

Web Visualization Of Geographic Data Utilizing A Thin Client Architecture

Bachelorarbeit

Hendrik Henselmann

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Examiner: Prof. Dr. Hannah Bast

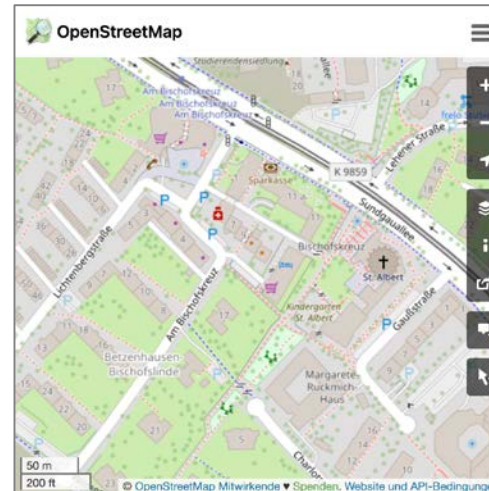


UNI
FREIBURG

OpenStreetMap (OSM)



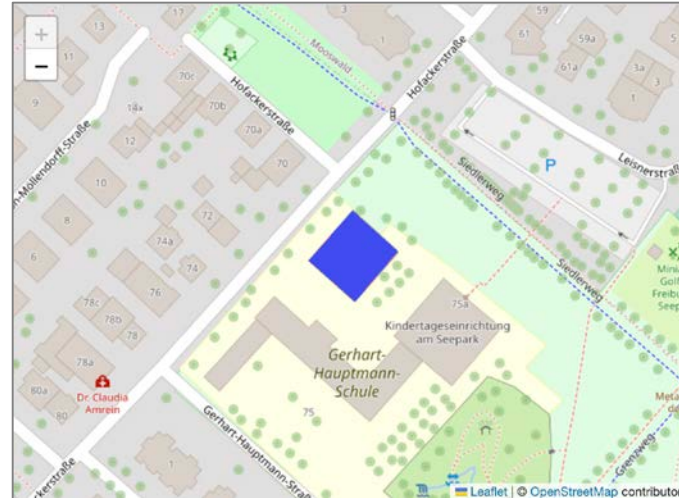
- Geografischer Datensatz
- Objekte: Straßen, Gebäude, Seen, Bäume, ...
- Crowdsourcing
- Open-source





- Abfrageprogramm
- Filtern von OSM Objekten
- Beispiel Abfragen:
 - Gebäude in Freiburg
 - Briefkästen in Deutschland
 - Alle Bäume im Datensatz

- Visualisierung der QLever Ergebnismenge
- Interaktive Karte
- Aufrufbar im Web Browser
=> Web Anwendung



Größe von QLever Ergebnismengen

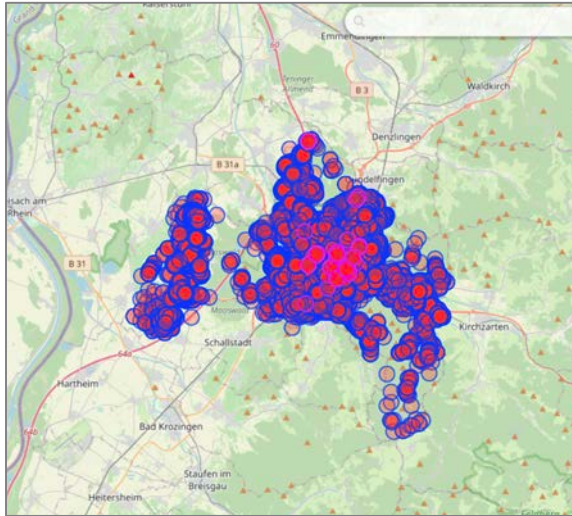


	Gebäude in Freiburg	Bäume in Deutschland	Gebäude in Berlin
# Objekte	~ 150.000	~ 3.500.000	~ 1.100.000
# Stützpunkte	~ 1.300.000	~ 3.500.000	~ 11.000.000

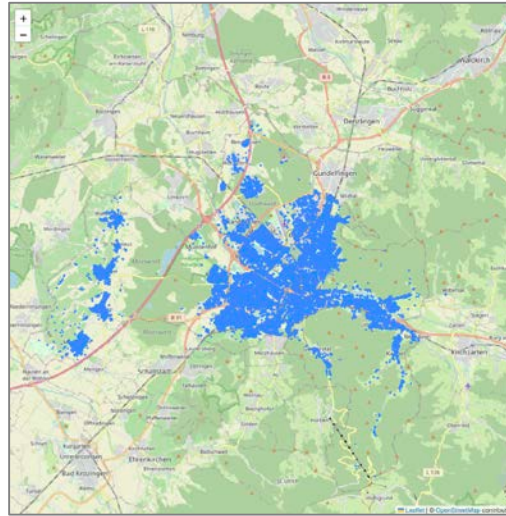
Ähnliche Programme und Bibliotheken



Overpass turbo



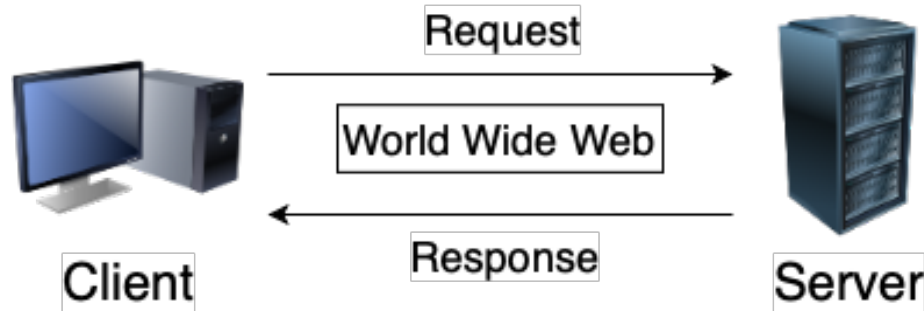
Leaflet



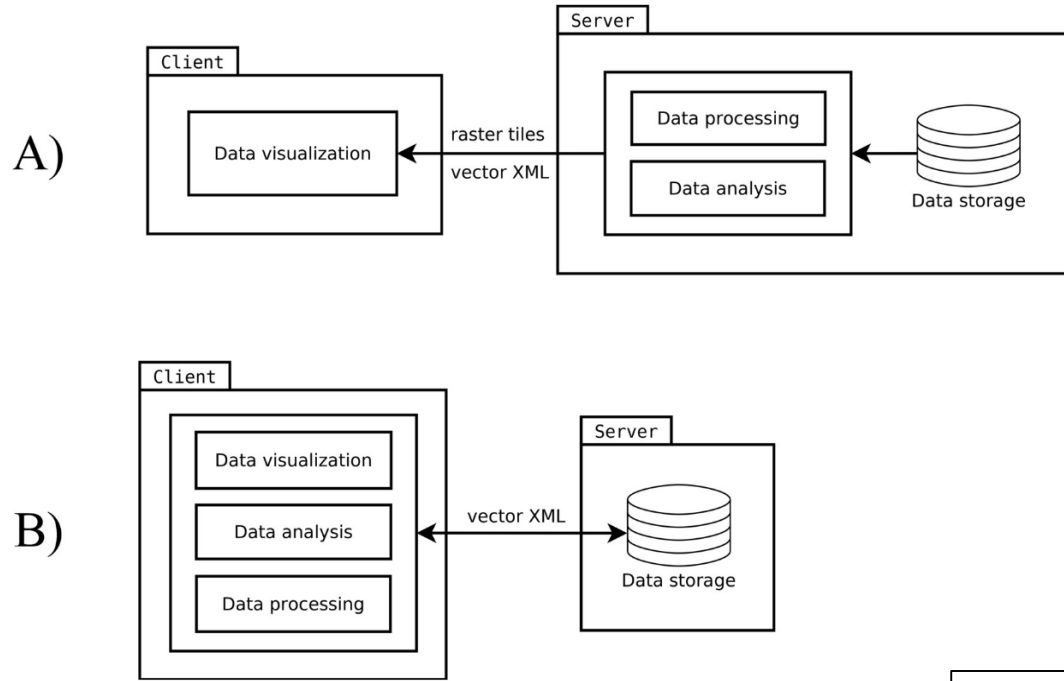


Fragen?

Webanwendung



Thin Client (A) vs Thick Client (B)

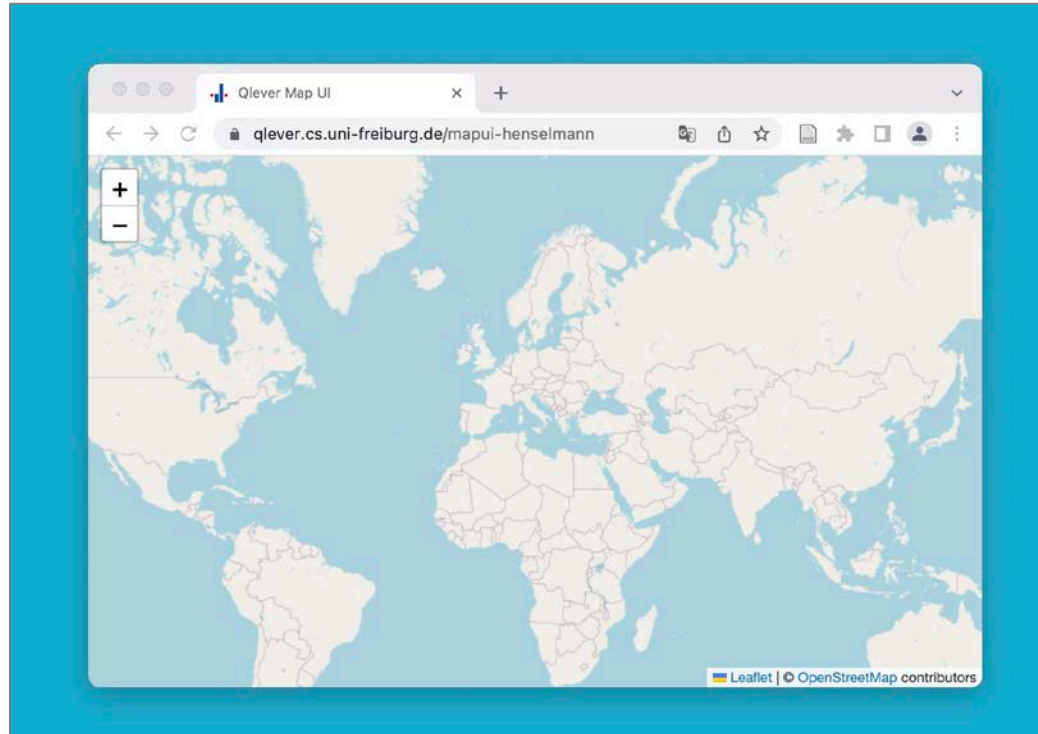


Quelle: Kulawiak et al. [1]

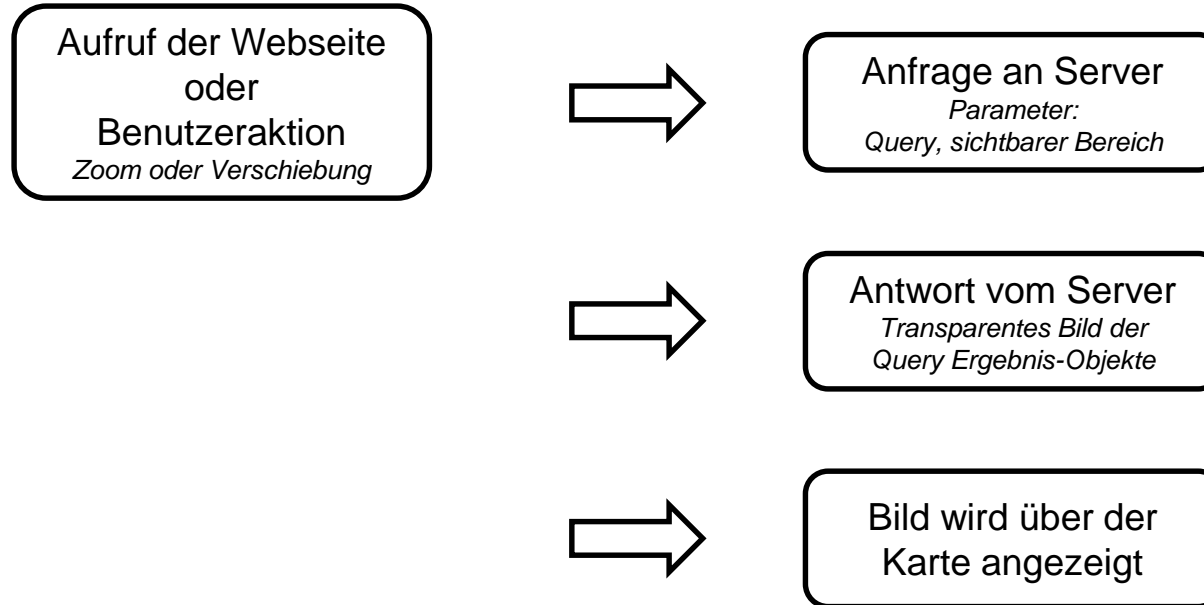
Webseite



UNI
FREIBURG



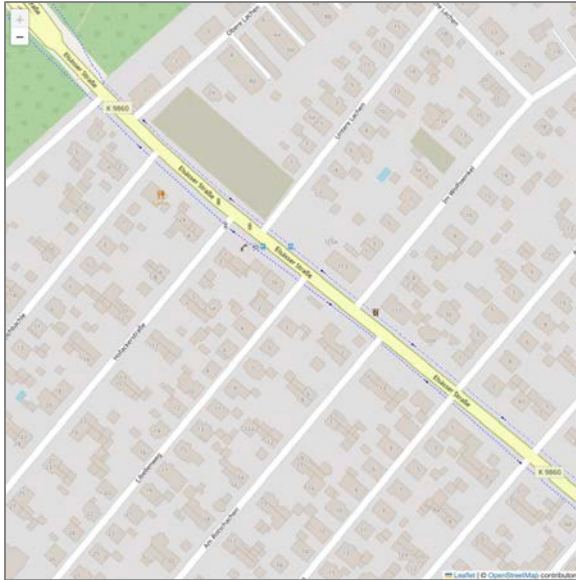
Client Ablaufdiagramm



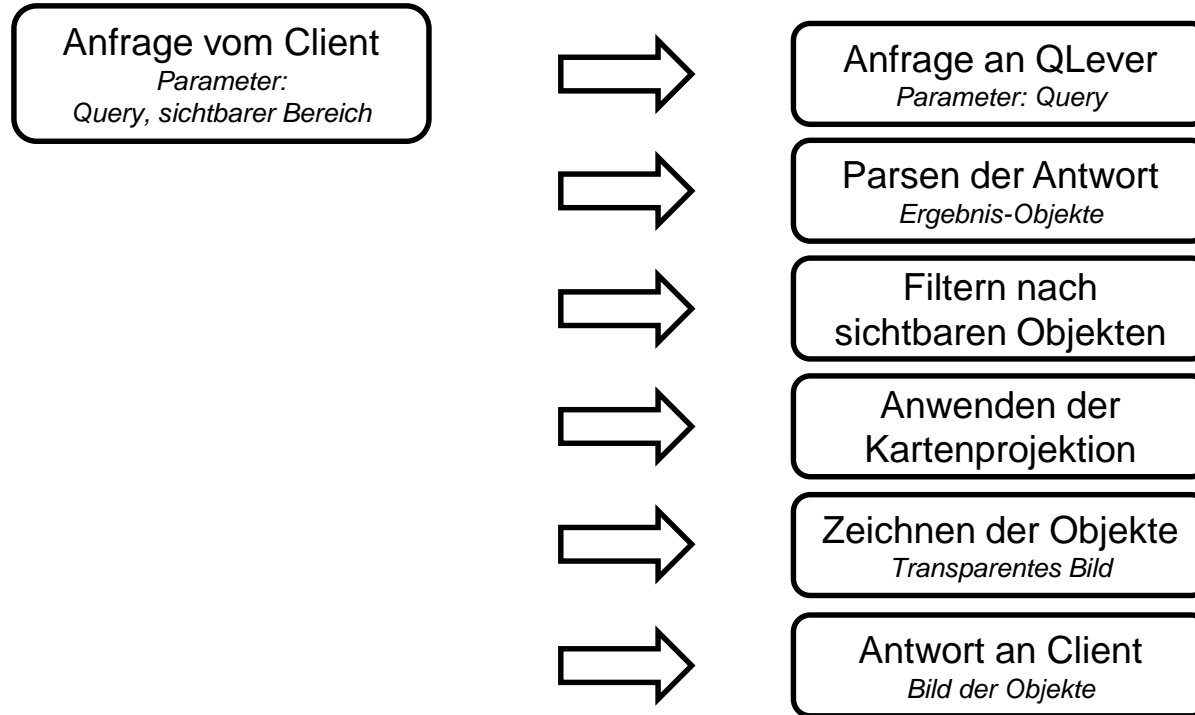
Webseite



UNI
FREIBURG



Server Ablaufdiagramm



Zeichnen der Objekte



Anfrage an QLever

Parameter: Query

Parsen der Antwort

Ergebnis-Objekte

Filtern nach
sichtbaren Objekten

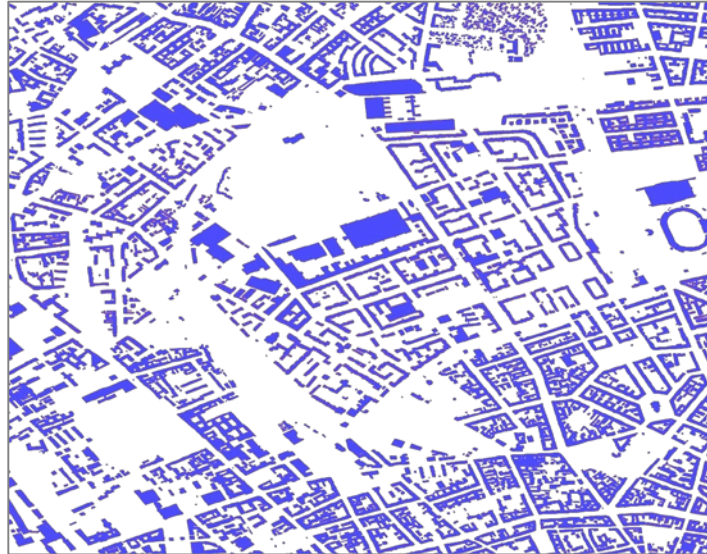
Anwenden der
Kartenprojektion

Zeichnen der Objekte

Transparentes Bild

Antwort an Client

Bild der Objekte



Zeichnen der Objekte



Anfrage an QLever

Parameter: Query

Parsen der Antwort

Ergebnis-Objekte

Filtern nach
sichtbaren Objekten

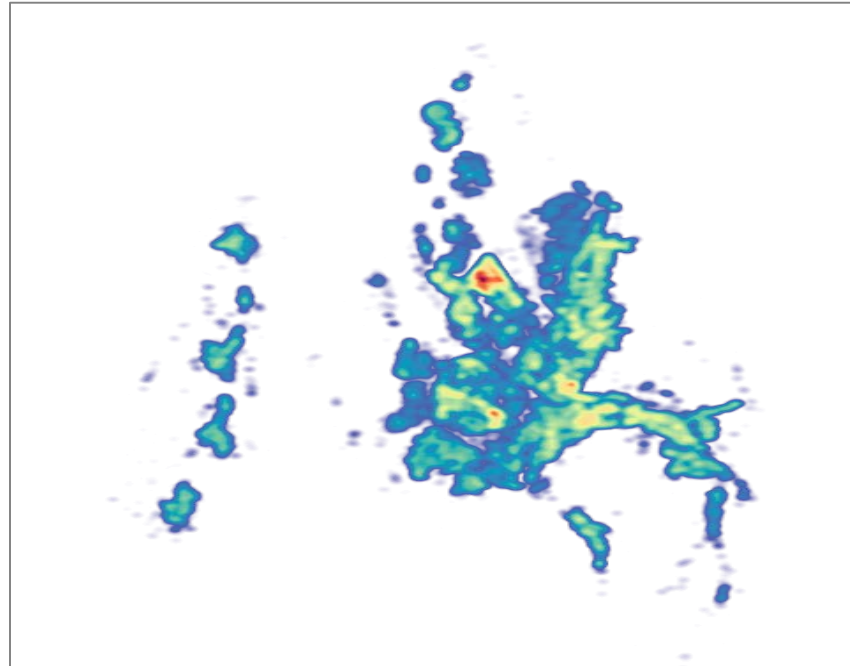
Anwenden der
Kartenprojektion

Zeichnen der Objekte

Transparentes Bild

Antwort an Client

Bild der Objekte





Fragen?

- Initiale Anzeigezeit:
Zeit bis Daten erstmals angezeigt werden
- Reguläre Anzeigezeit:
Bearbeitungsdauer einer Benutzerinteraktion

Query I: Bäume



# Objekte	Initiale Anzeigezeit (in ms)	Reguläre Anzeigezeit (in ms)
100.000	418	239
500.000	834	277
1.000.000	1.311	457
2.000.000	2.415	527

Query II: Alle Geometrien



# Objekte	# Stützpunkte	Initiale Anzeigezeit (in ms)	Reguläre Anzeigezeit (in ms)
1.000.000	1.000.000	1.647	979
1.500.000	4.457.410	2.810	1.357
2.000.000	8.766.993	4.118	1.838
3.000.000	17.435.660	6.895	3.118



Fragen?



Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

Anhang

Parsen der QLever Antwort



Anfrage an QLever

Parameter: Query

Parsen der Antwort

Ergebnis-Objekte

Filtern nach
sichtbaren Objekten

Anwenden der
Kartenprojektion

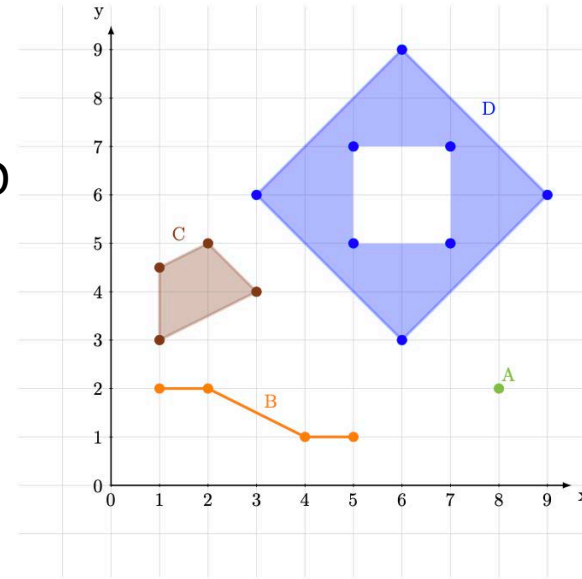
Zeichnen der Objekte

Transparentes Bild

Antwort an Client

Bild der Objekte

- Well-Known Text Representation (WKT):
 - Point (A)
 - Linestring (B)
 - Polygon (C, D)
 - Multipolygon (C+D)



Well-Known Text



Anfrage an QLever

Parameter: Query

Parsen der Antwort

Ergebnis-Objekte

Filtern nach
sichtbaren Objekten

Anwenden der
Kartenprojektion

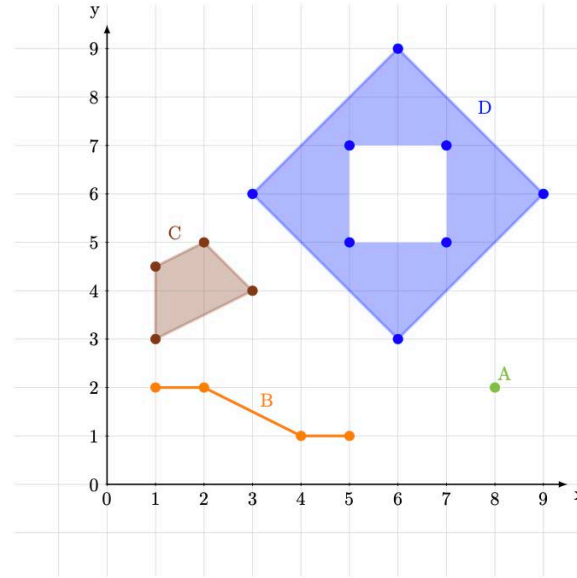
Zeichnen der Objekte

Transparentes Bild

Antwort an Client

Bild der Objekte

- C: POLYGON ((1 3, 3 4, 2 5, 1 4.5, 1 3))



Well-Known Text



Anfrage an QLever

Parameter: Query

Parsen der Antwort

Ergebnis-Objekte

Filtern nach
sichtbaren Objekten

Anwenden der
Kartenprojektion

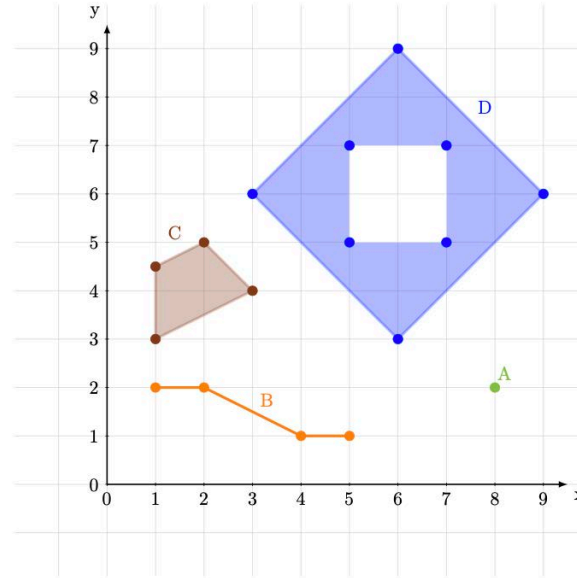
Zeichnen der Objekte

Transparentes Bild

Antwort an Client

Bild der Objekte

- A: POINT (8 2)
- B: LINESTRING (1 2, 2 2, 4 1, 5 1)



Well-Known Text



Anfrage an QLever

Parameter: Query

Parsen der Antwort

Ergebnis-Objekte

Filtern nach
sichtbaren Objekten

Anwenden der
Kartenprojektion

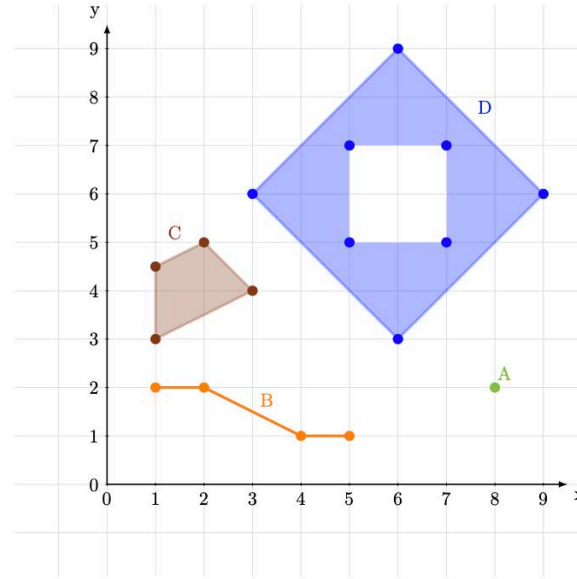
Zeichnen der Objekte

Transparentes Bild

Antwort an Client

Bild der Objekte

- D: POLYGON ((3 6, 6 3, 9 6, 6 9, 3 6), (5 5, 7 5, 7 7, 5 7, 5 5))



Well-Known Text



Anfrage an QLever

Parameter: Query

Parsen der Antwort

Ergebnis-Objekte

Filtern nach
sichtbaren Objekten

Anwenden der
Kartenprojektion

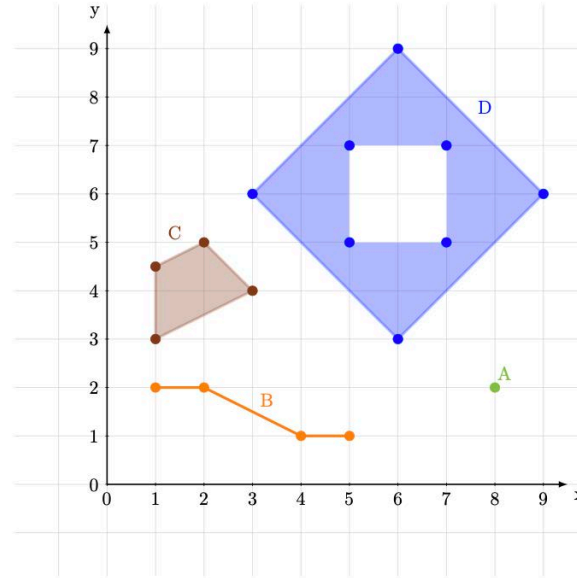
Zeichnen der Objekte

Transparentes Bild

Antwort an Client

Bild der Objekte

- C+D: MULTIPOLYGON (
((1 3, 3 4, 2 5, 1 4.5, 1 3)),
((3 6, 6 3, 9 6, 6 9, 3 6), (5 5, 7 5, 7 7, 5 7, 5 5)))



Well-Known Text



Anfrage an QLever

Parameter: Query

Parsen der Antwort

Ergebnis-Objekte

Filtern nach
sichtbaren Objekten

Anwenden der
Kartenprojektion

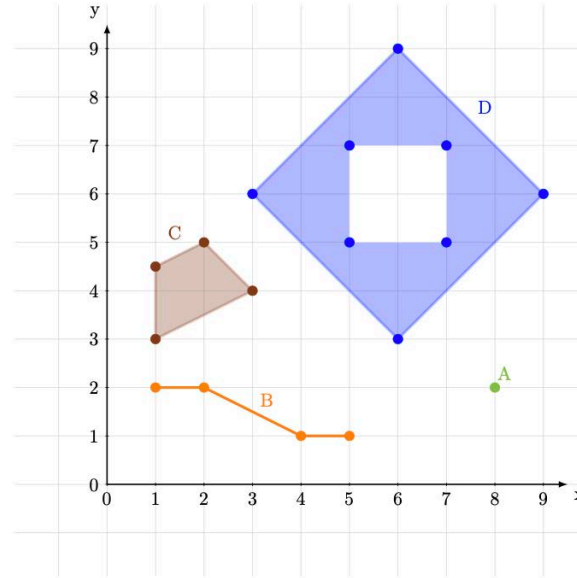
Zeichnen der Objekte

Transparentes Bild

Antwort an Client

Bild der Objekte

- C+D: MULTIPOLYGON (
((1 3, 3 4, 2 5, 1 4.5, 1 3)),
((3 6, 6 3, 9 6, 6 9, 3 6), (5 5, 7 5, 7 7, 5 7, 5 5)))



Well-Known Text



Anfrage an QLever

Parameter: Query

Parsen der Antwort

Ergebnis-Objekte

Filtern nach
sichtbaren Objekten

Anwenden der
Kartenprojektion

Zeichnen der Objekte

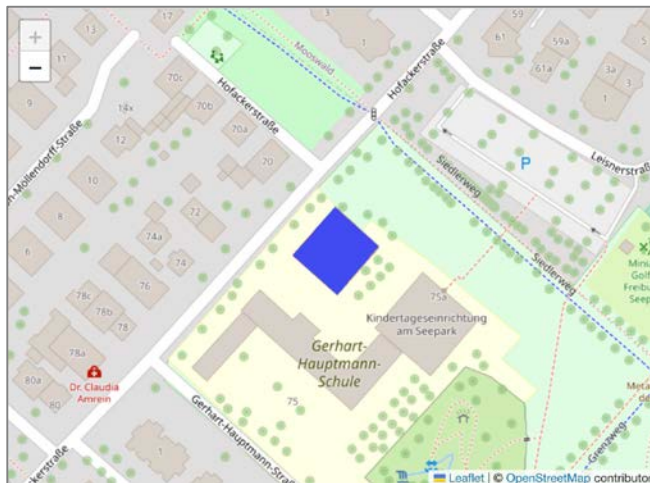
Transparentes Bild

Antwort an Client

Bild der Objekte

■ Gebäude in Freiburg (blau markiert)

POLYGON (7.8124817 48.0138416, 7.8127070 48.0140107,
7.8129456 48.0138685, 7.8127203 48.0136994,
7.8124817 48.0138416)



Kartenprojektion



Anfrage an QLever

Parameter: Query

Parsen der Antwort

Ergebnis-Objekte

Filtern nach
sichtbaren Objekten

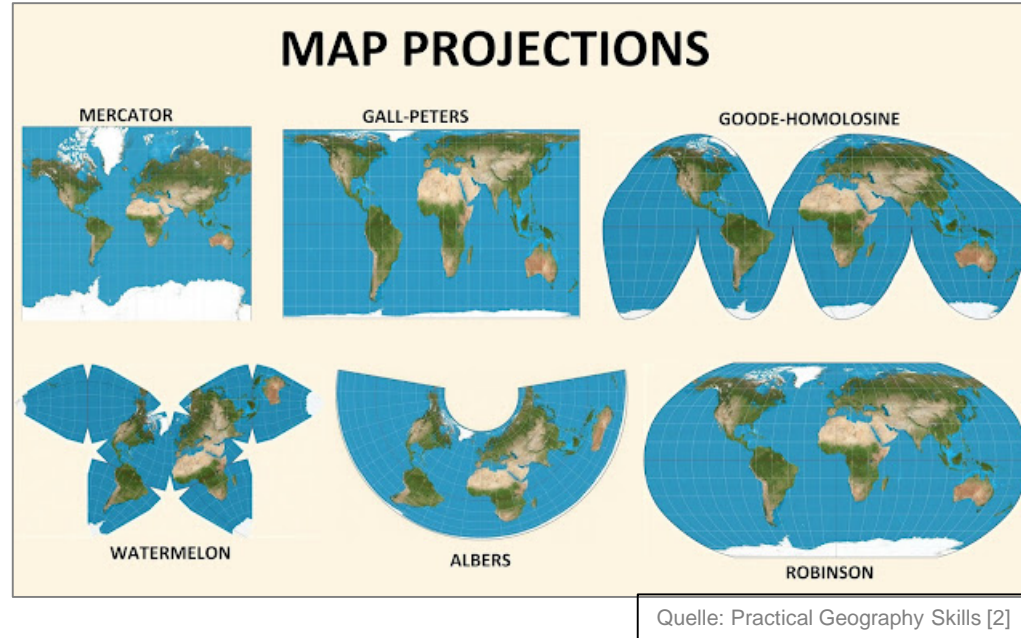
Anwenden der
Kartenprojektion

Zeichnen der Objekte

Transparentes Bild

Antwort an Client

Bild der Objekte



- Parallelisierung
- Query Caching
- QLever Daten Caching
- Serialisierung der QLever Daten

Evaluations Setup



- **Server-PC (Ubuntu 22.04):**
 - AMD FX8150 8x3.6 GHZ CPU
 - 32 GB DDR3 RAM
 - 128 GB SSD and 3 TB HDD
- **Client-Laptop (Mac OS 13.3.1):**
 - Intel Iris Plus Graphics 655 1536 MB GPU
 - 2,7 GHz Quad-Core Intel Core i7 CPU
 - 16 GB DDR3 RAM
 - 500 GB HDD

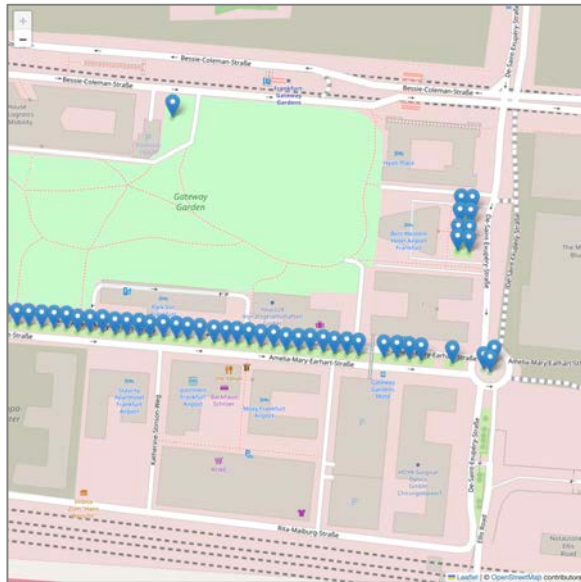
SPARQL Query I



```
PREFIX geo: <http://www.opengis.net/ont/geosparql#>
PREFIX osmkey: <https://www.openstreetmap.org/wiki/Key:>
SELECT ?osm_id ?geometry WHERE {
  ?osm_id osmkey:natural "tree" .
  ?osm_id geo:hasGeometry ?geometry .
}
```

Listing 3.2: SPARQL query. Returns ID and geometry of all trees present in the queried data.

Vergleich: Leaflet Marker

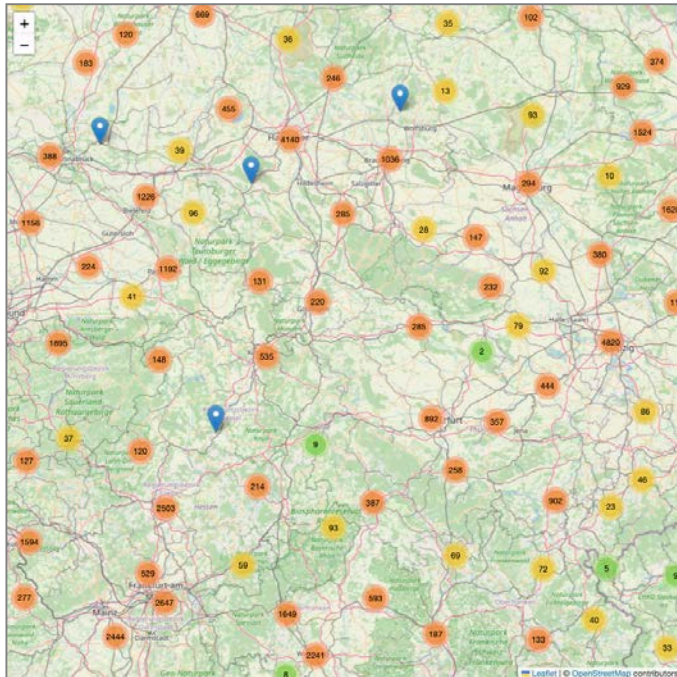


Ergebnisse: Query I, Marker



# Objekte	Reguläre Anzeigezeit (in ms)
1.000	420
2.000	678
4.000	1.134
6.000	1.770
8.000	2.481

Vergleich: Leaflet MarkerCluster



Ergebnisse: Query I, MarkerCluster



# Objekte	Reguläre Anzeigezeit (in ms)
10.000	268
50.000	271
100.000	294
200.000	457

Ergebnisse: Query I, MarkerCluster



# Objekte	Initiale Anzeigzeit (in ms)
10.000	319
50.000	2.518
100.000	8.185
200.000	38.342

SPARQL Query II



```
PREFIX ogc: <http://www.opengis.net/rdf#>
PREFIX osmrel: <https://www.openstreetmap.org/relation/>
PREFIX geo: <http://www.opengis.net/ont/geosparql#>
SELECT ?osm_id ?geometry WHERE {
  osmrel:62422 ogc:contains ?osm_id .
  ?osm_id geo:hasGeometry ?geometry
}
```

Listing 5.1: SPARQL query. Returns ID and geometry of all objects located in Berlin that provide geospatial information.

Number of objects	Regular display time (in ms)
1,000	420 ± 173
2,000	678 ± 149
4,000	$1,134 \pm 66$
6,000	$1,770 \pm 64$
8,000	$2,418 \pm 84$

Table 1: Display time for points using Leaflet markers. Display time refers to the time it takes to process and display the geospatial information which is requested by the user. The average \hat{x} and corrected sample standard deviation σ of measured values are reported in the form $\hat{x} \pm \sigma$. The visualized objects are trees, which are represented as points. Listing 3.2 shows the corresponding query.

Number of objects	Initial display time (in ms)	Regular display time (in ms)
10,000	319 ± 38	268 ± 96
50,000	$2,518 \pm 95$	271 ± 112
100,000	$8,185 \pm 469$	294 ± 109
200,000	$38,342 \pm 1,355$	457 ± 148

Table 2: Display time for points using Leaflet marker cluster. Display time refers to the time it takes to process and display the geospatial information which is requested by the user. The initial display time, as opposed to the regular display time, also includes the request of the data in the first place. The average \hat{x} and corrected sample standard deviation σ of measured values are reported in the form $\hat{x} \pm \sigma$. The visualized objects are trees, which are represented as points. Listing 3.2 shows the corresponding query.

Number of objects	Initial		Regular	
	generation time (in ms)	display time (in ms)	generation time (in ms)	display time (in ms)
100,000	238 \pm 2	418 \pm 65	87 \pm 5	239 \pm 26
500,000	637 \pm 5	834 \pm 85	131 \pm 16	277 \pm 97
1,000,000	1,124 \pm 2	1,311 \pm 89	189 \pm 146	457 \pm 103
2,000,000	2,137 \pm 46	2,415 \pm 41	277 \pm 38	527 \pm 90

Table 3: Generation and display time for points. Generation time is the time that is needed to generate the image on the server. Display time is the period starting at the client's request and ending when the response is displayed. The initial time includes query execution and result caching, while regular time only includes reloading the previously cached result. The average \hat{x} and corrected sample standard deviation σ of measured values are reported in the form $\hat{x} \pm \sigma$. The visualized objects are trees, which are represented as points. Listing 3.2 shows the corresponding query.

Number of objects	Number of coordinates	Initial		Regular	
		generation time (in ms)	display time (in ms)	generation time (in ms)	display time (in ms)
1,000,000	1,000,000	1,437 \pm 2	1,647 \pm 79	328 \pm 58	979 \pm 399
1,300,000	2,539,009	2,032 \pm 34	2,242 \pm 76	541 \pm 150	1,099 \pm 199
1,500,000	4,457,410	2,573 \pm 25	2,810 \pm 48	769 \pm 208	1,357 \pm 419
1,700,000	6,315,668	3,127 \pm 27	3,353 \pm 64	1,038 \pm 309	1,629 \pm 236
2,000,000	8,766,993	3,902 \pm 39	4,118 \pm 65	1,303 \pm 202	1,838 \pm 336
2,200,000	10,345,885	4,506 \pm 25	4,719 \pm 70	1,460 \pm 127	2,273 \pm 198
3,000,000	17,435,660	6,618 \pm 23	6,895 \pm 79	2,247 \pm 157	3,118 \pm 496

Table 4: Generation and display time for all kinds of objects. Generation time is the time that is needed to generate the image on the server. Display time is the period starting at the client's request and ending when the response is displayed. The initial time includes query execution and result caching, while regular time only includes reloading the previously cached result. The average \hat{x} and corrected sample standard deviation σ of measured values are reported in the form $\hat{x} \pm \sigma$. The visualized objects are located in Berlin, Germany. They have all kinds of geometries: points, lines and multipolygons. The number of coordinates indicates the number of object-defining coordinates in the query result. Listing 5.1 shows the corresponding query.

- [1] M. Kulawiak, A. Dawidowicz, and M. E. Pacholczyk, "Analysis of server-side and client-side Web-GIS data processing methods on the example of JTS and JSTS using open data from OSM and geoportal", Computers & Geosciences, vol. 129, pp. 26–37, Aug. 2019.
- [2] <http://practicalgeoskills.blogspot.com/2020/04/map-projections-meaning-and-examples.html> [Online; accessed 18-July-2023]