Hochschule Karlsruhe
University of
Applied Sciences

Hochschule Karlsruhe – Data Engineering
WS 2021/2022
DSCB330 – Vorlesung 8 – Microservices

Foto: Quirin Leppert

Themenübersicht

Data Integration

- Data Formats (csv, XML, json)
- Extract, Transform, Load
- Object Relation Mapper (ORM)
- Staging

Data Processing

- Relationale Datenbanken
- nicht-relationale Datenbanken
- Resource Description Framework (RDF)
- Ontologien
- Data Warehouse

Data Modelling

- Serialisierung
- OPC UA
- MQTT
- Pub/Sub
- **Data pipelines**
  - Apache Airflow
  - **gRPC**

Web-Service Architektur

- Front-End
- **Backend for Frontend (BFF)**
- **Micro Services**
- **Docker Container**

Security

- Security ist wichtig in allen Phasen der Softwareentwicklung und Datenbereitstellung.

Übung

- Erstellung eines Daten-Modells einer prozesstechnischen Anlage
- Statische Daten
- Dynamische Daten
- Auswertung der Daten

Web-Service Architektur

Ziel

+ Erstellung eines Web-Services mit folgenden Eigenschaften
+ **Benutzer**
  - Sehr gute User Experience
+ **Entwicklung**
  - Kurze Entwicklungszeiten
  - Gute Wartbarkeit
+ **Production Operations**
  - Einfaches Deployment
  - Hohe Stabilität und Verfügbarkeit
  - Skalierbar
  - Deployment möglich in der Cloud und on-premises
+ **Enterprise**
  - Kostengünstig
+ **Security**

Quelle: https://dotnet.microsoft.com/download/e-book/microservices-architecture/pdf

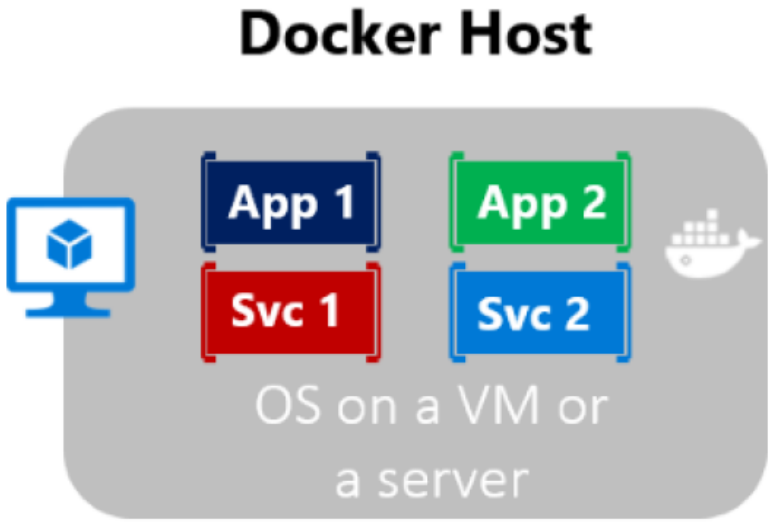
Web-Service Architektur
Docker für Production Operations

Containerization

+ Applikationen bzw. Services, ihre Abhängigkeiten und die Konfiguration werden in ein Container Image gepackt.

Vorteile

+ Einfacher Unit Test
+ Einfacher Integrationstest
+ Einfaches Deployment
+ Einfache Skalierbarkeit
+ Reliability
- Ausfall eines Containers wirkt sich nicht auf andere aus
+ Portability
- Nutzung der Container on-premises (customer datacenter) und auf verschiedenen Cloud-Plattformen (AWS, Google, Azure, MindSphere) möglich
+ Agility
- Entwicklung durch **unabhängige** Teams
+ Isolation
- zwischen Entwicklung and Operations (DevOps)
+ Docker Container haben einen kleineren Footprint als virtuelle Maschinen



Quelle: https://dotnet.microsoft.com/download/e-book/microservices-architecture/pdf

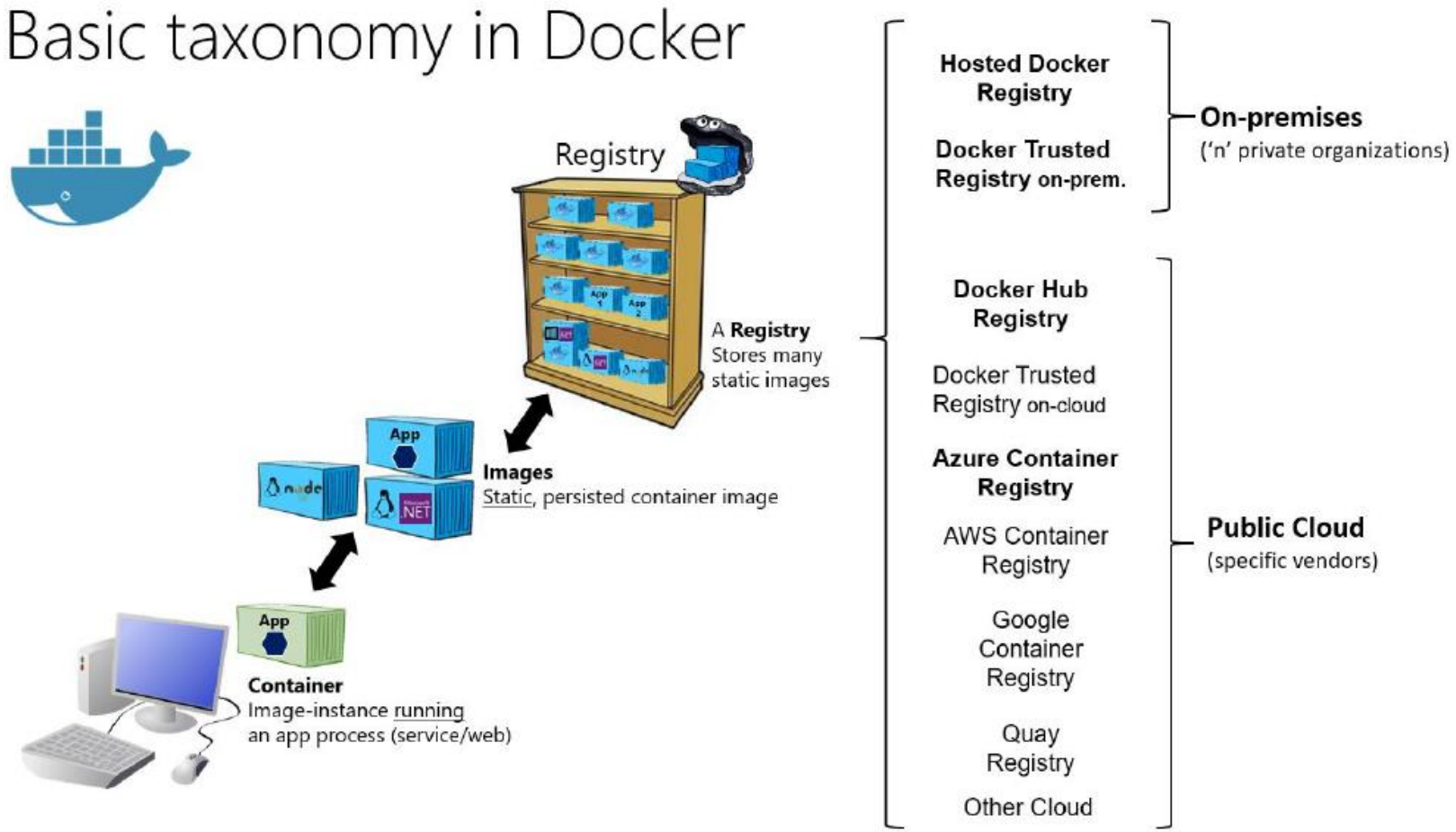
Web-Service Architektur
Docker Terminologie

- **Container Image:** A package with all the dependencies and information needed to create and run a container.
- **Dockerfile:** A text file that contains instructions for building a Docker image.
- **Build:** The action of building a container image based on the information and context provided by its Dockerfile.
- **Container:** An instance of a Docker image.
- **Volumes:** Offer a writable filesystem that the container can use. Since images are read-only but most programs need a possibility to write to a filesystem, volumes add a writable layer.
- **Tag:** A mark or label you can apply to images
- **Multi-stage Build:** Creation of a large base image (e.g. including an SDK) in a first step, which is later reduced to a smaller image with a small runtime for production purposes.
- **Repository (repo):** A collection of related Docker images
- **Registry:** A service that provides access to repositories.
- **Docker Hub:** Registry provided by Docker
- **Docker Trusted Registry (DTR):** A Docker registry service (from Docker) that can be installed on-premises so it lives within the organization's datacenter and network.
- **Compose:** A command-line tool and YAML file format with metadata for defining and running multi-container applications.
- **Cluster:** A collection of Docker hosts exposed as if it were a single virtual Docker host, so that the application can scale to multiple instances of the services spread across multiple hosts within the cluster. Docker clusters can be created e.g. with Kubernetes.
- **Orchestrator:** A tool that simplifies management of clusters and Docker hosts, e.g. Kubernetes

Quelle: https://dotnet.microsoft.com/download/e-book/microservices-architecture/pdf

Web-Service Architektur
Verwaltung der Docker Container

- Für erweiterte Sicherheitsanforderungen können docker images in einer private image registry verwaltet werden.



Quelle: https://dotnet.microsoft.com/download/e-book/microservices-architecture/pdf

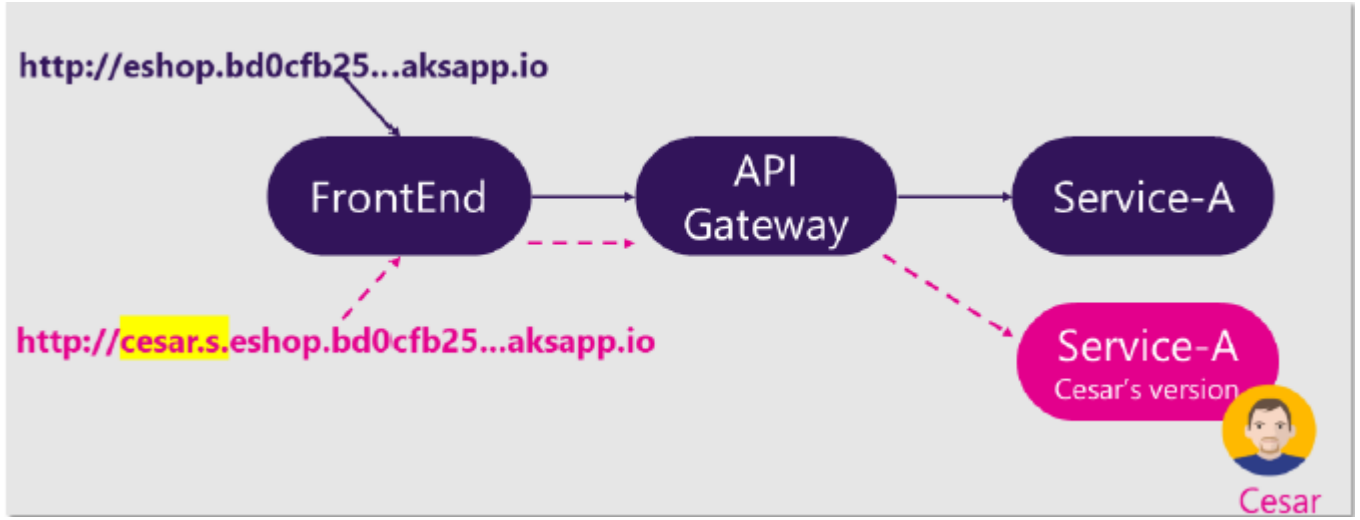
Web-Service Architektur
Unit Test und Integrationstest

Unit Test

+ Test eines Docker Containers

Integrationstest

+ Möglich nahe am Produktivsystem
+ Nutzung von „spaces“ für die Entwicklung, die das Testen von Services integriert in das globale Deployment erlauben.



Quelle: https://dotnet.microsoft.com/download/e-book/microservices-architecture/pdf

Web-Service Architektur

Microservice architecture

- Aufbau einer Server-Architektur aus kleinen Services
- Nutzung von HTTP, AMQP und gRPC zur Kommunikation zwischen Services
- Jeder Service implementiert eine end-to-end-domain Fähigkeit (capability) innerhalb einer context boundary (context: Zusammenhang, boundary: Grenze)
- Jeder Service kann autonom entwickelt und unabhängig ausgeführt werden.
- Jeder Microservice bestimmt über seine Daten

Vorteile

- Skalierbarkeit
- Bessere Wartbarkeit in großen, komplexen und hoch-skalierbaren Systemen
- Voneinander unabhängig ausführbare Services
- Continuous integration and continuous delivery
- Test and run microservices in isolation
- Unabhängige Weiterentwicklung unter Berücksichtigung vorhandener Schnittstellen (interfaces and contracts)
- Einfaches Monitoring, Health checks, Watch dogs für jeden Microservice
- Skalierbare Infrastruktur (über Cloud und Orchestrators)
- Schnelle Entwicklung und Auslieferung durch unterschiedliche, parallel arbeitende Teams
- DevOps and CI/CD (Developing and Operations, Continous Integration and continuous deployment)

Domain-Driven Design

- Herangehensweise zur Modellierung komplexer Software
- Iterative Softwareentwicklung
- Enge Zusammenarbeit zwischen Entwicklern und Fachexperten

Bounded Context (Kontextgrenzen)

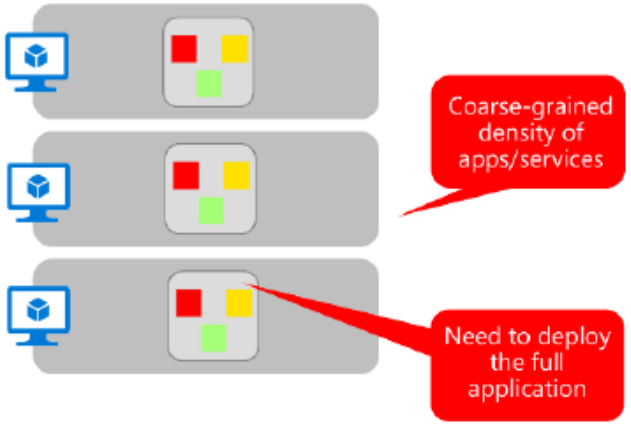
- beschreiben die Grenzen jedes Kontexts in vielfältiger Hinsicht wie beispielsweise Teamzuordnung, Verwendungszweck, dahinter liegende Datenbankschemata.

Quelle: https://dotnet.microsoft.com/download/e-book/microservices-architecture/pdf; https://de.wikipedia.org/wiki/Domain-driven_Design

Web-Service Architektur
Monolithic deployment versus Microservices approach

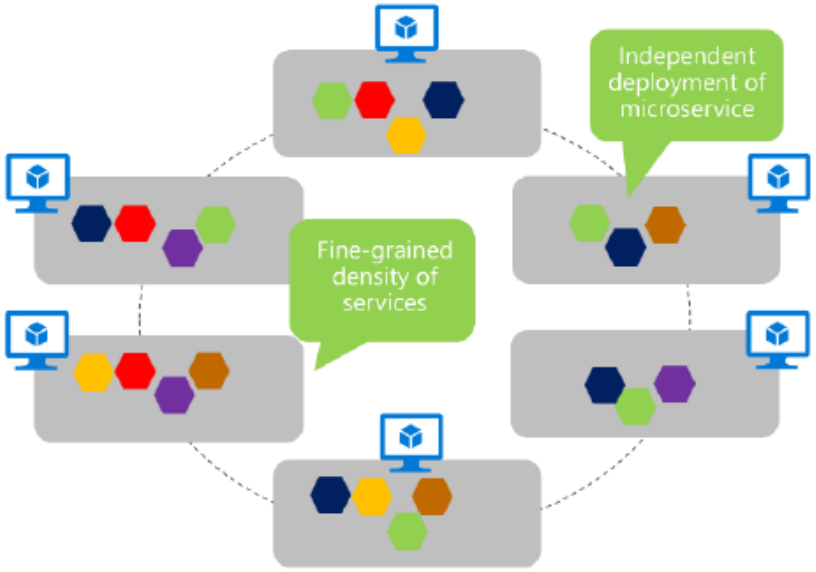
Monolithic deployment approach

- A traditional application has most of its functionality within a few processes that are componentized with layers and libraries.
- Scales by cloning the app on multiple servers/VMs



Microservices application approach

- A microservice application segregates functionality into separate smaller services.
- Scales out by **deploying each service independently** with multiple instances across servers/VMs



Quelle: https://dotnet.microsoft.com/download/e-book/microservices-architecture/pdf

Web-Service Architektur

Data sovereignty per microservice

+ Jeder Microservice verfügt über die Logik und Daten seiner Domäne
+ Im traditionellen Ansatz gibt es eine gemeinsame Datenbank für alle Services
+ Im Ansatz für Microservices hat jeder Microservice eine eigene Datenbank für seine Modelle und Daten.

Vorteile des traditionellen Ansatzes

+ Der monolithische Ansatz mit typischerweise einer relationalen Datenbank erlaubt eine einfache Umsetzung von ACID Transaktionen unter Nutzung von SQL

Nachteile des Microservice Ansatzes

+ Bei ACID Transaktionen muss berücksichtigt werden, dass jeder Microservice seine eigenen Daten verwaltet

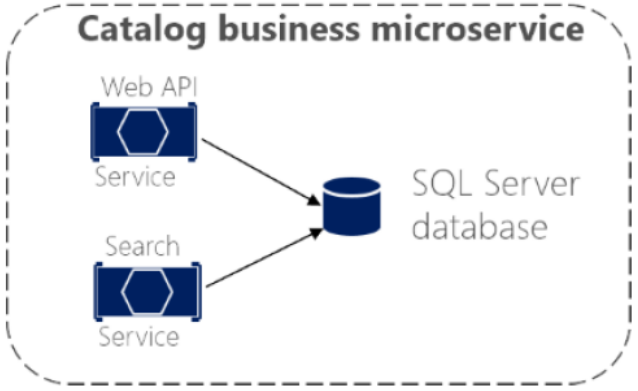
ACID

+ atomicity, consistency, isolation, durability

Vorteile des Microservice Ansatzes

+ Kapselung der Daten stellt sicher, dass Microservices nur schwach gekoppelt und sich unabhängig voneinander entwickeln können.
+ Jeder Microservice kann für seinen Zweck spezialisierte Datenbanken nutzen (SQL, Graph, nosql)
- polyglot-persistent architecture

Verschiedene Services teilen sich eine Datengrundlage, wenn sie auf den gleichen Bounded Context (business domain) zugreifen.

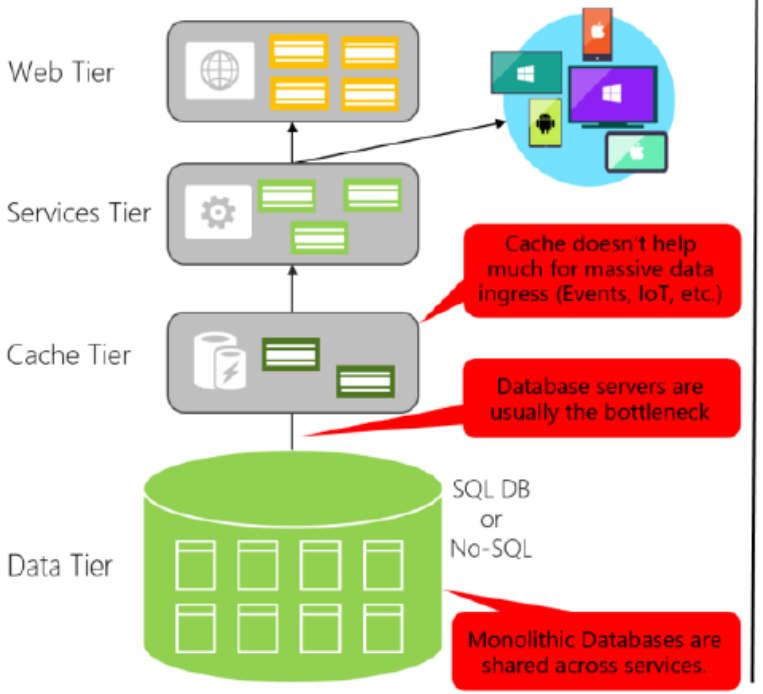


Quelle: https://dotnet.microsoft.com/download/e-book/microservices-architecture/pdf

Web-Service Architektur
Data in traditionellem Umfeld und im Microservices-Ansatz

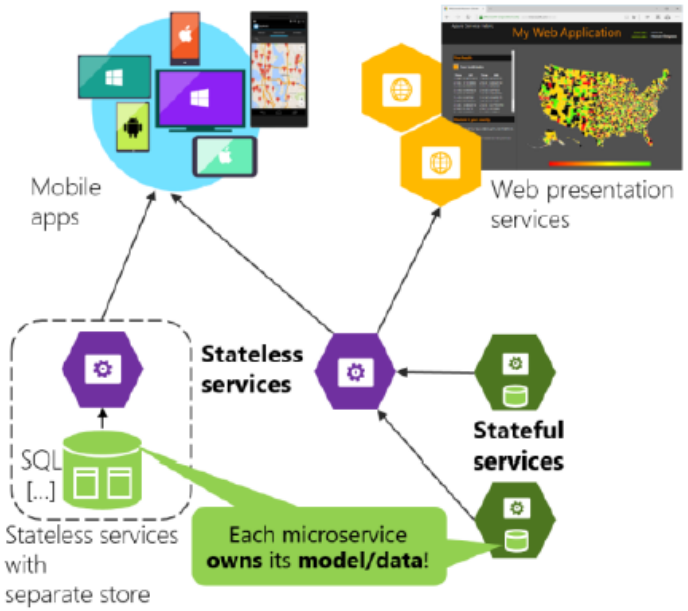
Data in Traditional approach

- Single monolithic database
- Tiers of specific technologies



Data in Microservices approach

- Graph of interconnected microservices
- State typically scoped to the microservice
- Remote Storage for cold data

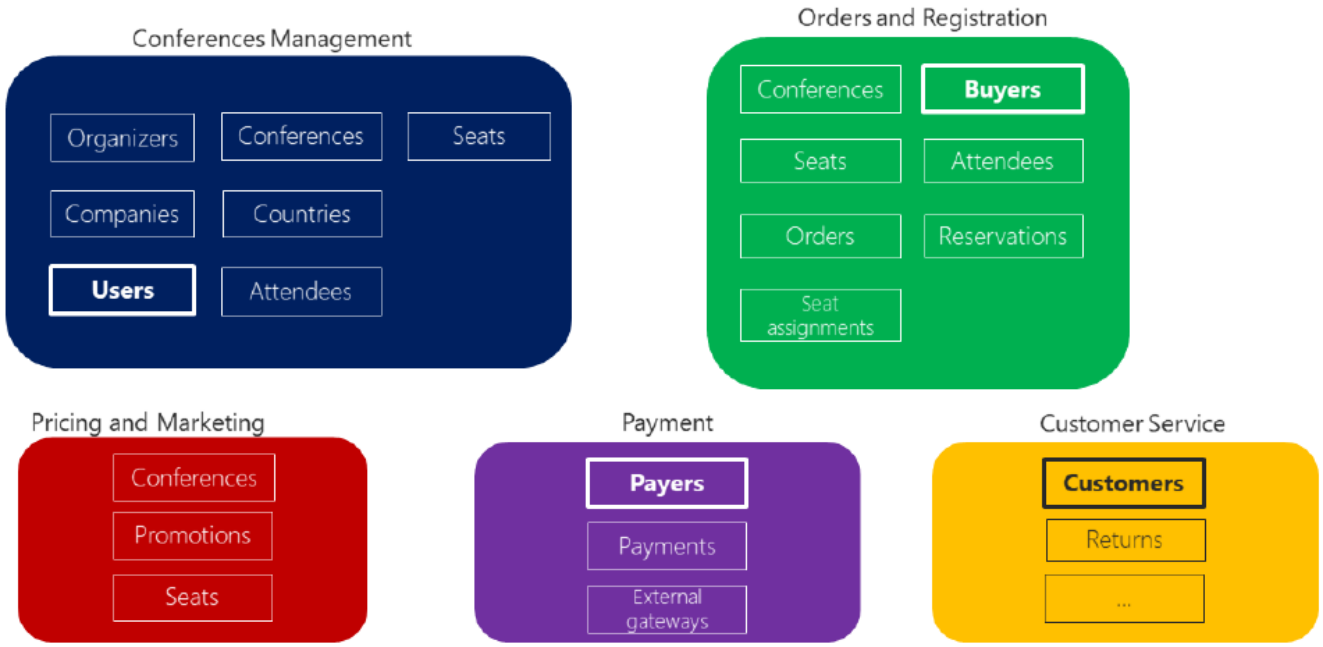


Quelle: https://dotnet.microsoft.com/download/e-book/microservices-architecture/pdf

Web-Service Architektur

Definition der Grenzen von Microservices

+ Ein Ansatz besteht darin, Grenzen entlang von Business terms zu ziehen
+ Beispiel: Unterschiedliche Bezeichnungen für einen User
- User im Identitätsservice
- Customer in Customer-Relationship-Management-Service
- Buyer im Bestell-Kontext
+ Grenzen von Microservices können durch das Bounded Context pattern gefunden werden (Sam Newman)
+ Applikationen reflektieren die sozialen Grenzen der Organisiation, durch die sie entwickelt wurden (Conway‘s law).

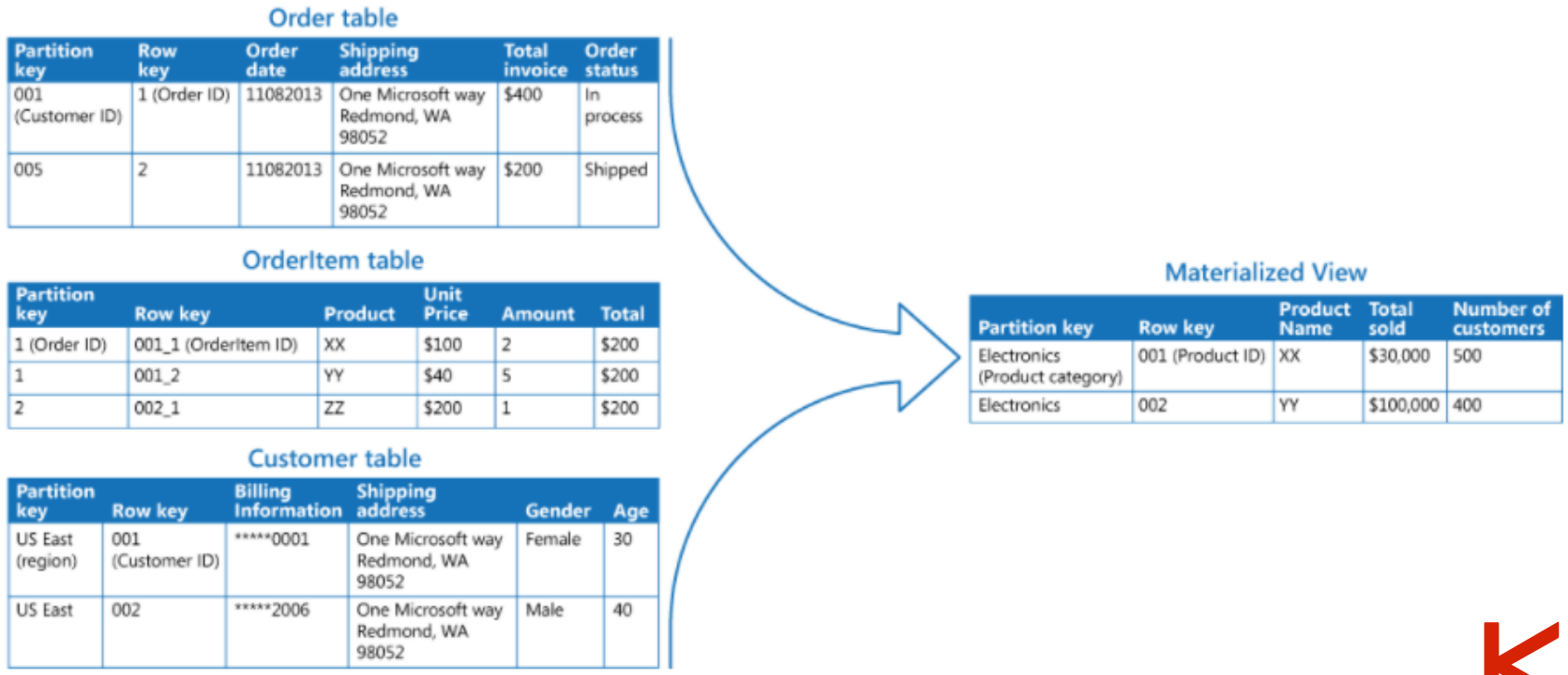


Quelle: https://dotnet.microsoft.com/download/e-book/microservices-architecture/pdf

Web-Service Architektur

Abfragen über Grenzen von Microservices

+ Vermeidung von unnötiger Kommunikation
+ **API Gateway**
- aggregiert Informationen von verschiedenen Microservices
+ **Materialized View pattern**
- Erzeugung einer read-only-Tabelle mit Daten aus mehreren Microservices
+ Beispiel
- Verkaufszahlen für Elektronikprodukte inkl. Anzahl der Kunden, die diese Käufe getätigt haben



Order table

Partition key	Row key	Order date	Shipping address	Total invoice	Order status
001 (Customer ID)	1 (Order ID)	11082013	One Microsoft way Redmond, WA 98052	$400	In process
005	2	11082013	One Microsoft way Redmond, WA 98052	$200	Shipped

OrderItem table

Partition key	Row key	Product	Unit Price	Amount	Total
1 (Order ID)	001_1 (OrderItem ID)	XX	$100	2	$200
1	001_2	YY	$40	5	$200
2	002_1	ZZ	$200	1	$200

Customer table

Partition key	Row key	Billing Information	Shipping address	Gender	Age
US East (region)	001 (Customer ID)	*****0001	One Microsoft way Redmond, WA 98052	Female	30
US East	002	*****2006	One Microsoft way Redmond, WA 98052	Male	40

Materialized View

Partition key	Row key	Product Name	Total sold	Number of customers
Electronics (Product category)	001 (Product ID)	XX	$30,000	500
Electronics	002	YY	$100,000	400

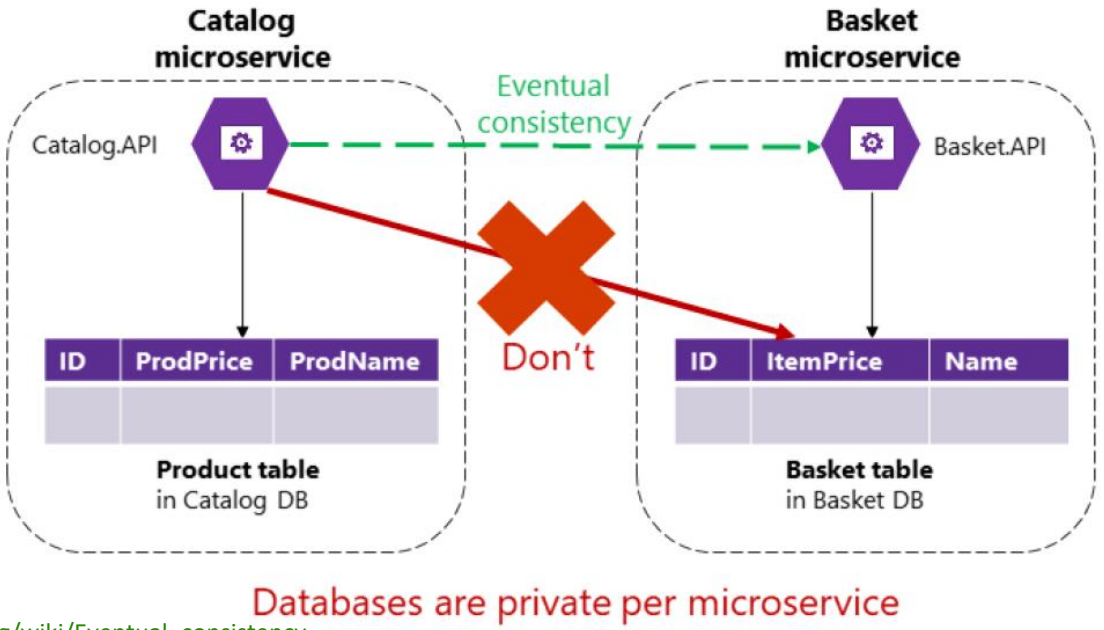
Quelle: https://dotnet.microsoft.com/download/e-book/microservices-architecture/pdf; https://docs.microsoft.com/en-us/azure/architecture/patterns/materialized-view

Web-Service Architektur

Erhaltung der Konsistenz über verschiedene Microservices

- Jeder Microservice ist für seine Daten verantwortlich
- Daten müssen dennoch über verschiedene Microservices konsistent gehalten werden
- **Beispiel**
- Microservice 1: Katalog-Service inklusive Preise
- Microservice 2: Bestell-Service mit aktuellen Preisen
- **Herausforderung**
- Eine Änderung der Preise im Katalog muss vom Bestell-Service aktualisiert werden. Die Aktualisierung muss im UI dem Kunden transparent gemacht werden.
- CAP theorem:
  Availability contrasts with ACID strong consistency
- Most microservice-based scenarios demand availability and high scalability as opposed to strong consistency.

- **Lösung**
- eventual consistency
- informally guarantees that, if no new updates are made to a given data item, eventually all accesses to that item will return the last updated value
- Event-driven communication und publish-subscribe-systems



Quelle: https://dotnet.microsoft.com/download/e-book/microservices-architecture/pdf; https://en.wikipedia.org/wiki/Eventual_consistency

Web-Service Architektur

Kommunikation über Grenzen von Microservices

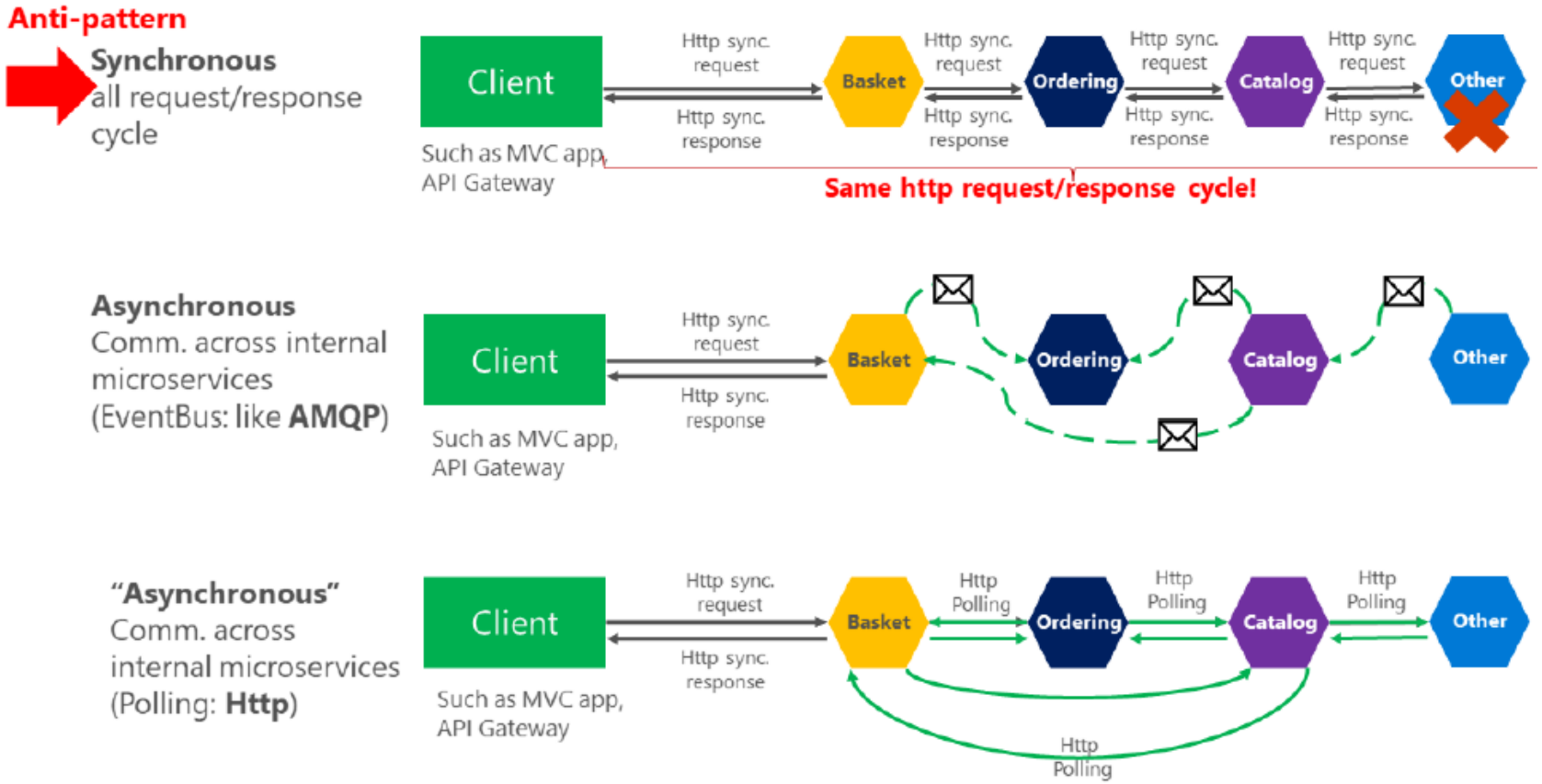
- Komponenten können ausfallen
- Ausfälle von Teilen dürfen nicht zum Ausfall des gesamten Systems führen
- Microservices sollten nicht über Abfragen implizit gekoppelt werden
- Verkette Abfragen über Microservices hinweg sollen vermieden werden
- Nutzung asynchroner Abfragen
- Microservices sollen autonom handeln können (d.h. nicht von anderen Microservices abhängen)

Quelle: https://dotnet.microsoft.com/download/e-book/microservices-architecture/pdf

Web-Service Architektur

Synchrone versus asynchrone Kommunikation

+ HTTP: synchrones Protokoll
+ AMQP: asynchrones Protokoll

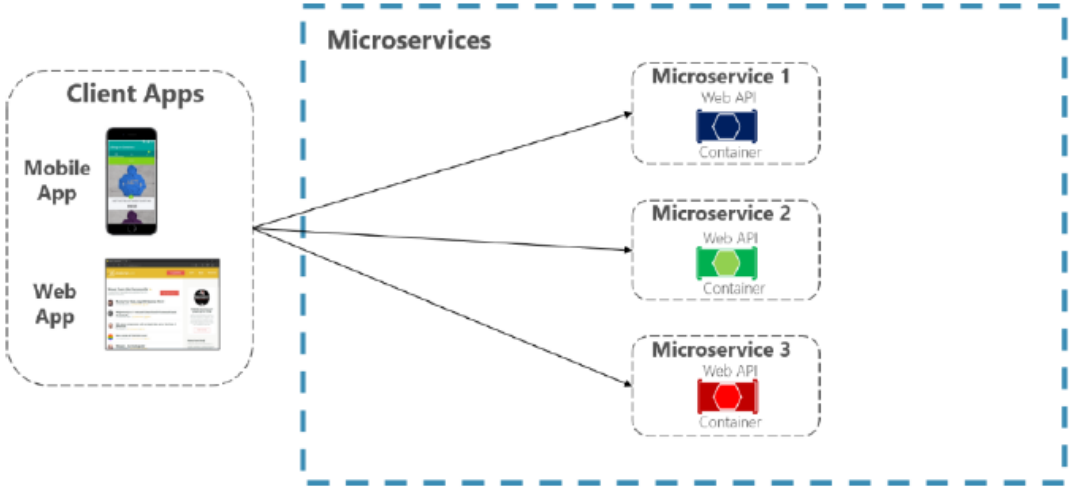


Quelle: https://dotnet.microsoft.com/download/e-book/microservices-architecture/pdf

Web-Service Architektur

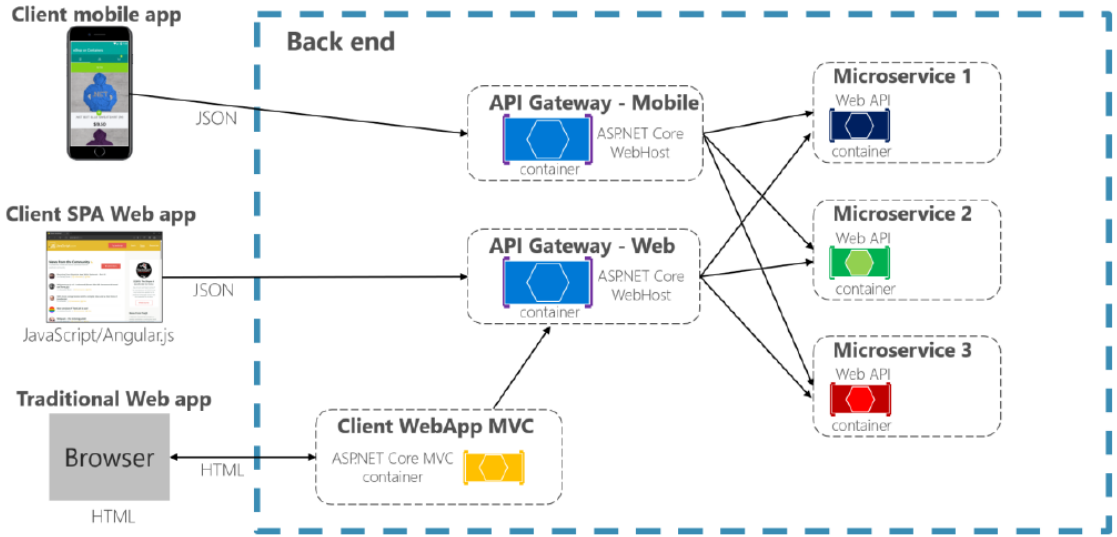
Direct client-to-microservice communication

- \+ Load Balancer verteilt die Anfragen an die verschiedenen Microservices
- \+ Hohe Anzahl von round-trips verbunden mit Latenz und Komplexität in der Client App
- \+ Authentifizierung der Client App gegenüber jedem Microservice
- \+ Anforderungen einer App für mobile Geräte unterscheiden sich von Web-Applikationen



The API gateway pattern (backend-for-frontend)

- \+ Zwischenschicht zwischen der Client App und den Microservices zur Bündelung der Abfragen
- \+ Verringerung der round-trips
- \+ Client App ist nicht an verschiedene Microservices gebunden, dadurch werden z.B. Updates von Client Apps reduziert
- \+ Bessere Security: Client App kommuniziert nur über eine Schnittstelle

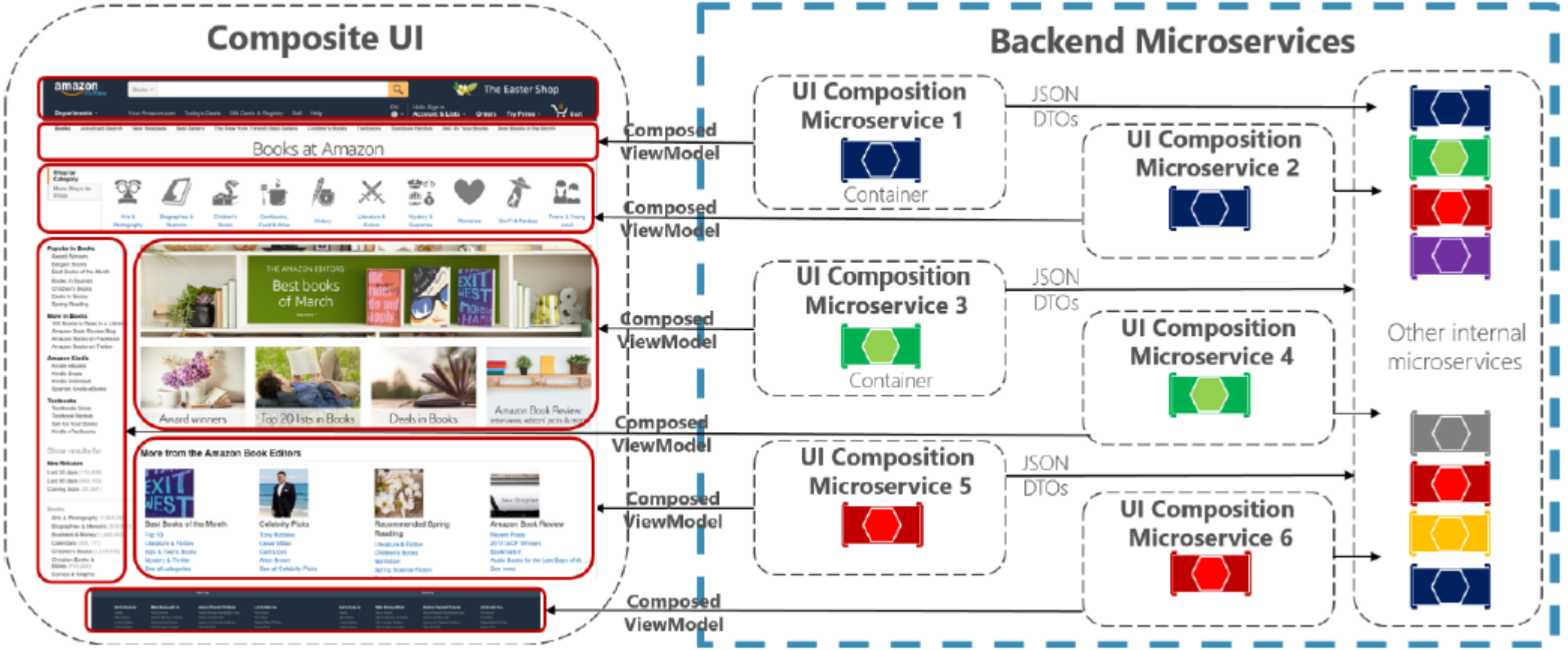


Quelle: https://dotnet.microsoft.com/download/e-book/microservices-architecture/pdf

Web-Service Architektur

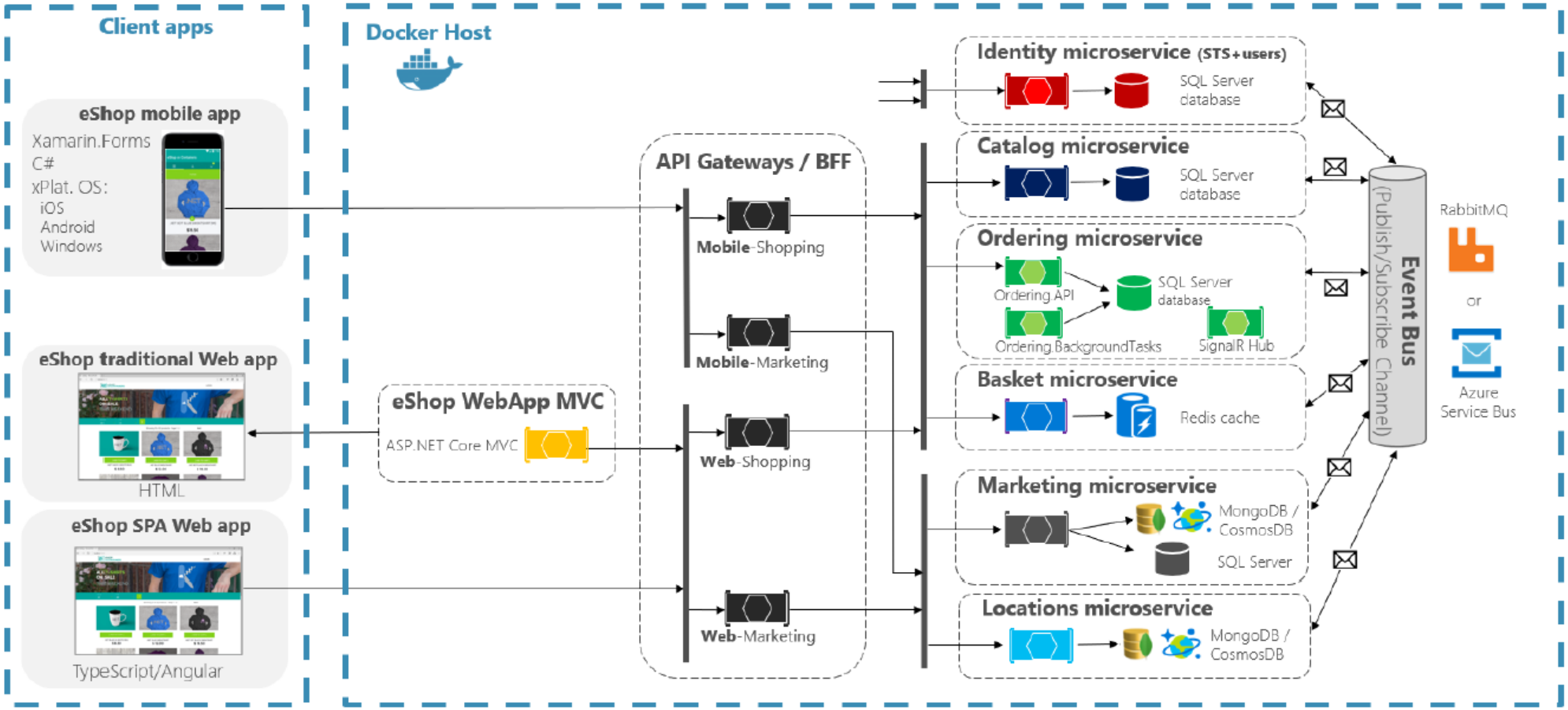
Composite UI generated by microservices

+ Jeder Service ist verantwortlich für ein Teil des UI



Quelle: https://dotnet.microsoft.com/download/e-book/microservices-architecture/pdf

Web-Service Architektur
Beispiel für eine Gesamtarchitektur



Quelle: https://dotnet.microsoft.com/download/e-book/microservices-architecture/pdf (eShopOnContainers)

Web-Service Architektur

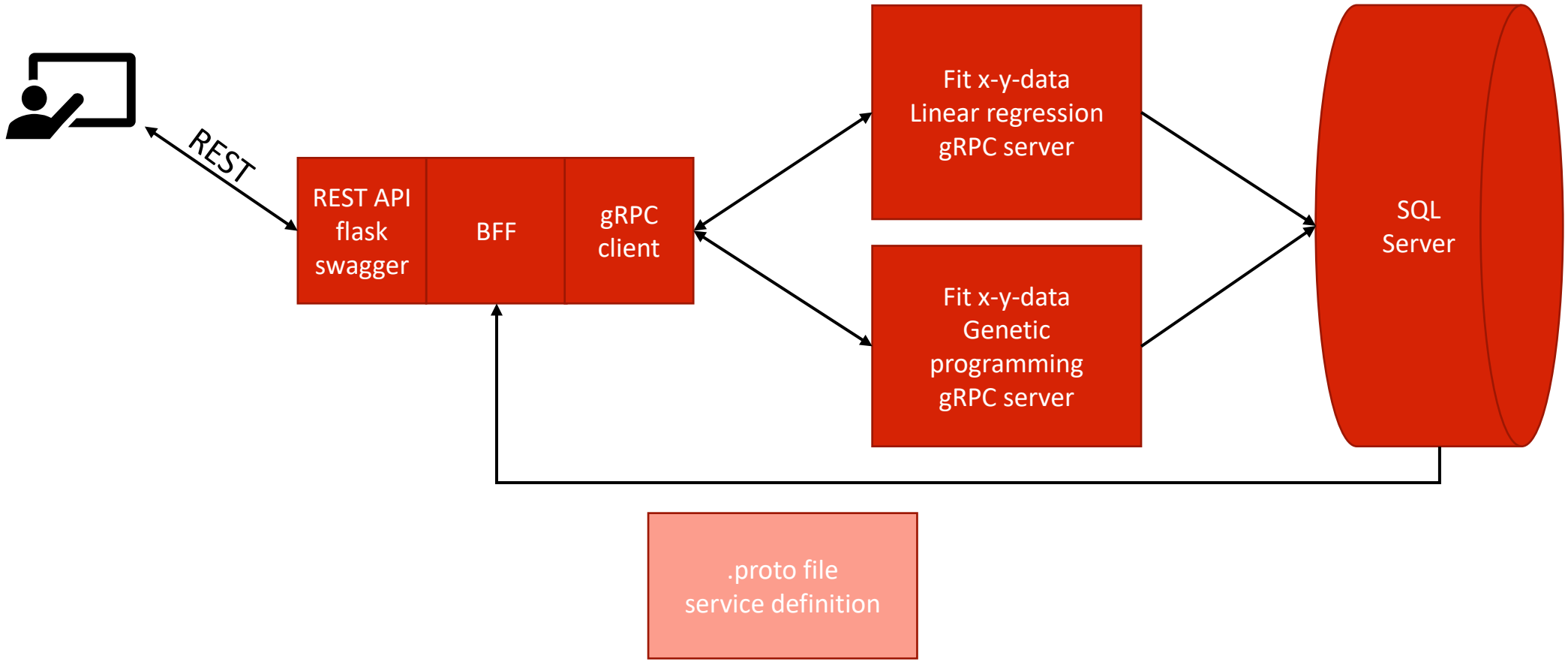
Literatur

- .NET Microservices: Architecture for Containerized .NET Applications, https://dotnet.microsoft.com/download/e-book/microservices-architecture/pdf
- Containerized Docker Application Lifecycle with Microsoft Platform and Tools, https://dotnet.microsoft.com/download/e-book/microservices-devops/pdf

Quelle: https://dotnet.microsoft.com/download/e-book/microservices-architecture/pdf; https://dotnet.microsoft.com/download/e-book/microservices-devops/pdf

Web-Service Architektur
Übung 26

- Übung 26-web-service



Web-Service Architektur
Übung 26 – Datenbanken

Database 1 (created by BFF)

- HKA_functionguessing
  - dbo.datapoints
    - Spalten
      - Id (int, Nicht NULL)
      - FunctionId (int, Nicht NULL)
      - x (float, Nicht NULL)
      - y (float, Nicht NULL)

	Id	FunctionId	x	y
1	1	1	-5	-11
2	2	1	-4,98498498498499	-10,954954954955
3	3	1	-4,96996996996997	-10,9099099099099
4	4	1	-4,95495495495496	-10,8648648648649

  - dbo.Functions
    - Spalten
      - Id (int, Nicht NULL)
      - Name (nvarchar(max), Nicht NULL)
      - Description (nvarchar(max), NULL)

	Id	Name	Description
1	1	y=3*x+4	linear function
2	2	y=3*x^2+1	quadratic function
3	3	y=2*(x+1)**3+3	cubic function

Database 3 owned by microservice genetic programming

- HKA_gp
  - dbo.gpresult
    - Spalten
      - Id (int, Nicht NULL)
      - FunctionId (int, Nicht NULL)
      - scheduled (bit, Nicht NULL)
      - ready (bit, Nicht NULL)
      - function (nvarchar(max), NULL)

	Id	FunctionId	scheduled	ready	function
1	7	1	0	1	3*x + 4.0
2	8	2	0	1	3*x**2 + 1.0
3	9	3	0	1	2*(x + 2)*(x*(x + 1) + 1.0)

Database 2 owned by microservice linear regression

- HKA_linearregression
  - dbo.linregresult
    - Spalten
      - Id (int, Nicht N
      - FunctionId (int, Nicht NULL)
      - scheduled (bit, Nicht NULL)
      - ready (bit, Nicht NULL)
      - function (nvarchar(max), NULL)

	Id	FunctionId	scheduled	ready	function
1	10	1	0	1	y=3.000000000
2	11	2	0	1	y=-2.999999999
3	12	3	0	1	y=52.707840711

Web-Service Architektur
Übung 26 – Vorbereitung der Umgebung

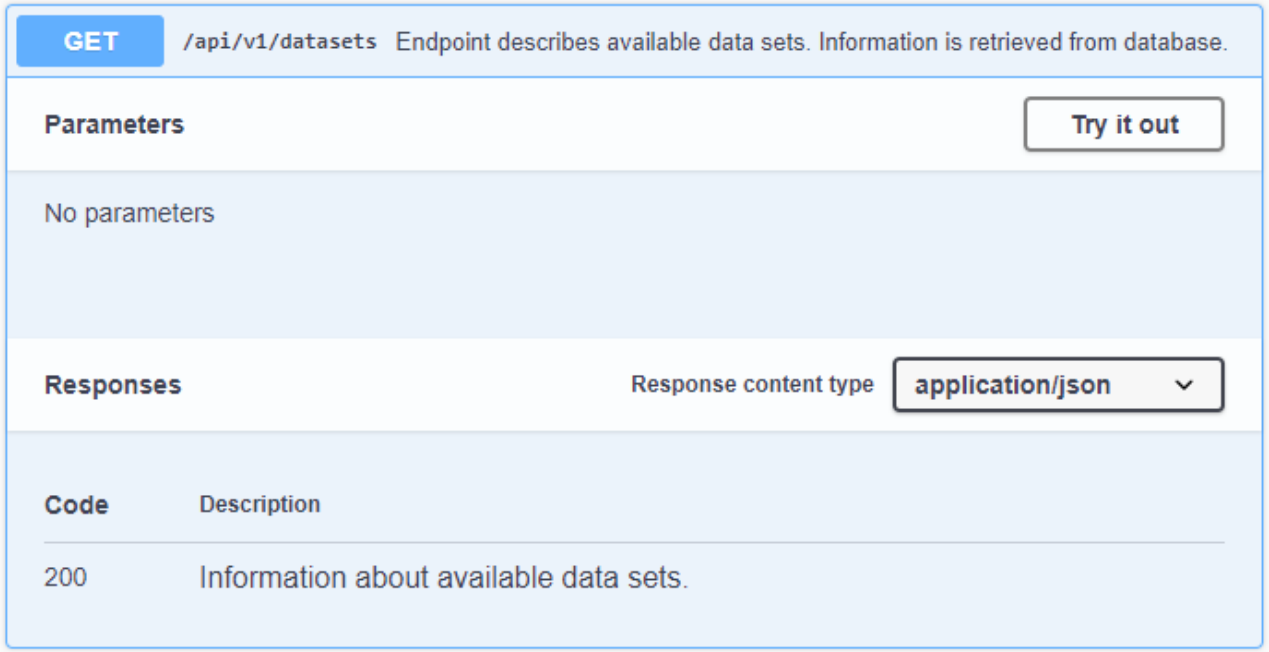
+ Übung 26-web-service
+ Erstellen eines virtual environments für jeden service (BFF, genetic_programming, linear_regression)
- z.B. Wechsel in das Verzeichnis src/BFF
  `C:\Python310\python.exe -m venv venv`
  erzeugt ein virtual environment im Verzeichnis `venv`.
- Aktivierung des virtual environments
  `.\venv\Scripts\Activate.ps1`
- Upgrade von pip
  `python -m pip install --upgrade pip`
- Installation der Pakete (`python -m pip install …`)
  siehe `requirements.txt`
+ Wechsel in das Verzeichnis `src/python_proto`
+ Optional: Kompilieren der proto-Datei:
  `python -m grpc_tools.protoc -I../../protos --python_out=. --grpc_python_out=. ..\..\protos\mathfunc.proto`
- Zwei Dateien werden erzeugt:
  `mathfunc_pb2.py` und `mathfunc_pb2_grpc.py`
- Kopieren der beiden Dateien in jeden Service (BFF, genetic_programming, linear_regression)
+ Anpassen der Datenbankanbindung in `config.son` für jeden Service (BFF, genetic_programming, linear_regression)
+ Öffnen des Verzeichnisses `src\BFF` mit Visual Studio Code
+ Falls Visual Studio Code das erzeugte virtual environment nicht erkennt, Auswahl des virtual environment

Web-Service Architektur
Übung 26 – BFF und Swagger

- Übung 26-web-service
- Starten des Backend-for-frontend in Windows Powershell
  `python .\flask_BFF.py`
- The swagger API documentation may be accessed via
  http://localhost:5000/apidocs/
- Swagger dient als online-Dokumentation des REST-API
- Source code

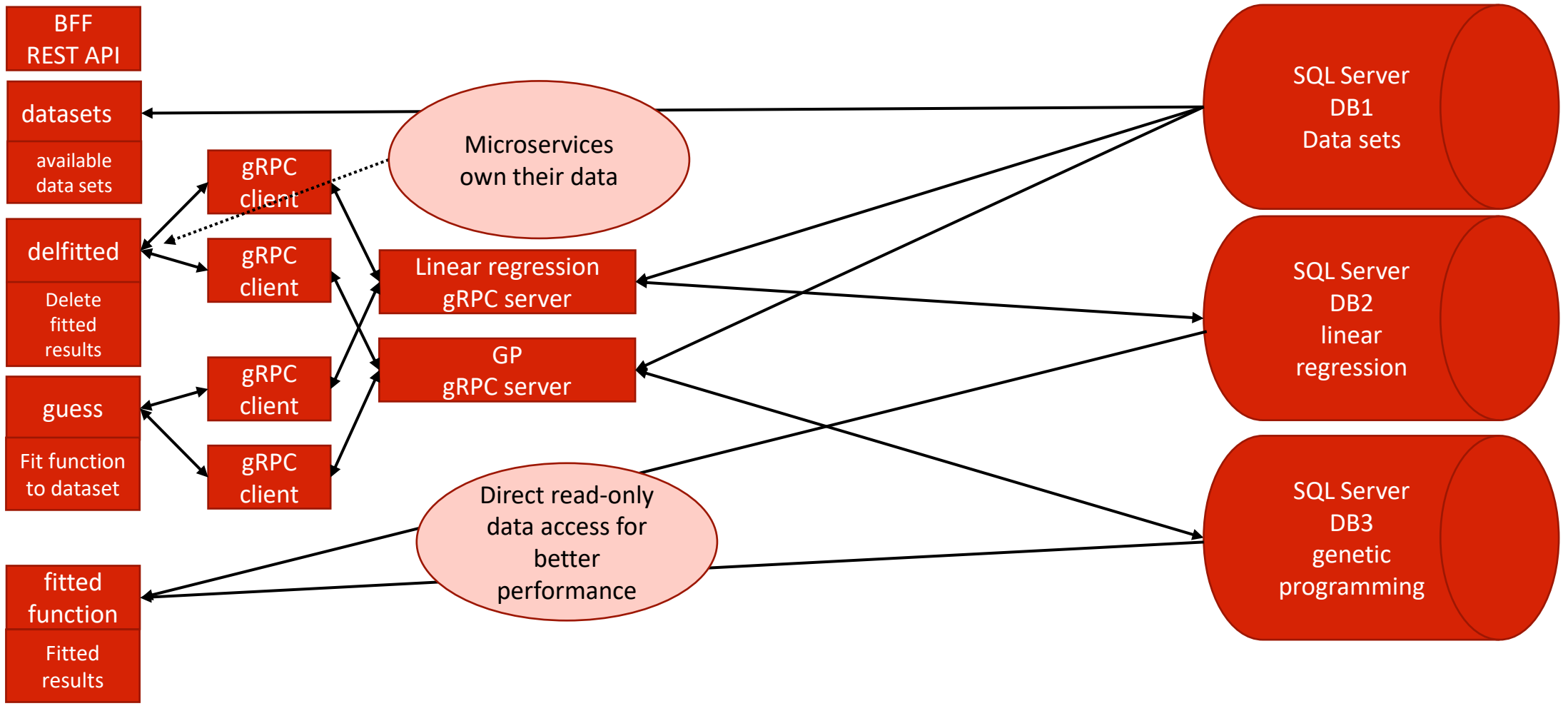
```
from flasgger import Swagger
# Create Flask app Instance
app=create_flask_app(config)
Swagger(app)
```

```
"""Endpoint describes available data sets.
Information is retrieved from database.
    ---
    responses:
        200:
            description: Information about …
 """
```



Quelle: https://pypi.org/project/flasgger/0.5.4/

Web-Service Architektur
Übung 26 – BFF und gRPC services



Web-Service Architektur
Übung 26 – protocol buffer

```
// Interface exported by the server
service MathFunc {
    // method fits a function to a given data set
    rpc GuessFunction(FunctionDescription) returns (State) {}
    // method deletes the results (fitted function) for all data sets
    rpc Delete(DelMsg) returns (DelState) {}
}
// class definition for FunctionDescription
message FunctionDescription {
    // field 1, function identifier
    int32 id = 1;
}
message State {
    // field 1
    bool scheduling = 1;
    // field 2
    bool scheduled = 2;
    // field 3
    bool resultready = 3;
}
message DelMsg{
}
message DelState{
}
```

.proto file
service definition

Web-Service Architektur
Übung 26 – Starten der Services

- Übung 26-web-service

Starten des Services linear programming

- Wechsel in das Verzeichnis `src\linear_regression`
- Aktivierung des Virtual Environments
- Starten des Services mit
  `python grpc_linear_regression_server.py`

Starten des Services genetic programming

- Wechsel in das Verzeichnis `src\genetic_programming`
- Aktivierung des Virtual Environments
- Starten des Services mit
  `python grpc_gp_server.py`

Hochschule Karlsruhe
University of
Applied Sciences

www.h-ka.de