

# Mongomir Pytkovic

Migration einer SQLite-Datenbank nach MongoDB mit Python

Gruppe 8

21.12.2017

## Autoren

- Lukas Arnold: Queries, REST-API, Web-Interface
- Patrick Bucher: Entwicklungsumgebung, Migration
- Christopher James Christensen: Web-Interface
- Melvin Werthmüller: Queries

## Informationen zum Projekt

Das Projekt wurde im Herbstsemester 2017 im Rahmen des Moduls Datenbanksysteme (DBS) bei Prof. Dr. Michael Kaufmann umgesetzt. Sämtliche Daten zu diesem Projekt sind auf [GitHub](#) verfügbar. Die gesamte Entwicklungs- und Laufzeitumgebung basiert auf Docker. Das [README](#) gibt Auskunft, wie man die Anwendung zum Laufen bringen kann. Auf Mac OS und Windows ist eine virtuelle *Docker Machine* vorausgesetzt, auf Linux funktioniert es ohne weitere Vorkehrungen.

# 1 Einführung

## 1.1 Was ist der Kontext, warum ist das Projekt relevant, und worum geht es?

Im Projekt *Mongomir Pytkovic* geht es darum, eine SQLite-Datenbank auf eine NoSQL-Datenbank zu migrieren und Anfragen auf diese abzusetzen und die Ergebnisse davon darzustellen. Der Name «Mongomir Pytkovic» bezieht sich auf den Nationaltrainer der Schweizer Fussballnationalmannschaft Vladimir Petkovic und die eingesetzten Technologien MongoDB und Python.

Als Datenbasis wird die [European Soccer Database](#) verwendet. Hierbei handelt es sich um eine Beispieldatenbank der Machine-Learning-Plattform und -Community [Kaggle](#). Die Datenbank soll es einem Trainer erlauben, Ergebnisse von Fussballspielen zu finden, in denen ein bestimmter Spieler beteiligt war.

# 2 Datenmanagement

## 2.1 Um welche Datenbanktechnologie handelt es sich?

Die Ausgangsdatenbank liegt als [SQLite](#)-Datenbank (Version 3) vor. Hierbei handelt es sich um eine relationale Datenbank, die in einer einzigen Datei vorliegt.

Die Datenbank wird nach [MongoDB](#) migriert. Hierbei handelt es sich um eine NoSQL-Datenbank – genauer um eine Dokumentdatenbank, die JSON-Datenstrukturen abspeichert.

## 2.2 Welche Anwendungen (Use Case) unterstützt Ihre Datenbank?

1. Der Benutzer gibt einen Spielernamen ein und bekommt sämtliche Spielergebnisse angezeigt, in denen der jeweilige Spieler beteiligt war.
2. Der Benutzer gibt einen Spielernamen ein und erhält das Geburtsdatum des Spielers.
3. Der Benutzer erhält die Anzahl Spiele pro Liga.

## 2.3 Welche Daten werden migriert/eingefügt, und wie genau?

Grundsätzlich sollen die Einträge der Tabelle Match, welche ein Spielergebnis repräsentiert, migriert werden. Die Tabelle Match enthält neben statistischen Angaben auch Spalten mit den einzelnen beteiligten Spielern als Fremdschlüssel auf die Tabelle Player. Ziel der Migration ist es, diese Fremdschlüsselbeziehung zu beseitigen und die Spieler der am Spiel beteiligten Mannschaften direkt mit Namen und Geburtsdatum (zur Identifikation bei mehrfach auftretenden Namen) als Aggregat der JSON-Struktur match abzuspeichern.

Da die Aufgabenstellung auch eine Abfrage mit einem Join umfasst, wird zusätzlich die Entität League migriert. Zu jedem Spiel wird ein Fremdschlüssel zur jeweiligen Liga abgespeichert.

## 2.4 Wie interagiert der Benutzer mit der Datenbank?

Der Benutzer interagiert über ein Web-Interface mit der Datenbank. Im Suchfeld kann er den Namen eines Spielers eingeben. Ein Klick auf den *Search*-Button löst die Abfrage aus. Die gefundenen Matches werden unterhalb des Suchfeldes angezeigt.

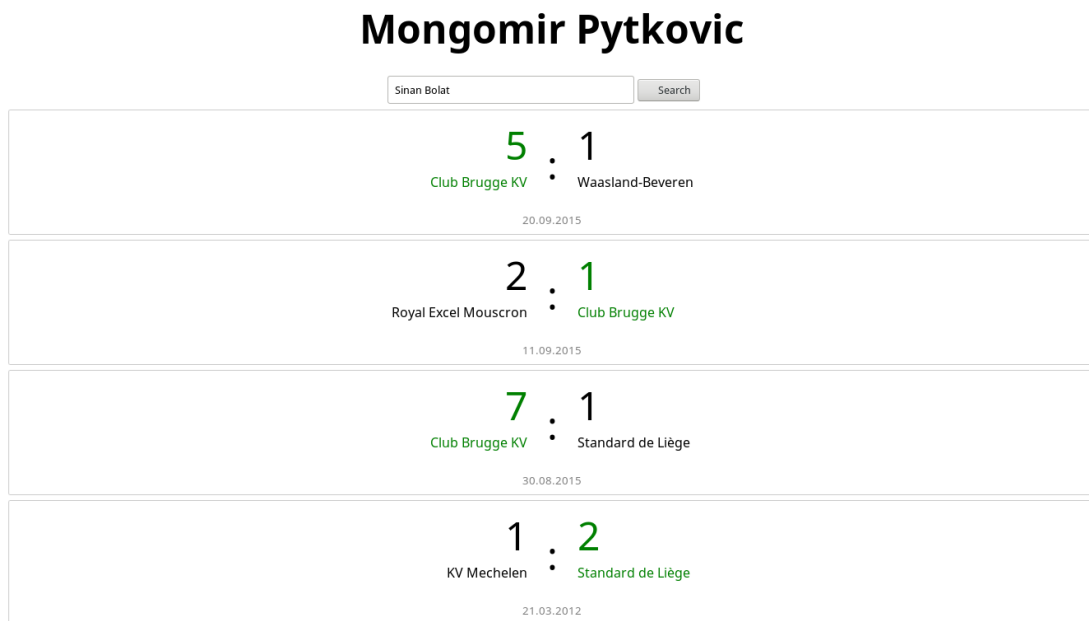


Abbildung 1: Screenshot des Web-Interfaces

## 3 Datenmodellierung

### 3.1 Welches Datenmodell (ER) liegt Ihrem Projekt zugrunde?

Dies ist ein Auszug aus dem ER-Modell. Dabei werden nur die Tabellen und Spalten berücksichtigt, die auch tatsächlich in die Dokumentdatenbank migriert werden sollen:

- League
  - id
  - name (Land und Name, z.B. «Switzerland Super League»)
- Match

- id (Primärschlüssel)
- league\_id (Fremdschlüssel auf League)
- season (Saison, z.B. «2009/2010»)
- stage (Spieltag, z.B. 18)
- date (Date-Time mit fehlender Uhrzeit, z.B. «2010-03-30 00:00:00»)
- home\_team\_api\_id (Fremdschlüssel auf Team)
- away\_team\_api\_id (dito)
- home\_team\_goal (erzielte Tore, z.B. 3)
- away\_team\_goal (dito)
- home\_player\_1 bis home\_player\_11 (Fremdschlüssel auf Player)
- away\_player\_1 bis away\_player\_11 (dito)
- Player
  - player\_api\_id (Primärschlüssel)
  - player\_name
  - birthday (Date-Time mit fehlender Uhrzeit, z.B. «1991-07-19 00:00:00»)
- Team
  - team\_api\_id (Primärschlüssel)
  - team\_long\_name (Name der Mannschaft, z.B. «Real Madrid CF»)
  - team\_short\_name (Kürzel der Mannschaft, z.B. «REA»)

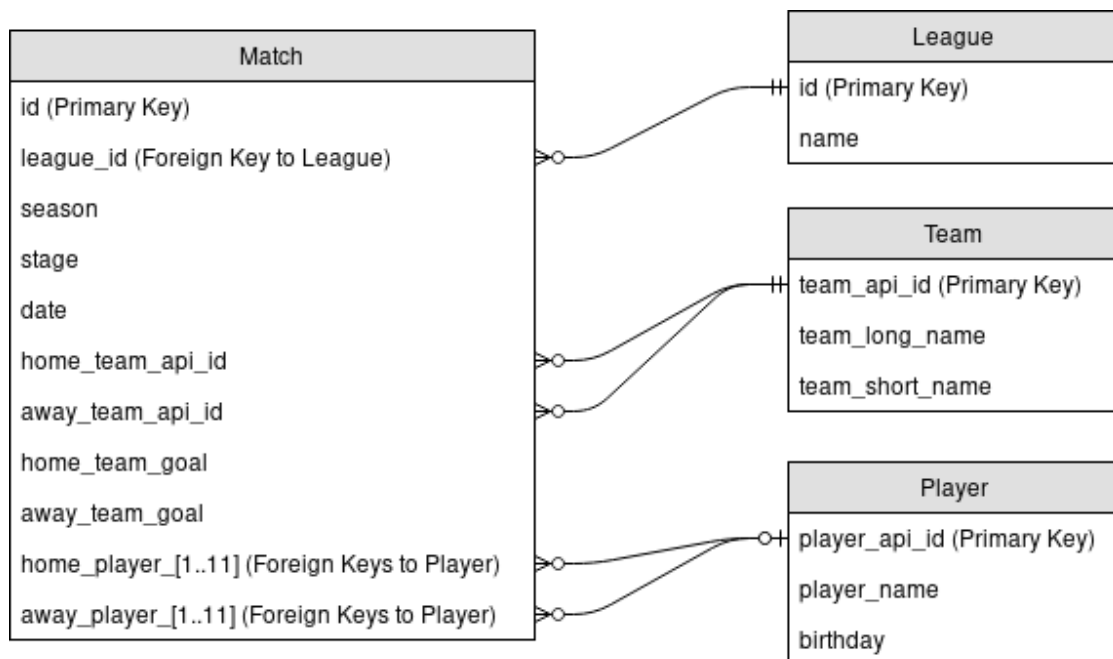


Abbildung 2: Auszug aus dem ER-Modell

Das komplette Schema ist auf [Kaggle](#) ersichtlich.

### 3.2 Wie wird Ihr Datenmodell in Ihrer Datenbank in ein Schema übersetzt?

Das Python-Skript `migration.py` fragt die Ausgangsdatenbank über die `sqlite3`-Library ab und führt sie mit der `pymongo`-Library in MongoDB über. Dabei entstehen zwei Collections:

- `match`
  - `league_id`
  - `season`
  - `date` (die leere Uhrzeitangabe «00:00:00» wird abgeschnitten)
  - `date_timestamp` (das gleiche Datum als Timestamp zur Sortierung)
  - `round`
  - `home_team`
  - `away_team`
  - `home_goals`
  - `away_goals`
  - `home_players` und `away_players`
    - \* `name`
    - \* `birthday`
- `league`
  - `id`
  - `league` und `country` (unter String-Aufspaltung von `League.name`)

Das Skript läuft folgendermassen ab:

1. Die Verbindung zur SQLite-Datenbank wird aufgebaut.
2. Die Verbindung zur MongoDB-Datenbank wird aufgebaut.
3. Es werden sämtliche Spieler in eine Liste geladen (`load_all_players()`)
  - Dies hat den Vorteil, dass beim Abfragen auf die Tabelle `Match` nicht 22 mal ein Join auf die Tabelle `Spieler` bzw. eine Schleife mit 22 Unterabfragen gemacht werden muss. Denn diese Variante hat sich bei der ersten Version des Skripts als imperformant erwiesen.
4. Es werden sämtliche Spiele abgefragt und verarbeitet.
  - Mit dem Query aus `get_match_query()` werden sämtliche Spiele abgefragt, wobei Spiele ohne referenzierte Spieler ignoriert werden.
  - Es wird über das Abfrageergebnis iteriert.
  - In `to_match_dict()` wird die JSON-Struktur zu einem Spiel als Python-Dictionary aufgebaut. Dabei werden die Spieler anhand der abgefragten Spieler-IDs aus der bei Schritt 3 geladenen Liste extrahiert (`extract_players`).
  - Das Dictionary wird in der MongoDB-Collection `matches` abgelegt. Die Konvertierung nach JSON erfolgt dabei automatisch bzw. wird über die `pymongo`-Library abgehandelt.
  - Die dabei neu erstellte ID des eingefügten `match`-Dokuments wird auf die Standardausgabe geloggt.
5. Es werden sämtliche Ligen abgefragt und verarbeitet.
  - In `to_league_dict()` wird die JSON-Struktur zu einer Liga als Python-Dictionary

aufgebaut. Dabei wird der als erstes Wort im Liganamen abgespeicherte Landesname abgespalten und in ein separates Feld geschrieben (Funktion `split_league_name()`).

- Das Dictionary wird in der MongoDB-Collection `leagues` abgelegt.
  - Die dabei neu erstellte ID des eingefügten `league`-Dokuments wird auf die Standardausgabe geloggt.
6. Zum Schluss wird auf der Standardausgabe geloggt, wie viele `matches` und `leagues` eingefügt wurden.

## 4 Datenbanksprachen

### 4.1 Wie werden Daten anhand einer Query abgefragt?

#### 4.1.1 SQLite

Die Hauptabfrage auf die Tabelle `Match` mit Joins auf `Player` sieht folgendermassen aus:

```
select Match.id, league_id, season, stage, date,
home_team.team_long_name as home_team_name, home_team.team_short_name,
away_team.team_long_name as away_team_name, away_team.team_short_name,
home_team_api_id, away_team_api_id, home_team_goal, away_team_goal,
home_player_1 as hp1, home_player_2 as hp2, home_player_3 as hp3,
home_player_4 as hp4, home_player_5 as hp5, home_player_6 as hp6,
home_player_7 as hp7, home_player_8 as hp8, home_player_9 as hp9,
home_player_10 as hp10, home_player_11 as hp11,
away_player_1 as ap1, away_player_2 as ap2, away_player_3 as ap3,
away_player_4 as ap4, away_player_5 as ap5, away_player_6 as ap6,
away_player_7 as ap7, away_player_8 as ap8, away_player_9 as ap9,
away_player_10 as ap10, away_player_11 as ap11
from Match
join Team home_team on (Match.home_team_api_id = home_team.team_api_id)
join Team away_team on (Match.away_team_api_id = away_team.team_api_id)
where not home_player_1 is null and not away_player_1 is null
order by league_id asc, stage asc;
```

Die Abfrage auf die Tabelle `Player`:

```
select player_api_id as id, player_name as name, birthday from Player
```

Die Abfrage auf die Tabelle `League`:

```
select id, name from League
```

#### 4.1.2 MongoDB

Abfrage des Geburtsdatum eines Spielers, hier für das Beispiel «Sinan Bolat»:

(Da der Spieler theoretisch nur im away\_players-Array auftreten kann, müssen in diesem Fall zwei Abfragen gemacht werden. So muss überprüft werden, dass das Resultat kein leeres Array ist, da es sonst einen Fehler beim Zugriff auf das erste Element gibt.)

```
db.matches.findOne({
  "home_players.name": "Sinan Bolat"
}, {
  "home_players.$id": 1
}).home_players[0].birthday
```

```
db.matches.findOne({
  "away_players.name": "Sinan Bolat"
}, {
  "away_players.$id": 1
}).away_players[0].birthday
```

Die Abfrage für die Anzahl Spiele pro Liga:

```
db.matches.aggregate([
  $group: {
    _id: "$league_id",
    total: {
      $sum: 1
    }
  }
])
```

Die Abfrage für alle Spiele eines Spielers, hier für das Beispiel «Sinan Bolat»:

```
db.matches.aggregate([
  $lookup: {
    from: "leagues",
    localField: "league_id",
    foreignField: "id",
    as: "matches_league"
  },
  {
    "$project": {
      "_id": 0,
      "date": 1,
      "date_timestamp": 1,
    }
  }
])
```

```

        "matches_league.league": 1,
        "matches_league.country": 1,
        "round": 1,
        "home_team": 1,
        "home_goals": 1,
        "away_team": 1,
        "away_goals": 1,
        "home_players": 1,
        "away_players": 1
    }
},
{
    "$match": {
        "$or": [
            {"home_players.name": "Sinan Bolat"},
            {"away_players.name": "Sinan Bolat"}
        ]
    }
},
{
    "$sort": {date_timestamp: -1}
}
])

```

## 5 Konsistenzsicherung

### 5.1 Wie wird die Datensicherheit gewährleistet?

Die Daten sind öffentlich verfügbar und nicht sensibel. Von daher hat Datensicherheit in diesem Projekt keine hohe Priorität. Die MongoDB-Instanz läuft jedoch in einem Docker-Container unter Verwendung des Standard-Ports 27017, welcher *nicht* per EXPOSE gegen aussen freigegeben wird. Der Benutzer kann also nur über eine REST-API bzw. über das Web-Interface mit der Datenbank interagieren. Hierbei werden nur lesende Zugriffe angeboten.

### 5.2 Wie können Transaktionen parallel/konkurrierend verarbeitet werden?

Es sind nur lesende Abfragen möglich. Diese können somit beliebig parallelisiert werden, ohne dass Inkonsistenzen auftreten könnten. Die eingesetzten Webserver gunicorn und nginx unterstützen parallele Verarbeitung.



## 6 Systemarchitektur

### 6.1 Wie ist der Server aufgebaut und wie wurde er installiert?

Das System wurde mit Docker aufgebaut. Es basiert auf dem Image `debian:stable-slim`. Als Packages werden u.a. `mongodb`, `python3` und `python3-pip` installiert. Der statische Content (das Web-Interface) wird mit `nginx` ausgeliefert. Dazu kommen `vim` zum Programmieren innerhalb des Containers (was bei der Migration hilfreich war) und `curl` zum Aufrufen der Web-API innerhalb des Containers (was beim Testen hilfreich war).

Neben den Debian-Packages werden folgende Python-Packages installiert:

- `falcon`: Ein schlankes Framework zur Umsetzung einer REST-API
- `gunicorn`: Ein Webserver, der die REST-API über HTTP anbietet
- `pymongo`: Eine Library zum Interagieren mit einer MongoDB
- `sqlite3client`: Eine Library zum Interagieren mit einer SQLite-Datenbank

Zur Ausführung der Migration und des Webserver wird ein Benutzer namens `developer` angelegt. Das Migrationsskript und die Skripts für die REST-API werden in den Docker-Container kopiert. Nach der Migration werden die vorgenommenen Änderungen per `commit` in das Image festgeschrieben, sodass die Daten der MongoDB nach dem Neustart des Servers immer noch vorhanden sind. Dies könnte man auch über ein Volume lösen, was jedoch unter Mac OS nicht funktioniert, zumal die Migration schreibend auf ein Volume zugreifen muss ([Quelle](#)).

Die REST-API wird innerhalb des Containers über den Port 8000, der statische Content über Port 8001 angeboten. Da der statische Content und die REST-API über einen unterschiedlichen Port angeboten werden, wird die [Same-origin policy](#) verletzt. (Diese besagt, dass eine Seite nur AJAX-Aufrufe auf eine Ressource ausführen darf, die das gleiche Protokoll, den gleichen Hostname und den gleichen Port verwenden.) Aus diesem Grund ist `nginx` so konfiguriert, dass er alle Requests mit einer URL gemäss dem Muster `/api/*` an `localhost:8000` und somit zum `gunicorn`-Server weiterleitet. Deshalb wird aus dem Container nur Port 8001 nach aussen freigegeben.

Beim Start des Containers wird das Skript `server-start.sh` ausgeführt, das sowohl die MongoDB-Instanz als auch die beiden Webserver startet. Dabei werden die Logs der Web-Applikation und der Datenbank laufend auf die Standardausgabe geschrieben. (Der Container läuft interaktiv und nicht als Daemon, sodass die Logs sofort ersichtlich sind und der Container per `Ctrl-C` wieder beendet werden kann.)

### 6.2 Wie kann die Effizienz von Datenanfragen optimiert werden?

- Wie bereits bei der Migration beschrieben wurde, werden die Spieler zu Beginn in eine Liste geladen. Dadurch können rechenintensive Joins bzw. Unterabfragen eingespart werden.

- Beim Join von League zu Match kam es zu einem Problem mit einem internen Limit (BSON document size: 16MB, [Quelle](#)). Der umgekehrte Join von Match zu League funktionierte jedoch problemlos und schnell. Das liegt daran, dass die Anzahl Ligen mit 11 sehr gering und die Anzahl Matches mit 24'396 sehr gross ist.
- Wäre die Datenbank gemäss dem Use Case (alle Matches eines Spielers anzeigen) modelliert worden, wären die Abfragen effizienter. Denn das Sammeln der Matches pro Spieler hätte nur einmal (bei der Migration) stattfinden müssen und nicht bei jeder Abfrage. (Im Moment werden die Spieler zu jedem Match gespeichert, nicht die Matches pro Spieler.)

## 7 Vergleich mit relationalen Datenbanken

### 7.1 Vergleichen Sie Ihre NoSQL-Technologie mit SQL-Datenbanken.

- Dokumentdatenbanken wie MongoDB sind nicht für Joins im Sinne von SQL gemacht. Aggregiert man die Daten bereits beim Einfügen, kann auf Joins verzichtet werden.
- Die Abfragesprache von MongoDB basiert auf JavaScript/JSON, nicht auf SQL.
- MongoDB kennt keine Tabellen sondern Collections. Die Einträge einer Collection können sich in ihrer Datenstruktur unterscheiden.
- MongoDB bietet viel weniger Abfragemöglichkeiten als SQL. So ist es beispielsweise nicht möglich alle Matches mit dem gleichen Datum zu finden.

## 8 Schlussfolgerungen

### 8.1 Was haben Sie erreicht, und welche Erkenntnisse haben Sie dabei gewonnen?

- Das Aufsetzen einer Docker-Umgebung braucht viel Zeit, gerade wenn sie auf verschiedenen Betriebssystemen ausgeführt werden soll. Auf Linux lief die Docker-Umgebung am zuverlässigsten, für Mac OS mussten einige Workarounds vorgenommen werden, die auch auf Linux zuverlässig funktionierten und so wieder zusammengeführt werden konnten. Fazit: Kann die Docker-Umgebung zunächst unter Mac OS zum Laufen gebracht werden, sollte sie auch unter Linux funktionieren.
- AJAX-Requests funktionieren nur, wenn Protokoll, Hostname und Portnummer der anfragenden und angefragten Ressourcen identisch sind. Dies kann zwar zu Testzwecken mit einem Plugin umgangen werden, scheitert jedoch im produktiven Einsatz. Fazit: Will man AJAX-Requests verwenden, sollte *ein gemeinsamer* Webserver für die REST-API und den statischen Content verwendet oder eine entsprechende Weiterleitung konfiguriert werden.

- Bei der Migration kann es performanter sein Daten, auf die oft zugegriffen wird, anfangs in den Speicher zu laden statt jeweils bei Bedarf aus der Datenbank zu lesen. Bei grossen Datenmengen könnte jedoch der Speicher knapp werden.
- Die JSON-Datenstruktur einer NoSQL-Datenbank sollte möglichst so modelliert werden, dass sie dem Use Case am besten entspricht. In unserem Beispiel werden die Spieler eines Matches abgespeichert. Zweckdienlicher wäre es aber gewesen, die Matches eines Spielers abzuspeichern.

## **8.2 Wie beurteilt Ihre Gruppe die gewählte Datenbanktechnologie, und was sind Vor- und Nachteile?**

Eine Beurteilung der Technologie ist nach diesem kleinen Projekt nur sehr eingeschränkt möglich. Bei unserer konkreten Anwendung ergaben sich folgende Vor- und Nachteile.

### **8.2.1 Vorteile**

- Das Ablegen von Datensätzen bzw. Dokumenten auf MongoDB gestaltet sich sehr einfach, da man im Gegensatz zu SQL nicht eine Reihe von Feldern angeben muss, sondern einfach eine aggregierte Datenstruktur übergeben kann.
- Die Abfragesprache und Datenstruktur von MongoDB basiert auf JavaScript bzw. JSON, was den Einstieg erleichtern kann.
- Es ist viel gute Dokumentation und weitere Hilfestellung zu MongoDB online auffindbar.

### **8.2.2 Nachteile**

- Einige Use Cases lassen sich mit MongoDB weniger einfach als mit SQL (Joins) bzw. überhaupt nicht (Unterabfragen) umsetzen.
- Bei aufwändigen Joins bzw. lookup-Operationen kann MongoDB schnell an seine Grenzen stossen. Joins sollten eher sparsam eingesetzt werden.
- Da die Daten einer Collection heterogen sein können, hat man keine Garantie, dass alle benötigten Felder zu jedem Eintrag existieren. Auf dieses Problem muss im Anwendungscode reagiert werden.