



MARTIN-LUTHER-UNIVERSITÄT  
HALLE-WITTENBERG

Projektbericht zum Modul Informationsvisualisierung  
Sommersemester 2024

# Aufbereitung, Visualisierung und Analyse der Statistiken zu Anfragen und Gewährung von Schengen-Visa

Aamon Hoffmann

Damian Haj-Houssin

Florian Raab

06.01.2024

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b>	<b>3</b>
1.1. Anwendungshintergrund . . . . .	3
1.2. Zielgruppen . . . . .	3
1.3. Überblick und Beiträge . . . . .	4
<b>2. Daten</b>	<b>5</b>
<b>3. Visualisierungen</b>	<b>7</b>
3.1. Analyse der Anwendungsaufgaben . . . . .	7
3.2. Anforderungen an die Visualisierungen . . . . .	7
3.3. Präsentation der Visualisierungen . . . . .	8
3.3.1. Visualisierung 1: Zeitreihe und Balkendiagramm . . . . .	8
3.3.2. Visualisierung 2: Karte und Chernoff-Gesichter . . . . .	10
3.3.3. Visualisierung 3: Force-directed Graph . . . . .	12
3.4. Interaktion . . . . .	13
<b>4. Implementierung</b>	<b>15</b>
<b>5. Anwendungsfälle</b>	<b>18</b>
5.1. Anwendung Visualisierung 1: Zeitreihe und Balkendiagramm . . . . .	18
5.2. Anwendung Visualisierung 2: Karte und Chernoff-Gesichter . . . . .	18
5.3. Anwendung Visualisierung 3: Force-directed Graph . . . . .	19
<b>6. Verwandte Arbeiten</b>	<b>20</b>
<b>7. Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>22</b>
<b>A. Anhang: Git-Historie</b>	

# 1. Einleitung

Diese Arbeit beleuchtet die Antragstellungs- und Bewilligungsrate von Visa in den Schengen-Ländern. Die ausgearbeiteten Visualisierungen sollen dabei helfen, die „Visafreundlichkeit“ einzelner Schengen-Länder und die Beziehungen zwischen Schengen-Land und Drittland zu beurteilen. Außerdem soll die Entwicklung der Visafreundlichkeit über die Jahre eingeschätzt werden können, auch um Vermutungen über den Trend in kommenden Jahren anstellen zu können.

In dieser Arbeit wird das Zielproblem der Antragstellungs- und Bewilligungsrate von Visa in den Schengen-Ländern beschrieben. Die Techniken der Informationsvisualisierung werden genutzt, um folgende Fragestellungen zu beantworten: Wie „visafreundlich“ sind die einzelnen Schengen-Länder? Welche Beziehungen bestehen zwischen den Schengen-Ländern und Drittstaaten? Zudem soll die Entwicklung der Visafreundlichkeit über die Jahre eingeschätzt werden, um Trends für die kommenden Jahre vorherzusagen.

## 1.1. Anwendungshintergrund

Ein Visum für eine Region zu beantragen, kann aus verschiedenen Gründen erfolgen, zum Beispiel für die Arbeit oder zu touristischen Zwecken. Speziell für den Schengenraum werden Visa daher zweckspezifisch in Kategorien eingeteilt. Häufig relevante Kategorien sind Uniform Short Stay Visa für Kurzaufenthalte bis zu 90 Tagen im gesamten Schengenraum, Airport Transit Visa (ATV) für den kurzzeitigen Transit durch den Schengenraum über Flughäfen und Limited Territorial Validity Visa (LTV) für den erlaubten Aufenthalt in nur einer Teilmenge der Schengen-Länder. Zusätzlich können diese Visa auch in Form von Multiple Entry Visa (MEV) ausgestellt werden, sodass der Schengenraum mit gültigem Visum mehrmalig betreten und verlassen werden kann.

Durch die Europäische Kommission werden auf Basis des Visa Code Artikel 46 Annex XII jährlich Daten zu den Mengen beantragter und bewilligter Visa von jedem Schengenland erfasst und veröffentlicht. Diese Daten finden v.a. Anwendung bei der Analyse der Visafreundlichkeit, also der Beurteilung der Chance auf ein Visum, für die Länder im Schengenraum.

## 1.2. Zielgruppen

Unser Projekt richtet sich grundsätzlich an Personen wie Touristen, Besucher und Auslandsarbeitskräfte, welche den Schengenraum betreten und ggf. in diesem verweilen wollen.

Um ihre Chancen auf ein Visum a-priori einschätzen und maximieren zu können, sind Informationen zur Visafreundlichkeit der Schengenländer bzgl. ihrer Herkunftsländer und Konsulate hilfreich. Weiter könnte es auch hilfreich sein zu wissen, wie sich der Trend der Visafreundlichkeit über die Jahre entwickelt, um so einen geeigneten Zeitpunkt der Antragstellung abzuschätzen. Interessant für die Zielgruppe könnte zusätzlich sein, welche Schengenländer die meisten Anträge erhalten haben, da dies Rückschlüsse auf die Beliebtheit des Landes bei anderen Antragstellern

geben könnte. Schließlich wäre möglicherweise von Interesse, inwiefern sich die Visafreundlichkeit bei Beantragung verschiedener Visatypen unterscheidet (bspw. LTV versus Uniform Visa). Letzteres Informationsbedürfnis kann durch unsere Visualisierungen aufgrund der Datenlage allerdings nur sehr eingeschränkt (bloß bzgl. MEV) befriedigt werden.

Thematisch sollte in der Zielgruppe Vorwissen zum Schengenraum und zu Schengen Visa (ATV, LTV, Uniform Visa und MEV) vorhanden sein. Außerdem sollte der Umgang mit einer Karte möglich sein, sowie mindestens das Sentiment von Gesichtern im Zusammenhang mit Visafreundlichkeit interpretiert werden können. Da die Zielgruppe aus Personen verschiedenster Bildungsniveaus besteht, sollten Visualisierungen eher einfach und intuitiv gestaltet werden.

Neben Personen mit Interesse, im Schengenraum zu verweilen, können auch Sozialforscher von unserem Projekt profitieren. Für diese Zielgruppe wäre zum einen der Trend der Visafreundlichkeit über die Jahre interessant. Weiter sind auch Beziehungen zwischen Dritt- und Schengenländern von Interesse, bspw. aus welchen Drittländern (ggf. die meisten) Visa-Anfragen an ein Schengenland gestellt werden.

### **1.3. Überblick und Beiträge**

Den Kern des Projekts bildet eine Statistik zu beantragten und bewilligten Schengen-Visa für die Jahre 2014–2023. Die Statistik gibt für jedes Schengenland, gruppiert nach seinen Konsulaten, an, wie viele Visa-Anträge das Land im jeweiligen Jahr erhalten und bewilligt hat. Diese Informationen sind hauptsächlich für Uniform Visa vorhanden, wobei auch unvollständige Daten für die anderen Visa-Kategorien (ATV, LTV) vorhanden sind.

Zur Darstellung der Daten werden insgesamt vier Visualisierungstechniken verwendet. Zum einen wird eine Visualisierung als Karte mit Chernoff-Gesichtern für die Schengenländer genutzt. Damit erhält der jeweilige Nutzer eine einfache und grobe Bewertung der Schengenländer hinsichtlich verschiedener Kriterien, bspw. der Visafreundlichkeit oder der Beliebtheit. Mittels Klick auf ein Schengenland gelangt der Nutzer zur zweiten Visualisierung, der Zeitreihe. Diese gibt für dieses Schengenland an, wie sich die Anzahlen beantragter und bewilligter Visa über die Jahre verändert haben. Für eine Darstellung dieser Werte pro Schengenland kann der Nutzer über die Navigationsleiste zur dritten Visualisierung, dem Balkendiagramm, wechseln. Über diesen Weg gelangt der Nutzer auch zur letzten Visualisierung, dem Force Graphen. In dieser Visualisierung erhält der Nutzer einen Überblick, welche Schengenländer die meisten Anfragen erhalten haben und aus welchen Drittländern diese kamen.

Schengen State	Country where consulate is located	Consulate	Uniform visas applied for	Total uniform visas issued (including MEV)	Year
Austria	ALBANIA	TIRANA	73	64	2023
Austria	ALGERIA	ALGIERS	1953	1009	2023
Austria	ARGENTINA	BUENOS AIRES	13	13	2023
Austria	AUSTRALIA	CANBERRA	3638	3583	2023
Austria	AZERBAIJAN	BAKU	2676	2610	2023
...	...	...	...	...	...

Tabelle 1: Ausschnitt von ausgewählten Spalten aus dem Datensatz „Schengen Visa Statistics“

## 2. Daten

Für das Projekt liegt der Datensatz „Schengen Visa Statistics“ zugrunde, welcher zwar kostenlos, aber mit Zwang zum Log-in auf Kaggle im CSV-Format verfügbar ist. Der Datensatz enthält über 18.000 Zeilen und ist etwa 2 MB groß. Jeder Eintrag im Datensatz enthält 20 Spalten, welche größtenteils jedoch entweder redundant oder stark unvollständig sind.

Die aussagekräftigsten Spalten (vgl. Tabelle 1) lassen sich wie folgt beschreiben:

- „Schengen State“: Ein Land im Schengenraum.
- „Consulate“: Ein Konsulat (Auslandsvertretung) des Schengen-Landes.
- „Country where consulate is located“: Das Land, in welchem sich das Konsulat befindet.
- „Uniform visas applied for“: Anzahl beantragter Uniform Visa.
- „Total uniform visas issued (including MEV)“: Anzahl bewilligter Uniform Visa.
- „Multiple entry uniform visas (MEVs) issued“: Anzahl bewilligter Uniform Visa, die als MEVs ausgestellt worden sind.
- „Year“: Das Jahr der Erfassung des Dateneintrags.

Im Rahmen unseres Projektes haben wir uns auf die o.g. Spalten beschränkt. Alle vier Spalten mit Werten zu ausschließlich ATVs wurden vernachlässigt, da sie jeweils mindestens 70% fehlende Werte enthalten. Für LTVs waren nur die Mengen bewilligter LTVs gegeben, sodass diese Spalte aufgrund fehlender Informationen zu beantragten LTVs ebenfalls vernachlässigt wurde. Die übrigen Spalten sind redundant, da sie bspw. die Anzahl oder den Anteil nicht bewilligter Visa von allen beantragten Visa enthalten oder sich aus der Summe von Werten anderer Spalten (bspw. von Uniform Visa, ATVs und LTVs) ergeben.

Zur Verarbeitung der Daten war ein erhöhter Aufwand an Datenvorverarbeitung nötig. Der CSV-Datensatz enthält die Zeilen 14638, 16601 und 16602, welche in der „Schengen State“ Spalte Hinweise zu Teilen des Datensatzes und in den anderen Spalten Nullwerte enthalten.

Diese Zeilen wurden manuell entfernt. Nach Einlesen der Daten in Elm mussten schließlich viele Inkonsistenzen in den Namen der Drittländer („Country where consulate is located“) aufgelöst werden, da diese nicht standardisiert vorliegen. Mittels des Elm-Pakets `elm-countries` und einer manuellen Auflistung von Synonymen wurden alle Ländernamen im Datensatz daher nach ISO 3166-1 Alpha-2 standardisiert.

Grundlegende Operationen auf den Daten waren die Gruppierung der Einträge nach Schengenland, sowie das Aufsummieren der angefragten und bewilligten Visa über die verschiedenen Jahre und Konsulate. Je nach Einstellung in den Visualisierungen wurden die Daten nach Jahr oder Konsulat (bzw. Drittland) gefiltert. Zur Berechnung der Chernoff-Gesichter (Mund, Augen) wurden die jeweiligen Werte pro Land durch das Maximum über alle Länder geteilt. Die resultierenden Werte lagen zwischen 0 und 1 und konnten so auf die Merkmale abgebildet werden.

Zur Erstellung der Karte waren zusätzliche Kartendaten zu den einzelnen Ländern notwendig. Diese sind frei zugänglich im GeoJSON Format unter [GeoJSON Maps](#)<sup>1</sup> zu finden. Das Einlesen der Daten wurde mit dem Paket `elm-geojson` realisiert.

Die Kartendaten enthalten Metadaten zu den einzelnen Ländern, insbesondere Namen, (wenn auch unvollständig) den Ländercode nach ISO 3166-1 Alpha-2 und eine mögliche Position für ein Label auf der Karte. Weiter sind geografische Daten zu den Ländern vorhanden.

Im Rahmen einer Vorverarbeitung in Elm wurden die Ländercodes in den Metadaten vervollständigt (analoges Vorgehen wie bei den Schengendaten). Anschließend wurden die Polygondaten aus den geografischen Daten extrahiert. Nach GeoJSON Spezifikation ist es möglich, dass Löcher in den Polygonen spezifiziert werden können. Dies wurde jedoch ignoriert, da dieser Fall fast nie in Anwendung kam.

---

<sup>1</sup>Erstellung durch Auswahl des Presets „All“ und der Auflösung „Low Resolution“.

## 3. Visualisierungen

### 3.1. Analyse der Anwendungsaufgaben

Den Nutzern soll es möglich sein, die Visa-Daten der verschiedenen Schengen-Länder zu analysieren und zu vergleichen. Die Visualisierungen sollen den Nutzer dabei unterstützen, die Daten möglichst intuitiv in einen zeitlichen und geografischen Kontext zu bringen. Wichtig ist dabei, die Datengenauigkeit nicht auf Kosten der Datenqualität einzubüßen: Neben abstrahierenden Darstellungen sind auch konkrete Datenvisualisierungen nötig, um nicht nur die Datenexploration, sondern auch genauere Datenanalyse zu ermöglichen. Werden beide Anforderungen erfüllt, können sowohl Reisende als auch Sozialforscher die Visualisierungen für sich nutzen.

Für den intuitiven Vergleich der Visafreundlichkeit bietet sich die Visualisierung mit einer interaktiven Karte an. Durch einfaches Klicken und ein Dropdown-Filter für Jahr und Konsulat können die Daten auch ohne genauere Kenntnisse gefiltert werden. Chernoff-Gesichter in den Schengen-Ländern liefern eine grobe Übersicht darüber, wie es um die Visafreundlichkeit für die gesetzten Filter steht. Durch die Karte lassen sich die Informationen regional einordnen. Für die zeitliche Vergleichbarkeit der Schengen-Daten eignen sich Zeitreihen, da sich der zeitliche Verlauf einfach durch Graphen darstellen lässt und einfach zu erfassen ist. Differenzen zwischen beantragten und bewilligten Visa sind durch den punktwisen Abstand beider Kurven einschätzbar und zeitliche Trends können gut erkennbar dargestellt werden. Durch eingebrachtes Hintergrundwissen über Ereignisse des aktuellen und kürzlichen internationalen Zeitgeschehens können Zusammenhänge zur Visafreundlichkeit erschlossen werden (bspw. starker Rückgang der Visa während der Corona-Pandemie).

Weiter abstrahiert können grobe Reiseprofile der Länder in einem Force Directed Graph dargestellt werden. Länder, die untereinander mehr bereist werden, sollen auch deutlicher verknüpft visualisiert werden, um eine Art Netzwerk zu bilden. Dadurch können Relationen zwischen den Ländern gemutmaß werden.

Insgesamt sollen intuitive Visualisierungen die Daten kompakt (und dadurch vermutlich weniger messbar) darstellen und durch Interaktion auf die detaillierteren Visualisierungen verweisen. So hoffen wir, den Anwender natürlich von erstmaliger Datenexploration zur genaueren Betrachtung bis hin zur Analyse begleiten zu können.

### 3.2. Anforderungen an die Visualisierungen

Grundlegend sollten die Visualisierungen zugänglich und einfach zu verstehen sein. Die zeitliche Entwicklung der Visafreundlichkeit der einzelnen Schengenländer sollte klar sichtbar und nach beantragendem Konsulat bzw. Konsulatland differenzierbar sein. Außerdem sollte ein Vergleich der Visafreundlichkeit zwischen den Ländern ermöglicht werden. Da es sich bei unseren Daten um Länder handelt, bietet sich eine Kombination mit Geodaten und entsprechender geografischer Verortung der Schengen- und Konsulatländer an. Die Karte soll ebenfalls die Visafreundlichkeit

visualisieren. In jedem Fall müssen Unterschiede in den quantitativen Werten (beantragte und bewilligte Visa) wahrnehmbar werden.

### 3.3. Präsentation der Visualisierungen

#### 3.3.1. Visualisierung 1: Zeitreihe und Balkendiagramm

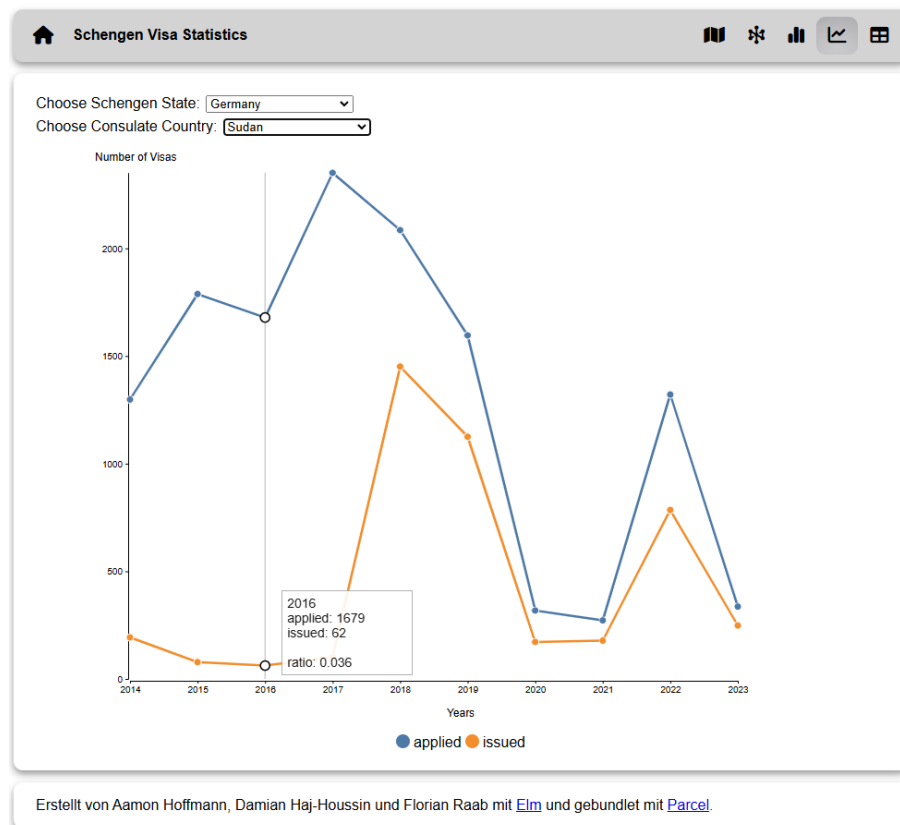


Abbildung 1: Visualisierung mit Zeitreihe

Zeitreihen (vgl. Abb. 1) eignen sich gut zur Darstellung der Entwicklung der Visafreundlichkeit über die Zeit. Durch den Kurvenverlauf werden Anstiege und Abfälle der Visafreundlichkeit über die Jahre deutlich. Da die dargestellten Kurven („total visas issued“ und „total visas applied“) durchgängig in derselben Größenordnung liegen, ist eine besondere Skalierung der Werte nicht nötig. Durch unterschiedliche Färbung der Kurven können Unterschiede visuell abgeschätzt werden. Beim Hovern über die Datenpunkte geben Tooltips Auskunft über die genauen Werte und erlauben eine genauere Einschätzung.



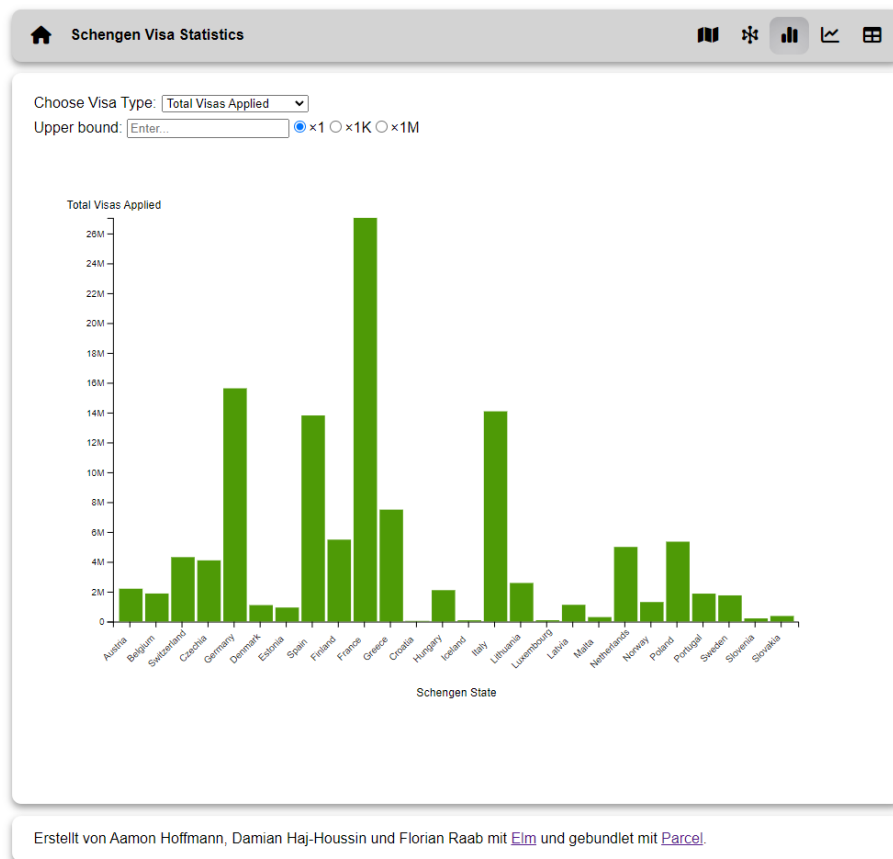


Abbildung 2: Visualisierung mit Balkendiagramm

Während in den Zeitreihen die Unterschiede zwischen „total visas issued“ und „total visas applied“ hervorgehoben werden, macht das Balkendiagramm (vgl. Abb. 2) die Unterschiede einer ausgewählten Visa-Art zwischen den Schengen-Ländern deutlich. Da die Summe der Visa für einige Länder sehr gering ist (bspw. wenige Visa-Anträge für Island oder fehlende Daten für Kroatien), kann das Balkendiagramm mit einer Obergrenze für die Summe der Visa gefiltert werden. So können auch die Unterschiede zwischen weniger bereisten Ländern eingesehen werden.

Alternativ zu Balkendiagrammen und Zeitreihen wäre eine Visualisierung mit Recursive Pattern denkbar gewesen. Die verschiedenen Ebenen könnten dann die Zeit codieren, während die Anzahl gestellter bzw. bewilligter Visa farblich codiert werden könnte. Da wir jedoch nur Daten in zeitlichen Abschnitten von einem Jahr vorliegen haben und diese nicht feiner granuliert sind (in Monate oder gar Tage), erscheint uns die Verwendung von Recursive Pattern schließlich als wenig zweckdienlich.

### 3.3.2. Visualisierung 2: Karte und Chernoff-Gesichter

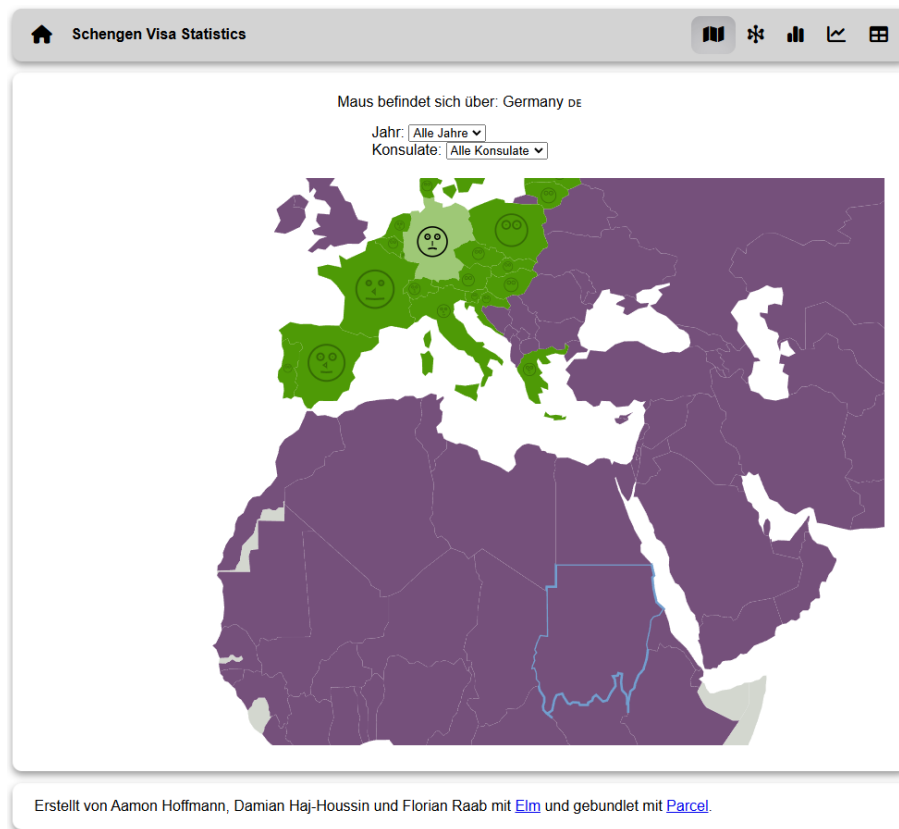


Abbildung 3: Visualisierung mit Karte und Chernoff-Gesichtern

Als zweite Visualisierung wurde eine Karte (vgl. Abb. 3) gewählt, auf welcher für jedes Schengenland ein Chernoff-Gesicht zu sehen ist. Jedes Chernoff-Gesicht kodiert in den Gesichtsmerkmalen (Augen, Nase, Mund) insgesamt vier Datenwerte.

Der Mund kodiert durch den Mundwinkel zum einen die Bewilligungsrate der angefragten Visa. Bei hoher Bewilligungsrate wird der Mundwinkel tief angesetzt, wodurch das Gesicht beim Betrachter glücklich wirkt und somit positiv assoziiert wird. Analog wird eine niedrige Bewilligungsrate durch hohen Mundwinkel negativ assoziiert. Zusätzlich wird in der Breite des Mundes die Beliebtheit des Landes bei Visa-Bewerbern anhand der Menge an Visa-Anfragen kodiert. Ein breiterer Mund ist dabei repräsentativ für größere Beliebtheit.

Die Nase kodiert durch die Ausrichtung den Anteil an Single bzw. Multiple Entry Visa (MEV) bzgl. der bewilligten Uniform Visa. Zeigt die Nase nach links, so werden mehr Single Entry Visa ausgestellt. Analog werden mehr Multiple Entry Visa bewilligt, wenn die Nase nach rechts zeigt.

Die Augen kodieren die Verlässlichkeit der Bewilligungsrate des Schengenlandes anhand der Standardabweichung. Bei kleiner Augengröße variiert die Bewilligungsrate zwischen verschiedenen Konsulaten und Jahren stark, sodass die Verlässlichkeit eher gering ist. Analog ist die Verlässlichkeit groß, wenn die Augen groß sind.

Durch Positionierung der Gesichter in den Polygonen der Schengenländer ist der räumliche Bezug des jeweiligen Gesichts intuitiv sehr einfach. Da der Name des fokussierten Landes durch Bewegung der Maus über die Karte angezeigt wird, können Personen auch ohne große geographische Kenntnisse diese Zuordnung von Gesicht zu Schengenland machen.

Durch die unterschiedliche Färbung von Schengenländern (grün), Drittländern (violett) und Ländern ohne Assoziation durch die Daten (hellgrau) kann ein Betrachter die Länder von ihrer Bedeutung voneinander abgrenzen. Die hellgraue Färbung rückt die Länder ohne zugehörige Daten in den Hintergrund. Durch die helle und grüne Färbung der Schengenländer, sowie den initialen Zoom-Fokus, landen diese automatisch im Auge des Betrachters.

Das stärkste Argument für die Visualisierung mit Karte ist die räumliche Zuordnung von Merkmalen in den Daten zu den einzelnen Schengenländern. Alternativ zu den Chernoff-Gesichtern wären aber auch Sternkoordinaten denkbar gewesen. Statt eines Gesichts wäre dann für jedes Schengenland ein StarPlot erstellt worden, bei welchem die vier Gesichtsmerkmale auf den Achsen abgebildet worden wären. Im Gegensatz zu den Chernoff-Gesichtern könnte anhand der Achsenbeschriftungen direkt abgelesen werden, wie jedes Datenmerkmal zu interpretieren ist. Jedoch spricht insbesondere das vom Chernoff-Gesicht abzulesende Sentiment (glücklich/nicht glücklich anhand des Mundwinkels) für die Visualisierung mit Gesichtern, da dies intuitiv direkt in Verbindung mit der Visafreundlichkeit gebracht werden kann. Zudem ist es für Betrachter einfacher, Merkmale in Gesichtern statt in Diagrammen miteinander zu vergleichen. Schließlich erfüllen die Gesichter im Hinblick auf die Zielgruppen auch eher das geforderte Kriterium, dass Visualisierungen einfach und intuitiv gestaltet werden sollten.

### 3.3.3. Visualisierung 3: Force-directed Graph

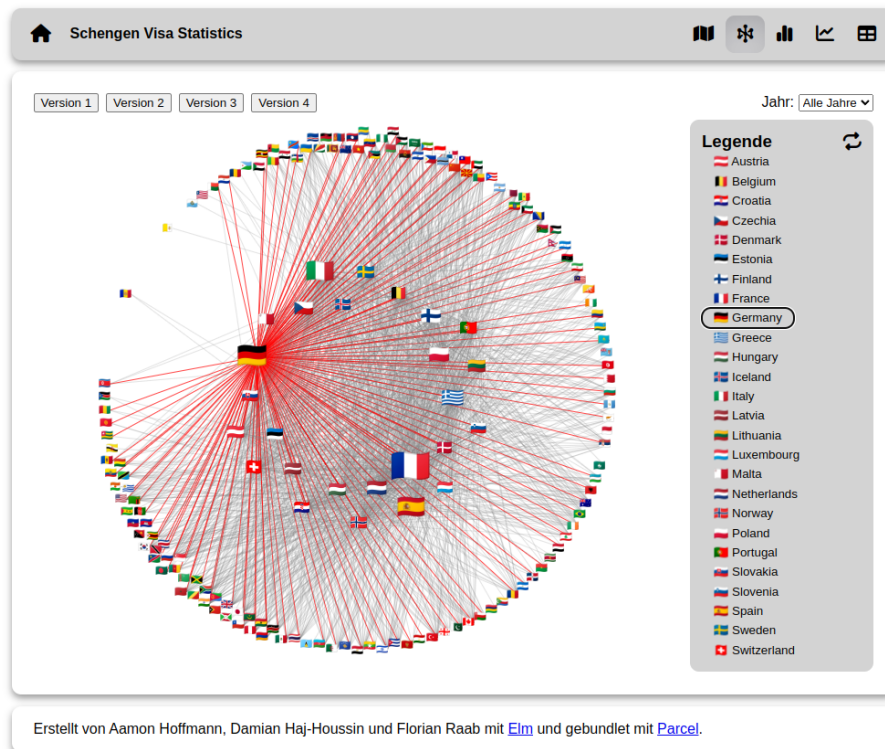


Abbildung 4: Visualisierung mit Force

Als dritte Visualisierung wurde ein Force-directed Graph (vgl. Abb. 4) gewählt. Im Speziellen wird hier ein Graph konstruiert, der als Knoten die verschiedenen in den Daten vorkommenden Länder enthält. Die Kanten beschreiben, welche Länder Anträge an das verbundene Schengen-Land gestellt haben. Hierbei ist noch nichts über die Art der Beziehung bekannt. Die Größe der Knoten bezieht sich auf die Anzahl der eingegangenen Visa-Anträge, wodurch die „Beliebtheit“ eines speziellen Schengen-Landes sofort ins Auge springt. Weiterhin gibt es eine Legende, die die verschiedenen Schengen-Länder auflistet. Durch einen Klick auf ein Schengen-Land in der Liste werden alle Verbindungen, die das Land hat, hervorgehoben. Durch diesen farblichen Reiz ist es einfacher, die Länder zu finden, die mit einem Schengen-Land zusammenhängen. Die Knoten des Graphen werden mit den jeweiligen Flaggen des entsprechenden Landes dargestellt (funktioniert nicht bei Chromium-basierten Browsern unter Windows). Dadurch wird eine ansprechende Darstellung erreicht, bei der bekannte Flaggen schnell wiedererkannt werden können und somit eine Verknüpfung zur geografischen Lage hergestellt werden kann. Für alle Flaggen, die nicht bekannt sind, steht ein Tooltip zur Verfügung, der erscheint, wenn über einem Knoten gehovert wird, der den Namen des Landes preisgibt. Die Beziehungen zwischen den Ländern werden anhand der simulierten Kräfte dargestellt, wodurch sich die finale Konfiguration des Graphen ergibt. Um verschiedene Aspekte und Muster zu zeigen, gibt es vier verschiedene Konfigurationen, die

durch einen Klick auf den entsprechenden Button ausgewählt werden können. Die verschiedenen Konfigurationen sind im Folgenden kurz erläutert.

#### **Konfiguration 1**

In Konfiguration 1 werden die Knoten hauptsächlich durch eine Radialkraft manipuliert, die Schengen-Länder auf einen Kreis mit einem kleineren und Nicht-Schengen-Länder auf einen Kreis mit einem größeren Radius zwingt. Um die Darstellung zu verbessern, ist außerdem eine Kollisionskraft an jedem Knoten vorhanden, sodass Knoten sich nicht überlappen.

#### **Konfiguration 2**

Konfiguration 2 belegt alle Knoten mit einer gleich starken abstoßenden Kraft. In dieser Konfiguration werden dadurch die Knoten mit vielen Verbindungen in die Mitte gedrängt, und solche mit weniger Verbindungen werden an den Rand gedrängt.

#### **Konfiguration 3**

Eine Kraft von Konfiguration 3 ist eine Kollisionskraft, die so gesetzt wird, dass Schengen-Länder einen größeren Radius als Drittländer haben. Die zweite wichtige Kraft ist eine abstoßende Kraft auf den Knoten, die mit der „Visaunfreundlichkeit“ des Staates skaliert wird. Diese Variante ist ähnlich der Konfiguration 2, mit dem entscheidenden Unterschied, dass die meisten Schengen-Staaten außerhalb der Gruppe liegen, wodurch ein interessantes Muster entsteht. Man kann mit hervorgehobenen Kanten gut nachvollziehen, welche Drittländer mit dem entsprechenden Schengen-Land zusammenhängen.

#### **Konfiguration 4**

Konfiguration 4 ist die „wildeste“ der Visualisierungen. Hier kommt eine Kraft zum Einsatz, welche die Länge der Kanten zwischen zwei Knoten basierend darauf skaliert, wie häufig Visa-Anfragen angenommen werden. Dadurch entsteht eine Visualisierung, bei der relativ einfach erkannt werden kann, welche Länder nur zu genau einem Visa-Land Kontakt hatten.

Alle Konfigurationen haben zusätzlich noch eine Kraft, welche den Schwerpunkt des Graphen in die Mitte der Fläche bewegt, um eine angenehmere Darstellung zu erreichen.

### **3.4. Interaktion**

In der Kartenvisualisierung können die Nutzer zoomen und sich in der Karte bewegen. Durch einen Klick auf ein Konsulatsland (violett) ändern sich die Chernoff-Gesichter in den Schengen-Ländern auf die neuen Werte. Mittels Klick auf ein Schengen-Land (grün) öffnet sich das Zeitreihendiagramm des angeklickten Schengen-Landes. Dabei ist das Schengen-Land, welches angeklickt wurde, bereits ausgewählt, genau wie das Konsulatsland, welches auf der Karte ausgewählt war. Falls kein Konsulatsland ausgewählt war, oder es für das ausgewählte Konsulatsland

in Kombination mit dem gewählten Schengen-Land keine Daten gibt, wird das Diagramm für alle Konsulatsländer angezeigt. Weiterhin können die Daten nach den Jahren gefiltert werden und wenn ein Konsulatsland ausgewählt ist, auch nach einem Konsulat dieses Landes. Für Nutzer ist der Zoom und die Kartenverschiebung essenziell, da sonst die Gesichter in den Schengen-Ländern nicht erkennbar sind. Weiter ist die Verlinkung zur Zeitreihenvisualisierung sinnvoll, da so nach Inspektion der Chernoff-Gesichter ein tieferer Einblick in die zeitliche Entwicklung der Visafreundlichkeit gewonnen werden kann.

Eine weitere Möglichkeit wäre es gewesen, ein Overlay beim Klicken auf ein Schengen-Land zu öffnen und dort relevante Informationen anzuzeigen. Diese Interaktion wurde allerdings nicht umgesetzt, weil dann der Überblick über die Gesamtheit verloren geht.

Bei der Visualisierung mittels Force-directed Graph kann durch Klicken auf einen Eintrag in der Legende ein Schengen-Land ausgewählt werden, für das alle verbundenen Kanten hervorgehoben werden sollten. Die Auswahl kann mit einem Button, der daraufhin erscheint, rückgängig gemacht werden. Das Hervorheben der verbundenen Kanten macht es möglich, die verbundenen Drittländer zu erkennen. Außerdem können über die entsprechenden Buttons verschiedene vordefinierte Kraftkompositionen gewählt werden, wodurch der Graph neu simuliert wird. Die verschiedenen Varianten ermöglichen es, die Daten auf unterschiedliche Weisen zu begutachten. Weiterhin kann auch hier mittels eines Select-Felds die Datenlage nach Jahren gefiltert werden, was wiederum eine Neusimulation des Graphen auslöst.

Eine verworfene Interaktionsmöglichkeit ist die Manipulation des Graphen in Echtzeit, da dort schwerwiegende Performanzprobleme festgestellt wurden. Weiterhin wurde die Idee verworfen, den Nutzer die Kräfte eigenständig einstellen zu lassen. Diese Entscheidung wurde unter anderem ebenfalls wegen der Performanzprobleme getroffen. Andererseits ließen sich so nur recht einfache Kräfte nutzen, die eventuell wenig Aufschluss liefern. Ein weiterer Punkt ist, dass es deutlich mehr schlechte Konfigurationen als gute gibt, wodurch die Nutzererfahrung drastisch gesunken wäre.

Im Balkendiagramm kann durch ein Dropdown-Menü ausgewählt werden, ob die genehmigten oder die angefragten Visa betrachtet werden sollen. Weiterhin kann eine obere Schranke festgelegt werden, die dabei hilft, wenn genauer auf kleine Werte geschaut werden möchte. Bei Änderung wird das neue Diagramm angezeigt.

Das Zeitreihendiagramm erlaubt es, einen Schengen-Staat auszuwählen, sowie ein Konsulatsland oder alle Konsulatsländer. Das Diagramm wird dann entsprechend der Auswahl aktualisiert. Diese Interaktion ist sinnvoll, da so eine vom Nutzer gewählte Granularität der Daten betrachtet werden kann. Außerdem können durch Hovern über die Datenpunkte Tooltips angezeigt werden, welche die genauen Werte an diesem Punkt enthalten.

## 4. Implementierung

Die Gliederung unserer Elm-Anwendung (vgl. Abb. 5) ist inspiriert von elm-spa-example.

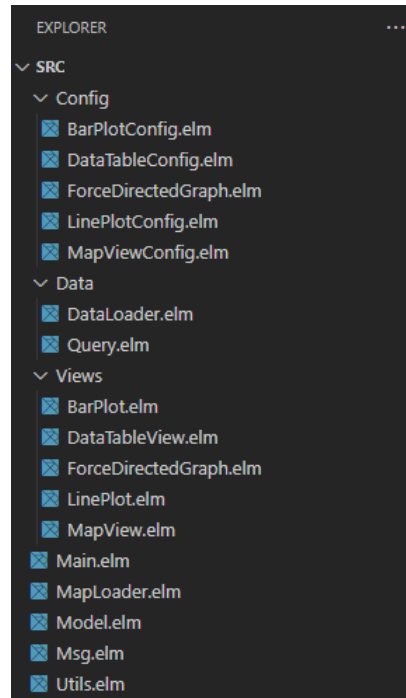


Abbildung 5: Dateibaum der Quelldateien (Elm-Module)

Für jede View wurde ein Modul erstellt, welches jeweils die zugehörigen `init`, `view`, `update` und `subscription` Methoden implementiert. Weiter wird für jede View ein eigener lokaler `Msg`- und `Model`-Typ definiert. Diese Typdefinitionen werden in einem der View zugehörigen Config-Modul beschrieben. Zudem gibt es ein Hauptmodul `Main.elm`, in welchem in den `update`, `view` und `subscriptions` Methoden die zugehörigen Methoden der View-Module aufgerufen werden.

In den Modulen `Msg.elm` (vgl. Listing 1) und `Model.elm` (vgl. Listing 2) werden die globalen `Msg`- und `Model`-Datentypen definiert. In `Model` wird zum einen der globale Zustand (`Global`) verwaltet, welcher insbesondere auch den eigentlichen Schengen Visa Datensatz (`data`), sowie die jeweils aktive View (`view`) enthält. Weiter werden die Zustände aller Views (`Local`) gespeichert. Der `Msg`-Typ vereint View-unabhängige `Msg` (`ViewChange`, `DataReceived`) mit Variants für die `Msg` der einzelnen Views (prefixed mit „Got“, bspw. `GotMap`, `GotDataTable` ...).

Im Modul `DataLoader.elm` wird das Einlesen des Schengen-Visa-Datensatzes implementiert. Der eigentliche Aufruf geschieht in der `update`-Methode im Hauptmodul (mit `Msg DataReceived`), nachdem in der `init`-Methode der Datensatz über GET-Anfrage abgefragt wurde. Zugehörig zu diesem Modul gibt es noch das Modul `Query.elm`, in welchem Anfragen auf dem Datensatz (bspw. Summierung, Gruppierung, Maximum über Attribute) definiert werden. Da die korrekte Initialisierung des Force-Directed Graph erst bei Vorhandensein des Datensatzes erfolgen kann, definiert dieses Modul eine `postInit` Methode. Diese wird nach Einlesen der Daten aufgerufen.

Im Modul `MapLoader.elm` wird das Einlesen der Kartendaten implementiert. Die Anfrage der Kartendaten geschieht, nachdem der Schengen-Visa-Datensatz fertig geladen wurde. Die Methode zum Einlesen wird in der `update`-Methode im `MapView.elm` Modul aufgerufen.

Schließlich werden im Modul `Utils.elm` noch einige wiederverwendbare Methoden deklariert.

Die Zustände der Interaktionen werden in dem lokalen Model der Views gespeichert.

Für den BarPlot wird der ausgewählte Visumstyp gespeichert. Es kann zwischen „visas applied“ und „visas issued“ unterschieden werden. Außerdem wird ein Wert für die Obergrenze angezeigter Visa und der ausgewählte Multiplikator gespeichert. Alle drei Zustände dienen der Datenfilterung. Im LinePlot werden lediglich Annotationen lokal gespeichert. Wir folgen dabei den Beispielen des verwendeten Packages.

Für die Kartenvisualisierung wird insbesondere das ausgewählte Konsulat und Jahr zur Filterung der Schengen-Visa-Daten für die Berechnung der Chernoff-Gesichter verwendet. Außerdem wird der Zoom-Zustand gespeichert.

Beim Force Directed Graph wird der Graph selbst gespeichert. Außerdem wird für die Simulation der Kräfte der interne Zustand der Simulation gespeichert. Um die Ladeanimation zu ermöglichen, gibt es zusätzlich noch ein Attribut, welches erkennen lässt, ob die Simulation momentan durchgeführt wird. Für das Hervorheben der Kanten, wenn ein Schengenland ausgewählt wird, gibt es ein weiteres Attribut, das das aktuell hervorgehobene Land beinhaltet. Um eine Filterung über die Jahre vorzunehmen, gibt es ein Attribut für das ausgewählte Jahr. Damit man zwischen mehreren kuratierten Kräftezusammenstellungen wechseln kann, gibt es noch eine interne Variable, die die aktuell ausgewählte Variante beschreibt.

Im globalen Model werden schließlich auch noch Zustände für die Interaktion zwischen Visualisierungen gespeichert. Dazu zählen das ausgewählte Schengen- und Konsulatsland, welche bspw. durch einen Klick auf die Karte oder Auswahl im LinePlot gesetzt werden. Diese werden zur Filterung der Schengen-Visa-Daten in diesen Views verwendet.

Zur Erstellung der Zeitreihe, des Balkendiagramms und der Visualisierung mit Force konnte z. T. Code aus den Übungen wiederverwendet werden.

Ein erheblicher Arbeitsaufwand war bei der Erstellung der Karte mit Chernoff-Gesichtern notwendig. Zum einen mussten geeignete Kartendaten gefunden werden, welche sich anhand der Länder-Metadaten mit den Schengen-Visa-Daten mergen lassen. Aufgrund der Inkonsistenzen bei Länderbezeichnungen war das nicht einfach, da wir initial einen anderen Datensatz ausschließlich mit Ländernamen (nicht ISO-genormt) in den Metadaten hatten. Zur Positionierung der Chernoff-Gesichter auf der Karte hatten wir mit den ursprünglichen Daten zuerst überlegt, den Mittelpunkt der Schengenländer-Polygone zu verwenden. Dies funktionierte nicht gut, da der Mittelpunkt bspw. im Fall von Norwegen sogar außerhalb des Landes liegt. Glücklicherweise waren die Metadaten der neuen Kartendaten detailliert genug, um diese Probleme zu lösen.

Weiterhin war die Visualisierung des Force Directed Graph vielen Iterationsschritten unterlegen. Die ursprüngliche Idee war es, eine Visualisierung ähnlich dem Force-Directed Graph von



```

type Msg
  = ViewChange View
  | DataReceived (Result Http.Error String)
  | GotMap Map.Msg
  | GotDataTable DataTable.Msg
  | GotForceDirectedGraph ForceDirectedGraph.Msg
  | GotBarPlot BarPlot.Msg
  | GotLinePlot LinePlot.Msg

```

Listing 1: Typdefinition des globalen Msg Typen

```

type alias Global =
  { view : View
  , progress : Progress
  , data : List Entry
  , selectedCountry : Maybe String
  , selectedConsulateCountry : Maybe String
  }

type alias Local =
  { map : MapConfig.Model
  , dataTable : DataTableConfig.Model
  , forcedirectedgraph : ForceDirectedGraphConfig.Model
  , barplot : BarPlotConfig.Model
  , lineplot : LinePlotConfig.Model
  }

type alias Model =
  ( Global, Local )

```

Listing 2: Typdefinition des globalen Model Typen

der Elm-Visualization Beispiel-Seite zu erstellen. Diese Ideen wurden aber nach Implementierung wieder verworfen, da der Graph so viele Dom-Elemente erzeugt, dass das Rendering der SVG etwa eine Sekunde dauert. Da mitunter viele Simulationsschritte durchlaufen werden und das Rendering bei jedem Simulationsschritt erforderlich ist, führte diese Tatsache zu einer äußerst unangenehmen Nutzererfahrung.

## 5. Anwendungsfälle

### 5.1. Anwendung Visualisierung 1: Zeitreihe und Balkendiagramm

Für ausgewählte Schengenländer lässt sich anhand der Distanz zwischen beiden Graphen einschätzen, wie Visa-freundlich ein Schengenland ist. Mit dem Filter nach Konsulatsland lassen sich beispielsweise auch Konsulatsländer erkennen, für die ein Visumantrag eine geringe Aussicht auf Erfolg hat. Beispielsweise kann man in Abbildung 1 erkennen, dass bis 2017 ein Visum aus dem Sudan für Deutschland geringe Erfolgchancen hatte.

Alternativ könnten diese Unterschiede auch mit Recursive Pattern realisiert werden. Statt räumlicher Differenz würden verschiedene Farben oder Helligkeitswerte die Unterschiede der Werte codieren. Die Visualisierung mit Zeitreihen ist jedoch geeigneter, da sich der räumliche Abstand zwischen zwei Datenpunkten und entlang der Kurven besser einschätzen lässt als die Farb- oder Helligkeitsunterschiede in Recursive Pattern Plots. Gerade für kleinere Differenzen ist die Zeitreihe visuell leichter zu erfassen.

Für potenzielle Antragssteller kann die Visualisierung interessant sein, da sich mit ihr ein zeitlicher Trend der Visafreundlichkeit erkennen lässt. Anhand der Krümmung des Graphen ließe sich ein Zukunftstrend abschätzen (jedoch nicht vorhersagen). Diesen Trend könnten Antragssteller nutzen, um zu entscheiden, wann sie den Antrag stellen. Für Sozialforscher könnte die Visualisierung zur explorativen Datenanalyse genutzt werden. Mit den Skalen und genauen Werten im Tooltip können differenziertere Aussagen getroffen werden. So ist bspw. über alle Schengen-Länder hinweg ein deutlicher Abwärtstrend der gestellten und bewilligten Visa in den Jahren 2020 und 2021 zu erkennen. Die Täler können mit den weltweiten Reisebeschränkungen, ausgelöst durch die Corona-Pandemie, erklärt werden.

### 5.2. Anwendung Visualisierung 2: Karte und Chernoff-Gesichter

Die Abbildung 3 zeigt die Visualisierung mit Karte, nachdem der Nutzer bspw. sein Herkunftsland, im Beispiel Sudan, ausgewählt hat (hellblau umrahmt). Die Chernoff-Gesichter in den Schengenländern haben nun zum einen verschiedene Sentimente, insbesondere bei Deutschland wirkt der Mundwinkel eher traurig. Damit scheint die Visafreundlichkeit von Deutschland im Vergleich mit bspw. Frankreich oder Spanien geringer zu sein. Dies steht im direkten Zusammenhang mit der Chance auf ein Visum, die der Nutzer zu erwarten hätte. Zudem erkennt der Nutzer an der Mundbreite, dass Deutschland vom Kriterium der Beliebtheit schlechter abschneidet als bspw. Frankreich. Die Entscheidung zwischen Frankreich und Spanien könnte dann an der Verlässlichkeit festgemacht werden. Da das Gesicht für Spanien größere Augen aufweist, wäre der Antrag auf ein Schengen-Visum bei einem Konsulat von Spanien ggf. die bessere Wahl.

Auf dieselben Schlüsse hätte der Nutzer auch mit einer Visualisierung durch Sternkoordinaten kommen können. In diesem Fall wäre der Datenwert für bspw. den Mundwinkel, die Mundbreite oder die Augengröße auf einer Achse abgebildet worden und der Nutzer hätte den jeweils auf der Achse abgetragenen Wert zwischen den Schengenländern vergleichen können. Da der Vergleich

von Größe und Sentimenten weitaus schneller und die Gesichter dem Betrachter natürlich und vertraut vorkommen, wäre der Aufwand zum Vergleichen bei der alternativen Visualisierung für den Nutzer um einiges höher. Zudem müssten die StarPlots entweder in den Schengenländern an die Position der Gesichter oder außerhalb der Karte gezeichnet werden. Im ersteren Fall wäre der Vergleich zwischen den Ländern durch aufgrund der Ländergrößen notwendigerweise unterschiedlich große Plots sehr erschwert. In letzterem Fall würde der räumliche Bezug verloren gehen. Letztlich wäre es als Alternative möglich, den StarPlot zu einem Schengenland als Overlay einzublenden, wenn der Nutzer auf das Schengenland klickt. Die Weiterleitung auf den zugehörigen LinePlot hätte dann über einen Button im Overlay realisiert werden können. Bei dieser Visualisierungstechnik geht allerdings der Überblick über „das große Ganze“ etwas verloren, da jeweils nur ein StarPlot gleichzeitig sichtbar wäre. Das würde den Vergleich zwischen den Schengenländern erschweren.

### **5.3. Anwendung Visualisierung 3: Force-directed Graph**

Anhand der Größe der Knoten kann man beim Force Directed Graph erkennen, dass Frankreich das beliebteste Schengen-Land ist, gefolgt von Deutschland und Spanien. Ein Nutzer könnte somit Aussagen über die Beliebtheit von Schengen-Ländern treffen. Weiterhin können je nach Konfiguration der Kräfte zusätzlich andere Aspekte betrachtet werden. Konfiguration 2 könnte unter anderem für Sozialforscher nützlich sein, die erforschen, wie divers die Reisegewohnheiten verschiedener Länder sind. Dahingegen könnte Konfiguration 4 dafür genutzt werden, Länder zu erkennen, die nur ein Schengen-Land ansteuern oder Länder zu identifizieren, welche besonders Visa-freundlich sind. Hier könnte eine Anwendung in einer Betrachtung liegen, welche Schengenländer beliebte Reiseziele sind. Zusätzlich kann erkannt werden, aus welchen Ländern in ein bestimmtes Schengenland gereist wird. Die Beliebtheit eines Schengen-Landes kann auch mittels eines Barplots betrachtet werden. Dadurch verliert man allerdings die Information, welche Länder zur Beliebtheit des Schengen-Landes beitragen. Für eine einfachere Darstellung für nur diesen Aspekt wäre aber vermutlich ein Barplot besser geeignet. Um die Diversität der Reisegewohnheiten eines Landes festzustellen, könnte alternativ eine Treemap genutzt werden, bei der die Größe der Knoten Aufschluss über die Anzahl der verschiedenen Schengen-Länder gibt. Auch hierbei geht die Information verloren, welche Länder zu dieser Statistik beitragen. Für die Visa-freundlichkeit ist die Kartendarstellung aus diesem Projekt womöglich besser geeignet, da bei ihr differenzierter in verschiedene Aspekte der Visa-freundlichkeit eingegangen wird. Dies ist in der Force-directed Graph-Variante nicht so intuitiv möglich. Zusätzlich können die oben genannten Muster über verschiedene Jahre verglichen werden, was ebenfalls sinnvoll für Sozialforscher sein könnte, die etwa die Veränderung der Reisegewohnheiten eines Landes erforschen.

## 6. Verwandte Arbeiten

Eine zu unserer Arbeit themenverwandte Veröffentlichung ist der *Report on the technical functioning of the Visa information System (VIS) – August 2022*, in welchem Statistiken zur Nutzung des Schengen-überschreitenden Informationssystems zu Visa (VIS) ausgewertet werden.

Ein Thema dieser Veröffentlichung ist die Auswirkung der Reisebeschränkungen im Rahmen der Corona-Maßnahmen auf die Mengen bewilligter Visa. Zur Visualisierung wird eine Art Zeitreihendiagramm 6 verwendet, in welchem der Hintergrund, im Gegensatz zu unserer dargestellten Zeitreihe, unter den Linien farbig gefüllt ist. Dies erweckt beim Betrachter die Assoziation der Kurven zu Bergen, sodass der erhebliche Rückgang der bewilligten Visa um etwa April 2020 umso bedeutender wirkt (Tal). Im Gegensatz zu unserer Visualisierung ist die zeitliche Einteilung feiner in Monate, statt in Jahre eingeteilt. Dennoch ist der Rückgang der bewilligten Visa während der Coronazeit auch in unserer Visualisierung deutlich zu sehen (vgl. Kap. 5.1). Im Artikel werden im Gegensatz zu unserem Projekt nur die Jahre 2019–2021 in den Fokus gerückt. Außerdem werden Werte nur über alle Schengenländer aggregiert dargestellt.

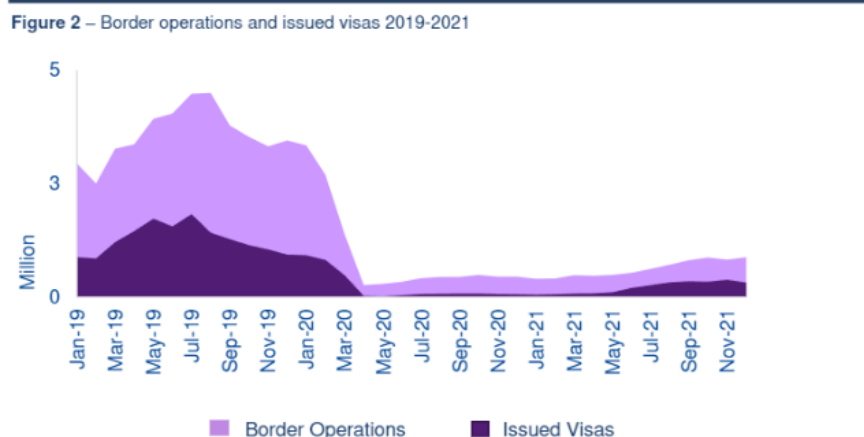


Abbildung 6: Zeitreihe mit Hintergrundfärbung zu bewilligten Visa und Grenzoperationen [1]

Als weitere Visualisierungstechnik wird ein Tortendiagramm verwendet (vgl. Abb. 7). In diesem werden die Anteile an Visa-Anfragen für die Schengenländer mit den meisten Anfragen gezeigt. In unseren Visualisierungstechniken wären die Verhältnisse der Anteile bspw. mit der Force Visualisierung zu erkennen, da die Labels für die Schengenländer relativ zu den anderen Labels je nach Anteil entsprechend größer oder kleiner sind. Der Fakt, dass Frankreich die meisten Visa-Anfragen erhalten hat, ist auch bei uns zu sehen (vgl. Abb. 4), da das zugehörige Label am größten ist. Im Unterschied zu unserer Visualisierung wird der Fokus nur auf die Länder mit den meisten Visa-Anfragen gesetzt. Zudem zeigt unsere Visualisierung ganzheitlich auf, aus welchen Drittländern ein Schengenland Visa-Anfragen erhalten hat.

Figure 5 – Main VIS users for 'visa applications' during the reporting period

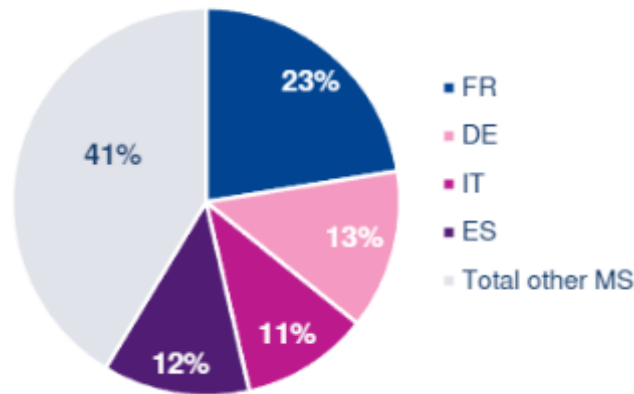


Abbildung 7: Tortendiagramm zur Nutzung des VIS bzgl. Anfragen zu Visa [1]

Eine andere ähnliche Arbeit ist eine Masterarbeit von Amita Tandon mit dem Thema „Analysis of Immigration Trends in the U.S. to Discover Patterns and Make Better Policy Decisions“, in welchen Trends in der Migration bzgl. den USA untersucht werden.

In einem kurzen Abschnitt wird analysiert, in welchen Drittländern die meisten Visa-Anfragen an die USA gestellt wurden. Dazu wird eine Visualisierung mit Karte (vgl. Abb. 8) verwendet. In jedem Drittland wird ein Punktmarker gesetzt und mit der Anzahl an Visa-Anfragen annotiert. Die Positionierung ist ähnlich zu unserer Kartenvisualisierung, wobei wir Chernoff-Gesichter zur Darstellung mehrerer Datenwerte verwenden. Außerdem nehmen wir die Schengenländer (also die Visa ausstellenden Länder) in den Fokus, während in der Arbeit die Drittländer fokussiert werden. Daher ist in der Arbeit auch leicht zu sehen, dass in Indien die meisten Visa bzgl. den USA beantragt wurden. Schließlich unterscheidet sich die Visualisierung von unserer noch darin, dass die Länder auf der Karte nicht gefärbt wurden.

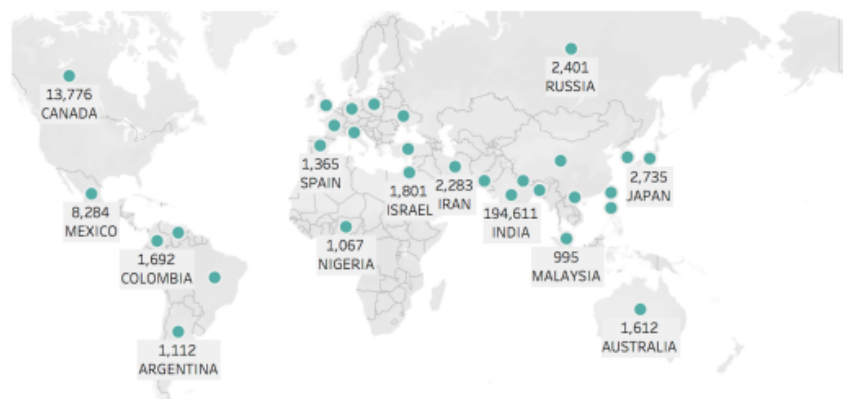


Abbildung 8: Visualisierung mit Karte über Mengen von Visa-Anträgen pro Drittland [2]

## 7. Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Projekt wurde sich ausführlich mit der Visualisierung von Schengen-Visa-Statistiken befasst. Ausgehend von einem Datensatz zu Schengen Visa für die Jahre 2014–2023 haben wir nach Analyse der Zielgruppen und deren Informationsbedürfnisse vier Visualisierungstechniken verwendet: Zeitreihe und Balkendiagramm, Karte mit Chernoff-Gesichtern und Force Directed Graph.

Einen echten Mehrwert bieten unsere Visualisierungen primär für Personen, die aus dem EU-Ausland in den Schengenraum z.B. für Arbeit/Tourismus oder Ähnliches einreisen wollen. Diese Personen können sich primär mit der Karte einen ersten Überblick verschaffen, bei welchen Schengenländern ihre Chancen auf ein Visa a-priori gut sind. Zudem können sie mittels der Zeitreihe für die Planung spekulieren, ob ihre Chancen in den nächsten Jahren möglicherweise besser oder schlechter sind.

Weiter liefern unsere Visualisierungen auch für Sozialforscher einen Mehrwert, bspw. um abrupte Änderungen in der Visafreundlichkeit von Ländern zu erkennen und diese mit politischen Gründen (in unserem Falle die Reisebeschränkungen während Corona) ergründen zu können.

Mögliche Erweiterungen bestehen aus der Beschaffung von Datensätzen mit genaueren und vollständigeren Informationen zu ATV und LTV, um in Visualisierungen zwischen den verschiedenen Visatypen unterscheiden zu können. Auf Ebene der Visualisierung wäre bspw. für die Karte die Umsetzung des Overlays bei Klick auf ein Schengenland denkbar. In dieses Overlay könnte dann die Zeitreihe direkt eingebettet werden, sodass die momentan noch bestehende Umleitung überholt werden würde. Analog könnte so auch das Balkendiagramm eingebettet werden. Als weitere Visualisierung wäre das Tortendiagramm aus den wissenschaftlichen Arbeiten in Kap. 6 für die Zielgruppe der Sozialforscher interessant.

## Literatur

- [1] Security European Union Agency for the Operational Management of Large-Scale IT Systems in the Area of Freedom und Justice. *Report on the technical functioning of the Visa information System (VIS) – August 2022*. European Union Agency for the Operational Management of Large-Scale IT Systems in the Area of Freedom, Security und Justice, 2022. DOI: doi/10.2857/840869.
- [2] Amita Tandon. „Analysis of Immigration Trends in the U.S. to Discover Patterns and Make Better Policy Decisions“. Magisterarb. Electronic Theses, Projects, und Dissertations, 2021.

## A. Anhang: Git-Historie

---

```
* ce643f5 (HEAD -> master, origin/master, origin/HEAD) (small node size changes, 2025-01-06)
* b008007 (LinePlot: add ratio of applied and issued to tooltip, 2025-01-06)
* 1b52e59 (LinePlot: add axis labels, 2025-01-05)
* 7e43cdb (Merge branch 'master' of
↳ https://gitlab.informatik.uni-halle.de/informationsvisualisierung-2024/infovis-projekt, 2025-01-05)
| \
| * 923fcff (Small text change, 2025-01-05)
| * 3043c0a (Merge branch 'master' of
↳ https://gitlab.informatik.uni-halle.de/informationsvisualisierung-2024/infovis-projekt, 2025-01-05)
| \
| * | 1ef4b61 (Added tooltips to navbar icons. Small code refactor., 2025-01-05)
* | | 0843b46 (added tooltips, 2025-01-05)
* | | 37815d8 (added cursor: pointer to all buttons, 2025-01-05)
* | | 7e50c2d (slightly adjusted forces, 2025-01-05)
| | /
| | /
* | 9a53585 (Merge branch 'master' of
↳ https://gitlab.informatik.uni-halle.de/informationsvisualisierung-2024/infovis-projekt, 2025-01-05)
| \
| * 270c952 (Merge branch 'master' of
↳ https://gitlab.informatik.uni-halle.de/informationsvisualisierung-2024/infovis-projekt, 2025-01-05)
| \
| | * a63c43e (Merge branch 'master' of
↳ https://gitlab.informatik.uni-halle.de/informationsvisualisierung-2024/infovis-projekt, 2025-01-05)
| | \
| | * | 838ab5a (increase delay time, 2025-01-05)
| * | | 3ff2180 (Small update to home description, 2025-01-05)
| | /
| | /
| * | 7113d03 (Merge branch 'master' of
↳ https://gitlab.informatik.uni-halle.de/informationsvisualisierung-2024/infovis-projekt, 2025-01-05)
| \
| * | 92e9260 (Small change in datatable column description, 2025-01-05)
* | | 5a58bb2 (ForceDirectedGraph: little style tweaks (fr), 2025-01-05)
| | /
| | /
* | 862da1b (fix not showing spinner when switching views (for real for real), 2025-01-05)
* | 41ad2ec (Merge branch 'master' of
↳ https://gitlab.informatik.uni-halle.de/informationsvisualisierung-2024/infovis-projekt, 2025-01-05)
| \
| * e207606 (Merge branch 'master' of
↳ https://gitlab.informatik.uni-halle.de/informationsvisualisierung-2024/infovis-projekt, 2025-01-05)
| \
| | * c69d299 (Merge branch 'master' of
↳ https://gitlab.informatik.uni-halle.de/informationsvisualisierung-2024/infovis-projekt, 2025-01-05)
```



```

| | |\
| | * | cb53b1b (Added description for project to homepage., 2025-01-05)
| | * | aaa1031 (Moved icon definitions to their respective views., 2025-01-05)
| * | | 7aaab7b (ForceDirectedGraph: little style tweaks, 2025-01-05)
| | | /
| | / |
* | | d4dc998 (fix not showing spinner when changin views (for real now), 2025-01-05)
* | | 0ab1954 (remove Debug statements, 2025-01-05)
| / /
* / 82a8cee (fix loading not showing when switching to forcedirectedgraph, 2025-01-05)
| /
* 8c3baa8 (Small style update for loading spinner., 2025-01-05)
* 63ba930 (Moved datatable icon to end in navbar., 2025-01-05)
* 3d707b4 (Removed dummy Other page., 2025-01-05)
* 725317a (Updated navbar icon., 2025-01-05)
* 6f8947c (Commented out debug messages to fix pipeline., 2025-01-05)
* 57032df (added spinner to data loading, 2025-01-05)
* 6515f81 (added different versions of force directed graph, 2025-01-05)
* 2ef5b66 (Merge branch 'master' of
↳ https://gitlab.informatik.uni-halle.de/informationsvisualisierung-2024/infovis-projekt, 2025-01-04)
|\
| * ba67df5 (Modified MapView to set global consulate country on click (though a change of the global variable
↳ does currently not change the local view)., 2025-01-04)
| * 026a284 (LinePlot: add filter for consulate country, 2025-01-04)
| * a5bd767 (LinePlot: little style changes, 2025-01-04)
| * 452b768 (BarPlot: add visa type toggle and little style changes, 2025-01-04)
* | 9345595 (add spinner, 2025-01-04)
* | 254e99c (Added Loading... to Force Directed Graph, 2025-01-04)
* | 952c8fa (played with forces + selection reset button, 2025-01-04)
* | 6b4717c (added Year selection, 2025-01-04)
* | 5d5610e (remove margin of h2, 2025-01-04)
| /
* 4d7231e (Merge branch 'master' of
↳ https://gitlab.informatik.uni-halle.de/informationsvisualisierung-2024/infovis-projekt, 2025-01-04)
|\
| * 593f663 (Revision of schengen data loading (now only looking at uniform visas)., 2025-01-04)
| * 2eb0cbb (Added eyes to chernoff faces (size corresponds to std of issued amount of entries of a country (can
↳ fluctuate over the years/consulates) w.r.t. the max of std of all countries). Added option for CSS to other
↳ face segments., 2025-01-04)
| * 4a27a85 (Small datatable search fix, 2025-01-04)
| * 9539bbd (Small fix for missing case-insensitive country lookup after utility rewrite, 2025-01-03)
| * 0f0f789 (Some utility method rewrite, refactor (made performance improvement when looking up country ISO) and
↳ small corrections., 2025-01-03)
| * b21616c (Changed datatable view to display (and filter for) country names again instead of ISO., 2025-01-03)
| * 135b1ba (Added nose to chernoff faces which represents share of MEVs on uniform visas., 2025-01-03)
| * b1b1bf4 (Added some more data queries., 2025-01-03)
| * 1c1a0d9 (Added length attribute to chernoff mouth according to the amount of applied visas w.r.t. its maximum.
↳ Some small code refactor., 2025-01-03)

```

```
| * 2938383 (Moved data query functions to separate file, added some aggregation functions and refactored
↳ accordingly., 2025-01-03)
| * 6ddb3ff (Moved DataLoader into separate directory., 2025-01-03)
| * a13c18b (Merge branch 'master' of
↳ https://gitlab.informatik.uni-halle.de/informationsvisualisierung-2024/infovis-projekt, 2025-01-03)
| |\
| | * 8b51f6b (BarPlot: change country name handling, 2025-01-03)
| * | 4c0325e (Small code rewrite in MapView. Now using standardized country names for display., 2025-01-03)
| |/\
| * eb8cd83 (Merge branch 'master' of
↳ https://gitlab.informatik.uni-halle.de/informationsvisualisierung-2024/infovis-projekt, 2025-01-03)
| |\
| | * 7379879 (Fixed redirect Map->Country not correctly setting country name (now iso)., 2025-01-03)
| * | 37af122 (LinePlot: change country name handling, 2025-01-03)
| |/\
| * 29f1bfb (Performed manual sanitization of country names (on state, consulateCountry of Schengen Visa data) and
↳ normed them to ISO-Alpha2. Additionally sanitized mapdata the same way., 2025-01-03)
| * b3a7030 (Added parsing of additional columns (total uniform visas applied/issued, share of MEVs on uniform
↳ visas issued) and some descriptions to Entry datatype., 2025-01-02)
| * d2e0720 (Redo: Commit 6bb9157e and b97a0738 as they were reverted by 1f675a5b., 2025-01-02)
| * 6ea4475 (Redo: Commit bbea7e42 as it was reverted by 1f675a5b., 2025-01-02)
| * afc18a3 (Redo: Commits cb3ffad4 and aff12132 as they were reverted by 1f675a5b., 2025-01-02)
* | 1981d3b (FDG changes, 2025-01-04)
|/\
* 7d05f74 (remove Debug stuff, 2025-01-02)
* ff528eb (cancel fdg subscription to not freeze up the app, 2025-01-02)
* 1f675a5 (Merge branch 'revert-ffdf2da' into 'master', 2025-01-02)
|/\
| * ed914a2 (Revert "Merge branch 'master' of...", 2025-01-02)
|/\
* ffdfe2d (Merge branch 'master' of
↳ https://gitlab.informatik.uni-halle.de/informationsvisualisierung-2024/infovis-projekt, 2025-01-02)
|/\
| * aff1213 (Added filtering for year and consulate (country) to map chernoff faces. Added (de)selection for
↳ consulate countries (with blue stroke for country polygons). Refactored country synonym check to MapLoader as
↳ utility function., 2025-01-02)
| * b97a073 (Made footer text unselectable, 2025-01-01)
| * bbea7e4 (Small code rewrite, 2025-01-01)
| * 6bb9157 (Added footer., 2025-01-01)
| * cb3ffad (Replaced MapData GeoJSON with more detailed GeoJSON (sourced from https://geojson-maps.kyd.au with
↳ low resolution option) and modified JSON decoder for country metadata accordingly. Made adjustments and
↳ improvements to country variant and flag determination. Moved chernoff faces to label position from new
↳ metadata, adjusted scale and refactored code., 2024-12-30)
| * 0a489f8 (Added mouth to chernoff faces. Changed country meta decoder to decode as GeoProperty now (previously:
↳ Maybe GeoProperty) for simplicity (filtering out countries with decode errors) and simplified code. Separated
↳ polygon/chernoff layers for all countries (prevent over-drawing) and moved onHover effects from CSS to
↳ Javascript to accomodate this change., 2024-12-30)
| * 21c57e8 (Added some more utility functions., 2024-12-30)
```

```
| * a6a222a (Added chernoff face outlines (circles) to MapView. Some code refactor., 2024-12-29)
| * 6e6f220 (Added utility methods to get bbox, centroid and area of list of points., 2024-12-29)
| * d7cd0d6 (Merge branch 'master' of
↳ https://gitlab.informatik.uni-halle.de/informationsvisualisierung-2024/infovis-projekt, 2024-12-29)
| | \
| | * db5c022 (LinePlot: add legend, remove group labels, 2024-12-29)
| | * d2e4fc8 (Merge branch 'master' of
↳ https://gitlab.informatik.uni-halle.de/informationsvisualisierung-2024/infovis-projekt, 2024-12-29)
| | | \
| | | * | 1b186e5 (LinePlot: fix tooltip position, 2024-12-29)
| * | | 8bc4f4b (Installed Dict-Extra package. Made revisions to country data structure used in MapView. Added
↳ some data utility methods (groupby)., 2024-12-29)
| | | /
| | | /
| * | bd4b8ce (Merge branch 'master' of
↳ https://gitlab.informatik.uni-halle.de/informationsvisualisierung-2024/infovis-projekt, 2024-12-29)
| | | \
| | * 6a09052 (LinePlot: use global selected country, modify tooltip, 2024-12-29)
| * | e2b7c27 (Small fix in datatable, 2024-12-29)
| | /
| * 0985c55 (Added redirect from Map to LinePlot View. Added selected country name to Global., 2024-12-29)
| * 86ea4e7 (Small code refactor. Set initial zoom to schengen states., 2024-12-29)
| * 7c4f3b4 (Merge branch 'master' of
↳ https://gitlab.informatik.uni-halle.de/informationsvisualisierung-2024/infovis-projekt, 2024-12-29)
| | \
| | * 1d2a7d3 (Some country name consistency updates, 2024-12-28)
| | * 5f786a3 (Small code refactor., 2024-12-28)
| * | 8e35b26 (LinePlot: initial hint labels, 2024-12-29)
| * | 493c6b7 (LinePlot: resolve xaxis labeling issue, 2024-12-15)
| | /
| * 1467281 (Small updates to country -> flag utility function, 2024-12-11)
| * 9ab12ce (Added zoom functionality to map view., 2024-12-11)
| * 6576983 (Outlined the selected navbar button (view), 2024-12-11)
| * 082c974 (Small styling correction and code refactor, 2024-12-11)
| * 51b1779 (Small code refactor., 2024-12-11)
| * 0d4d9ab (Added utility methods for getting country flags., 2024-12-11)
| * f49602b (Small code refactor, 2024-12-11)
| * 9ab3049 (Added utility function for case-insensitive String comparison., 2024-12-11)
| * a76336b (Small style update, 2024-12-11)
| * 7a44e25 (Added map coloring according to Schengen State/Consulate Country. Moved map data request to Main and
↳ in succession to the visa data request success, as the computation of country contexts (e.g.
↳ isSchengen/isConsulateCountry) depends on this data., 2024-12-11)
| * d0e3255 (Small utility function fix, 2024-12-10)
| * 9337b9f (Added utility functions to DataLoader.elm, 2024-12-09)
| * 970c59d (LinePlot: add margin left to fix labels, 2024-12-09)
| * 1331f93 (Merge branch 'master' of
↳ https://gitlab.informatik.uni-halle.de/informationsvisualisierung-2024/infovis-projekt, 2024-12-09)
| | \
```

```
| | * 2316ba9 (Added hover option to MapView (including display of hovered country). Moved decoder to  
↪ MapLoader.elm., 2024-12-09)  
| * | 01e033e (LinePlot: delete debug msg to fix pipeline, 2024-12-09)  
| * | 4f50ddc (LinePlot: add plot, 2024-12-09)  
| |/  
| * ca074a6 (Removed small comment, 2024-12-09)  
| * c30dfdc (Merge branch 'master' of  
↪ https://gitlab.informatik.uni-halle.de/informationsvisualisierung-2024/infovis-projekt, 2024-12-09)  
| |\  
| | * a823f9a (LinePlot: add select fields, 2024-12-09)  
| * | 4930ef1 (Refactored and (partly) rewrote code for MapView. Moved GeoJson parsing and types all to exclusive  
↪ file (MapLoader.elm)., 2024-12-09)  
| |/  
| * 50c67c9 (LinePlot: delete debug msg to fix pipeline, 2024-12-09)  
| * 0344a30 (LinePlot: init, 2024-12-09)  
| * e25679d (Commented out debug message to fix pipeline, 2024-12-09)  
| * 84a67a8 (Merge branch 'master' of  
↪ https://gitlab.informatik.uni-halle.de/informationsvisualisierung-2024/infovis-projekt, 2024-12-09)  
| |\  
| * | 7de6883 (Added geographical globe to MapView., 2024-12-09)  
* | | e697d49 (removed animation (too laggy to draw the svg), 2024-12-31)  
* | | 4c642f4 (added pause functionality, 2024-12-31)  
* | | 9b48d8a (removed Drag, 2024-12-31)  
* | | 80310ba (merge stuff, 2024-12-31)  
* | | 27154ce (removed Drag (wasn't working well), 2024-12-10)  
* | | 071c610 (added variable frameSkip, 2024-12-10)  
* | | 4b80053 (style changes, 2024-12-10)  
| |/  
| |/  
* | 9d1901e (Merge remote-tracking branch 'refs/remotes/origin/master', 2024-12-09)  
| |\  
| * | 5fa01f2 (BarPlot: add radio button for ubound multiplier, 2024-12-09)  
| |/  
| * 5bf1eca (BarPlot: fix padding issue, 2024-12-08)  
| * b0eebd0 (Merge branch 'master' of  
↪ https://gitlab.informatik.uni-halle.de/informationsvisualisierung-2024/infovis-projekt, 2024-12-08)  
| |\  
| | * f5cfc5d (Added utility method for lat/lon -> x/y position calculation, 2024-12-08)  
| | * 40a72cc (Added GeoJSON elm package, 2024-12-08)  
| | * 2bda6c6 (Moved buildErrorMessage to new Utils.elm, 2024-12-08)  
| * | 7e56d70 (BarPlot: add input field reactivity, 2024-12-08)  
| * | 0895de0 (BarPlot: include input field, 2024-12-08)  
| |/  
| * c9f2f61 (Fixed missing type in function, 2024-12-08)  
| * 787da09 (Added model parameter to view of MapView, 2024-12-08)  
| * 9ab140c (Now allows for execution of commands in submodule init methods., 2024-12-08)  
| * 02c96a4 (Small refactor in Main.elm, 2024-12-08)  
| * a8303b7 (Added update/init/Msg/Model to MapView and included it globally., 2024-12-08)
```

```
| * 7028248 (Merge branch 'master' of
↳ https://gitlab.informatik.uni-halle.de/informationsvisualisierung-2024/infovis-projekt, 2024-12-08)
| \
| | * d964e86 (BarPlot: change counted data to totalVisasApplied, 2024-12-08)
| | * c8bde05 (BarPlot: adjust hover text size, 2024-12-08)
| | * 50f6c53 (BarPlot: adjust label positioning, 2024-12-08)
| * | 849a484 (Swapped geojson file with smaller file., 2024-12-08)
| * | 25a2c86 (Merge branch 'master' of
↳ https://gitlab.informatik.uni-halle.de/informationsvisualisierung-2024/infovis-projekt, 2024-12-08)
| \
| * | c17a860 (Added geojson file for countries, 2024-12-08)
* | | 0743670 (merge ?, 2024-12-09)
| | | * 6bfbcf7 (refs/stash) (WIP on master: 795e921 merge elm.json, 2024-12-09)
| | _|/|
|/| | |
| | | * b160478 (index on master: 795e921 merge elm.json, 2024-12-09)
| | _|/
|/| |
* | | 795e921 (merge elm.json, 2024-12-09)
* | | 4d38a6a (tweaked Force Calculation, 2024-12-09)
* | | 9827ee0 (added Legend for Schengen Countries, 2024-12-09)
* | | 794726d (ForceDirectedGraph change Nodes to Flags and Style changes, 2024-12-08)
* | | 54ee13e (added ForceDirectedGraph subscriptions, 2024-12-08)
| | /
|/|
* | eef277c (added outline for ForceDirectedGraph, 2024-12-08)
|/
* fb1f836 (Made ForceDirectedGraph view function name consistent., 2024-12-07)
* 1579896 (Moved ForceDirectedGraph to views directory., 2024-12-07)
* d271a86 (Breaking changes: Updated model and modules definitions to make submodule
↳ update/subscriptions/init/view/Msg/Model definitions possible and allow persisting local state of modules.,
↳ 2024-12-07)
* fb02bf3 (Added package for handling Triples., 2024-12-07)
* 4d6a884 (Commented out Debug message that led to pipeline crash, 2024-12-07)
* 27f07d3 (Merge branch 'master' of
↳ https://gitlab.informatik.uni-halle.de/informationsvisualisierung-2024/infovis-projekt, 2024-12-07)
| \
| * cdf319d (Small code change in datatable., 2024-12-06)
* | fb07416 (Init bar plot, 2024-12-07)
|/
* 24e4d42 (Moved navbar view buttons to the right, 2024-12-06)
* 8c9cb4c (Added view option for map view., 2024-12-06)
* 5f8b1a2 (Swapped columns in datatable to be consistent w.r.t. the data, 2024-12-06)
* 934ac58 (Fixed wrong item amount after query in datatable., 2024-12-06)
* 0be5f86 (Merge branch 'master' of
↳ https://gitlab.informatik.uni-halle.de/informationsvisualisierung-2024/infovis-projekt, 2024-12-06)
| \
| * 9489fcd (Cleanup data, unrelated info rows beginning with "1)" removed, 2024-12-06)
```

- \* | 48a628a (Added search bar to datatable., 2024-12-06)
- \* | 1f72102 (Small styling change in datatable., 2024-12-06)
- |/
- \* 9c18e03 (Synced table offset with input., 2024-12-03)
- \* 6dde456 ('Disabled' parcel cache (it will still be created, just not read from)., 2024-12-03)
- \* 6228757 (Made table layouts fixed., 2024-12-03)
- \* af2294d (Added data table view., 2024-12-03)
- \* 35def0f (Some common CSS extension., 2024-12-03)
- \* b5ee2ca (Added overflow catch to content wrapper., 2024-12-03)
- \* 7a635c0 (Added full width to tables in common CSS classes., 2024-12-03)
- \* 73333fd (Added some common CSS classes for tables., 2024-12-03)
- \* f2c7849 (Added some common CSS classes., 2024-12-03)
- \* 8f07d16 (Moved data in Model into separate attribute for better extensibility., 2024-12-03)
- \* d9544f4 (Moved Msg to separate file., 2024-12-02)
- \* 625f34b (Moved Model definition to separate file., 2024-12-02)
- \* fb3051e (added model to ForceDirectedGraph, 2024-12-02)
- \* 15279cd (change buttons to be rounded too, 2024-12-02)
- \* 9d156ad (added Force Directed Graph base, 2024-12-02)
- \* d4c19a2 (simple ViewChange, 2024-12-02)
- \* 35f52be (Moved cross-env to devdeps., 2024-12-02)
- \* e521647 (Revert "change cross-env to dev-dependencies", 2024-12-02)
- \* 85446c2 (change cross-env to dev-dependencies, 2024-12-02)
- \* 7b8b2f3 (Fixed stack recursion error when loading large data (compiling with parcel now always with  
↪ --optimize)., 2024-12-02)
- \* fd0556e (add parcel setup to readme, 2024-12-02)
- \* 03d25f7 (Added some margin to header and footer., 2024-11-27)
- \* e1e0a97 (Added some basic structure and styling., 2024-11-25)
- \* 4b528aa (Added fontawesome to project for icons., 2024-11-25)
- \* 4ad9f5b (Fixed missing inclusion of stylesheet., 2024-11-25)
- \* f49bf1c (Moved parcel to dev dependencies., 2024-11-25)
- \* 3a9f091 (Fixed missing csv data file in build., 2024-11-25)
- \* 26e7691 (Replaced default Elm App with a draft of a multi view (SPA) app. Added data loading with Http request.,  
↪ 2024-11-25)
- \* 3acd0a3 (Merge branch 'master' of  
↪ <https://gitlab.informatik.uni-halle.de/informationsvisualisierung-2024/infovis-projekt>, 2024-11-24)
- |\
- | \* 33a17f1 (Added preliminary code for decoder of schengen visa data, 2024-11-24)
- \* | fd9d51c (Added preliminary code for decoder of schengen visa data, 2024-11-24)
- |/
- \* b830d6a (Fixed wrong public folder for gitlab pages after new building routine., 2024-11-24)
- \* eff1002 (Revert "Fixed wrong public folder for gitlab pages after new building routine.", 2024-11-24)
- \* 78432b1 (Fixed wrong public folder for gitlab pages after new building routine., 2024-11-24)
- \* 6cef734 (Installed ParcelJS builder and changed building to use ParcelJS. This also allows for HMR (hot module  
↪ replacement), i.e. automatic compilation of Elm -> JS and browser reload., 2024-11-24)
- \* 4d9a105 (Added Schengen data file, 2024-11-24)
- \* 7a049ad (initial commit, 2024-11-18)
- \* 7a1e811 (Merge branch 'master' of  
↪ <https://gitlab.informatik.uni-halle.de/informationsvisualisierung-2024/infovis-projekt>, 2024-11-18)

```
|\  
| * 7cab523 (Update file README.md, 2024-11-18)  
* | 55cb16f (add gitignore, 2024-11-18)  
* | 254db87 (initial pages setup, 2024-11-18)  
|/  
* 09d6fca (initial commit, 2024-11-18)  
* 7e14d75 (Initialized from 'Pages/Plain HTML' project template, 2023-11-02)
```

---