurde, hat das System keine vollständig neue Volltextsuche durchgeführt, sondern die gecachte Antwort aus dem letzten Aufruf wiederverwendet. Dieses war vorallem für die Paginierung wichtig, die zwar im UI nicht implementiert wurde, doch in der Volltextsuche bereits voll funktionsfähig war.

Dieses Caching ließe sich noch weiter verbessern, in dem ganze Postinglisten im Hauptspeicher vorgehalten werden würden, um diese auch für vollkommen neue Requests und sogar unabhängig vom aufrufenden Client nutzen zu können.

7.2.3 Fazit

Abschließend lässt sich sagen, dass wir mit dem Gesamtergebnis des Projektes und den Erfolgen beim Optimieren sehr zufrieden sind. Die Problemstellung eine Volltextsuche auf Basis eines P2P-Netzwerks zu implementieren birgt viele versteckte Risiken. Zu Beginn des Projektes war in der gesamten Gruppe das Vorwissen eher gering ausgeprägt. Wir sind froh, ein funktionierendes Gesamtsystem mit akzeptabler Leisung umgesetzt zu haben und als gesamte Gruppe tiefe Einblicke in die Thematik erlangt zu haben und große Lernerfolge feiern zu können.