

HOCHSCHULE BREMEN

FAKULTÄT 4

*Schienennetz der Deutschenbahn in Openlayer mit Blick auf
Schadstoffausstoß*

Geodatenverarbeitung
Dr.-Ing. Christian Seip

Jannick Bock 5124529

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	2
1.1 Zielstellung	2
1.2 Architektur	2
2 Datenbeschaffung	3
2.1 Beschreibung der Daten	3
2.1.1 Streckennetz	3
2.1.2 Schadstoffdaten	3
2.2 Aufbereitung der Daten	4
3 Aufsetzen eines Geoservers und Einpflegen der Daten	5
3.1 Installation	5
3.2 Integration der Daten	5
3.3 Methode zum Styling der Layer	5
3.3.1 Styling der Polygonlinien	6
3.3.2 Styling der Schadstoffemissionen	7
4 Webapp mit Openlayer	9
4.1 WMS Service	9
4.2 Legende Anzeige	10
5 Ergebnisse	11
5.1 Webansicht	11
5.2 Datenanalyse	12
6 Installationsanleitung	14
6.1 Git Verzeichnis clonen oder ZIP Download	14
6.2 Pfade setzen	14
6.3 Start GeoServer und Frontend	14
Abbildungsverzeichnis	15

1 Einleitung

Die Schadstoffemissionen sind in den letzten Jahren in Deutschland angestiegen, deshalb gibt es mittlerweile auch Dieselfahrverbote in einigen Städten Deutschlands.[1] Auch der Schienenverkehr ist an dem Anstieg der Emission nicht ganz unbeteiligt. Durch die nicht flächendeckende Elektrifizierung des Streckennetzes stößt auch die Deutsche Bahn mit dieselbetriebenen Person und -Güterverkehr reichlich Stickoxide auch NOX genannt in die Luft. Auch der CO2 Ausstoß sämtlicher Antriebe der Deutschen Bahn ist beachtlich. Anhand des Opendata Portals der Deutschen Bahn [2] können Daten zum Streckennetz und zur Umweltbelastung entnommen werden.

1.1 Zielstellung

Die folgende Arbeit soll das Deutsche Schienennetz aus dem opendata Bereich der Deutsche Bahn visualisieren. Zudem soll das Schienennetz in anbetracht der Schadstoffemissionen des Zugverkehrs aufzeigen an welchen Orten in Deutschland hohe Emmisionsbelastung im Jahr 2014 entstanden sind. Es gilt aufzuarbeiten welche Gründe ein erhöhter Emissionswert also Stickoxid oder CO2 Ausstoß an einer bestimmten Stelle in Deutschland hat. Dies kann eine nicht elektrifizierte Streckenabschnitt oder eine erhöhte Belastung zum Beispiel in Dichtbesiedelten Gebieten sein. Diese Fragestellung soll durch eine Visualisierung des Streckennetzes und der Emissionen beantwortet werden.

Zusätzlich wird das Schienennetz auf Geschwindigkeit untersucht, also es gilt auszuarbeiten, welche Abschnitte für zum Beispiel den ICE 3 mit einer Höchstgeschwindigkeit von 300 km/h ausgerichtet sind.[3]

1.2 Architektur

Die Architektur ist sehr simpel gehalten. Es gibt einen Geoserver der in seinem Datenverzeichnis Zugriff auf die Shape-Files und die dazugehörigen Attribute hat. Als Frontend wird Javascript mit der Openlayer-Bibliothek verwendet.

2 Datenbeschaffung

Die Grunddaten stammen von [2]. Auf diesem Portal sind die Streckendaten von 2014 bis ins Jahr 2019 hinterlegt. Zusätzlich gibt es dort zu verschiedenen Themen wie Logistik, Business und Umwelt Datensätzen in Bezug zur Deutschen Bahn in verschiedenen Formaten. Die Datensätze werden unter der Lizenz Creative Commons Attribution 4.0 bereitgestellt.

Zusätzlich stellt die Deutsche Bahn dort Apis zur Verfügung, wie zum Beispiel Parkrauminformationen zu Parkeinrichtungen an Bahnhöfen.

2.1 Beschreibung der Daten

2.1.1 Streckennetz

Die Daten für das Streckennetz 2019 wurden vom Geoportal heruntergeladen. [geodaten] Diese Daten sind als Shapefile, CSV und Excel verfügbar. Dazu gibt es noch MapInfoRelationen die auch in mehreren Formaten vorliegen.

In der dazugehörigen PDF Daten erhält man die Beschreibung der beinhaltenden Attribute.

- MIFCode MapInfo Internes Object
- Streckennummer der DB
- Richtung
- Beginn Streckenabschnitt
- Ende Streckenabschnitt
- Länge des Streckenabschnitt in KM
- Elektrifizierung -
- Bahnnutzung - Art von Bahn zB. S-Bahn
- Geschwindigkeit - in Km/h
- Geographische Koordinaten als Polygonlinie

Die Daten dieser Streckenabschnitte sind auf Basis des Koordinatenreferenzsystems EPSG:4326 oder anders genannt WGS84.

2.1.2 Schadstoffdaten

In diesem Projekt wird auf zwei Datenquellen zugegriffen.

- Um die Stickoxide(NOX) bearbeiten zu können wird der Datensatz Luftschadstoffkataster von dem OpenData Bereich der Deutschen Bahn genommen. Dies ist ein Auszug aus dem Bahn-Emissionskatasters Schienenverkehr (BEKS). [4] Und sind in lokaler Auflösung als 2500 Meter Rastersummenwerte bereitgestellt. Jeder Rasterwert hat die Attribute Stickox-Emissionen und Partikel Emissionen. Die Daten sind in Kg/Jahr angegeben.
- Für den CO2 Ausstoß werden die Daten ebenfalls als Auszug aus dem Bahn-Emissionskatasters Schienenverkehr bereitgestellt. Die Daten sind auch in Rasterform und in Kg/Jahr dargestellt.

2.2 Aufbereitung der Daten

Um die Daten gut verarbeiten zu können wurden kleinere Verbesserungen erledigt. Um die Höchstgeschwindigkeit eines Streckenabschnittes abstufend darstellen zu können, musste aus dem vorherigen 'String' Attribut eine Number erzeugt werden. Ein Beispiel Attribut für den Geschwindigkeitswert war "von 50 bis 100 km/h" um eine fehlerfrei Abstufung zu ermöglichen wurde über den Feldrechner in QGis mithilfe der Stringoperation SSubstring die hintere Zahl extrahiert. Das Feld Höchstgeschwindigkeit hat in diesem Fallbeispiel nun den Wert 100.

3 Aufsetzen eines Geoservers und Einpflegen der Daten

3.1 Installation

Für dieses Projekt wurde das Geoserver Projekt von der Open Source Geospatial Foundation genommen. [5] Dies ist ein opensource Geoserver der ständig gepflegt und weiterentwickelt wird. Zudem hat er eine sehr gute Documentation und eine große Community. Desweiteren bietet er zahlreiche Erweiterungsmöglichkeiten, um zum Beispiel alle möglichen Datenquellen, Output Formate oder sonstige Services zu integrieren.

Nachdem download der aktuellsten Version, setzt man in seinem Betriebssystem den Java Pfad und den Geoserver Pfad. Dann startet man den Geoserver mit der startup Datei für sein Betriebssystem.

3.2 Integration der Daten

Für die Daten wurde ein eigener Workspace mit dem Namen "DeutscheBahn" eingerichtet. Unter dem dazugehörigen Verzeichnis wurden die benötigten Shapenfiles hinterlegt. Dann wurden alle Layer dem Workspace hinzugefügt. Nun ist es möglich die Layer als Preview anzeigen zu lassen.

3.3 Methode zum Styling der Layer

Das Styling der Layer wurde zum größten Teil in QGis erledigt. QGis bietet die Möglichkeit die Shapenfiles hineinzuladen, ein Styling vorzunehmen und dies als ".sld" Datei zu speichern. Das Speichern funktioniert über den Stil Button. Dies ist ein xml Styling Format, welches das Styling eines Layers bestimmt.

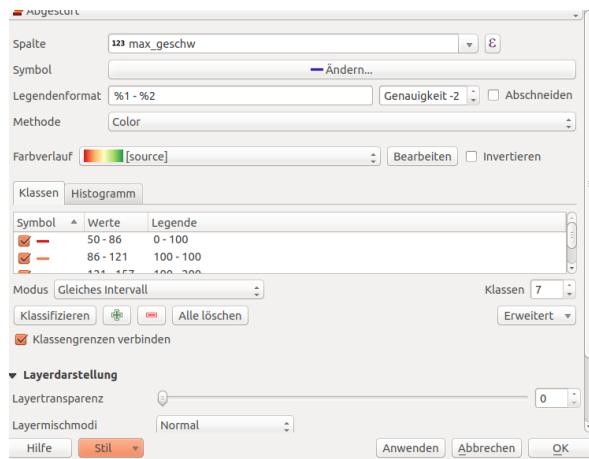
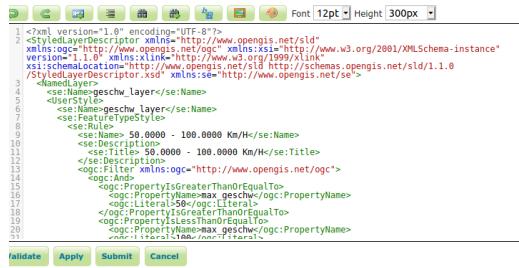


Abbildung 1: Abspeichern des Styling in Qgis

Wenn man einen Style in der Geoserver Interface erzeugt, kann man eine ".sld" Datei hochladen. Diese Datei wird dann in XML-Form in einem Editor dargestellt. Nachdem der Style angelegt wurde, kann man in den entsprechenden Layern auf den Reiter "Publishing" gehen und das Styling als Default Styling auswählen.



```

1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2 <StyledLayerDescriptor xmlns="http://www.opengis.net/sld"
3   xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
4   version="1.1.0" xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/sld http://schemas.opengis.net/sld/1.1.0
5   /StyledLayerDescriptor.xsd" xmlns:se="http://www.opengis.net/se">
6   <se:Name>geschw_layer</se:Name>
7   <se:FeatureTypeStyle>
8     <se:Name>50.0000 - 100.0000 Km/H</se:Name>
9     <se:Description>
10       <se:Title>50.0000 - 100.0000 Km/H</se:Title>
11       <se:Abstract>50.0000 - 100.0000 Km/H</se:Abstract>
12     </se:Description>
13     <ogc:And>
14       <ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
15         <ogc:PropertyName>geschw_layer</ogc:PropertyName>
16         <ogc:Literal>50</ogc:Literal>
17       </ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
18       <ogc:PropertyIsLessThanOrEqualTo>
19         <ogc:PropertyName>max_geschw</ogc:PropertyName>
20         <ogc:Literal>100</ogc:Literal>
21     </ogc:And>

```

Abbildung 2: XML Format der SLD-Datei

3.3.1 Styling der Polygonlinien

Das Styling der Polygonlinien in dem Projektkontext also des Schiennetzes erfolgt anhand der gegebenen Attribute. Lediglich die Dicke der Linie wurde angepasst, sodass diese auch beim Reinzoomen in den Layer zu erkennen sind. Es wurde darauf geachtet, dass die Farben eindeutig zu erkennen sind. Dies bedeutet es wurde darauf geachtet kräftige Farben zu benutzen die auch beim Zoom noch zu erkennen sind. Beim Geschwindigkeitslayer war angedacht eine Abstufung vorzunehmen die von Rot was 50



Abbildung 3: Legende der Geschwindigkeit

Km/h bedeutet, über Gelb was der Mittelwert von 150 Km/h zu Grün was dem Wert von 300 Km/H entspricht. Das Leichtgelb war auf dem OpenstreetMap Hintergrund kaum zu erkennen und wurde dieser Farbe auf ein kräftiges Blau geändert.

Dieser Styling Vorgang wurde für die Layer Bahnnutzung, Höchstgeschwindigkeit und Elektrifizierung umgesetzt.

3.3.2 Styling der Schadstoffemissionen

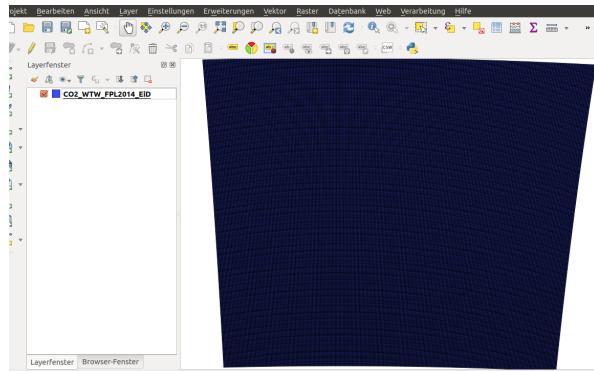
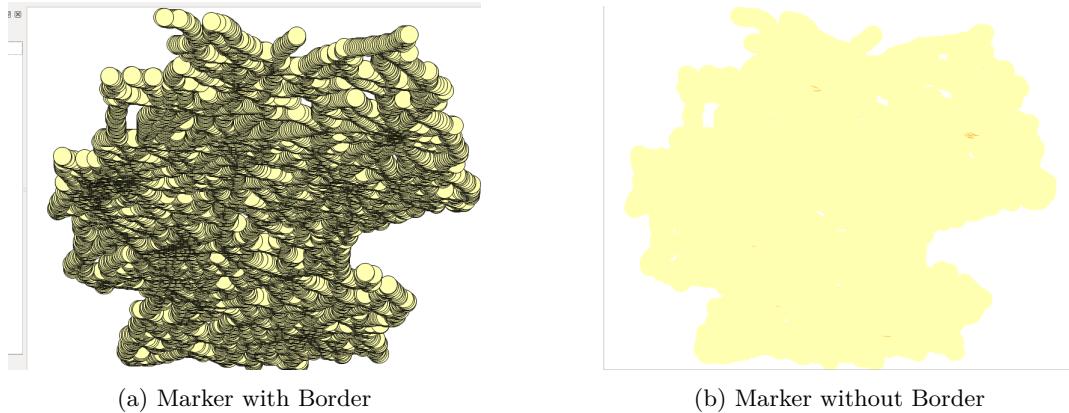


Abbildung 4: Erstes Öffnen des CO2 Shapefiles in QGis

Das Problem bei dem Styling des Rasters war, dass jede Zelle in dem abgebildeten Raster hat einen dünnen schwarzen Rand, weshalb es auch nach Abstufung unglaublich schwer zu erkennen war wie sehr sich die Schadstoffemissionen in den jeweiligen Gebieten unterscheiden. Um viele Werte aus der Ansicht auszuschließen wurde der mindest Ausstoß(CO2 oder NOX, spielt hier keine Rolle) pro Raster der Visualisiert werden sollten von 0 erhöht. Viele Werte innerhalb Deutschlands die eine gewisse Entfernung vom Bahnstreckennetz haben oder Werte außerhalb Deutschlands sind 0, weil dort schlichtweg keine Messwerte mit der Deutschen Bahn in Zusammenhang gebracht werden können. Die



Idee ist nun eine Abstufende Farbverteilung vorzunehmen, die den jeweiligen Wert als runden Marker ohne Rand abbildet. Um die Marker auch beim Zoomen eindeutig erkennbar zu machen wurde die Größe erhöht.

Ist man weit hinausgezoomt werden die einzelnen Features übereinander gezeichnet. Dies bedeutet Features überlagern andere Features und es ist wichtig eine Reihenfolge festzulegen, sodass ein möglichst genaues Vorschaubild entsteht. In QGis gibt es nun die Möglichkeit die Zeichenreihenfolge der Features zu bestimmen. Dies erlaubt es uns erst die geringeren Werte zu zeichnen und dann die hohen Belastungswerte in kräftigem Rot darüber zu zeichnen. So ergibt sich ein sinnvolles Bild der Schadstoffbelastung in Deutschland.

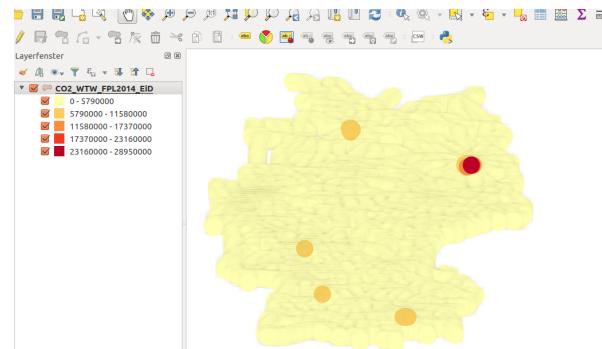


Abbildung 6: Feature Zeichenreihenfolge anhand der CO2 Belastung

Ein weiteres Problem ist, dass beim Speichern des Style in das ".sld"Format Informationen verloren gehen.

Die Stylingbeschreibung im Geoserver hatte für jedes Feature einen Randlinie und die Zeichenreihenfolge ignoriert. Um diesen Fehler zu beheben musste man in dem XML-Editor des Geoservers die «se:strokeSZeile löschen die für den Rand verantwortlich ist. Um die Zeichenreihenfolge wieder herzustellen muss die Zeile

```
<se:VendorOption name="sortBy">CO2kgWTW</se:VendorOption>
```

in dem FeatureTypeStyle hinzugefügt werden. Dieser Styling Vorgang wurde für die CO2 und die NOX Belastungslayer durchgeführt.

4 Webapp mit Openlayer

Die Webapplikation wurde in HTML und Javascript programmiert. Als Dependencymanagementsystem wurde NPM benutzt. Für das Deployment wurde der Webapplikations Bundler Parcel genutzt. Dieser Budnler deployed die Webapplikation standartmäßig auf Localhost mit dem Port 1234.

Für dieses Projekt wurde die Openlayer Version 6.3.1 verwendet. Auf der HTML Seite ist eine Map und ein Title integriert. Darunter sind alle Legenden der Layer als einzelne Bilder dargestellt.

Als Kartenhintergrund wurde Openstreetmap gewählt. Dies soll die Visualisierung der Streckenabschnitte unterstützen, um zum Beispiel zu erkennen welcher lokale Abschnitt nicht als elektrifiziert gekennzeichnet ist. Zusätzlich wurde das aktuelle online verfügbare Openrailwaymap als Layer verfügbar gemacht.

Darüber werden dann die Layer gelegt die den Schadstoffausstoß visualisieren. Die Oberste Schicht bilden dann die Layer die das Streckennetzabbilden.

Um eine erste übersichtliche Darstellung zu ermöglichen sind nur die Layer von Openstreetmap und der Bahnnutzunglayer aktiviert. Die erste vordefinierte View ist auf Deutschland zentriert. Die initialisierte Map sieht wie folgt aus.

```
const map = new Map({
  target: 'map',
  layers: [osm, openrailwaymap,
            co2Rail, noxKGRail,
            basicNutzung, elektrNutzung, geschNutzung],
  view: view
});
```

Alle Layer sind über den integrierten LayerSwitcher aus/einschaltbar. Der LayerSwitcher ist eine Community Erweiterung für Openlayer. [6]. Er ist als MapControl Objekt zur Map hinzuzufügen.

```
var layerSwitcher = new LayerSwitcher({
  tipLabel: 'Legende',
  groupSelectStyle: 'none'
});

layerSwitcher.useLegendGraphics = true;
map.addControl(layerSwitcher);
```

4.1 WMS Service

Um die Layer in diese Webapplikations zu integrieren wird der WebMapServer vom Geoserver angesprochen. Dafür wird das TileWMS Objekt genutzt.

```
var wmsSource = new TileWMS({
  url: 'http://localhost:8080/geoserver/wms',
  params: { 'LAYERS': 'DeutscheBahn:Bahnnutzung', 'TILED': true },
  serverType: 'geoserver',
  crossOrigin: 'anonymous'
});
```

Es wird auf die URL des WMS Service zugegriffen mit dem entsprechenden Layer den man laden möchte. Es wurde sich entschieden alle Layer als 'Tiled' Layer anzuzeigen, so ist es möglich nur die relevanten Layerinformationen zu laden, um performance zu sparen.

Um nun aus dem TileWMS einen layer zu machen, wird ein neues TileLayer Objekt erzeugt.

```

var basicNutzung = new TileLayer({
    title: 'Bahnnutzungarten (DB-Daten 2019)',
    source: wmsSource,
    minZoom: 5
});

```

Es wurde für alle Layer ein Titel deklariert, der so in den LayerSwitcher übernommen wird. Eine mindest Zoom Stufe wurde angegeben, um den Layer nur anzuzeigen wenn man auch nah genug auf ihn gezoomt hat, um performance zu sparen.

Auf diese Weise wurden alle Layer mit Polygonlinien eingebunden. Die Layer für die Schadstoffemissionen CO2 und NOX wurden zusätzlich noch mit einem Opacity wert von 0.6 parametrisiert, um nicht den Openstreetmap layer komplett zu überlagern.

4.2 Legende Anzeige

Um dem Nutzer ständig zu informieren, welche Farbe eines Layers welche Information bedeutet, werden die Legenden aus den Layer-Styles generiert.

Dazu werden alle erstellten TileWMS in ein Array hinzugefügt und dann wird beim Laden der Seite, auf die LegendUrl der einen Quellen zugegriffen. Diese liefern Bilder der Legendenbeschreibung zurück. Die erhaltenen Bilder werden in ein HTML-div Element angehängt.

```

function createLegends(){
    var resolution = map.getView().getResolution();
    sourceList.forEach(a => {
        var x = document.createElement("IMG");
        x.src = a.getLegendUrl(resolution);

        var layer = JSON.stringify(a.getParams());
        x.title= JSON.stringify(a.getParams());
        x.alt= JSON.stringify(a.getParams());
        document.getElementById("legends").appendChild(x);
    });
}

```

5 Ergebnisse

5.1 Webansicht

Die Standardansicht der Webseite sieht wie folgt aus. Zentral wird die Karte mit der aktuell ausgewähl-

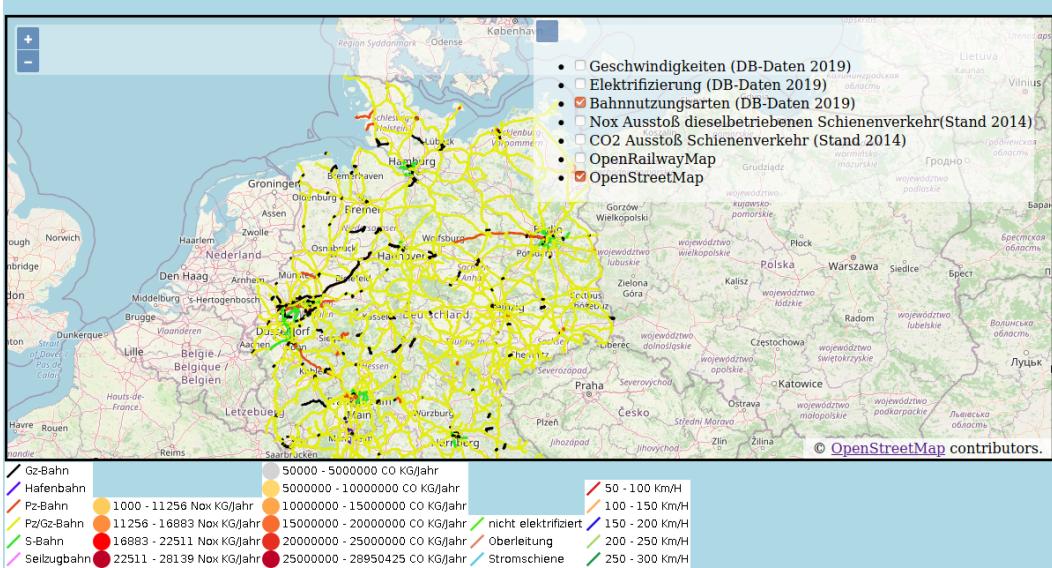


Abbildung 7: Default view from the webapplikation

ten Zoomstufe angezeigt. Die Zoomstufe lässt sich über die Buttons oben links ändern. Auf der rechten Seite ist der LayerSwitcher zu sehen, dieser ermöglicht es alle Layer in verschiedenen Kombinationen anzuzeigen. Am Unteren Rand der Karte sind die Legenden der Layer zu erkennen.

5.2 Datenanalyse

Anhand der Visualisierung sind einige Auffälligkeiten zu erkennen.

In Norddeutschland auf der Zugstrecke auf die Insel Sylt gibt es einen der höchsten Ausstoß von Stickoxiden durch den Dieselverkehr in Deutschland. In Norddeutschland sind ungefähr ein drittel der Bahninfrastruktur elektrifiziert.[7] Und da regelmäßig Dieselloks auf die Insel Sylt fahren um den Tourismus zu unterstützen, ist dies eine vielbefahrene Strecke. Diese Strecke führt über den Hindenburgdamm eingleisig nach Sylt, dies bedeutet es kann auch häufig zum Stau kommen, welcher ebenfalls für die erhöhte Umweltbelastung spricht. [7]

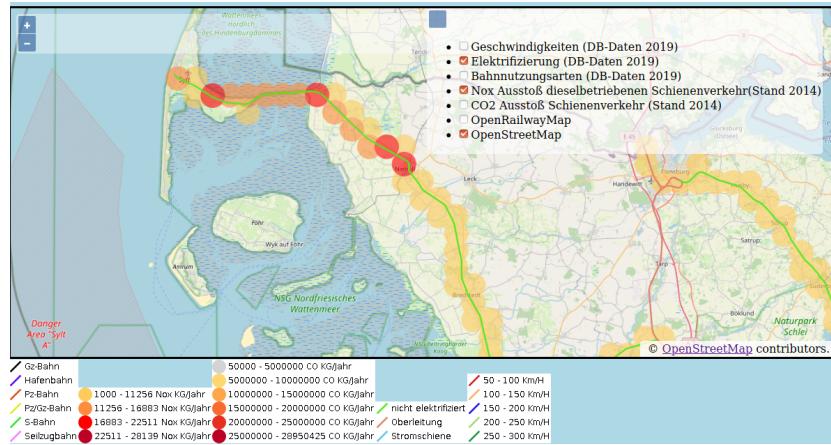


Abbildung 8: Stickoxid Ausstoß in Norddeutschland

Der Ausstoß von CO2 ist nur den Ballungsgebieten deutlich erhöht. Die höchsten gemessenen Werte Gemessener Ausstoß vom Schienenverkehr in dichtbesiedelten Städten höher.

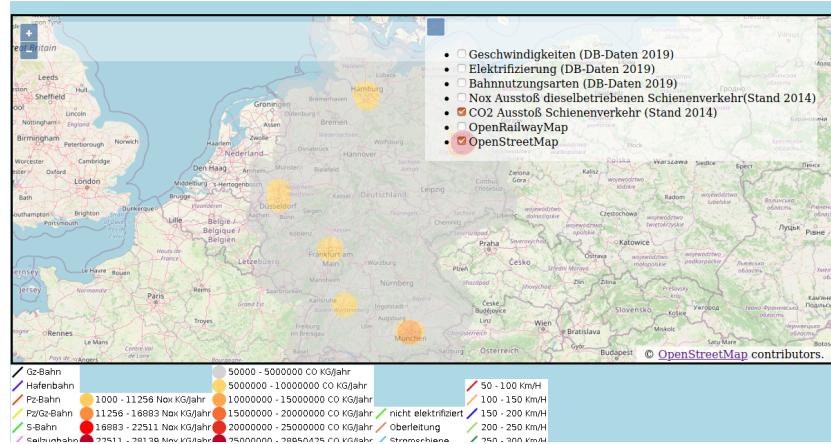


Abbildung 9: CO2 Ausstoß der Deutschen Bahn

Ein weiterer Aspekt der im aktuellen Deutschen Schienennetz auffällt, ist das sehr wenig Strecken auf Höchstgeschwindigkeit ausgelegt sind. Was bedeutet, dass ICE vor allem der neueren Generationen nur auf kurzen Streckenabschnitten die Gelegenheit haben ihre maximal Geschwindigkeit zu erreichen.

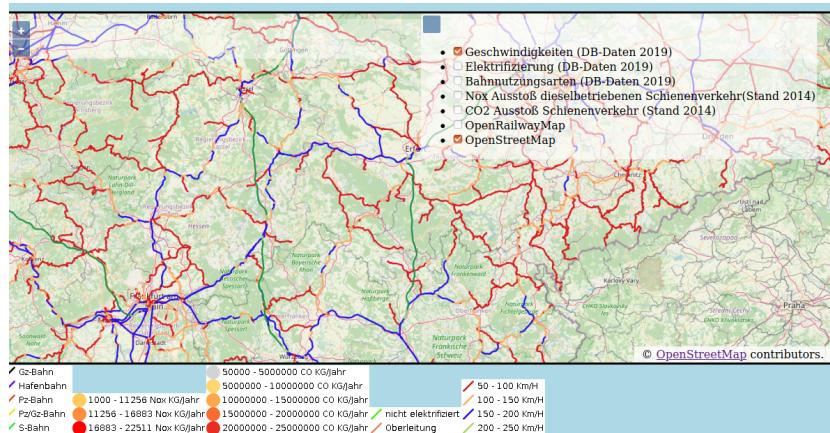


Abbildung 10: Ausschnitt der Höchstgeschwindigkeit des Streckennetzes

Die Strecken ab Mitteldeutschland bis Süddeutschland sind teilweise auf bis zu 300 Km/h ausgerichtet. Von Westdeutschland nach Ostdeutschland gibt es keine Einzige Strecke die für Höchstgeschwindigkeit eines ICE ausgerichtet ist. Die meisten Streckenabschnitte in Deutschland bieten eine Höchstgeschwindigkeit von 150 - 200 Km/h.

6 Installationsanleitung

Dies ist eine Installationsanleitung für Ubuntu 18.04.

6.1 Git Verzeichnis clonen oder ZIP Download

Das Git Projekt clonen oder als Zip-Downloaden. Über Github kann das Projekt als ZIP oder über Git clone heruntergeladen werden.

```
git clone https://github.com/racestar4/geoinfo.git
```

```
ZIP-Download: https://github.com/racestar4/geoinfo/archive/master.zip
```

Im Repository ist der geoserver und die geoinfoweb Verzeichnisse.

6.2 Pfade setzen

Den JAVAHOME Pfad zu der installieren Java Umgebung setzen. Den GEOSERVERHOME Pfad zu dem beigefügtem Geoserver setzen.

Als Ubuntu-Beispiel (Pfade können abweichen) :

```
echo "export GEOSERVER_HOME=entpackterPfad/geoinfo/geoserver" >>/etc/environment
echo "JAVA_HOME=/usr/lib/jvm/java-11-openjdk-amd64" >>/etc/environment
```

6.3 Start GeoServer und Frontend

Sind die beiden Home Pfade gesetzt kann man in den ../geoserver/bin Ordner wechseln und die startup.sh ausführen.

Nun sollte der Geoserver auf localhost:8080 erreichbar sein. Der Login kann über den Standard User : admin PW: geoserver erfolgen.

Um das Frontend zum laufen zu bekommen muss man in den "geoinfoweb" Ordner des Repository wechseln. NPM muss für die folgenden Schritte installiert sein. Dann führt man die folgenden Befehle aus.

```
1. npm init
2. npm start
```

"Npm start" kompiliert das Frontend und deployed es auf "http://localhost:1234/"

Abbildungsverzeichnis

1	Abspeichern des Styling in Qgis	5
2	XML Format der SLD-Datei	6
3	Legende der Geschwindigkeit	6
4	Erstes Öffnen des CO2 Shapefiles in QGis	7
6	Feature Zeichenreihenfolge anhand der CO2 Belastung	8
7	Default view from the webapplikation	11
8	Stickoxid Ausstoß in Norddeutschland	12
9	CO2 Ausstoß der Deutschen Bahn	12
10	Ausschnitt der Höchstgeschwindigkeit des Streckennetztes	13

Literatur

- [1] Bund Friends of the Earth Germany. *Dieselfahrzeuge: Gesundheitsgefahren durch Stickoxide*. 2020. URL: <https://www.bund.net/themen/mobilitaet/schadstoffe/stickoxide/>.
- [2] Deutsche Bahn. *Open-Data-Portal*. 2020. URL: <https://data.deutschebahn.com/dataset/geo-strecke>.
- [3] Deutsche Bahn. *ICE 3: Der Schnelle*. 2020.
- [4] Deutsche Bahn. *Luftschadstoffkataster*. 2020. URL: <https://data.deutschebahn.com/dataset/luftschadstoffkataster>.
- [5] Open Source Geospatial Foundation. *Geoserver*. 2020. URL: <http://geoserver.org>.
- [6] Matt Walker.
- [7] welt.de. *Das ist Deutschlands chaotischste, störungsanfälligste Bahnstrecke*. 2020.