



TECO Research Group

Marcel Köpke
Matthias Budde
Till Riedel



PFLICHTENHEFT

Version 1.0

Visualizing & Mining of Geospatial Sensorstreams with Apache Kafka

Jean Baumgarten
Oliver Liu
Patrick Ries
Erik Wessel
Thomas Frank

27. Mai 2018

Inhaltsverzeichnis

1	Zielbestimmung	4
1.1	Musskriterien	4
1.1.1	Backend (Server)	4
1.1.2	Frontend (Webinterface)	4
1.2	Wunschkriterien	5
1.2.1	Backend (Server)	5
1.2.2	Frontend (Webinterface)	5
1.3	Abgrenzungskriterien	6
2	Produkteinsatz	7
2.1	Anwendungsbereiche	7
2.2	Zielgruppe	7
3	Produktumgebung	8
3.1	Software	8
3.1.1	Server	8
3.1.2	Client	8
3.2	Hardware	8
3.2.1	Server	8
3.2.2	Client	8
4	Funktionale Anforderungen	9
4.1	Pflichtanforderungen	9
4.1.1	Server	9
4.1.2	Webinterface	12
4.2	Wunschanforderungen	13
4.2.1	Server	13
4.2.2	Webinterface	13
5	Produktdaten	15
5.1	Server	15
5.2	Webinterface	15
6	Nichtfunktionale Anforderungen	16
7	Qualitätssicherung	18
7.1	Globale Testszenarien	18
7.1.1	Server	18

7.1.2	Webinterface	20
8	Systemmodelle	23
8.1	Anwendungsfälle	23
8.1.1	Bedienung des Webinterface	23
8.1.2	Bedienung der Konfigurations-GUI	24
8.2	Aktivitätsdiagramm	26
9	Benutzeroberfläche	28
9.1	Konfigurations-GUI	28
9.2	Webinterface	30
10	Anhang	35
10.1	Glossar	35

1 Zielbestimmung

Das Produkt dient der Verarbeitung und Darstellung von Sensordatenstreams. Durch die übersichtliche Visualisierung der Daten auf einer Karte wird die schnelle Analyse von großen Datenmengen ermöglicht und der Zeitaufwand wird minimiert.

Ein Hauptmerkmal unseres Produktes ist die Fähigkeit, zusätzlich zu Echtzeitdaten auch historische Datenbestände zu verarbeiten und zu exportieren.

1.1 Musskriterien

1.1.1 Backend (Server)

- MK1000** Der Server kann Sensordaten empfangen
- MK1010** Eingeführte Sensordaten werden gesichert
- MK1020** Neue Sensordaten werden zeitnah an alle Instanzen des Webinterfaces weitergeleitet und dargestellt
- MK1030** Der Dienst ist logisch modular aufgebaut und erlaubt das Ergänzen und Ersetzen von einzelnen funktionalen Modulen, wie z.B. verschiedene Exportformate, Zwischenmodule
- MK1040** Der Server verarbeitet und speichert Daten für spätere Verwendung
- MK1050** Der Server kann vorverarbeitete und gespeicherte Daten abrufen
- MK1060** Der Server unterstützt skalar- und vektorwertige Sensortypen
- MK1070** Der Server kann durch eine Konfigurations-GUI gesteuert werden
- MK1080** Der Server unterstützt das Filtern von ausgegebenen und angezeigten Daten

1.1.2 Frontend (Webinterface)

- MK2000** Das Webinterface unterstützt die rasterisierte Darstellung der Sensordaten auf einer Weltkarte in Form von vordefinierten Clustershapes
- MK2010** Das Webinterface unterstützt die Darstellung einer auf Deutschland beschränkten Ansicht

- MK2020** Der Nutzer kann die Karte in vordefinierten Detaillierungsgraden darstellen lassen
- MK2030** Der Nutzer kann aktuelle und historische Sensordaten über das Webinterface darstellen lassen
- MK2040** Der Nutzer kann die Sensordaten über das Webinterface herunterladen
- MK2050** Der Nutzer kann kürzlich beobachtete Daten als Wiederholung anzeigen lassen
- MK2060** Das Webinterface unterstützt die Darstellung von erweiterten Informationen bzgl. der Sensordaten in Form von Graphen
- MK2070** Die Standardsprache des Webinterfaces ist Englisch
- MK2080** Das Webinterface kann parallel von mehreren Nutzern aufgerufen und benutzt werden

1.2 Wunschkriterien

1.2.1 Backend (Server)

- WK1000** Der Server skaliert mit unterschiedlich großen Datenmengen
- WK1010** Der Server läuft auch mit fehlerhaften Daten stabil
- WK1020** Der Server überarbeitet im Leerlauf fehlerhafte Daten aus der Datenbank
- WK1030** Der Server unterstützt das Hinzufügen von neuen Anzeigesprachen für das Webinterface
- WK1040** Der Server unterstützt den Import von historischen Daten im NetCDF-Format und kann diese Daten problemlos verarbeiten

1.2.2 Frontend (Webinterface)

- WK2000** Die Genauigkeit der Darstellung von Clustern wird entsprechend der Zoom-Stufe angepasst
- WK2010** Die Approximation von Clustern führt nicht zu größeren Diskrepanzen oder Wartezeiten
- WK2020** Der Nutzer kann verschiedene Sensortypen an- bzw. ausschalten
- WK2030** Der Nutzer kann seine Ansicht als Favoriten abspeichern
- WK2040** Der Nutzer kann favorisierte Ansichten wiederherstellen
- WK2050** Der Nutzer kann Sensoren melden

- WK2060** Dem Nutzer wird darauf hingewiesen, wenn das Abrufen von Sensordaten nicht möglich ist
- WK2070** Enthält ein Cluster keine Sensoren, wird der Cluster nicht angezeigt
- WK2080** Der Nutzer kann zwischen einer automatischen und einer manuellen Aktualisierung von Echtzeitsensordaten wechseln
- WK2090** Der Nutzer kann eine Anzeigesprache auswählen
- WK2100** Die Anwendung speichert automatisch die Einstellungen und Favoriten des Nutzers über Browsersessions hinweg

1.3 Abgrenzungskriterien

- AK1000** Der Server speichert Sensordaten nicht auf unbegrenzte Zeit und in unbegrenzter Menge
- AK1010** Der Server speichert keine Daten von Nutzern und deren Aktivitäten/Interaktionen mit dem Webinterface
- AK1020** Der Datendurchsatz des Servers wird durch lokale Netzwerkgeschwindigkeiten beschränkt
- AK1030** Der Server ist nicht in der Lage, korrekte Vorhersagen zu erstellen
- AK1040** Der Server ist nicht in der Lage, Sensordaten von fehlerhaften Sensoren auszuwerten
- AK1050** Der Server ist nicht in der Lage, unbegrenzt viele Daten anzuzeigen und zu aktualisieren
- AK1060** Der Server ist nicht in der Lage, durch Störungseinflüsse veränderte Sensordaten zu erkennen
- AK1070** Der Server unterstützt keine weiteren Eingabeformate als Apache Kafka-Streams (und, falls **WK1040** erfüllt ist, NetCDF-Dateien)
- AK1080** Der Server unterstützt nicht das manuelle Hinzufügen von neuen Sensordaten

2 Produkteinsatz

Das Produkt ermöglicht es seinen Nutzern, Echtzeitdaten sowie archivierte Daten vieler Sensoren von unterschiedlichen Messgrößen abzurufen und darzustellen. Es bietet dem Nutzer hierfür eine moderne und intuitive webbasierte Bedienoberfläche. Weiterhin ermöglicht das Produkt dem Nutzer über eine öffentliche Schnittstelle den direkten Zugriff auf die Daten. Unter anderem können diese Daten als Archivdatei exportiert werden. Durch die modulare Architektur unseres Produkts werden vielseitige Einsatzmöglichkeiten außerhalb der Luftqualitätsmessung ermöglicht.

2.1 Anwendungsbereiche

- Analyse und Visualisierung von Sensordaten
- Archivierung von Sensordaten

2.2 Zielgruppe

- Personen, die Sensordaten auswerten und visuell darstellen wollen. Dazu gehören:
 - Wissenschaftler
 - Privatpersonen, die mit Sensoren arbeiten
- Personen, die Sensordaten sammeln und archivieren wollen
- generelle Bevölkerung, um Informationen über aktuelle Werte von Sensoren zu erhalten, z.B. über Luftverschmutzung, Temperatur usw.

3 Produktumgebung

Das Produkt ist intern in einer Master-Worker Rechnerarchitektur aufgebaut. Clients verbinden sich mit dem Server über einen Webbrowser.

3.1 Software

3.1.1 Server

- FROST Server liefert Sensordaten
- Apache Kafka speichert und verteilt Sensordaten
- Docker für die Containerumgebung
- Java-Anwendung mit Java 8
- Apache Tomcat als Webserver

3.1.2 Client

- Webbrowser, Referenzstandard Mozilla Firefox 57

3.2 Hardware

3.2.1 Server

- Containerumgebung (min. 1GB RAM, 10GB Festplattenspeicher, 2 CPU Kerne)

3.2.2 Client

- Standardrechner mit genügend Leistung für Firefox (min. 512MB RAM, 512MB Festplattenspeicher, 1.5GHz CPU)

4 Funktionale Anforderungen

4.1 Pflichtenanforderungen

4.1.1 Server

PF1000 Initialisierendes Starten

Beim ersten Aufruf wird der Nutzer aufgefordert, einen Kafka-Stream in die Konfigurations-GUI einzufügen. Die Gültigkeit dieses Streams wird überprüft. [PF1010]

Vorbedingung: Programm wird gestartet.

Nachbedingung: Das Programm ist einsatzbereit.

Fehlerbedingung: Das Programm kann nicht weiter genutzt werden. Der Nutzer wird erneut aufgefordert, einen Kafka-Stream einzufügen.

PF1010 Kontrollieren der Gültigkeit des Streams

Es wird eine Verbindung zu Kafka hergestellt und die syntaktische Korrektheit des Streams wird überprüft.

Vorbedingung: Ein Kafka-Stream wurde hinzugefügt. [PF1020]

Nachbedingung: Der Kafka-Stream wird vom Server akzeptiert.

Fehlerbedingung: Der Kafka-Stream wird nicht vom Server akzeptiert. Der Nutzer wird erneut aufgefordert, einen Kafka-Stream einzufügen.

PF1020 Einfügen eines Kafka-Streams

Ein Kafka-Stream kann in der Konfigurations-GUI eingefügt werden. Die Gültigkeit dieses Streams wird überprüft. [PF1010]

Vorbedingung: Das Programm ist gestartet.

Nachbedingung: Der Kafka-Stream wird dem Programm hinzugefügt.

Fehlerbedingung: Der Kafka-Stream wird nicht hinzugefügt. Der Nutzer kann erneut einen Kafka-Stream einfügen.

PF1030 Entfernen eines Kafka-Streams

Ein Kafka-Stream kann in der Konfigurations-GUI entfernt werden.

Vorbedingung: Es ist mindestens ein Kafka-Stream vorhanden.

Nachbedingung: Der Kafka-Stream wird aus dem Programm entfernt. Falls der letzte Stream entfernt wird, stoppt das Programm.

Fehlerbedingung: Der Kafka-Stream wird nicht entfernt. Dem Nutzer wird darauf hingewiesen.

PF1040 Importieren von NetCDF-Dateien

Eine NetCDF-Datei kann importiert werden, woraus ein Kafka-Stream erstellt wird. Dieser wird automatisch zum Programm hinzugefügt. [PF1020]

Vorbedingung: Das Programm ist gestartet.

Nachbedingung: Die Sensordaten werden verarbeitet.

Fehlerbedingung: Die Daten werden nicht importiert. Dem Nutzer wird eine Fehlermeldung angezeigt.

PF1050 Importieren von CSV-Dateien

Eine CSV-Datei kann importiert werden, woraus ein Kafka-Stream erstellt wird. Dieser wird automatisch zum Programm hinzugefügt. [PF1020]

Vorbedingung: Das Programm ist gestartet.

Nachbedingung: Die Sensordaten werden verarbeitet.

Fehlerbedingung: Die Daten werden nicht importiert. Dem Nutzer wird eine Fehlermeldung angezeigt.

PF1060 Sensoren in Tabellenansicht

Die einzelnen Sensoren eines Streams können in der Konfigurations-GUI in einer Tabelle angezeigt werden.

Vorbedingung: Es ist mindestens ein Kafka-Stream vorhanden.

Nachbedingung: Die Sensoren werden in einer Tabelle angezeigt.

Fehlerbedingung: Dem Nutzer wird eine Fehlermeldung angezeigt.

PF1070 Sensoren nach Parametern sortieren

Der Nutzer kann die Sensoren in der Tabellenansicht nach ihren Parametern sortieren.

Vorbedingung: Es werden Sensoren in der Tabelle aufgelistet.

Nachbedingung: Die Sensoren werden nach dem ausgewählten Parameter sortiert.

Fehlerbedingung: Dem Nutzer wird eine Fehlermeldung angezeigt.

PF1080 Aufteilung der Daten

Die Sensordaten werden in skalar- und vektorwertige Daten aufgeteilt.

Vorbedingung: Es ist mindestens ein Kafka-Stream vorhanden.

Nachbedingung: Die Sensordaten werden weiterverarbeitet.

Fehlerbedingung: Die Daten werden nicht aufgeteilt. Im Fehlerprotokoll wird ein Fehler vermerkt.

PF1090 Berechnung des Mittelwerts

Von den aufgeteilten Sensordaten werden Mittelwerte berechnet. [PF1080]

Vorbedingung: Sensordaten sind aufgeteilt.

Nachbedingung: Die Mittelwerte können an den Webdienst weitergeleitet werden.

Fehlerbedingung: Es werden keine Mittelwerte berechnet. Im Fehlerprotokoll wird ein Fehler vermerkt.

PF1100 Kafka-Streams werden aufgeteilt

Die Kafka-Streams werden auf verschiedene Worker-Dienste aufgeteilt um dort weiterverarbeitet zu werden.

Vorbedingung: Es ist mindestens ein Kafka-Stream vorhanden.

Nachbedingung: Die Daten sind erfolgreich aufgeteilt und werden verarbeitet.

Fehlerbedingung: Im Fehlerprotokoll wird ein Fehler vermerkt.

PF1110 Clustershape auswählen

Die Form der Cluster kann in der Konfigurations-GUI eingestellt werden. Die Standardform ist ein Rechteck.

Vorbedingung: Es ist mindestens ein Kafka-Stream vorhanden.

Nachbedingung: Das Clustershape wird angepasst.

Fehlerbedingung: Dem Nutzer wird eine Fehlermeldung angezeigt.

PF1120 Cluster berechnen

Anhand der Form des Clusters werden die Cluster berechnet und an den Webdienst weitergeleitet.

Vorbedingung: Es ist mindestens ein Kafka-Stream vorhanden.

Nachbedingung: Die Cluster werden an den Webdienst weitergeleitet.

Fehlerbedingung: Dem Nutzer wird eine Fehlermeldung angezeigt.

PF1130 Cluster werden an den Webdienst gesendet

Die Cluster werden an den Webdienst gesendet um im Webinterface dargestellt zu werden.

Vorbedingung: Clusterposition, Clustergröße und Clusterform wurden berechnet.

Nachbedingung: Die Cluster werden vom Webdienst entgegengenommen.

Fehlerbedingung: Im Fehlerprotokoll wird ein Fehler vermerkt.

PF1140 Export der Daten als NetCDF-Datei

Die Sensordaten aus einem bestimmten zeitlichen Intervall können im NetCDF-Format exportiert werden.

Vorbedingung: Es ist mindestens ein Kafka-Stream vorhanden.

Nachbedingung: Die Daten werden exportiert.

Fehlerbedingung: Dem Nutzer wird eine Fehlermeldung angezeigt.

PF1150 Export der Daten als CSV-Datei

Die Sensordaten aus einem bestimmten zeitlichen Intervall können im CSV-Format exportiert werden.

Vorbedingung: Es ist mindestens ein Kafka-Stream vorhanden.

Nachbedingung: Die Daten werden exportiert.

Fehlerbedingung: Dem Nutzer wird eine Fehlermeldung angezeigt.

4.1.2 Webinterface

PF2000 Mehrere Instanzen des Webinterfaces

Mehrere Instanzen des Webinterfaces können aufgerufen werden, sodass mehrere Nutzer gleichzeitig mit den Sensordaten arbeiten können.

Vorbedingung: Es ist mindestens ein Kafka-Stream vorhanden.

Nachbedingung: Mehrere Instanzen des Webinterfaces sind geöffnet.

Fehlerbedingung: Im Fehlerprotokoll wird ein Fehler vermerkt. Dem Nutzer des Webinterfaces wird eine Fehlermeldung angezeigt.

PF2010 Sensordaten werden auf der Karte dargestellt

Nachdem die Daten an den Webdienst gesendet wurden [PF1130], werden sie auf der Karte des Webinterfaces angezeigt.

Vorbedingung: Daten wurden an den Webdienst gesendet.

Nachbedingung: Die Daten werden im Webinterface angezeigt.

Fehlerbedingung: Im Fehlerprotokoll wird ein Fehler vermerkt. Dem Nutzer des Webinterfaces wird eine Fehlermeldung angezeigt.

PF2020 Echtzeitdaten

Der Nutzer kann sich die Echtzeitdaten für einen Cluster oder Sensor anzeigen lassen.

Vorbedingung: Es ist mindestens ein Kafka-Stream vorhanden.

Nachbedingung: Die Echtzeitdaten werden angezeigt.

Fehlerbedingung: Im Fehlerprotokoll wird ein Fehler vermerkt.

PF2030 Verschiedene Sensortypen darstellen

Die Darstellung wird in unterschiedliche Sensortypen aufgeteilt.

Vorbedingung: Es werden Sensordaten angezeigt.

Nachbedingung: Es werden Sensordaten zum Sensortyp angezeigt.

Fehlerbedingung: Im Fehlerprotokoll wird ein Fehler vermerkt.

PF2040 Verschiedene Clusterformen

Der Nutzer kann die Karte in unterschiedliche Clusterformen einteilen.

Vorbedingung: Es werden Sensordaten angezeigt.

Nachbedingung: Die Einteilung in eine Clusterform wird angezeigt.

Fehlerbedingung: Im Fehlerprotokoll wird ein Fehler vermerkt.

PF2050 Export von Daten

Der Nutzer kann die Daten im CSV oder NetCDF-Format exportieren.[PF1140]
[PF1150]

Vorbedingung: Es ist mindestens ein Kafka-Stream vorhanden.

Nachbedingung: Die Daten werden exportiert.

Fehlerbedingung: Dem Nutzer wird eine Fehlermeldung angezeigt.

PF2060 Wiederholung anzeigen

Auf dem Webinterface kann man Daten mithilfe eines Buttons als Wiederholung anzeigen lassen.

Vorbedingung: Es werden Sensordaten angezeigt.

Nachbedingung: Die Wiederholung wird angezeigt.

Fehlerbedingung: Im Fehlerprotokoll wird ein Fehler vermerkt. Dem Nutzer des Webinterfaces wird eine Fehlermeldung angezeigt.

PF2070 Detailansicht von Sensoren

Auf dem Webinterface kann man von einzelnen Sensoren eine Detailansicht ansehen um so nähere Informationen über den Sensor zu erhalten.

Vorbedingung: Es ist mindestens ein Kafka-Stream vorhanden.

Nachbedingung: Die Detailansicht wird angezeigt.

Fehlerbedingung: Im Fehlerprotokoll wird ein Fehler vermerkt. Dem Nutzer des Webinterfaces wird eine Fehlermeldung angezeigt.

PF2080 Statistiken anzeigen

Auf dem Webinterface kann man sich vorberechnete Statistiken anzeigen lassen.

Vorbedingung: Es ist mindestens ein Kafka-Stream vorhanden.

Nachbedingung: Die Statistiken werden angezeigt.

Fehlerbedingung: Im Fehlerprotokoll wird ein Fehler vermerkt.

PF2090 Zoomen in die Karte

Auf der Karte kann gezoomt werden. Die Cluster werden entsprechend angepasst.

Vorbedingung: Die Karte wird angezeigt.

Nachbedingung: Die gezoomte Ansicht wird angezeigt.

Fehlerbedingung: Im Fehlerprotokoll wird ein Fehler vermerkt.

4.2 Wunschanforderungen

4.2.1 Server

WF1000 Suche nach fehlerhaften Sensordaten

Der Dienst überprüft im Datenerhaltungssystem ob Sensordaten Outlier sein können.

Vorbedingung: Es ist mindestens ein Kafka-Stream vorhanden

Nachbedingung: Im Fehlerprotokoll wird ein Hinweis vermerkt. Fehlerhafte Daten werden angezeigt.

Fehlerbedingung: Nichts passiert.

4.2.2 Webinterface

WF2000 Favoriten

Der Nutzer kann seine Ansicht favorisieren um später schnell auf die Ansicht zu wechseln.

Vorbedingung: Die Karte wird angezeigt.

Nachbedingung: Der Favorit wird gespeichert.

Fehlerbedingung: Der Favorit wird nicht gespeichert. Dem Nutzer wird eine Fehlermeldung angezeigt.

WF2010 Sensoren melden

Der Nutzer kann einzelne Sensoren auf dem Webinterface melden. Dazu muss ein Grund angegeben werden.

Vorbedingung: Der Nutzer hat einen Sensor selektiert.

Nachbedingung: Im Fehlerprotokoll wird ein Hinweis vermerkt.

Fehlerbedingung: Nichts passiert.

WF2020 Leere Cluster

Falls ein Cluster keine Daten enthält wird ein leeres Cluster angezeigt.

Vorbedingung: Die Karte wird angezeigt.

Nachbedingung: Es wird ein leeres Cluster angezeigt.

Fehlerbedingung: Im Fehlerprotokoll wird ein Fehler vermerkt.

WF2030 Wiederholung pausieren

Der Nutzer kann die Wiederholung pausieren und wieder fortsetzen. **[PF2060]**

Vorbedingung: Die Wiederholung wird angezeigt.

Nachbedingung: Die Wiederholung wird pausiert/fortgesetzt.

Fehlerbedingung: Im Fehlerprotokoll wird ein Fehler vermerkt.

WF2040 Eigene Filter

Der Nutzer kann eigene Filter erstellen.

Vorbedingung: Es ist mindestens ein Kafka-Stream vorhanden.

Nachbedingung: Filteransicht.

Fehlerbedingung: Im Fehlerprotokoll wird ein Fehler vermerkt. Dem Nutzer des Webinterfaces wird eine Fehlermeldung angezeigt.

WF2050 Mehrere Sprachen

Die Anzeigesprache kann in mehrere Sprachen geändert werden.

Vorbedingung: Das Programm ist gestartet.

Nachbedingung: Sprache wird geändert.

Fehlerbedingung: Im Fehlerprotokoll wird ein Fehler vermerkt. Dem Nutzer des Webinterfaces wird eine Fehlermeldung angezeigt.

5 Produktdaten

5.1 Server

PD1000 Sensordaten

Apache Kafka speichert alle eintreffenden Sensordaten in einem persistenten Speicher.

Echtzeitsensordaten werden bis zu 1GB in dem Arbeitsspeicher gespeichert.

5.2 Webinterface

PD2000 Benutzerdefinierte Einstellungen

Beim Setzen von Favoriten und beim Verlassen der Browsersession werden folgende Daten gespeichert:

- Zoomstufe
- Lokalität
- Clustergruppe
- Clustershape
- Sensortyp
- an- bzw. ausgeschaltete Sensortypen

Alle anderen Daten, die für eine korrekte Darstellung benötigt werden, werden nicht persistent gespeichert, sondern nach Bedarf generiert.

6 Nichtfunktionale Anforderungen

NF1000 Anzeigesprache

Die Standardanzeigesprache des Webinterfaces ist Englisch.

NF1010 Parallele Zugriffe

Das Webinterface muss von bis zu 100 Nutzern gleichzeitig bedient werden können. Alle folgenden Anforderungen gelten nur für bis zu 100 parallele Nutzer. Für mehr Nutzer sind keine Leistungsgarantien gegeben.

NF1020 Sichtbare Cluster

Das Webinterface muss bis zu 1000 Cluster gleichzeitig anzeigen können. Alle folgenden Anforderungen gelten nur für bis zu 1000 sichtbare Cluster. Für mehr Cluster sind keine Leistungsgarantien gegeben.

NF1030 Zoomstufen

Das Webinterface muss je nach Ansicht 4 bis 5 unterschiedliche Zoomstufen unterstützen.

NF1040 Verzögerung von neuen Daten

Neue Echtzeitsensordaten werden innerhalb einer Minute verarbeitet und auf allen Instanzen der Webinterface angezeigt.

NF1050 Verzögerung von historischen und archivierten Daten

Historische und archivierte Daten, die eine große Datenmenge umfassen und/oder von einem persistenten Speicher geladen werden müssen, benötigen mehr Zeit zur Verarbeitung und Visualisierung. Für diese sind keine Leistungsgarantien gegeben.

NF1060 Speicherung von kürzlichen Echtzeitsensordaten

Kürzliche Echtzeitsensordaten werden bis zu einer Gesamtgröße von 1GB in dem Arbeitsspeicher gespeichert. Diese kürzlichen Daten können schneller abgerufen werden als ältere Daten und werden für die Wiederholungsansicht verwendet.

NF1070 Speicherung von älteren Echtzeitsensordaten

Alle an Apache Kafka angelegte Sensordaten werden von Apache Kafka in einem persistenten Speicher gespeichert. Die Größe des Speichers begrenzt die Menge der gespeicherten Daten.

NF1080 Skalierbarkeit

Der Server startet automatisch neue Worker-Container um Sensordaten

und Anfragen des Servers zu verarbeiten. Mindestens 10 Worker können je nach Bedarf gestartet und beendet werden.

NF1090 Stabilität

Der Server muss im normalen Betrieb problemlos mit unerwarteter Terminierung von einem oder mehreren Worker-Containern umgehen und innerhalb von fünf Minuten die ursprüngliche Rechenleistung wiederherstellen. Fehler in den Eingabedaten wie ungültige Werte oder Syntaxfehler führen nicht zu einem Absturz des Servers.

NF1100 Reaktionszeit

Das Webinterface muss innerhalb von zwei Sekunden auf Interaktionen des Nutzers reagieren. Falls der Webserver bis dahin nicht das erwünschte Ergebnis liefern kann, wird der Nutzer darauf hingewiesen.

NF1110 Ladezeiten der Darstellungselemente

Ein Zugriff auf das Webinterface lädt Darstellungselemente wie Clustershapes, Graphen und Buttons innerhalb von 5 Sekunden.

NF1120 Genauigkeit der Clusterberechnung

Die Approximation der Daten in Clustern darf nicht zu einer Abweichung über 5% von Ergebnissen einer akkuraten Berechnung führen.

NF1130 Geschwindigkeit der Clusterberechnung

Die Approximation der Daten in Clustern darf nicht mehr als 2 Sekunden dauern.

NF1140 Aktualisierungsgeschwindigkeit

Die Karte aktualisiert Echtzeitsensordaten alle 10 Sekunden.

7 Qualitätssicherung

Für die Komponententests unseres Systems verwenden wir grundsätzlich JUnit. Für weiterführenden Tests werden im folgenden Abschnitt Szenarien beschrieben.

7.1 Globale Testszenarien

7.1.1 Server

TI1000 Erstanwendung der Konfigurations-GUI mit Kafka Stream

Die Konfigurations-GUI wurde noch nie gestartet und es steht ein Kafka Stream namens 'TestStream' bereit.

Der Nutzer startet die Konfigurations-GUI, woraufhin diese ihn auffordert, den hinzuzufügenden Kafka Stream auszuwählen.

Der Nutzer schreibt 'TestStream' in das Feld des Popups und bestätigt.

Die Konfigurations-GUI akzeptiert den Stream und fügt ihn hinzu.

TI1010 Erstanwendung der Konfigurations-GUI ohne Kafka Stream

Die Konfigurations-GUI wurde noch nie gestartet und es steht kein Kafka Stream bereit.

Der Nutzer startet die Konfigurations-GUI, woraufhin diese ihn auffordert, den hinzuzufügenden Kafka Stream auszuwählen.

Der Nutzer schreibt 'TestStream' in das Feld des Popups und bestätigt.

Die Konfigurations-GUI akzeptiert den Stream nicht und fordert ihn erneut auf, den hinzuzufügenden Kafka Stream auszuwählen.

TI1020 Hinzufügen von zusätzlichen Streams zur Konfigurations-GUI mit Kafka Stream

Die Konfigurations-GUI ist gestartet, es ist ein Kafka Stream namens 'TestStream' hinzugefügt worden und es steht ein Kafka Stream namens 'TestStream2' bereit.

Der Nutzer wählt die Option 'Stream hinzufügen', woraufhin die Konfigurations-GUI ihn auffordert, den hinzuzufügenden Kafka Stream auszuwählen.

Der Nutzer schreibt 'TestStream2' in das Feld des Popups und bestätigt.

Die Konfigurations-GUI akzeptiert den Stream und fügt ihn hinzu.

TI1030 Hinzufügen von zusätzlichen Streams zur Konfigurations-GUI ohne Kafka Stream

Die Konfigurations-GUI ist gestartet, es ist ein Kafka Stream namens 'Test-Stream' hinzugefügt worden und es steht kein Kafka Stream bereit. Der Nutzer wählt die Option 'Stream hinzufügen', woraufhin die Konfigurations-GUI ihn auffordert, den hinzuzufügenden Kafka Stream auszuwählen.

Der Nutzer schreibt 'TestStream' in das Feld des Popups und bestätigt. Die Konfigurations-GUI akzeptiert den Stream nicht und fordert ihn erneut auf, den hinzuzufügenden Kafka Stream auszuwählen.

TI1040 Entfernen von Streams in der Konfigurations-GUI

Die Konfigurations-GUI ist gestartet und es ist ein Kafka Stream namens 'TestStream' hinzugefügt worden.

Der Nutzer wählt die Option 'Stream entfernen', woraufhin die Konfigurations-GUI ihn auffordert, den zu entfernenden Kafka Stream auszuwählen.

Der Nutzer schreibt 'TestStream' in das Feld des Popups und bestätigt. Die Konfigurations-GUI entfernt den Stream.

TI1050 Export einer Archiv-Datei in der Konfigurations-GUI

Die Konfigurations-GUI ist gestartet und es ist ein Kafka Stream namens 'TestStream' hinzugefügt worden.

Der Nutzer wählt die Option 'Export Stream', woraufhin die Konfigurations-GUI ihn auffordert, den Dateityp, das Verzeichnis und den Namen der zu exportierenden Archiv-Datei auszuwählen.

Der Nutzer wählt das Format

- NetCDF
- CSV

, wählt das Verzeichnis 'SensorExport' bzw. erstellt es, falls es noch nicht existiert, legt den Namen auf 'TestSensorExport' fest und bestätigt.

Die Konfigurations-GUI exportiert den Stream.

TI1060 Import einer Archiv-Datei in der Konfigurations-GUI

Die Konfigurations-GUI ist gestartet, es ist ein Kafka Stream namens 'Test-Stream' hinzugefügt worden und es existiert eine importierbare Archiv-Datei im Verzeichnis 'SensorExport' mit dem Namen 'TestSensorExport'.

Der Nutzer wählt die Option 'Import Stream', woraufhin die Konfigurations-GUI ihn auffordert, die zu importierenden Archiv-Datei auszuwählen.

Der Nutzer wählt die

- NetCDF
- CSV

Datei und bestätigt.

Die Konfigurations-GUI importiert den Stream.

TI1070 Clusterform in der Konfigurations-GUI festlegen

Die Konfigurations-GUI ist gestartet und es ist ein Kafka Stream namens 'TestStream' hinzugefügt worden.

Der Nutzer wählt die Option 'Select Clusterform', woraufhin die Konfigurations-GUI ihn auffordert, aus mehreren Möglichkeiten eine Form für die Cluster zu berechnen.

Der Nutzer wählt die

- Quadrat
- Hexagon

Form und bestätigt.

Die Konfigurations-GUI akzeptiert die neue Clusterform und berechnet Mittelwerte und Clusterpositionen neu.

7.1.2 Webinterface**TI2000 Darstellung des berechneten Mittelwertes im Webinterface**

Das Webinterface ist gestartet und es ist ein Kafka Stream namens 'TestStream' hinzugefügt worden. Die Ansicht des Webinterfaces ist auf Karlsruhe in Deutschland fokussiert.

Der Nutzer wählt alle Skalierungsstufen der Karte in sich entfernender Reihenfolge aus, woraufhin die berechneten Mittelwerte auf der Karte als Farbe der Cluster zu sehen sind.

TI2010 Darstellung von Clustern ohne Sensoren im Webinterface

Das Webinterface ist gestartet und es ist ein Kafka Stream namens 'TestStream' hinzugefügt worden. Die Ansicht des Webinterfaces ist auf Karlsruhe in Deutschland fokussiert. Es existiert ein Cluster ohne Sensoren in seinem Einflussgebiet, hier auch 'leerer Cluster' genannt.

Der Nutzer wählt alle Skalierungsstufen der Karte in sich entfernender Reihenfolge aus. Die Karte zeigt leere Cluster nicht an.

TI2020 Darstellung der tabellarischen Ansicht im Webinterface

Das Webinterface ist gestartet, es ist ein Kafka Stream namens 'TestStream' hinzugefügt worden. Die Ansicht des Webinterfaces ist auf Karlsruhe in Deutschland fokussiert.

Der Nutzer wählt in der Ansicht den tabellarischen Modus.

Daraufhin stellt das Webinterface die Sensordaten in einer geordneten Tabelle dar.

Der Nutzer selektiert dann den Parameter 'Name', woraufhin das Webinterface die Sensoren nach Namen alphabetisch sortiert.

TI2030 Benutzung mehrerer Webinterface-Instanzen

Das Webinterface ist nicht geöffnet, es ist ein Kafka Stream namens 'TestStream' hinzugefügt worden und im Browser sind Daten des Webinterfaces

gespeichert. Die Ansicht des Webinterfaces ist auf Karlsruhe in Deutschland fokussiert.

Der Nutzer öffnet das Webinterface für jede mögliche Ansicht einmal mehr in unterschiedlichen Tabs oder Fenstern des Browsers.

Das Webinterface lädt auf allen Instanzen zu Beginn die gleichen Ansichten.

Anschließend wählt der Nutzer pro Instanz verschiedene Ansichten.

Das Webinterface stellt pro Instanz eine Ansicht dar. Die Ansichten der Instanzen werden nach der Auswahl gleichzeitig angezeigt.

TI2040 Auswahl eines Sensortyps im Webinterface

Das Webinterface ist geöffnet und es ist ein Kafka Stream namens 'Test-Stream' hinzugefügt worden. Die Ansicht des Webinterfaces ist auf Karlsruhe in Deutschland fokussiert.

Der Nutzer wählt im Webinterface die darzustellenden Sensortypen aus. Er aktiviert nur den Sensortyp 'Feinstaub'.

Das Webinterface stellt daraufhin nur noch die Werte für 'Feinstaub'-Sensoren dar.

TI2050 Export einer Archiv-Datei aus dem Webinterface

Das Webinterface ist geöffnet und es ist ein Kafka Stream namens 'Test-Stream' hinzugefügt worden.

Der Nutzer wählt die Option 'Export Sensordata' und wählt das Format 'NetCDF', woraufhin das Webinterface den browserspezifischen Download-Dialog öffnet.

Der Nutzer wählt das Verzeichnis 'SensorExport' bzw. erstellt es, falls es noch nicht existiert, legt den Namen auf 'TestSensorExport' fest und bestätigt.

Der Nutzer wählt das Format

- NetCDF

, wählt das Verzeichnis 'SensorExport' bzw. erstellt es, falls es noch nicht existiert, legt den Namen auf 'TestSensorExport' fest und bestätigt.

Die Konfigurations-GUI exportiert den Stream.

TI2060 Wiederholungen im Webinterface anzeigen

Das Webinterface ist geöffnet und es ist ein Kafka Stream namens 'Test-Stream' hinzugefügt worden.

Der Nutzer wählt im Webinterface eine Zeit aus oder verschiebt den Zeitregler 1 Minute zurück.

Das Webinterface stellt daraufhin eine Wiederholung der Sensordaten von der Ausgewählten Zeit bis zum aktuellen Zeitpunkt dar.

Der Nutzer kann mit einem Klick auf den 'Pause' Knopf die Wiederholung anhalten. Drückt er anschließend wieder auf 'Play', läuft die Wiederholung weiter.

TI2070 Echtzeitdarstellung im Webinterface

Das Webinterface ist geöffnet, es ist ein Kafka Stream namens 'TestStream' hinzugefügt worden und das Webinterface zeigt eine Wiederholung an. Der Nutzer wählt 'Live' aus, woraufhin das Webinterface wieder die Echtzeitdaten darstellt und den Zeitregler wieder zurück auf 'Live' stellt.

TI2080 Detailansicht eines Sensors im Webinterface anzeigen

Das Webinterface ist geöffnet und es ist ein Kafka Stream namens 'TestStream' hinzugefügt worden.
Der Nutzer wählt in der Ansicht einen Sensor aus.
Das Webinterface stellt daraufhin eine detaillierte Auflistung der Sensoreigenschaften dar.

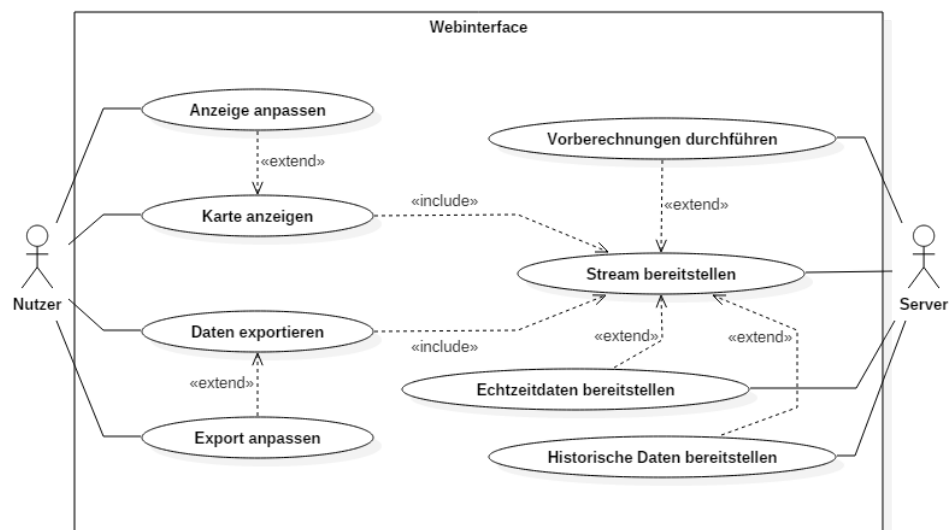
TI2090 Melden eines Sensors im Webinterface

Das Webinterface ist geöffnet und es ist ein Kafka Stream namens 'TestStream' hinzugefügt worden.
Der Nutzer wählt in der Ansicht einen Sensor aus und klickt auf die Schaltfläche 'Report Sensor'. Anschließend schreibt der Nutzer in das Feld 'Reason' den Grund des Meldens an. Hier ist dieser Grund 'TestReportReason'. Das Webinterface zeigt dem Nutzer daraufhin an, dass die Meldung des Sensors erfolgt ist und speichert sie ab.

8 Systemmodelle

8.1 Anwendungsfälle

8.1.1 Bedienung des Webinterface



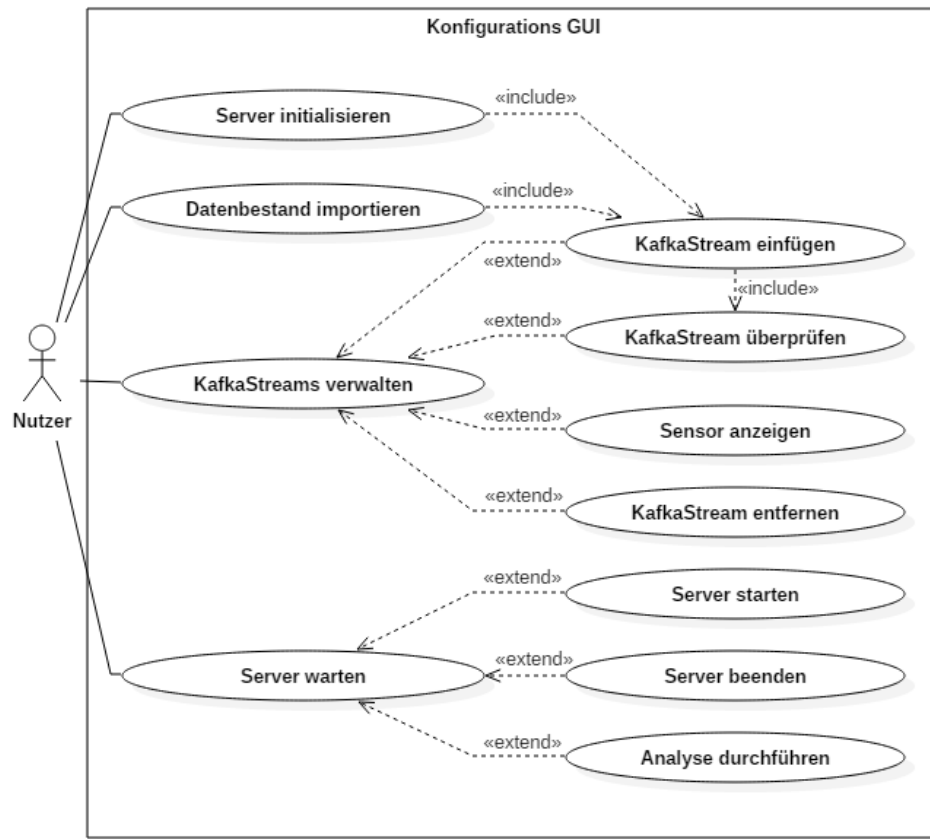
Dieser Anwendungsfall beschreibt die Bedienung des Webinterface. Dem Nutzer stehen folgende Aktionen zur Verfügung:

- Karte anzeigen
- Anzeige anpassen
- Daten exportieren
- Export anpassen

Nachdem der Nutzer auf das Webinterface zugreift, kann er sich die Karte anzeigen lassen. Diese visualisiert die Daten, welche vom Server durch Streams bereitgestellt werden. Diese können Echtzeit-, sowie historische Daten enthalten. Der Server führt im Hintergrund Vorberechnungen zur schnelleren Visualisierung durch. Die Anzeige der Karte, sowie des gesamten Interfaces lässt sich an die Wünsche des Nutzers anpassen, beispielsweise durch die Einbeziehung von Graphen zur besseren Darstellung. Die Datenbestände lassen sich herunterladen

und in das gewünschte Format exportieren. Durch Beschränkung der Datenmengen auf bestimmte Zeitintervalle, Datentypen und Wertebereiche kann der Export weiter angepasst werden.

8.1.2 Bedienung der Konfigurations-GUI



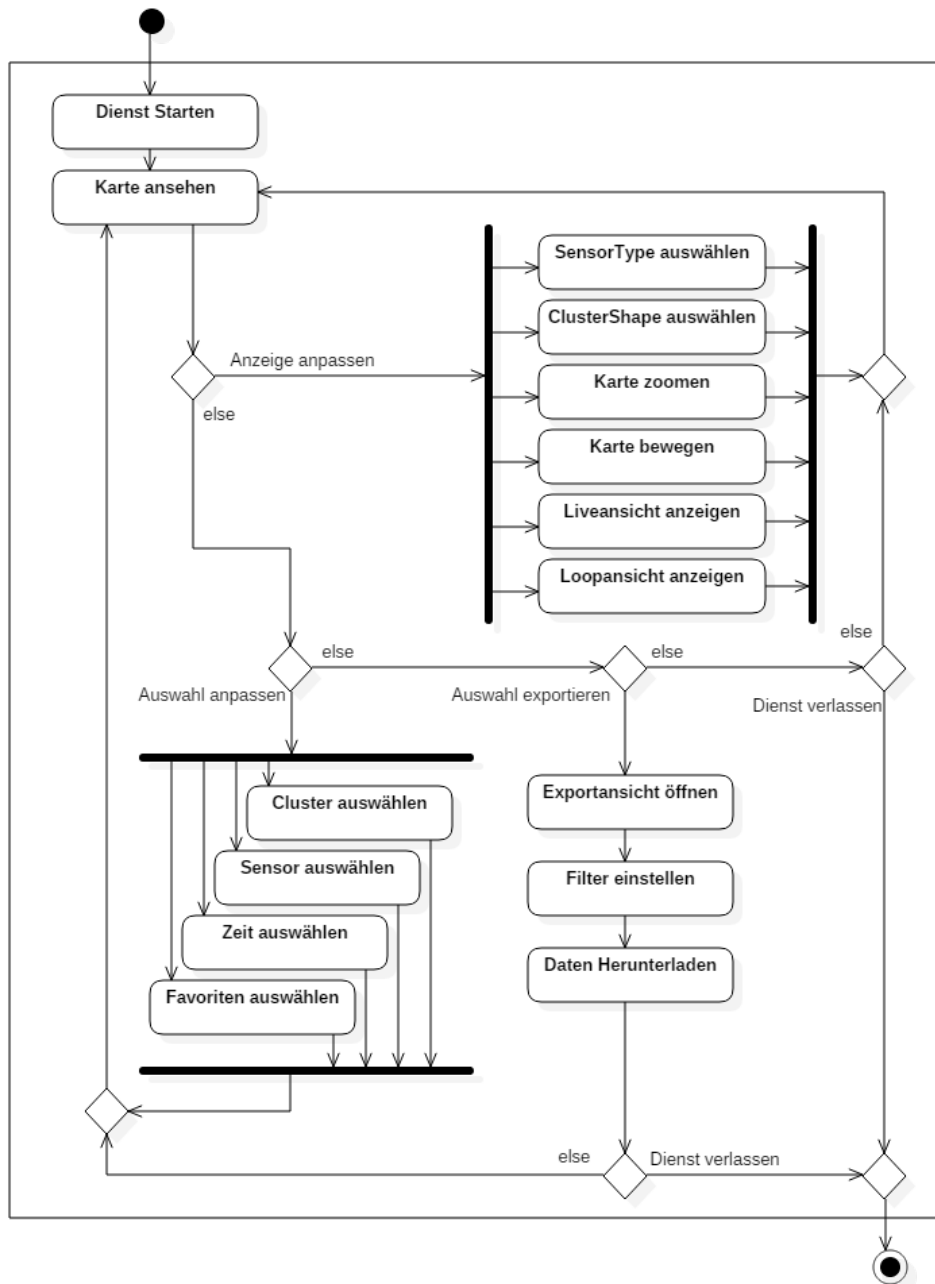
Dieser Anwendungsfall beschreibt die Bedienung der Konfigurations-GUI. Dem Nutzer stehen folgende Aktionen zur Verfügung:

- Server initialisieren
- KafkaStreams verwalten
- Datenbestand importieren
- Server warten

Um den Server und damit die Applikation zu starten, greift der Nutzer auf die Konfigurations-GUI zu. Er initialisiert den gestarteten Server, indem ein KafkaStream, bzw. ein Datenbestand eingefügt wird, welcher in einen Stream umgewandelt wird. Dieser wird daraufhin überprüft. Gibt es keine Probleme, so

können die Nutzer des Webinterfaces nun die Streams vom Server empfangen. Außerdem ist es nun möglich, die KafkaStreams auf dem Server zu verwalten. Man kann neue Streams hinzufügen, vorhandene entfernen und enthaltene Sensoren und Sensorendaten anzeigen. Weiterhin lässt sich der Server durch die Konfigurations-GUI warten. Man kann ihn starten, sowie beenden um Analysen durchzuführen und eventuelle Fehler zu beheben.

8.2 Aktivitätsdiagramm



Das Aktivitätsdiagramm beschreibt das Verhalten des Webdienstes, der durch das Laden der Dienstwebseite gestartet wird und durch Schließen des Tabs indem er geladen wurde wieder beendet wird.

Jegliche Interaktion mit dem Dienst findet auf derselben Ansicht statt. Es ist

keine Reihenfolge für die möglichen Aktionen vorgegeben. So kann unabhängig voneinander der Kartenbereich oder die Auswahl (Selektion) angepasst werden. Das gleiche gilt für das Anfordern eines Downloads allgemeiner oder selektierter Daten.

Die Kartendarstellung kann angepasst werden, sodass die gewünschte Anzeige erreicht wird:

- SensorType auswählen
- Clustershape auswählen
- Kartenbereich zoomen
- Kartenbereich verschieben
- Liveansicht anzeigen
- Loopansicht anzeigen

Hierbei handelt es sich bei der Liveansicht, um die aktuellen Daten, während der Loop eine Schleife über die letzten 24 Stunden anzeigt.

Die Selektion kann angepasst werden:

- Selektion eines Clusters
- Selektion eines Sensors
- Selektion eines Datums
- Favoriten als Selektion übernehmen

Wobei ein Favorit eine zuvor definierte Selektion aus Clustern auswählt.

Daten können exportiert werden. Dazu kann entweder die letzte Selektion verwendet werden. Alternativ wird über Filter der gewünschte Datensatz eingegrenzt. Darauf folgt dann der Download der Daten.

9 Benutzeroberfläche

Die folgenden Darstellungen sollen eine grobe Orientierung für die Benutzeroberflächen des Endprodukts geben. Diese können sich im Verlauf des Projektes noch ändern.

9.1 Konfigurations-GUI

Die Konfigurations-GUI soll einige Optionen bieten, die für reguläre Nutzer des Webinterface nicht verfügbar sein sollte.

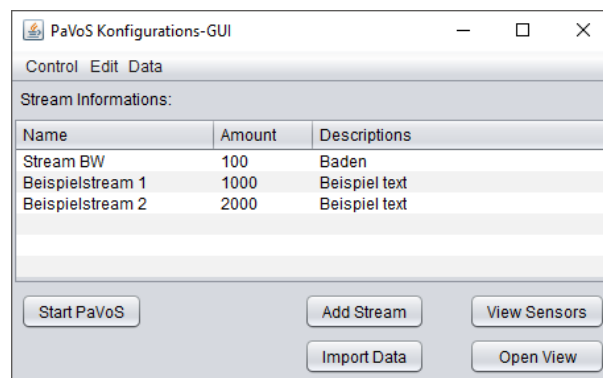


Abb. 9.1: Die Konfigurations-GUI zeigt die Streams des Dienstes an. Alle Funktionen sind in den Reitern enthalten. Wichtige Funktionen haben zusätzlich einen Button im unteren Bereich der GUI.

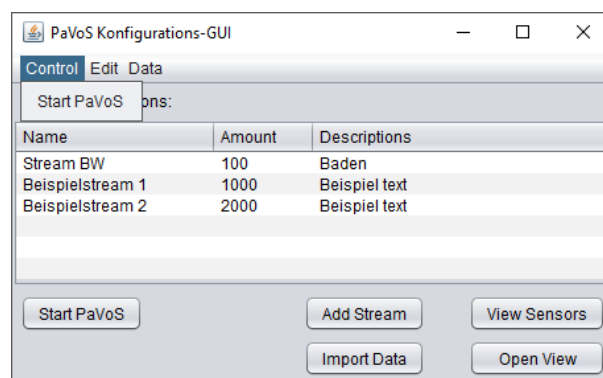


Abb. 9.2: Control-Reiter: Hier kann der Dienst gestartet und beendet werden.

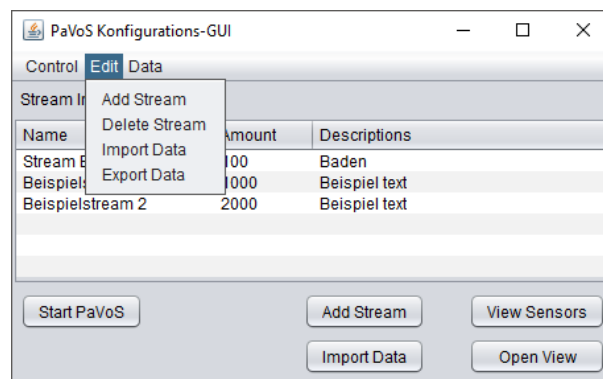


Abb. 9.3: Edit-Reiter: Dieser Reiter stellt die Funktionen zum hinzufügen oder entfernen der Streams bereit. Außerdem ist es hier möglich Daten zu importieren oder zu exportieren.

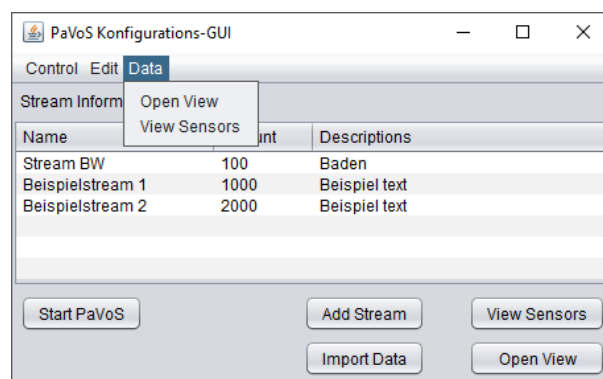


Abb. 9.4: Data-Reiter: Über den Data-Reiter kann eine Auflistung aller im System enthaltenen Sensoren angezeigt oder das Webinterface geöffnet werden.

9.2 Webinterface

Im Folgenden wird das Webinterface des Dienstes vorgestellt. Diese ist in den Grundzügen vergleichbar mit der von `maps.luftdaten.info`, bietet jedoch viele zusätzliche Funktionen an.

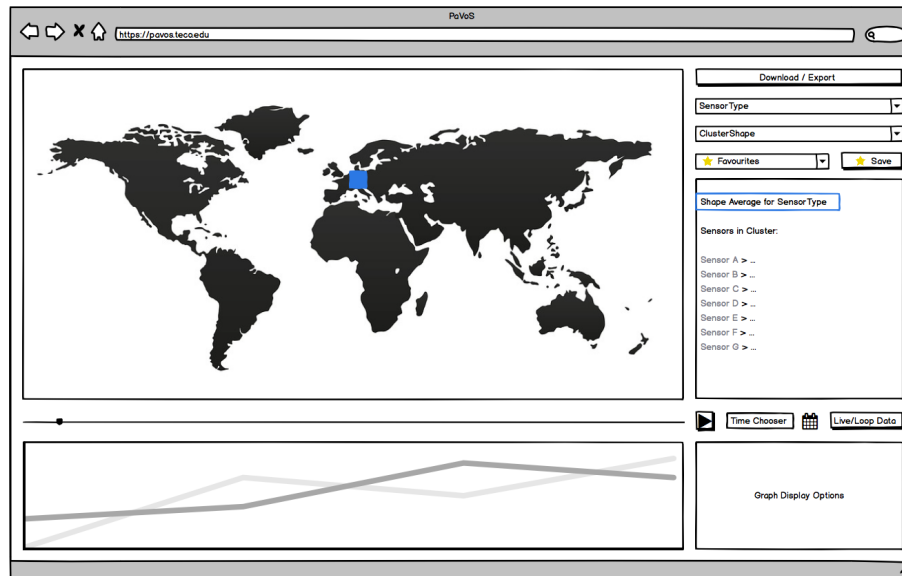


Abb. 9.5: Webinterface mit Weltansicht und ausgewähltem Cluster.

Dies ist der Startpunkt des Dienstes. Von hier aus können alle angebotenen Features bedient werden. Die Karte besteht aus einer Sammlung von Clustern, die - sofern Sensordaten darin enthalten sind - selektiert werden können, um detaillierte Daten einzusehen.

Hier ist auf der Karte ein Cluster selektiert. In der erweiterten Ansicht wird "Shape Average for SensorType" ausgewählt, so werden berechnete Durchschnittsdaten in der Detailansicht angezeigt.

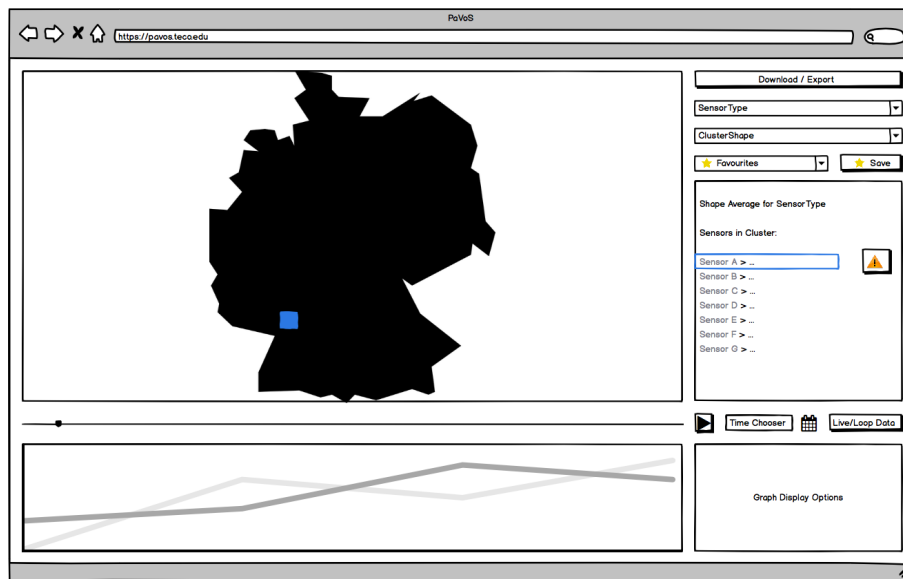


Abb. 9.6: Webinterface mit Deutschlandansicht und ausgewähltem Cluster.
Hier ist in der erweiterten Ansicht ein bestimmter Sensor selektiert, so werden seine historischen Daten in der Detailansicht angezeigt.

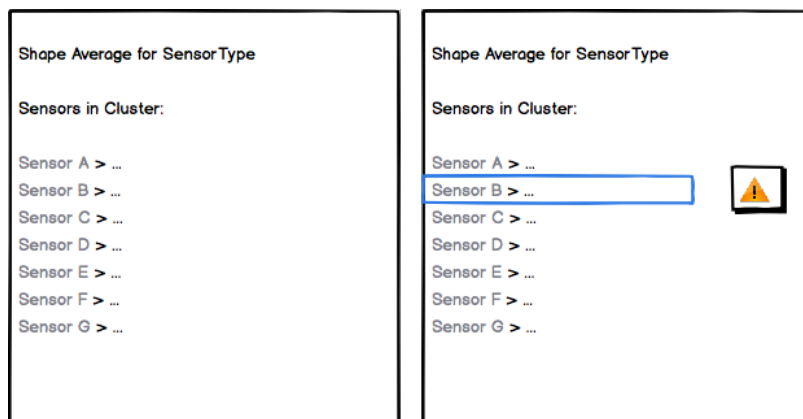


Abb. 9.7: Erweiterte Ansicht: Anzeige aller Sensoren innerhalb des ausgewählten Clusters (links). Jeder einzelne Sensor kann ausgewählt werden (rechts), um detaillierte historische Daten anzuzeigen (siehe Detailansicht). Ist ein Sensor ausgewählt, kann er von den Nutzer, unter Angabe eines Grundes, gemeldet werden, indem der Meldebutton genutzt wird (rechts von der Selektion).

The image shows two horizontal dropdown menus side-by-side. The left one is labeled 'SensorType' and the right one is labeled 'ClusterShape'. Both have a small downward-pointing arrow on their right side.

Abb. 9.8: Dropdown-Listen für den Sensortyp (SensorType) und die Form des Clusters (ClusterShape)

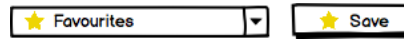
The image shows a dropdown menu labeled '★ Favourites' with a downward arrow, followed by a button labeled '★ Save'.

Abb. 9.9: Dropdown-Liste für die Favoriten und Button zur Speicherung der derzeitigen Selektion als neuer Favorit.

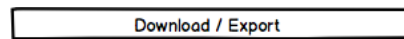
The image shows a single button with the text 'Download / Export' centered on it.

Abb. 9.10: Downloadbutton zum Export von Daten. Wird der Download angefordert, öffnet sich ein Formular, das die genaue Auswahl der gewünschten Daten ermöglicht.

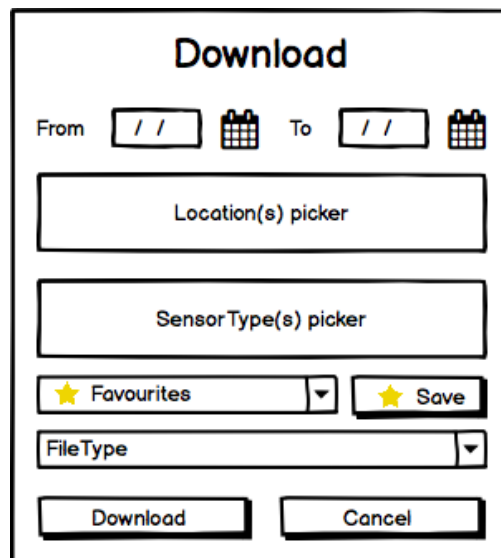
The image shows a dialog box titled 'Download'. It contains several fields: 'From' and 'To' date pickers (each with a calendar icon), a 'Location(s) picker' button, a 'SensorType(s) picker' button, a '★ Favourites' dropdown menu, a '★ Save' button, a 'FileType' dropdown menu, and finally 'Download' and 'Cancel' buttons at the bottom.

Abb. 9.11: Downloadformular zum Export von Daten. Wird der Download angefordert, wird immer zuerst der Download der derzeit ausgewählten Daten angeboten. Das Formular ermöglicht es dem Nutzer den Download nach Zeitintervallen, Lokalitäten und Sensortypen auf seine Bedürfnisse anzupassen. Alternativ können auch gespeicherte Favoriten ausgewählt, oder neue gespeichert werden.

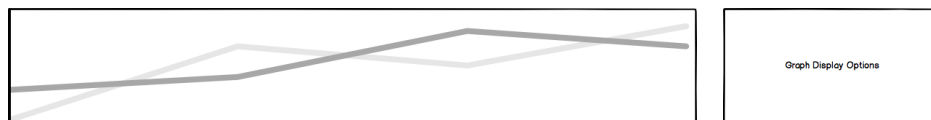


Abb. 9.12: Detailansicht: zeitlicher Verlauf spezifischer Sensordaten (Kann ein einzelner Sensor sein, oder der Schnitt eines Clusters). Zusätzlich können rechts Anzeigeeoptionen für den Graphen eingestellt werden.

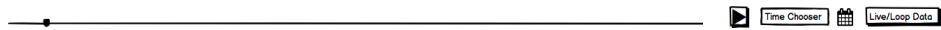


Abb. 9.13: Der Zeitregler dient dazu, historische Daten auf der Karte und der erweiterten Ansicht anzuzeigen. Befindet man sich in der Liveansicht, kann man in einen Loop wechseln, der historische Daten in einer Schleife anzeigt. Dieser kann mit dem Play/Pause Button jederzeit unterbrochen oder fortgesetzt werden. Es ist ebenfalls möglich einen gewünschten Zeitpunkt direkt einzugeben. Mit dem Liveansicht-Button kann jederzeit in wieder auf Livedaten gewechselt werden.

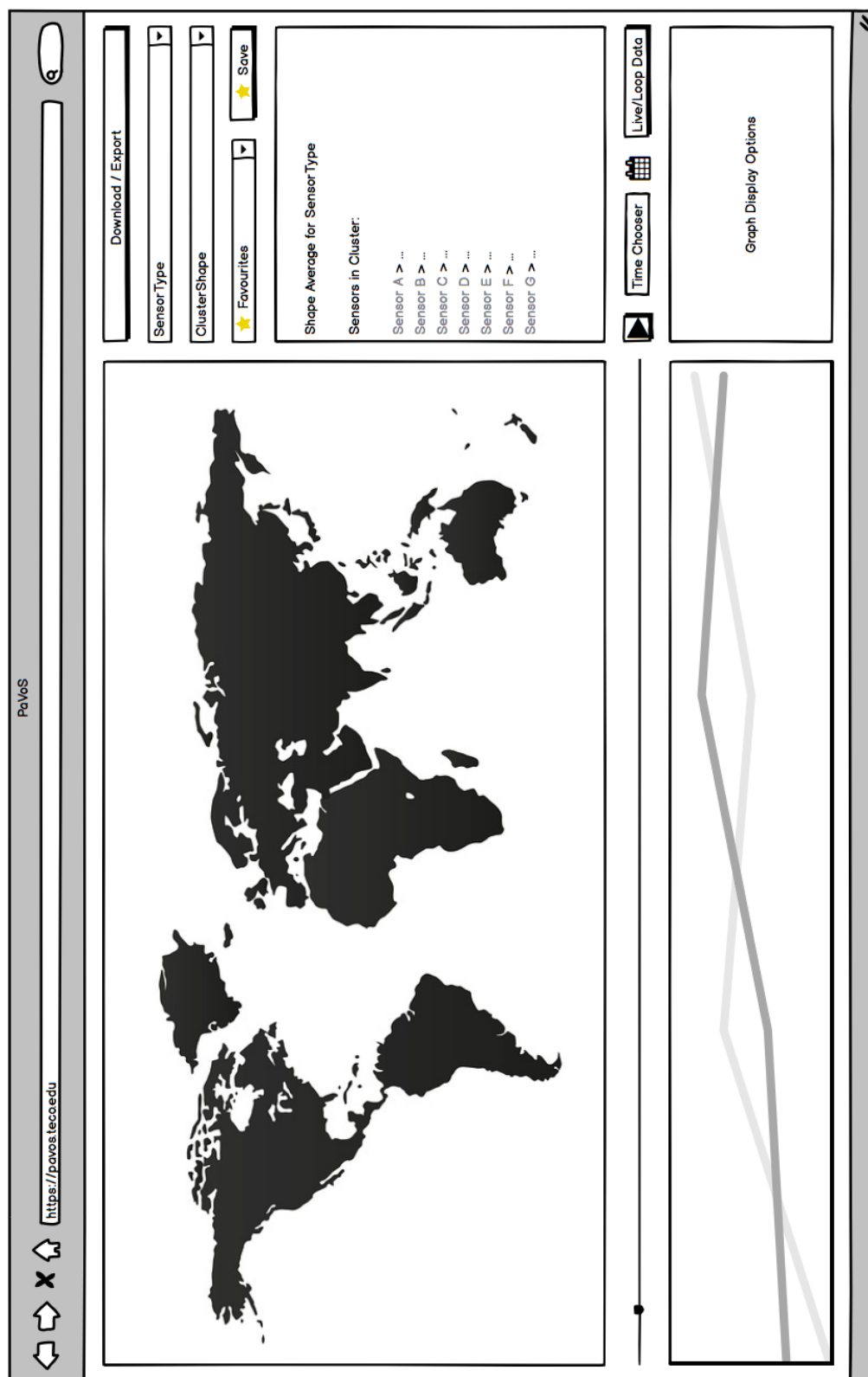


Abb. 9.14: Großansicht Webinterface mit Weltkarte

10 Anhang

10.1 Glossar

Apache Kafka Ein Open-Source-Project der Apache Software Foundation. Dient der Speicherung und Verarbeitung von großen Datenströmen.

Client Nimmt angebotene Dienste des Servers wahr.

Cluster Eine beliebig große räumliche Ballung und Zusammenfassung von Sensoren und den dazugehörigen Messwerten.

Clustershape Eine geometrische Form, die ein Cluster und darin enthaltene Sensoren überdeckt und durch seine Attribute, beispielsweise Färbung und Transparenz, Sensordaten darstellt.

Cookie Eine Textinformation, die durch eine Webseite beim Besucher abgelegt wird. Diese kann im weiteren Verlauf von der Seite verarbeitet werden, beispielsweise zum Abrufen von zuvor angegebenen Favoriten.

CSV Comma-separated values (.csv) ist ein Dateiformat und dient der Speicherung und dem Austausch einfach strukturierter Daten.

Datenstrom Ein kontinuierlicher Fluss von Datensätzen.

Filter Eine Beschränkung des Datenbestandes nach vorbestimmten Kriterien.

FROST Server Der Fraunhofer Open Source SensorThings API Server ist eine Implementierung des OGC Standards und ermöglicht die effiziente Verarbeitung von Sensordaten im Internet of Things.

Internet of Things Sammelbegriff für die Vernetzung von Gegenständen mit dem und durch das Internet.

Master-Worker Master-Worker ist ein hierarchisches Konzept für die Organisation und Verteilung von Aufgaben. Der Master hat dabei volle Kontrolle über die Worker, welche von diesem ihre Aufgaben zugeteilt bekommen.

MQTT Message Queue Telemetry Transport ist ein offenes Nachrichtenprotokoll für Maschine-zu-Maschine Kommunikation.

NetCDF Das Network Common Data Format (.nc, .cdf) ist ein standardisiertes Dateiformat für den Austausch wissenschaftlicher Daten.

OGC Das Open Geospatial Consortium, eine gemeinnützige Organisation die sich auf Standardisierungen bezüglich der computergestützten Verarbeitung insbesondere von Geodaten spezialisiert.

Outlier Ein Messwert oder ein Befund, der nicht in eine erwartete Messreihe passt.

Raster Eine Aufteilung der Karte in Clustershapes zur besseren Visualisierung.

Sensor Ein technisches Bauteil, dass physikalische oder chemische Eigenschaften seiner Umgebung qualitativ oder quantitativ erfassen kann.

Sensortyp Die Art des Messwerts, der durch einen Sensor erfasst wird, beispielsweise Feinstaub, Temperatur, Luftfeuchtigkeit oder Windstärke.

Server Ein Computer/Computerprogramm, dass Dienstprogramme, Daten oder andere Ressourcen für Clients bereitstellt.

Webinterface Eine Programmschnittstelle, die über einen Internetbrowser angesprochen werden kann.