



Seminararbeit

Ausarbeitung InfluxDB und Wetterdaten

Erstellt von:

Henrik Mertens
Hatzfelder Str 25
33104 Paderborn

Prüfer:

Prof. Dr. Ulrich. Reus

Eingereicht am:

30. Juni 2022

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	VI
Listingverzeichnis	VII
1 Einleitung	1
1.1 Zielsetzung	1
1.2 Aufbau und Vorgehensweise	1
2 Grundlagen	2
2.1 Time Series Data	2
2.2 Aufbau von Time Series Datenbanken	3
2.3 Unterschiede zwischen Time Series und relationalen Datenbanken	3
2.4 Verbreitete DBMS	4
2.5 Entwicklungsumgebung	4
2.5.1 Docker und Docker Compose	5
2.5.2 Python und Jupyter Notebooks	5
3 InfluxDB	7
3.1 InfluxDB Installation	7
3.2 Daten einfügen	8
3.3 Daten abrufen und visualisieren	9
3.4 Python Library	10
3.5 Wetterdaten	11
3.5.1 Wetterdaten Aufbau	11
3.5.2 Wetterdaten abrufen	14
3.5.3 Wetterdaten verarbeiten	14
4 Kritische Auseinandersetzung	16
5 Zusammenfassung	16
6 Schlussfolgerung und Fazit	16
Anhang	17

Quellenverzeichnis	27
Ehrenwörtliche Erklärung	30

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: DB-Engines Ranking	19
Abbildung 2: InfluxDB Dashboard	21
Abbildung 3: InfluxDB Load Data Source	22
Abbildung 4: InfluxDB Load Data Bucket	23
Abbildung 5: InfluxDB Load Data Bucket hinzufügen	23
Abbildung 6: InfluxDB Load Data API Tokens	24
Abbildung 7: InfluxDB Load Data API Token hinzufügen	25
Abbildung 8: InfluxDB Query Builder	25
Abbildung 9: InfluxDB Graph	26

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bedeutung der CSV Felder	13
Tabelle 2: Bedeutung Stationstabellen Felder	13

Listingverzeichnis

Listing 1: InfluxDB Line Protokoll Quelle: Influxdata (2022d)	8
Listing 2: Wetterdaten CSV Quelle: DWD Wetterdaten CSV Download	12
Listing 3: InfluxDB Python Daten schreiben Quelle: Influxdata (2022f)	18
Listing 4: InfluxDB Python Daten lesen Quelle: Influxdata (2022f)	18
Listing 5: InfluxDB Flux Beispiel Quelle: Influxdata (2022f)	20

1 Einleitung

1.1 Zielsetzung

Das Ziel dieser Arbeit ist es, eine Einführung in die Funktion von Time Series Database (TSDB) zu geben. Dazu wird beispielhaft an den Temperaturdaten des Deutschen Wetterdienstes (DWDs) gezeigt, wie mit einer TSDB gearbeitet werden kann. Als Datenbank wird InfluxDB genutzt.

1.2 Aufbau und Vorgehensweise

Im Grundlagenteil dieser Arbeit werden die Grundlagen von Time Series Data und TSDB erläutert. Des Weiteren wird erklärt, was eine TSDB ist und wie sich diese von Relational Database Management System (RDBMS) unterscheidet. Außerdem wird kurz die für die Entwicklungsumgebung notwendige Software Docker und Jupyter Notebooks, erklärt.

Im nächsten Kapitel wird gezeigt, wie mit InfluxDB gearbeitet werden kann. Dazu wird das für InfluxDB wichtige Line Protokoll vorgestellt. Außerdem wird gezeigt, wie die abgerufenen Daten mit InfluxDB visualisiert werden können. Als Daten werden die Wetterdaten des DWDs genutzt, welche auch in diesem Kapitel erklärt und vorgestellt werden.

Im letzten Kapitel folgt eine kurze Zusammenfassung der Arbeit und der wichtigsten Informationen zu TSDB.

2 Grundlagen

In diesem Kapitel werden die Grundlagen von TSDB und Time Series Data erklärt. TSDB gehört zu den Not only Structured Query Language (SQL) (NoSQL) Datenbanken und ist besonders darauf optimiert, mit Time Series Data zu arbeiten. Dadurch kann sie große Mengen an Time Series Data verarbeiten, durchsuchen und speichern.¹

2.1 Time Series Data

Um TSDB zu verstehen, muss als erstes geklärt werden, was Time Series Data überhaupt sind und wie sie sich von anderen Daten unterscheiden. Wie der Name schon impliziert, sind Time Series Data eine Reihe von Daten, die über einen Zeitraum gesammelt worden sind. Es wird also nicht nur der Endwert aufgezeichnet, sondern die Veränderung über einen Zeitraum. Diese Daten können z.B. Servermetriken, Netzwerkdaten, Internet of Things (IOT), Sensordaten, Ereignisse, Klicks, Marktgeschäfte und viele andere Arten von Daten sein. Time Series Data können gut daran erkannt werden, dass die Zeit eine wichtige Achse bei der Darstellung der Werte ist.²

Manchmal ist es nicht notwendig, alle Daten zu erfassen. Zum Beispiel wird in vielen Anwendungen nur der letzte Login gespeichert. Mehr ist auch für die Funktion nicht notwendig. Allerdings können zusätzliche Informationen gewonnen werden, wenn nicht nur der letzte Datenpunkt, sondern die Veränderung über einen Zeitraum aufgezeichnet wird. So kann zum Beispiel festgestellt werden, wie oft und wann sich der Kunde eingeloggt hat und ob es dabei ein Muster gibt. Anhand dieser Daten können Kunden dann kategorisiert werden.³

Eine weitere Besonderheit von Time Series Data ist, dass sie sich nicht verändern. Wenn die Daten einmal erfasst wurden, wird an ihnen nichts mehr verändert. Es werden nur neue Daten hinzugefügt.⁴

¹vgl. ComputerWeekly.de, Redaktion (2021)

²vgl. Dix, Paul (2021), S. 1 ff.

³vgl. Data-Science-Team (2020)

⁴vgl. Fangman, Sam (2019)

2.2 Aufbau von Time Series Datenbanken

TSDB sind darauf ausgelegt, Key Value Paare zu speichern. Der Key in einem Key Value Datensatz ist ein Wert, über den die Value referenziert wird. Im Value Teil werden die Daten zum dazugehörigen Key gespeichert. Der Wert des Value kann ein primitiver Datentyp sein oder auch ein Objekt, das in einen primitiven Datentyp umgewandelt worden ist.⁵

Ein Datenpunkt in einer Time Series Database besteht aus mehreren Key Value Paaren. Einige dieser Key Value Paare sind sogenannte Tags. Diese Tags sind Werte, die sich zwischen den Datenpunkten nicht verändern, wie zum Beispiel die Position eines Sensors oder die Kundennummer eines Kunden, der sich gerade eingeloggt hat. Anhand dieser Tags können die Datenpunkte durchsucht werden. Die eigentlichen Messwerte des Sensors oder andere Daten, die erfasst werden sollen, werden auch als Key Value Paar gespeichert. Zum Beispiel wird als Name „Temperatur“ und als Wert „25,2“ angegeben. Ein Datenpunkt kann mehrere Messwerte haben. Außerdem wird jeder Datenpunkt mit einem Timestamp versehen, nach welchem er indexiert wird.⁶ Eine gute Veranschaulichung, wie die Daten in einer TSDB aufgebaut sind, zeigt das InfluxDB Line Protokoll in Listing 1.

2.3 Unterschiede zwischen Time Series und relationalen Datenbanken

Um Time Series Data zu speichern, ist es nicht unbedingt erforderlich, eine TSDB zu nutzen. Auch relationale Datenbanken können Time Series Data speichern. Einer der wichtigsten Unterschiede zwischen einer TSDB im Gegensatz zu einem RDBMS ist es, dass kein Datenbank Schema benötigt wird. Wenn Time Series Daten in eine relationale Datenbank geschrieben werden sollen, müssen erst entsprechende Tabellen angelegt werden, in denen die Daten immer im gleichen Format abgelegt werden müssen. Im Gegensatz dazu können in einer TSDB die Daten einfach schemafrei in die Datenbank geschrieben werden. Ein weiterer Vorteil ist, dass TSDB im Gegensatz zu relationalen Datenbanken besser und einfacher skaliert werden können.⁷

⁵vgl. Seeger, Marc (2009)

⁶vgl. hazelcast (2022)

⁷vgl. Influxdata (2021c)

TSDB haben jedoch nicht nur Vorteile. Wie in Abb. 1 zu sehen, sind sie viel weniger verbreitet, als nicht zeit basierte Datenbank Systeme. Dadurch gibt es viel weniger Entwickler, die Erfahrungen mit TSDB haben. Auch das Ökosystem um die Datenbank ist deutlich kleiner. Außerdem sind RDBMS dadurch, dass es sie viel länger gibt, sehr stabil und sehr gut unterstützt.⁸

RDBMS arbeiten nach dem Create, Read, Update, Delete (CRUD) Prinzip, welches für Time Series Data nicht optimal ist. Auf Time Series Data werden keine Update Befehle durchgeführt, da neue Daten immer nur angehängt werden. Auch das Löschen von Daten wird nicht sehr häufig durchgeführt und im Gegensatz zu RDBMS meistens gleichzeitig auf einer großen Menge an Datensätzen. TSDB sind auf diese Besonderheiten optimiert und daher besser dafür geeignet, mit Time Series Data zu arbeiten und weisen auch eine höhere Performance auf.⁹

2.4 Verbreitete DBMS

Aktuell gibt es wie in Abb. 1 zu sehen, einige beliebte Multi-Model Datenbanken, die als TSDB genutzt werden können. So können Datenbanken wie MongoDB, Redis, Teradata und Couchbase mit Time Series Daten arbeiten. Die erste reine TSDB im Ranking ist InfluxDB auf Platz 29.¹⁰

Allerdings haben Datenbanken, die nur auf das Verarbeiten von Time Series Data ausgelegt sind, deutliche Performance Vorteile gegenüber Multi-Model Datenbanken. In einem Vergleich von InfluxDB und MongoDB, hat InfluxDB eine 2,4 mal bessere Schreibperformance als MongoDB und ist beim Lesen sogar 5,7 mal schneller. InfluxDB benötigt außerdem 20 mal weniger Speicherplatz auf der Festplatte, um die gleiche Menge an Daten zu speichern.¹¹

2.5 Entwicklungsumgebung

Um mit InfluxDB zu arbeiten, wird eine Umgebung zum Ausführen von Docker Containern benötigt, in welcher InfluxDB und Jupyter Notebooks betrieben werden können.

⁸vgl. Influxdata (2021c)

⁹vgl. Influxdata (2021c)

¹⁰vgl. solid-IT-gmbh (2022)

¹¹vgl. Hajek Vlasta Pour Ales, Kudibal Ivan (2019)

Der eigentliche Code wird dann in Jupyter Notebooks mit Python entwickelt. Die Grundlagen über die eingesetzten Tools und Techniken werden in diesem Kapitel grob erläutert.

2.5.1 Docker und Docker Compose

Docker ist eine Software für das Erstellen und Verwalten von Containern. Mit Docker ist es möglich, Anwendungen samt ihrer Umgebung in einer Einheit zusammenzufassen, sodass diese einfach auf anderen Systemen ausgeführt werden können. Dabei hat jeder Container ein eigenes Dateisystem und ein eigenes Betriebssystem. Allerdings teilen sich Container und Hostsystem den Kernel des Hostsystems. Dadurch hat diese Art der Virtualisierung deutlich weniger Overhead als andere Virtualisierungstechniken. Zusätzlich wird das Betriebssystem innerhalb des Containers maximal reduziert, sodass nur noch benötigte Komponenten vorhanden sind. Es ist wichtig, dass immer nur möglichst eine Anwendung in einem Container ausgeführt wird. Durch die Virtualisierung sind die einzelnen Container voneinander getrennt.¹²

Allerdings bestehen einige Anwendungen aus mehreren Komponenten. Diese können durch mehrere Docker Container abgebildet werden. Um die Verwaltung von mehreren Containern zu erleichtern, kann Docker Compose eingesetzt werden. Mithilfe von Docker Compose können größere Umgebungen in einem Compose File verwaltet werden. Hier werden die Umgebungsvariablen, Container-Images oder Dockerfiles, Ports, Storage und weiteres in einer Datei definiert. Mithilfe dieser Definition kann Docker Compose eine komplexe Umgebung mit nur einem Befehl initialisieren.¹³

2.5.2 Python und Jupyter Notebooks

Python ist eine universelle, prozedurale und imperative Programmiersprache, die 1994 in der ersten Version veröffentlicht wurde. Der Name ist eine Huldigung an Monty Python und wurde nicht nach einer Schlange benannt, auch wenn das Logo eine Schlange ist. Python ist unter der freien PFS Lizenz lizenziert, wodurch es auch in kommerziellen Anwendungen genutzt werden kann. Python ist eine interpretierte Sprache. Das heißt, dass sie nicht zu einer ausführbaren Datei kompiliert wird, sondern von einem Interpreter

¹²vgl. Stender, Daniel (2020), S. 54 ff.

¹³vgl. Stender, Daniel (2020), S. 151 ff.

interpretiert wird. Außerdem ist Python eine unter Programmieranfängern sehr beliebte Sprache, die auch sehr viel in den Bereichen Data-Science, Deep-Learning, Naturwissenschaften und Linux Systemprogrammierung eingesetzt wird.¹⁴

Jupyter Notebooks ist eine webbasierte Open-Source Anwendung mit dem Ziel, Code in den Sprachen Python, R, und Julia einfach schreiben, bearbeiten, auszuführen und teilen zu können. Ein Notebook besteht immer aus Zellen. Eine Zelle kann Code oder Markdown formatierten Text anzeigen. Jede Zelle kann einzeln ausgeführt werden. Dadurch kann ein Programm sehr einfach und verständlich dargestellt und erklärt werden. Es ist auch möglich, neue Notebooks und Dateien im Webinterface von Jupyter Notebooks selbst anzulegen.¹⁵

¹⁴vgl. Stender, Daniel (2020), S. 66 ff.

¹⁵vgl. Silaparasetty, Nikita (2020), S. 91 ff.

3 InfluxDB

InfluxDB ist eine in Go geschriebene Open-Source TSDB, die darauf ausgelegt ist, mit einer großen Menge an Time Series Data zu arbeiten.¹⁶ Im weiteren Verlauf dieses Kapitels wird am Beispiel von Wetterdaten gezeigt, wie mit InfluxDB gearbeitet wird. InfluxDB stellt für die Integration in eigene Anwendungen ein HyperText Transfer Protocol (HTTP) Application Programming Interface (API) zur Verfügung, für welches es in vielen Programmiersprachen Client Librarys gibt. Außerdem wird ein Webinterface und ein Command Line Interface (CLI) bereitgestellt.¹⁷

3.1 InfluxDB Installation

Bevor InfluxDB genutzt werden kann, muss es als erstes installiert werden. Am einfachsten ist dies über Docker möglich. Dazu ist es notwendig, dass Docker und Docker Compose auf dem System installiert sind. Mit Docker Desktop lassen sich die beide Tools am einfachsten installieren. Im Anhang dieser Arbeit befindet sich im Ordner „Docker“ eine Docker Compose Datei mit dem Namen „docker-compose.yml“. Zum starten der benötigten Container ist es am einfachsten, mit einem Terminal (Powershell, xterm usw.) in den Docker Ordner zu wechseln und den Befehl „docker compose up -d“ auszuführen. Jetzt beginnt Docker damit, die notwendigen Images herunterzuladen und zu bauen. Wenn der Befehl ohne Fehler ausgeführt worden ist, wurde InfluxDB erfolgreich installiert und kann über die Uniform Resource Locator (URL): `http://localhost:8086` aufgerufen werden. Die Login Daten sind als Umgebungsvariable in Docker Compose definiert und lauten: „admin“ „e1LjSYaFbzbJeIBC“.

Außerdem wurde mit diesem Befehl auch ein Jupyter Notebook in einem Docker Container gestartet. Auf diesen Container kann über die URL: `http://localhost:8888/` zugegriffen werden. Das Passwort lautet „fhdw“. Im Ordner „work“ befinden sich die Notebooks mit den in dieser Arbeit beschriebenen Codes.

¹⁶vgl. solid-IT-gmbh (2022)

¹⁷vgl. Influxdata (2022a)

3.2 Daten einfügen

In InfluxDB werden Daten immer in Buckets gespeichert. Um Daten hochzuladen, muss zunächst ein Bucket angelegt werden. Dazu gibt es zwei Möglichkeiten. Die einfachste ist es, über das Web User Interface (UI) von InfluxDB einen neuen Bucket anzulegen. Dazu muss nach dem Login der Navigationspunkt „Data“ und der Reiter „Buckets“ ausgewählt werden. Hier kann dann mit dem Button „Create Bucket“ ein neuer Bucket angelegt werden. Dabei kann noch eine Lebensdauer für die Daten ausgewählt werden, nach welcher die jeweiligen Datenpunkte gelöscht werden.¹⁸

Daten werden immer nach dem InfluxDB Line Protokoll formatiert an die Datenbank gesendet. Das Protokoll ist wie in Listing 1 dargestellt aufgebaut. Im ersten Teil des Line Protokolls wird der Name des Datenpunktes angegeben. Das kann zum Beispiel der Name des Sensors sein oder der Ort, an dem der Messwert aufgenommen wurde. Es ist wichtig, dass Groß- und Kleinschreibung beachtet wird und Unterstriche nicht genutzt werden dürfen. Sonderzeichen müssen mit einem Backslash maskiert werden. Nach dem Namen kommen, getrennt durch ein Komma, die Tags des Datenpunktes. Tags werden indexiert und dazu genutzt, Datenpunkte zu durchsuchen. Auch Tags werden als Key Value Paar angegeben. Hier sollen Metadaten wie zum Beispiel der Standort des Sensors oder der Name des Servers eingetragen werden, die zum Datenpunkt gehören. Die Messwerte sind mit einem Leerzeichen von den Tags abgegrenzt und bestehen aus durch Kommas getrennten Key Value Feldern. Der letzte Wert einer Zeile ist der Unix Timestamp in Millisekunden. In einer Datei oder Anfrage kann es mehrere Zeilen mit Daten geben.¹⁹

Listing 1: InfluxDB Line Protokoll Quelle: Influxdata (2022d)

```
measurementName,tagKey=tagValue fieldKey="fieldValue" 1465839830100400200
-----
|           |           |           |
Measurement Tag set      Field set   Timestamp
                        (Messwerte)
```

Die im Line Protokoll formatierten Daten können jetzt entweder mithilfe eines Rest Requests oder des InfluxDB CLI in die Datenbank übertragen werden. Um diese Anfragen zu autorisieren, muss ein API Token mitgesendet werden.²⁰ Um einen Token zu

¹⁸vgl. Abb. 2, Abb. 3, Abb. 4, Abb. 5

¹⁹vgl. Influxdata (2022d)

²⁰vgl. Influxdata (2022i)

bekommen, kann dieser entweder über das Webinterface, die CLI oder über die API angelegt werden. Der einfachste Weg ist es, den Token über das Webinterface anzulegen. Dazu wird wie beim Anlegen eines Buckets zunächst der Menüpunkt „Data“ ausgewählt und anschließend der Reiter „API Tokens“. Mit einem Klick auf „Generate API Token“ kann dann ein API Token erstellt werden.²¹ Dabei kann zwischen einem All-Access Token und einem Read/Write Token ausgewählt werden. Mit dem All Access Token kann auf alles zugegriffen werden. Mit einem Read/Write Token kann wie in Abb. 7 zu sehen ausgewählt werden, auf welchem Bucket geschrieben oder gelesen werden kann.²²

3.3 Daten abrufen und visualisieren

Um Daten aus InfluxDB abzurufen, wird die funktionale Sprache Flux genutzt. Flux wurde für das abfragen, analysieren und verarbeiten von Daten entwickelt.²³ Flux kann unter anderem im InfluxDB Webinterface oder über die InfluxDB API, sowie über den InfluxDB CLI Client ausgeführt werden.²⁴

Am einfachsten ist es, Flux mit Code Beispielen zu erklären. Die Zeilenangaben in diesem Kapitel beziehen sich auf das Listing 5. Damit Daten abgefragt werden können, muss als erstes ein Bucket ausgewählt werden. In Zeile 1 wird dazu das „from()“ Statement genutzt, um den Bucket mit dem Namen „test-bucket“ auszuwählen. Aus Performance Gründen erlaubt Flux keine Abfragen ohne die Angabe eines Zeitbereiches, der die Datenmenge einschränkt. Dieser Bereich kann mithilfe des „range()“ Statements ausgewählt werden, wobei es zwei verschiedene Möglichkeiten gibt. Die erste ist, mithilfe des „start:“ Parameters die Zeit relativ zum Zeitpunkt der Ausführung anzugeben. In Zeile 2 des Beispiels wird der Zeitbereich auf die letzte Stunde festgelegt. Zusätzlich zum Startparameter kann auch der Stop-Parameter angegeben werden, welcher wie in Zeile 5 zu sehen angibt, bis wann die Daten abgerufen werden. In Zeile 5 würden die Daten von 14:00 bis 14:50 Uhr abgerufen werden, wenn die Abfrage um 15 Uhr verarbeitet wird. Die zweite Möglichkeit ist es, wie in Zeile 8 zu sehen, den Zeitbereich mit absoluten Werten einzuschränken. Zusätzlich zu den Zeitbereichen können auch weitere Filter auf die Daten angewendet werden. Dazu wird die Filterfunktion genutzt. Mit

²¹vgl. Abb. 2, Abb. 3, Abb. 6, Abb. 7

²²vgl. Influxdata (2022e)

²³vgl. Influxdata (2022c)

²⁴vgl. Influxdata (2022b)

dieser Funktion wird über die Datenpunkte der Datenbank iteriert. Innerhalb dieser Funktion wird eine weitere Funktion als Parameter übergeben, welche die Daten filtert. Wenn die Funktion „false“ zurückgibt, wird dieser Datenpunkt verworfen. Falls jedoch ein „true“ zurückgegeben wird, werden die Daten weiter verarbeitet oder ausgegeben. Im Fall von Zeile 12 wird der Datenpunkt, auf welchen der iterator gerade verweist, in die Variable „r“ gespeichert. Über „r.__measurement“ kann nach dem Namen eines Datenpunktes und mit „r.__field“ nach dem Namen eines Messwertes gefiltert werden. Im letzten Schritt werden über die „yield()“ Funktion die Daten ausgegeben. Das ist nur erforderlich, wenn mehrere Flux Abfragen zu einer kombiniert werden.²⁵ Alternativ können Flux Querys auch über den Query Builder, wie in Abb. 8 zu sehen, im InfluxDB Web UI erstellt werden.²⁶

Es ist nicht immer erforderlich, die Daten aus der Datenbank auszulesen, wenn diese visualisiert werden sollen. Mithilfe des InfluxDB Webinterface ist es möglich, Daten zu visualisieren. Vorher ist es allerdings notwendig, die zu visualisierenden Daten mithilfe eines Flux Query abzufragen. Dazu kann entweder selbst ein Query geschrieben werden oder der eingebaute Query Builder genutzt werden.²⁷ Danach lassen sich die Daten als Graph, Heatmap, Histogramm, Scatterplot und weiteren Diagrammtypen anzeigen.²⁸ Ein Beispiel ist in Abb. 9 zu sehen.

3.4 Python Library

Um nicht selbst eigene API Anfragen über die Rest API schreiben zu müssen, gibt es für Python und andere Sprachen fertige Bibliotheken.²⁹ Bevor mit der Client Library gearbeitet werden kann, muss diese allerdings erst installiert und importiert werden. Am besten wird zur Installation der Python Paketmanager pip genutzt. Mit dem Befehl „pip install influxdb-client“ werden alle benötigten Pakete installiert.³⁰

In Listing 3 kann an einem Beispiel gesehen werden, wie Daten mithilfe von Python in die Datenbank geschrieben werden. Ein ähnliches Beispiel findet sich ausführbar und detailliert beschrieben im Jupyter Notebook Container in der Datei „Grundlagen“. In

²⁵vgl. Influxdata (2022g)

²⁶vgl. Influxdata (2021a)

²⁷vgl. Influxdata (2021a)

²⁸vgl. Influxdata (2021b)

²⁹vgl. Influxdata (2022h)

³⁰vgl. Influxdata (2022f)

den ersten beiden Zeilen des Codes wird der InfluxDB Client importiert. Danach werden in Zeile vier bis sieben die benötigten Daten Bucket, Organisation, Token und URL in Variablen geschrieben. Was in die Variablen eingetragen werden muss, wird im Kapitel „Daten einfügen“ beschrieben.³¹

In den Zeilen neun bis 13 wird der Client mit den hinterlegten Variablen initialisiert. Danach folgt in Zeile 15 die Initialisierung des Write Clients. Als nächstes muss ein Datenpunkt erstellt werden, der in die Datenbank geschrieben werden kann. Dieser wird in den Zeilen 17 bis 19 erstellt. An diesem Datenpunkt kann eine beliebige Menge an Tags und Datenfeldern über die Methoden „tag“ und „field“ angehängt werden. Hier im Beispiel wird der Datenpunkt „my_measurement“ mit dem Tag „location“ angelegt, welcher den Wert „Paderborn“ hat, und den Messwert „temperature“ mit dem Wert „25,3“. In der letzten Zeile wird dann der Write Client dazu genutzt, um diesen Datenpunkt an die Datenbank zu senden.

Um die so in die Datenbank geschriebenen Werte wieder abzurufen, kann so wie in Listing 4 vorgegangen werden. Hier wird als erstes in Zeile 1 ein Query Client erstellt. Mit diesem Query Client kann dann wie in den Zeilen zwei bis sieben zu sehen ein Flux Query ausgeführt werden. Zurückgegeben wird ein Flux Objekt mit einer Tabellenstruktur, die wie in den Zeilen neun bis elf zu sehen, einfach mit einer Schleife verarbeitet werden kann. Um auf die Daten des Objekts zuzugreifen, sind die wichtigsten Methoden hier beschreiben. Mit „get_measurement“ kann der Name eines Datenpunktes abgerufen werden. Zusätzlich kann mithilfe von „get_field“ und „get_value“ der Name und der Wert des Messwertes im Datenpunkt abgefragt werden. Zum abfragen der Zeit wird die Methode „get_time“ genutzt.³²

3.5 Wetterdaten

3.5.1 Wetterdaten Aufbau

Die Wetterdaten des DWDs können über den Climate Data Center (CDC) OpenData Bereich heruntergeladen werden. Hier werden die Wetterdaten über File Transfer Protocol (FTP) und HyperText Transfer Protocol Secure (HTTPS) zum Download angeboten. Unter der URL https://www.dwd.de/DE/leistungen/cdc/cdc_ueberblick-klimadaten.

³¹vgl. Influxdata (2022f)

³²vgl. Influxdata (2022f)

html wird eine gute Übersicht über die zum Download angebotenen Daten geboten. Die Werte für die aktuelle Lufttemperatur können über https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/observations_germany/climate/10_minutes/air_temperature/now/ abgerufen werden. Historische Daten können über https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/observations_germany/climate/10_minutes/air_temperature/now/ abgerufen werden.

Aktuell werden auf der Webseite für die aktuelle Lufttemperatur circa 480 Dateien zum Download angeboten. Die meisten dieser Dateien entsprechen jeweils einer Messstation und je nach Tageszeit kann deswegen die Menge der Zeilen in der Datei variieren, weil immer um 00:00 Uhr eine neue Datei angefangen wird. In den ZIP Compressed File (ZIP) Dateien befinden sich außerdem Metadaten über die Messstationen. Die eigentlichen Daten sind als Comma-separated values (CSV) formatiert und sehen aus wie in Listing 2 gekürzt dargestellt wird. In der CSV Datei gibt es 9 Felder. Der Inhalt dieser Felder wird in Tabelle 1 beschreiben.

Listing 2: Wetterdaten CSV Quelle: DWD Wetterdaten CSV Download

```
STATIONS_ID;MESS_DATUM; QN;PP_10;TT_10;TM5_10;RF_10;TD_10;eor
73;202205120000; 2; -999; 12.9; 11.2; 84.2; 10.3;eor
73;202205120010; 2; -999; 12.7; 11.2; 84.9; 10.2;eor
73;202205120020; 2; -999; 12.9; 11.4; 83.0; 10.1;eor
73;202205120030; 2; -999; 12.4; 10.7; 86.9; 10.3;eor
73;202205120040; 2; -999; 12.4; 10.5; 86.2; 10.2;eor
73;202205120050; 2; -999; 12.3; 10.3; 85.5; 9.9;eor
73;202205120100; 2; -999; 12.1; 10.1; 88.1; 10.2;eor
73;202205120110; 2; -999; 11.7; 9.9; 90.1; 10.1;eor
73;202205120120; 2; -999; 11.7; 10.0; 89.0; 10.0;eor
```

In der Datei „zehn_now_tu_Beschreibung_Stationen.txt“ werden die Wetterstationen beschrieben. Diese Datei ist nicht als CSV Datei formatiert, sondern als Tabelle und erhält Daten über die Wetterstationen. Die Daten der Stationen in der heruntergeladenen Textdatei stimmen mit den Daten der hauptamtlichen Messnetzkarte überein. Allerdings enthält die Textdatei nicht alle Stationen, sondern nur Stationen für die auch Messwerte im Datensatz hinterlegt sind. Die Bedeutungen der einzelnen Spalten der Tabelle werden in Tabelle 2 beschrieben.

Tabelle 1: Bedeutung der CSV Felder

Feld Name	Bedeutung
STATION_ID	Gibt an, von welcher Station die Werte stammen
MESS_DATUM	Gibt an, wann gemessen wurde im Format %Y%m%d%H%M. Also Jahr, Monat, Tag, Stunde, Minute als eine zusammengeschriebene Zahl.
QN	Gibt die Qualität der Messwerte an. Hier gibt es die Werte 1 bis 3 1. nur formale Kontrolle bei Dekodierung und Import 2. Kontrolle mit individuell festgelegten Kriterien 3. ROUTINE automatische Kontrolle und Korrektur mit Software (QUALIMET)
PP_10	Luftdruck auf Stationshöhe
TT_10	Lufttemperatur auf 2m Höhe
TM5_10	Lufttemperatur auf 5cm Höhe
TD_10	Relative Luftfeuchtigkeit auf 2m Höhe
eor	END OF RECORD"Bedeutet die Zeile ist zu Ende.

Quelle: Eigene Darstellung DWD (2022b) https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/observations_germany/climate/10_minutes/air_temperature/now/BESCHREIBUNG_obsgermany_climate_10min_tu_now_de.pdf

Tabelle 2: Bedeutung Stationstabellen Felder

Feld Name	Bedeutung
STATION_ID	Gibt an, von welcher Station die Werte stammen
von_datum	Datum, seit dem die Station aktiv ist
bis_datum	Höhe der Station
Stationshoehe	Höhe über dem Normalnullpunkt
geoBreite	Breitengrad der Station
geoLaenge _10	Längengrad der Station
Stationsname	Name der Station
Bundesland	Bundesland, in dem die Station steht

Quelle: Vergleich der Werte mit der hauptamtliches Messnetz Karte DWD (2022a) https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/observations_germany/climate/10_minutes/air_temperature/now/zehn_now_tu_Beschreibung_Stationen.txt

3.5.2 Wetterdaten abrufen

Um die Daten auswerten zu können, müssen diese als erstes heruntergeladen und entpackt werden. Dazu wird mithilfe von BeautifulSoup aus der Hypertext Markup Language (HTML) Seite des DWD für jede Datei eine URL ausgelesen. Die so gewonnen URLs können dann mithilfe einer Schleife heruntergeladen werden. Um die Messwerte einer Station zuordnen zu können, wird als erstes die Datei mit den Stationen verarbeitet. Für jede Station wird ein Objekt erstellt und in einem „dictionary“ gespeichert. Dadurch kann in diesem „dictionary“ einfach über die „STATIONS_ID“ die passende Station gefunden werden. Weil diese Datei allerdings nicht CSV formatiert ist, muss die Datei auf eine andere Art ausgewertet werden. Um die einzelnen Felder aus einer Zeile auszulesen, wird immer so lange gelesen bis wieder ein bestimmte Anzahl von Leerzeichen hintereinander erkannt worden ist. Die Zeichen zwischen den Leerzeichen sind dann ein ausgelesenes Feld. Nachdem die Stationsdaten ausgewertet worden sind, werden die CSV Dateien in einer Schleife entpackt und mithilfe der Bibliothek „Pandas“ in ein Dataframe umgewandelt. Das so erzeugte Dataframe wird im letzten Schritt mit den Daten der Stationen zusammengeführt und als Datenpunkt in InfluxDB geschrieben. Weitere Erklärungen und der Code selbst können im angehängten Jupyter Notebook eingesehen und ausgeführt werden.

3.5.3 Wetterdaten verarbeiten

Mithilfe der in die Datenbank geschriebenen Wetterdaten ist es nun möglich, die Tages-Höchst- und Tiefsttemperatur, sowie den Temperatur-Durchschnitt in Paderborn zu ermitteln. Der Code, der dazu notwendig ist, befindet sich auch wieder im Jupyter Notebook. Als erstes müssen die notwendigen Datenpunkte aus der Datenbank abgerufen werden. Dazu wird wie in Kapitel 3.3 vorgegangen. Zunächst wird ein Flux Query geschrieben, der alle Daten der geografisch nächsten Wetterstation in Bad Lippspringe ausliefert. Die Ereignisse werden in einem Flux Objekt gespeichert, welches dann im nächsten Schritt mithilfe einer Schleife verarbeitet wird. Zum bestimmen der Höchst- und Tiefsttemperatur, werden die beiden Variablen „min“ und „max“ definiert, welche mit einem sehr hohen bzw. einem sehr niedrigem Wert initialisiert werden. Beim durchlaufen der Schleife wird immer der aus der Datenbank stammende Wert mit der Variable „min“ und „max“ verglichen. Wenn der Wert größer als „max“ ist, wird „max“ auf den neuen größten Wert gesetzt und wenn der Wert kleiner als „min“ ist, wird „min“ auf den

neuen kleinsten Wert gesetzt. So beinhaltet die Variable „max“ nach dem Durchlaufen den höchsten und die Variable „min“ den niedrigsten Wert. Für das Bestimmen des Durchschnittswertes muss eine Zähler Variable, in diesem Fall „i“, und eine Summen Variable „sum“ erstellt werden. Die Zähler Variable wird mit jedem Schleifendurchlauf um eins hochgezählt. Zusätzlich wird die Summen Variable mit dem Wert innerhalb der Schleife addiert. Zum Bestimmen des Durchschnittswertes muss jetzt nur noch die Summe, in diesem Fall die Variable „sum“ durch die Anzahl der Elemente, hier „i“, geteilt werden. Das Ergebnis ist der Tagesmittelwert.

Um die Daten in der Datenbank zu visualisieren, kann die in InfluxDB eingebaute Graph Funktion genutzt werden. Über den Query Builder können wie in Abb. 8 zu sehen, Messstationen ausgewählt werden, zu denen Graphen anzeigen werden sollen. Außerdem kann hier auch ausgewählt werden, welche Felder angezeigt werden sollen. Mit einem Klick auf „Submit“ wird ein Graph, wie in Abb. 9 zu sehen, angezeigt. In diesem Graphen werden die Temperaturen von den Messstationen auf Sylt(pink) und in Bad Lippspringe(blau) am 27.06.2022 angezeigt.

Weitere Beispiele für das Verarbeiten der Wetterdaten können im Jupyter Notebook gefunden werden.

4 Kritische Auseinandersetzung

An dieser Arbeit kann kritisiert werden, dass viele der genutzten Quellen von InfluxDB veröffentlicht wurden. Zusätzlich wurden sehr viele Internetquellen zitiert und nur wenige Monographien. Außerdem konnten durch die begrenzte Zeit und den begrenzten Umfang dieser Arbeit nicht alle Funktionen und Besonderheiten von TSDB und InfluxDB im besonderen beschrieben werden. Weitere Informationen können in der InfluxDB Dokumentation und den genutzten Quellen gefunden werden.

5 Zusammenfassung

Time Series Data ist eine Reihe von Daten, die die Veränderung eines Zustandes über eine Zeitspanne aufzeichnen. Diese Daten können IOT Sensor Daten, Servermetriken, Netzwerkdaten, Marktgeschäfte oder viele andere Arten von Daten sein.³³ Time Series Datenbanken sind genau dafür entwickelt worden, um effizient mit dieser Art von Daten zu arbeiten und sind dabei um einiges schneller als RDBMS. Allerdings sind sie auch weniger flexibel und haben kein so ausgeprägtes Ökosystem.³⁴

Mithilfe von Docker und Jupyter Notebook kann sehr schnell eine Entwicklungsumgebung aufgebaut werden, mit der einfach die als Beispiel genutzten Wetterdaten heruntergeladen, importiert und verarbeitet werden können.

6 Schlussfolgerung und Fazit

TSDB eignen sich sehr gut für die Speicherung von Time Series Data und besonders für die Verarbeitung von großen Datenmengen. Dadurch, dass immer mehr Daten erfasst werden, ist es abzusehen, dass sich TSDB immer weiter verbreiten werden. Es bietet sich an, für IOT Sensoren oder die Erfassung von Servermetriken und anderer Time Series Data, auf TSDB zu setzen.

³³vgl. ComputerWeekly.de, Redaktion (2021)

³⁴vgl. Influxdata (2021c)

Anhang

Anhangsverzeichnis

Anhang 1:	InfluxDB Python Code	18
Anhang 2:	Times Seires DB Rangliste	19
Anhang 3:	InfluxDB Flux Code	20
Anhang 4:	InfluxDB Webinterface Screenshot	21

Anhang 1 InfluxDB Python Code

Listing 3: InfluxDB Python Daten schreiben Quelle: Influxdata (2022f)

```
1  import influxdb_client
2  from influxdb_client.client.write_api import SYNCHRONOUS
3
4  bucket = "<my-bucket>"
5  org = "<my-org>"
6  token = "<my-token>"
7  url="http://influxdb:8086"
8
9  client = influxdb_client.InfluxDBClient(
10     url=url,
11     token=token,
12     org=org
13 )
14
15 write_api = client.write_api(write_options=SYNCHRONOUS)
16
17 p = influxdb_client.Point("my_measurement")
18     .tag("location", "Paderborn")
19     .field("temperature", 25.3)
20 write_api.write(bucket=bucket, org=org, record=p)
```

Listing 4: InfluxDB Python Daten lesen Quelle: Influxdata (2022f)

```
1  query_api = client.query_api()
2  query = 'from(bucket:"my-bucket")\
3  |> range(start: -10m)\
4  |> filter(fn:(r) => r._measurement == "my_measurement")\
5  |> filter(fn: (r) => r.location == "Prague")\
6  |> filter(fn:(r) => r._field == "temperature" )'
7  result = query_api.query(org=org, query=query)
8  results = []
9  for table in result:
10     for record in table.records:
11         results.append((record.get_field(), record.get_value()))
12
13 print(results)
14 [(temperature, 25.3)]
```

Anhang 2 Times Seires DB Rangliste

Abbildung 1: DB-Engines Ranking

394 Systeme im Ranking, Mai 2022

Rang			DBMS	Datenbankmodell	Punkte		
Mai 2022	Apr 2022	Mai 2021			Mai 2022	Apr 2022	Mai 2021
1.	1.	1.	Oracle +	Relational, Multi-Model	1262,82	+8,00	-7,12
2.	2.	2.	MySQL +	Relational, Multi-Model	1202,10	-2,06	-34,28
3.	3.	3.	Microsoft SQL Server +	Relational, Multi-Model	941,20	+2,74	-51,46
4.	4.	4.	PostgreSQL +	Relational, Multi-Model	615,29	+0,83	+56,04
5.	5.	5.	MongoDB +	Document, Multi-Model	478,24	-5,14	-2,78
6.	6.	↑ 7.	Redis +	Key-value, Multi-Model	179,02	+1,41	+16,85
7.	↑ 8.	↓ 6.	IBM Db2	Relational, Multi-Model	160,32	-0,13	-6,34
8.	↓ 7.	8.	Elasticsearch +	Suchmaschine, Multi-Model	157,69	-3,14	+2,34
9.	9.	↑ 10.	Microsoft Access	Relational	143,44	+0,66	+28,04
10.	10.	↓ 9.	SQLite +	Relational	134,73	+1,94	+8,04
11.	11.	11.	Cassandra +	Wide column	118,01	-3,98	+7,08
12.	12.	12.	MariaDB +	Relational, Multi-Model	111,13	+0,81	+14,44
13.	13.	13.	Splunk	Suchmaschine	96,35	+1,11	+4,24
14.	14.	↑ 27.	Snowflake +	Relational	93,51	+4,06	+63,46
15.	15.	15.	Microsoft Azure SQL Database	Relational, Multi-Model	85,33	-0,45	+14,88
16.	16.	16.	Amazon DynamoDB +	Multi-Model	84,46	+1,55	+14,39
17.	17.	↓ 14.	Hive +	Relational	81,61	+0,18	+5,42
18.	18.	↓ 17.	Teradata +	Relational, Multi-Model	68,39	+0,82	-1,59
19.	19.	19.	Neo4j +	Graph	60,14	+0,62	+7,91
20.	20.	20.	Solr	Suchmaschine, Multi-Model	57,26	-0,48	+6,07
21.	21.	↓ 18.	SAP HANA +	Relational, Multi-Model	55,09	-0,71	+2,33
22.	22.	22.	FileMaker	Relational	52,27	-0,64	+5,55
23.	↑ 24.	↑ 24.	Google BigQuery +	Relational	48,61	+0,63	+10,98
24.			Databricks	Multi-Model	47,85		
25.	↓ 23.	↓ 21.	SAP Adaptive Server	Relational, Multi-Model	47,78	-0,58	-2,19
26.	↓ 25.	↓ 23.	HBase +	Wide column	43,19	-1,14	-0,05
27.	↓ 26.	↓ 25.	Microsoft Azure Cosmos DB +	Multi-Model	40,22	-0,12	+5,51
28.	↓ 27.	28.	PostGIS	Spatial DBMS, Multi-Model	31,82	-0,23	+1,98
29.	↓ 28.	29.	InfluxDB +	Time Series, Multi-Model	29,55	-0,47	+2,38
30.	↓ 29.	↓ 26.	Couchbase +	Document, Multi-Model	28,38	-0,67	-1,85

Quelle: <https://db-engines.com/de/ranking?msclkid=4f2a29e5d08811ec95ccd74f8f5146ab>

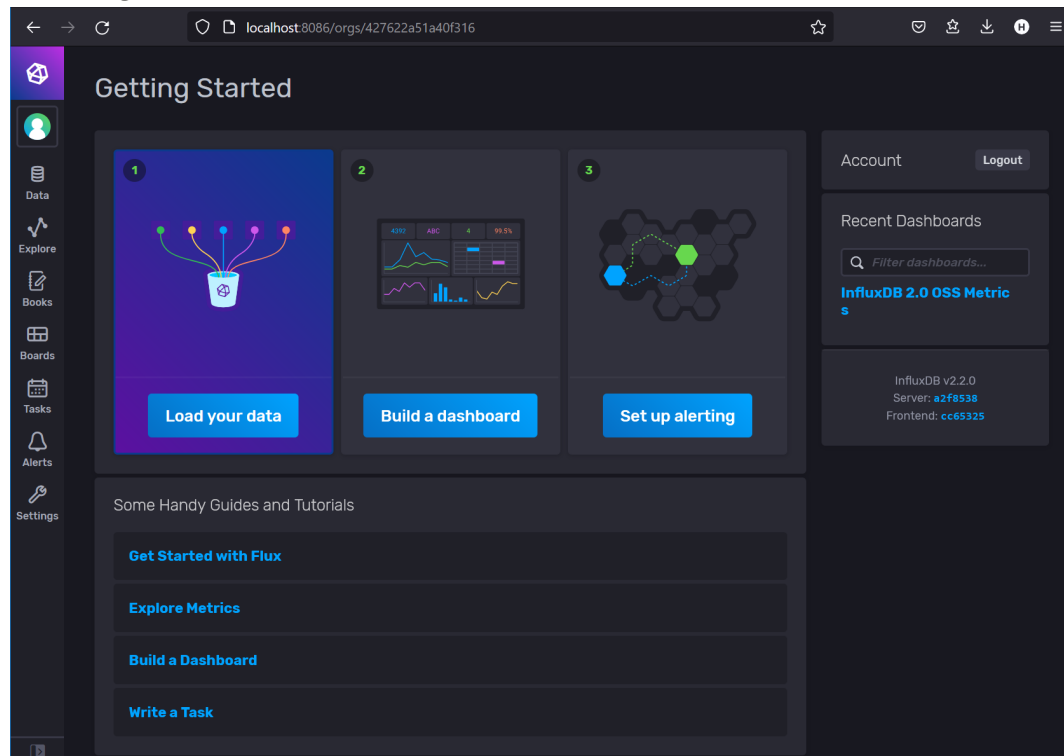
Anhang 3 InfluxDB Flux Code

Listing 5: InfluxDB Flux Beispiel Quelle: Influxdata (2022f)

```
1   from(bucket:"test-bucket")
2     |> range(start: -1h)
3
4   from(bucket:"test-bucket")
5     |> range(start: -1h, stop: -10m)
6
7   from(bucket:"test-bucket")
8     |> range(start: 2022-06-30T00:00:00Z, stop: 2022-06-30T12:00:00Z)
9
10  from(bucket: "test-bucket")
11    |> range(start: -15m)
12    |> filter(fn: (r) => r._measurement == "cpu" and r._field == "cpu-total")
13    |> yield()
```

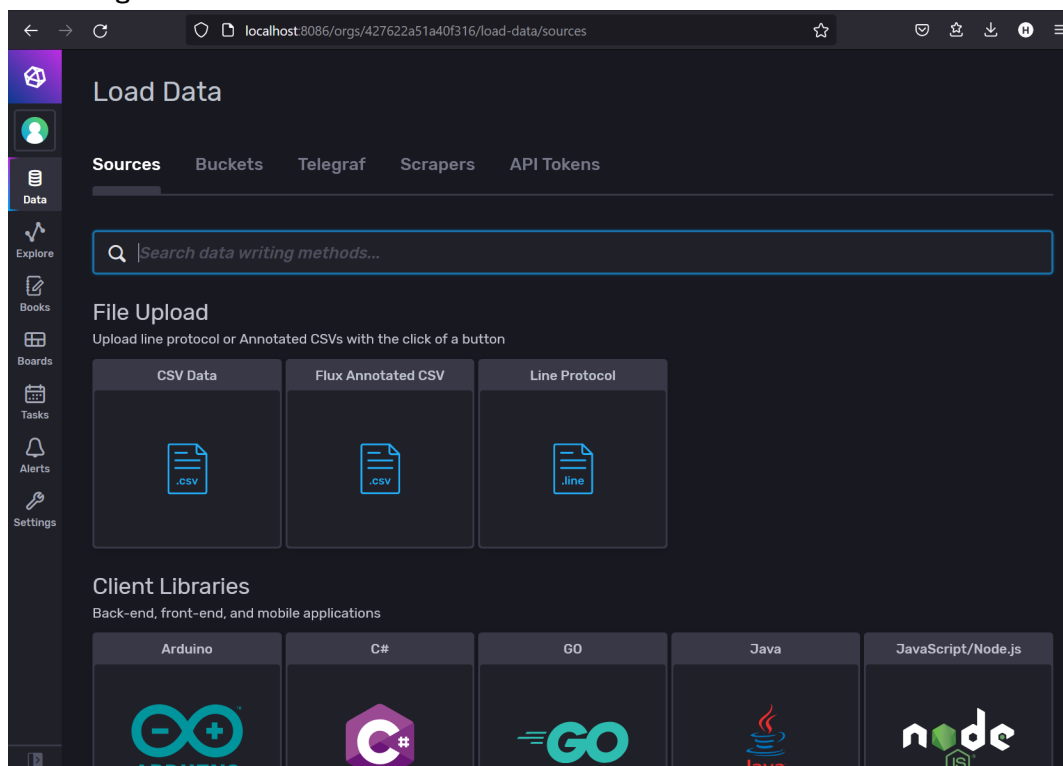
Anhang 4 InfluxDB Webinterface Screenshot

Abbildung 2: InfluxDB Dashboard



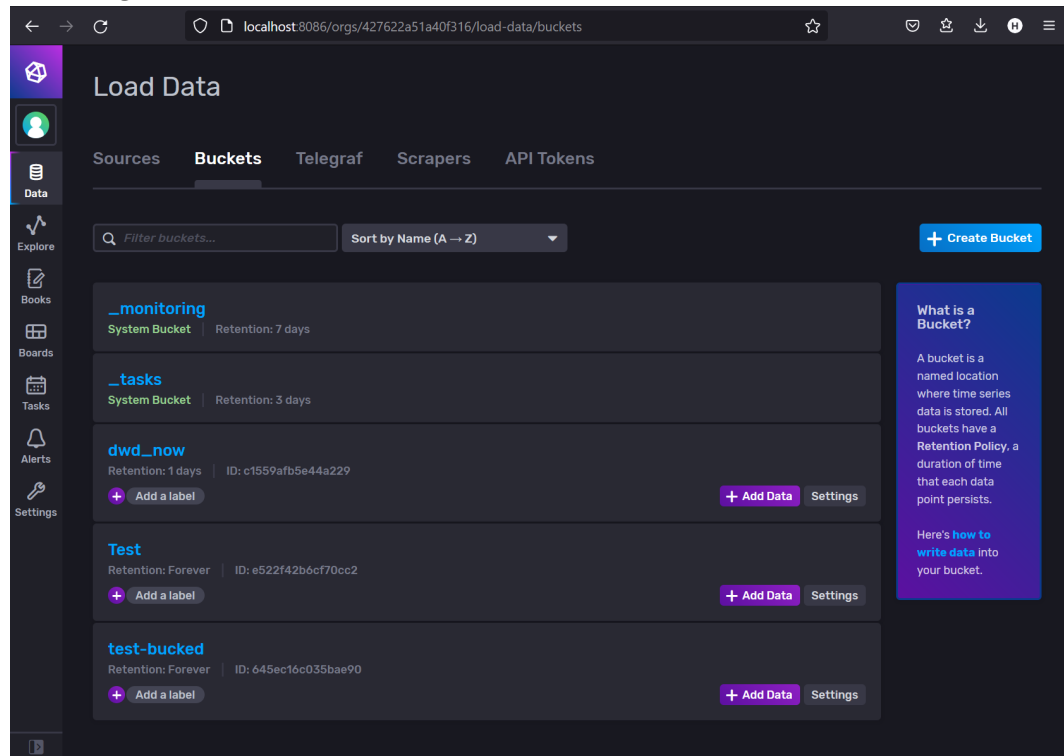
Quelle: Eigener Screenshot InfluxDB Webinterface

Abbildung 3: InfluxDB Load Data Source



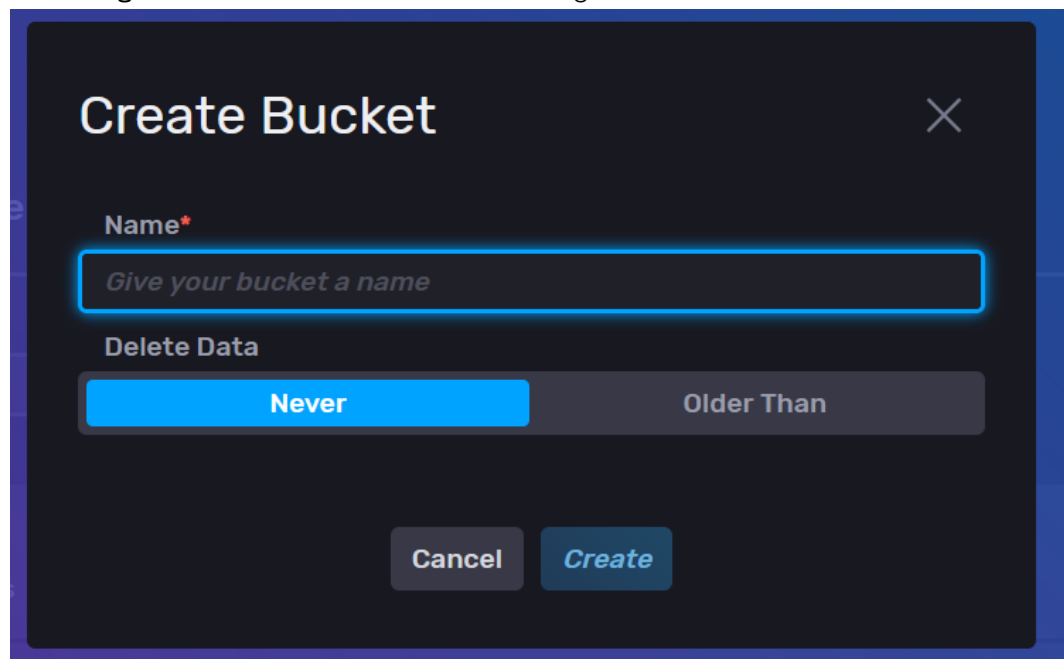
Quelle: Eigener Screenshot InfluxDB Webinterface

Abbildung 4: InfluxDB Load Data Bucket

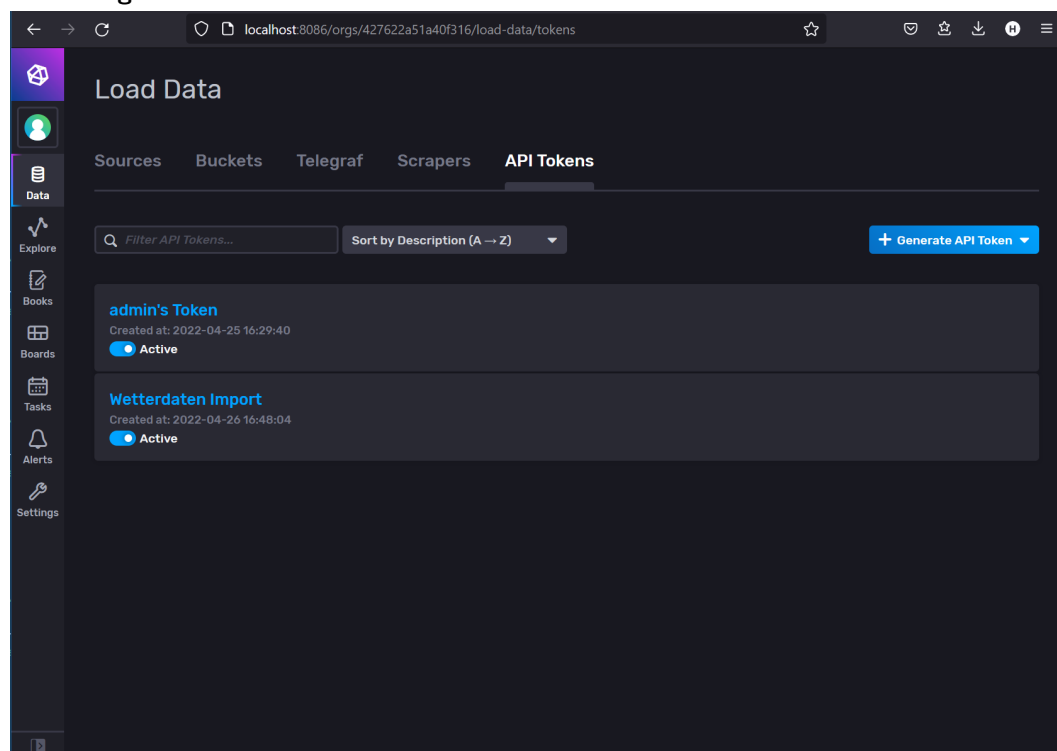


Quelle: Eigener Screenshot InfluxDB Webinterface

Abbildung 5: InfluxDB Load Data Bucket hinzufügen

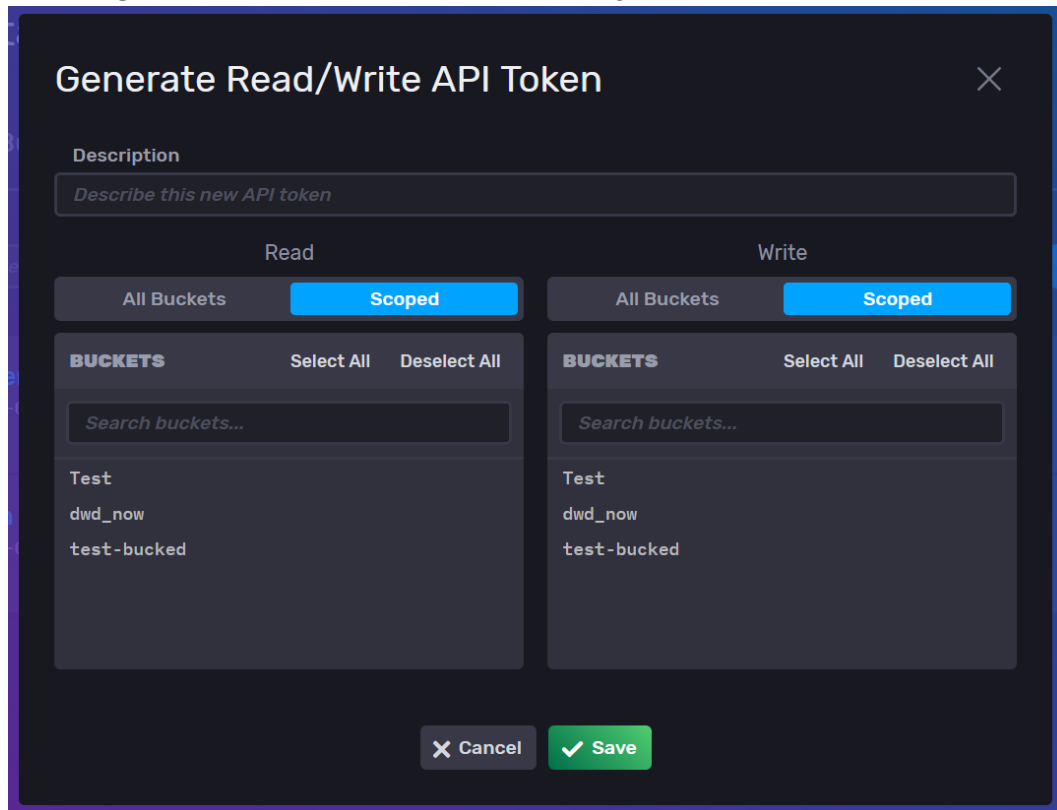


Quelle: Eigener Screenshot InfluxDB Webinterface

Abbildung 6: InfluxDB Load Data API Tokens

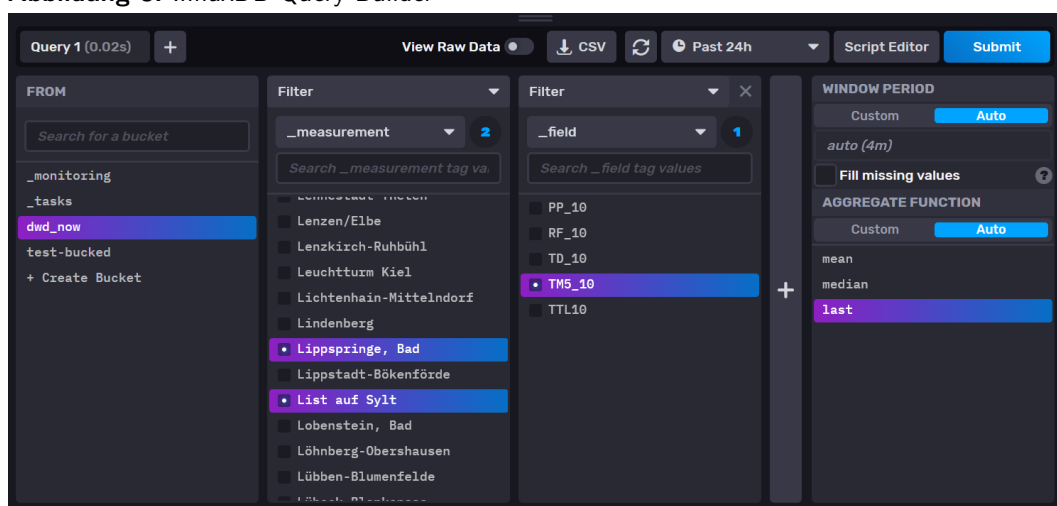
Quelle: Eigener Screenshot InfluxDB Webinterface

Abbildung 7: InfluxDB Load Data API Token hinzufügen

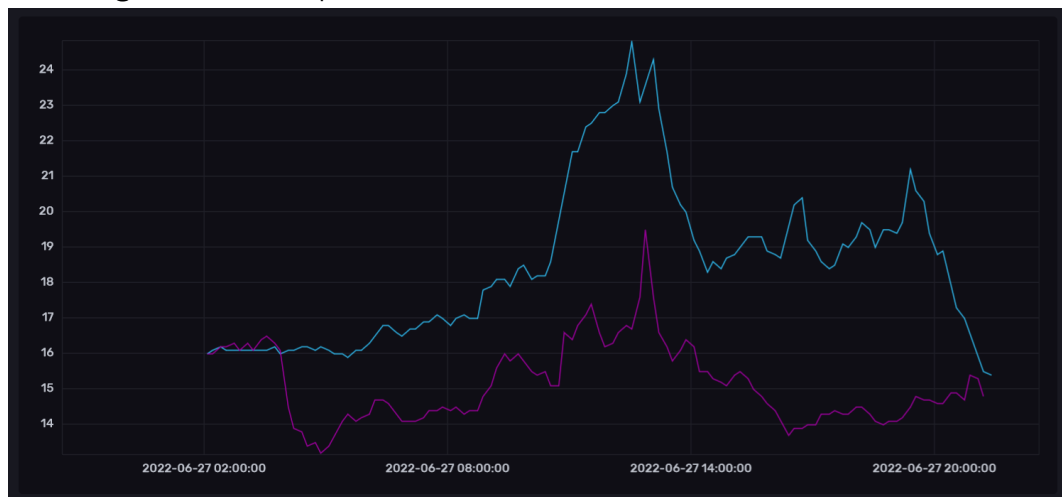


Quelle: Eigener Screenshot InfluxDB Webinterface

Abbildung 8: InfluxDB Query Builder



Quelle: Eigener Screenshot InfluxDB Webinterface

Abbildung 9: InfluxDB Graph

Quelle: Eigener Screenshot InfluxDB Webinterface

Quellenverzeichnis

Monographien

Silaparasetty, Nikita (2020). *Machine Learning Concepts with Python and the Jupyter Notebook Environment*. Apress Berkeley CA, S. 91–118.

Stender, Daniel (2020). *Cloud-Infrastrukturen: Infrastructure as a Service – So geht moderne IT-Infrastruktur. Das Handbuch für DevOps-Teams und Administratoren*. Rheinwerk Computing, S. 54–68.

Internetquellen

ComputerWeekly.de, Redaktion (2021). *Definition Zeitreihendatenbank (Time Series Database, TSDB)*. URL: <https://www.computerweekly.com/de/definition/Zeitreihendatenbank-Time-Series-Database-TSDB> (besucht am 21. Mai 2021).

Data-Science-Team (2020). *What the heck is time-series data (and why do I need a time-series database)?* URL: <https://datascience.eu/wiki/what-the-heck-is-time-series-data-and-why-do-i-need-a-time-series-database/> (besucht am 9. Mai 2022).

Dix, Paul (2021). *Why Time Series Matters for Metrics, Real-Time Analytics and Sensor Data*. URL: <http://get.influxdata.com/rs/972-GDU-533/images/why%20time%20series.pdf> (besucht am 10. Mai 2022).

DWD (2022a). *Beschreibung Stationen*. URL: https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/observations_germany/climate/10_minutes/air_temperature/now/zehn_now_tu_Beschreibung_Stationen.txt (besucht am 21. Mai 2022).

- DWD (2022b). *DATENSATZBESCHREIBUNG*. URL: https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/observations_germany/climate/10_minutes/air_temperature/now/BESCHREIBUNG_obsgermany_climate_10min_tu_now_de.pdf (besucht am 21. Mai 2022).
- Fangman, Sam (2019). *The Time Has Come for a New Type of Database*. URL: <https://medium.datadriveninvestor.com/the-time-has-come-for-a-new-type-of-database-47cf8df1667a> (besucht am 10. Mai 2022).
- Hajek Vlasta Pour Ales, Kudibal Ivan (2019). *Why Time Series Matters for Metrics, Real-Time Analytics and Sensor Data*. URL: <http://get.influxdata.com/rs/972-GDU-533/images/why%20time%20series.pdf> (besucht am 27. Mai 2022).
- hazelcast (2022). *Time Series Database*. URL: <https://hazelcast.com/glossary/time-series-database/> (besucht am 10. Mai 2022).
- Influxdata (2021a). *Explore metrics with InfluxDB*. URL: <https://docs.influxdata.com/influxdb/cloud/visualize-data/explore-metrics/> (besucht am 20. Mai 2022).
- Influxdata (2021b). *Visualization types*. URL: <https://docs.influxdata.com/influxdb/cloud/visualize-data/visualization-types/> (besucht am 20. Mai 2022).
- Influxdata (2021c). *Why You Should Migrate from SQL to NoSQL for Time Series Data*. URL: <https://www.influxdata.com/from-sql-to-nosql/> (besucht am 20. Mai 2022).
- Influxdata (2022a). *API Quick Start*. URL: https://docs.influxdata.com/influxdb/v2.3/api-guide/api_intro/ (besucht am 21. Mai 2022).
- Influxdata (2022b). *Execute queries*. URL: <https://docs.influxdata.com/influxdb/cloud/query-data/execute-queries/> (besucht am 21. Juni 2022).

- Influxdata (2022c). *Get started with Flux*. URL: <https://docs.influxdata.com/influxdb/cloud/query-data/get-started/> (besucht am 21. Mai 2022).
- Influxdata (2022d). *Line protocol*. URL: <https://docs.influxdata.com/influxdb/v2.3/reference/syntax/line-protocol/> (besucht am 29. Mai 2022).
- Influxdata (2022e). *Manage API tokens*. URL: <https://docs.influxdata.com/influxdb/cloud/security/tokens/#all-access-token> (besucht am 29. Mai 2022).
- Influxdata (2022f). *Python client library*. URL: <https://docs.influxdata.com/influxdb/v2.3/api-guide/client-libraries/python/> (besucht am 28. Juni 2022).
- Influxdata (2022g). *Query InfluxDB with Flux*. URL: <https://docs.influxdata.com/influxdb/cloud/query-data/get-started/query-influxdb/> (besucht am 21. Mai 2022).
- Influxdata (2022h). *Use InfluxDB client libraries*. URL: <https://docs.influxdata.com/influxdb/v2.3/api-guide/client-libraries/> (besucht am 28. Juni 2022).
- Influxdata (2022i). *Write data with the InfluxDB API*. URL: <https://docs.influxdata.com/influxdb/v2.3/write-data/developer-tools/api/> (besucht am 29. Juni 2022).
- Seeger, Marc (2009). *Key-Value stores: a practical overview*. URL: http://blog.marc-seeger.de/assets/papers/Ultra_Large_Sites_SS09-Seeger_Key_Value_Stores.pdf (besucht am 19. Juni 2022).
- solid-IT-gmbh (2022). *DB-Engines Ranking*. URL: <https://db-engines.com/de/ranking> (besucht am 10. Mai 2022).

Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Seminararbeit selbständig angefertigt habe. Es wurden nur die in der Arbeit ausdrücklich benannten Quellen und Hilfsmittel benutzt. Wörtlich oder sinngemäß übernommenes Gedankengut habe ich als solches kenntlich gemacht. Diese Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen.

Paderborn, 30. Juni 2022



Henrik Mertens