

SOFTWAREARCHITEKTUR

Maurice Müller

2025-09-29

Geschichte



Those who fail to learn from history are condemned to repeat it.

– Sir Winston Churchill

"Wer aus der Geschichte nichts lernt, ist dazu verdammt, sie zu wiederholen."

Evolution der Code-Basis

Geschichtlich

- einzelne Dateien / Skripte
- Komposition von Dateien / Skripten
- Anbindung externer Komponenten (Datenbanken, ...)
- Big Ball of Mud

In Projekten

- einzelne Klassen
- Komposition von Klassen
- Anbindung externer Komponenten
- Big Ball of Mud

- verbreitete Entschuldigung: "**Historisch gewachsen.**"
- eigentlich → "**Niemand hat sich um die Architektur gekümmert.**"

Big Ball of Mud



"A Big Ball of Mud is a haphazardly structured, sprawling, sloppy, duct-tape-and-baling-wire, spaghetti-code jungle."

— Brian Foote & Josphe Yoder

"Eine Riesenmatschkugel ist ein planlos strukturierter, wuchernder, schludriger, mit Isolierband und Draht umwickelter Spaghetti-Code Dschungel."

Big Ball of Mud

Code that does something useful, but without explaining how

– Eric Evans

- Eigenschaften
 - Code verbirgt Intention (was/warum)
 - technische Belange belasten/verunreinigen die Fachlogik
 - Fachlogik ist über die (gesamte) Anwendung verteilt
- Resultat
 - selbst kleine Anpassungen sind nur mit hohem Aufwand (und hohem Risiko!) umsetzbar

Big Small Balls of Mud

- es lohnt sich nicht immer alles korrekt zu designen
- manchmal ist Geschwindigkeit wichtiger als Qualität
- wichtig ist, dass der *Small Ball of Mud* isoliert vom Rest bleibt und eine saubere Schnittstelle hat
- Microservices

- Software braucht eine richtige Architektur
- Software muss gepflegt werden
- jeder Entwickler muss grundlegendes Verständnis von Software-Architektur haben
- ohne Architektur, Pflege und Verständnis → **Big Ball of Mud**

Was ist Software-Architektur?

Es gibt keine einheitliche Definition.

Mögliche Definitionen:

- was das große Ganze betrifft
- was am Anfang eines Projekts grundlegend entschieden werden muss
- worüber sich die Hauptentwickler einig sind
- IEEE-1471: "The fundamental organization of a system embodied in its components, their relationships to each other, and to the environment, and the principles guiding its design and evolution."

Was macht Software-Architektur?

entnommen aus dem Buch *Effektive Software-Architekturen* von Gernot Starke

ARCHITEKTUR GIBT STRUKTUREN VOR

- Definition der Komponenten eines Systems
- Beschreibung der wesentlichen Merkmale
- Beschreibung der Schnittstellen
- Beziehung der Komponenten untereinander
- gibt somit einen Überblick über den *Bauplan* und *Ablaufplan*

ARCHITEKTUR BESCHREIBT EINE LÖSUNG

- enthält übergreifende Prinzipien
- ist keine konkrete Implementierung
- basiert auf Abstraktionen
 - nicht benötigte Informationen werden weggelassen
- kann Ist- oder Soll-Zustand sein

ARCHITEKTUR BASIERT AUF ENTWURFSENTSCHEIDUNGEN

- Architektur ist das Resultat zahlreicher Entscheidungen
 - z.B. interner Aufbau einzelner Komponente oder eingesetzte Technologien
- Entscheidungen müssen begründet und dokumentiert werden
 - die Auswirkungen sind häufig erst später sichtbar
 - erleichtert / ermöglicht eine (Neu-)Bewertung

ARCHITEKTUR UNTERSTÜTZT DEN ÜBERGANG VON DER ANALYSE ZUR REALISIERUNG

- Brücke zwischen Fachdomäne und Implementierung
 - Vorgaben zur Erreichung von fachlichen und qualitativen Anforderungen
 - fachliche Anforderungen: gehören zur Domäne / zur Geschäftslogik
 - qualitative Anforderungen: gehören nicht zur Domäne - z.B. Verarbeitungszeit, Sicherheit, Benutzbarkeit,
- ...

ARCHITEKTUR KANN SYSTEME AUS UNTERSCHIEDLICHEN SICHTEN ZEIGEN

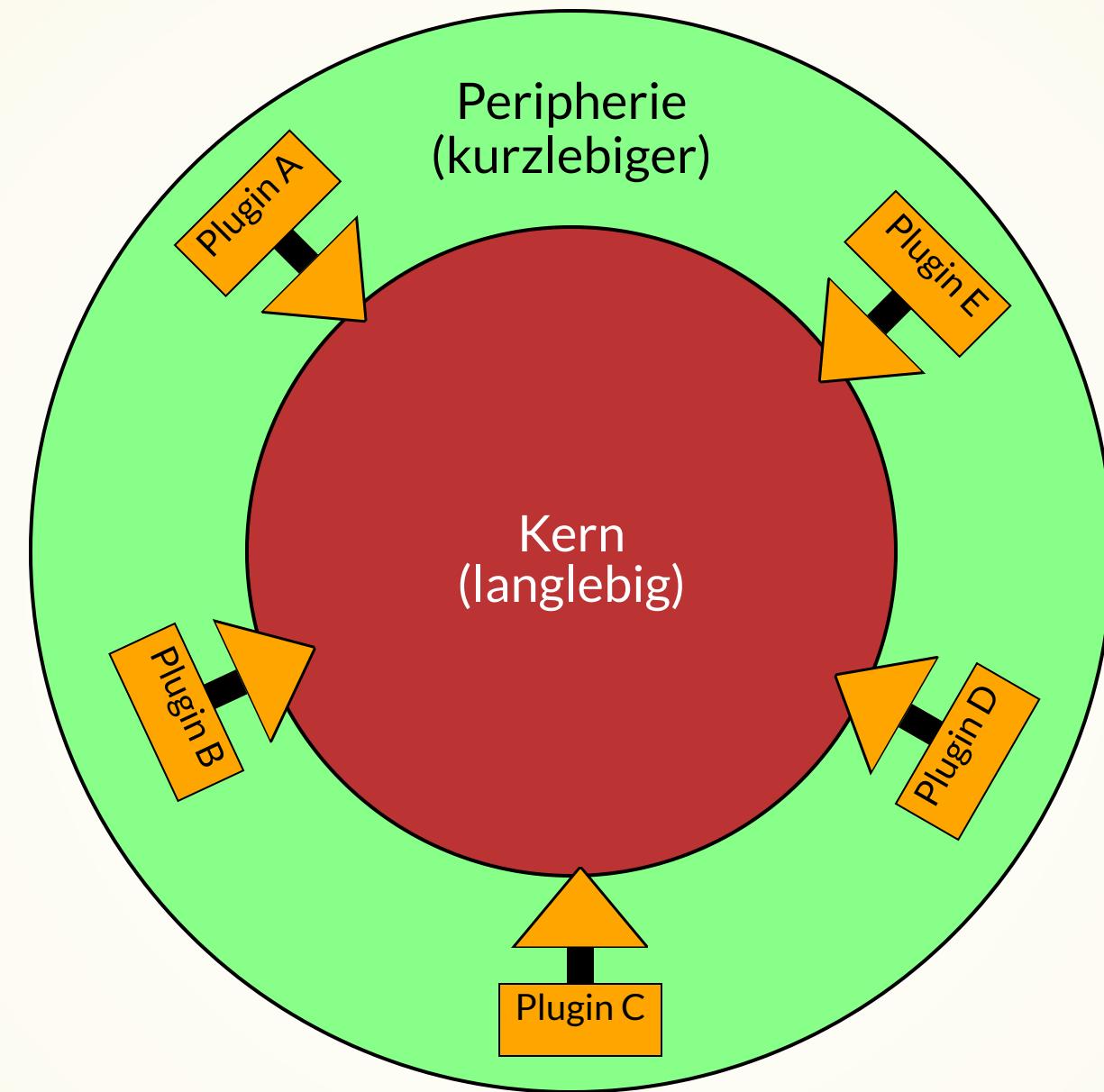
- Kontextabgrenzung: Vogelperspektive und Nachbarsysteme
- Laufzeitsicht: Wie arbeiten Komponenten zusammen?
- Bausteinsicht: Statische Struktur der Bausteine und ihrer Beziehungen
- Verteilungssicht: In welcher Umgebung läuft das System ab?

Clean Architecture

Nachhaltige Architektur

- eine langfristige Architektur
 - besitzt einen technologieunabhängigen Kern (= die eigentliche Anwendung)
 - behandelt jede Abhängigkeit als temporäre Lösung
 - unterscheidet zwischen zentralem (langlebigem) und peripherem (kurzlebigerem) Code
- Metapher: die Zwiebel
 - *Onion Architecture*

Struktur der Clean Architecture



- Abhängigkeiten immer von außen nach innen
- Kern-Code hängt nie von Plugins ab

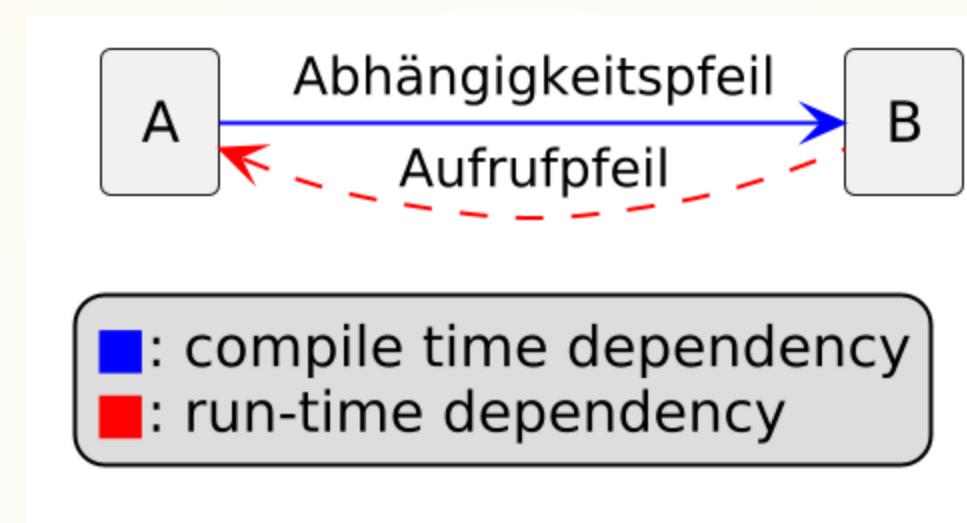
Dependency Rule

- zentrale Regel für Abhängigkeiten

Abhängigkeiten immer von außen nach innen

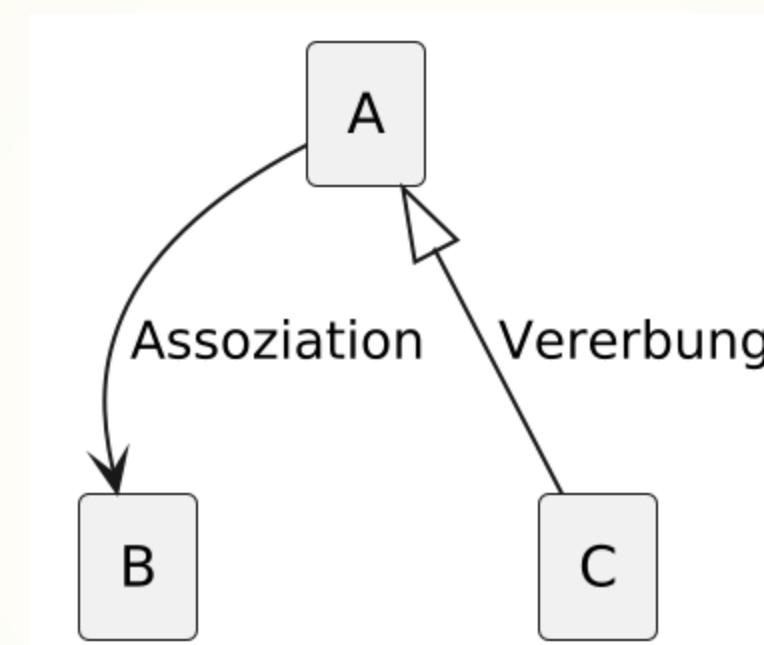
- erfordert für jede Klasse eine klare Positionierung
- Abhängigkeitspfeile gehen immer von außen nach innen
 - Aufrufpfeile können in beide Richtungen gehen

Bedeutung der Pfeile



- Abhängigkeitspfeil: Code A benötigt Code B zum Kompilieren
 - Code A referenziert Code B direkt mit Namen
- Code B ruft während der Ausführung Elemente von Code A auf
 - Code B bekommt erst zur Laufzeit eine Referenz auf Code A

Zwei Arten von Abhängigkeiten



- Assoziation: Code A hält eine Referenz auf Code B (und verwendet diese)
- Vererbung: Code C übernimmt das Verhalten von Code A und variiert es an passenden Stellen

Abhängigkeiten gestalten

- Software-Architektur ist die Kunst, die Abhängigkeiten zwischen Systemteilen willentlich und zum Vorteil der Beteiligten zu gestalten
- die Richtung und Art der Pfeile im Architektur-diagramm festzulegen, ist die Aufgabe des Software-Architekten
- die Richtung kann beliebig gewählt werden
- wir können die Richtung jederzeit umdrehen!

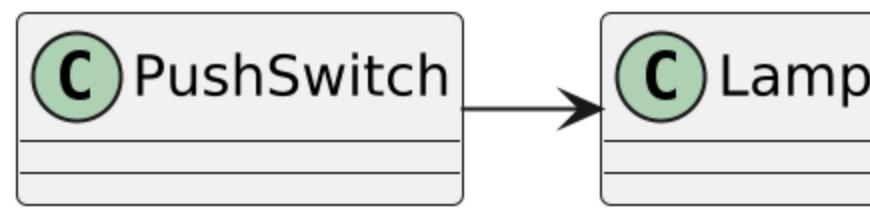
Abhängigkeiten: Beispiel

```
public class PushSwitch {  
    private boolean pushed = false;  
    private final Lamp lamp;  
  
    public PushSwitch() {  
        this.lamp = new Lamp();  
    }  
  
    void push() {  
        if (!pushed) {  
            lamp.turnOn();  
            pushed = true;  
            return;  
        }  
        lamp.turnOff();  
        pushed = false;  
    }  
}
```

```
public class Lamp {  
    private boolean glowing = false;  
  
    public void turnOn() {  
        glowing = true;  
    }  
  
    public void turnOff() {  
        glowing = false;  
    }  
}
```

Wer hängt von wem ab und wann?

Abhängigkeiten: Beispiel



PushSwitch hängt zur Compilezeit von *Lamp* ab

Abhängigkeiten: Beispiel

Verbesserung: Dependency Injection

```
public class PushSwitch {  
    private boolean pushed = false;  
    private final Lamp lamp;  
  
    public PushSwitch(Lamp lamp) {  
        this.lamp = lamp;  
    }  
  
    void push() {  
        if (!pushed) {  
            lamp.turnOn();  
            pushed = true;  
            return;  
        }  
        lamp.turnOff();  
        pushed = false;  
    }  
}
```

```
public class Lamp {  
    private boolean glowing = false;  
  
    public void turnOn() {  
        glowing = true;  
    }  
  
    public void turnOff() {  
        glowing = false;  
    }  
}
```

Wer hängt von wem ab und wann?

Es hat sich nichts geändert.

Abhängigkeiten: Beispiel

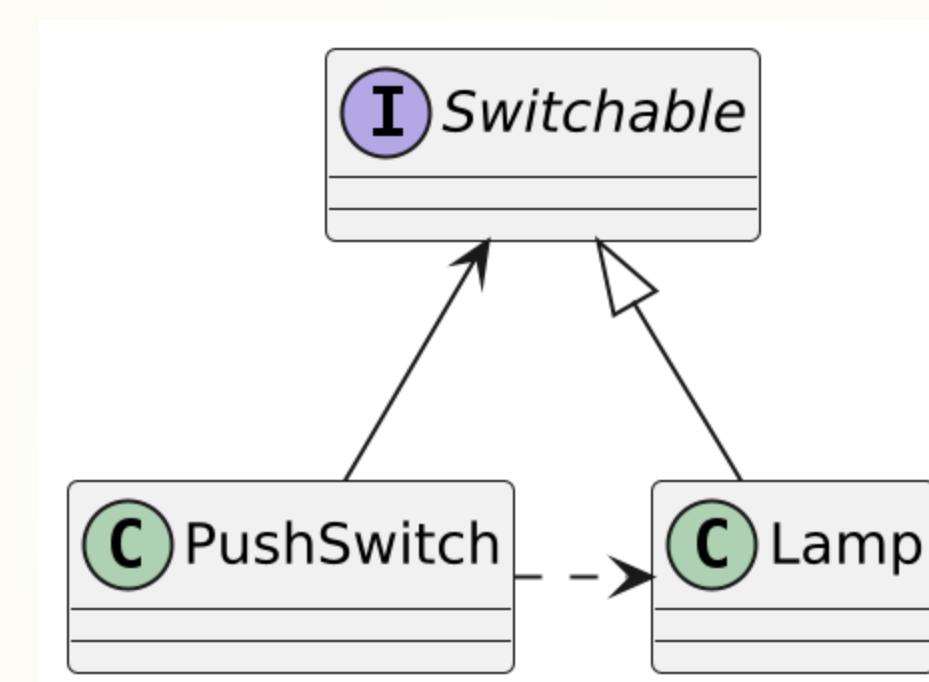
Verbesserung: Dependency Inversion

```
public class PushSwitch {  
    private boolean pushed = false;  
    private final Switchable switchable;  
  
    public PushSwitch(Switchable switchable) {  
        this.switchable = switchable;  
    }  
  
    void push() {  
        if(!pushed) {  
            switchable.turnOn();  
            pushed = true;  
            return;  
        }  
        switchable.turnOff();  
        pushed = false;  
    }  
}
```

```
public interface Switchable {  
    public void turnOn();  
    public void turnOff();  
}  
  
public class Lamp implements Switchable {  
    private boolean glowing = false;  
  
    public void turnOn() {  
        glowing = true;  
    }  
  
    public void turnOff() {  
        glowing = false;  
    }  
}
```

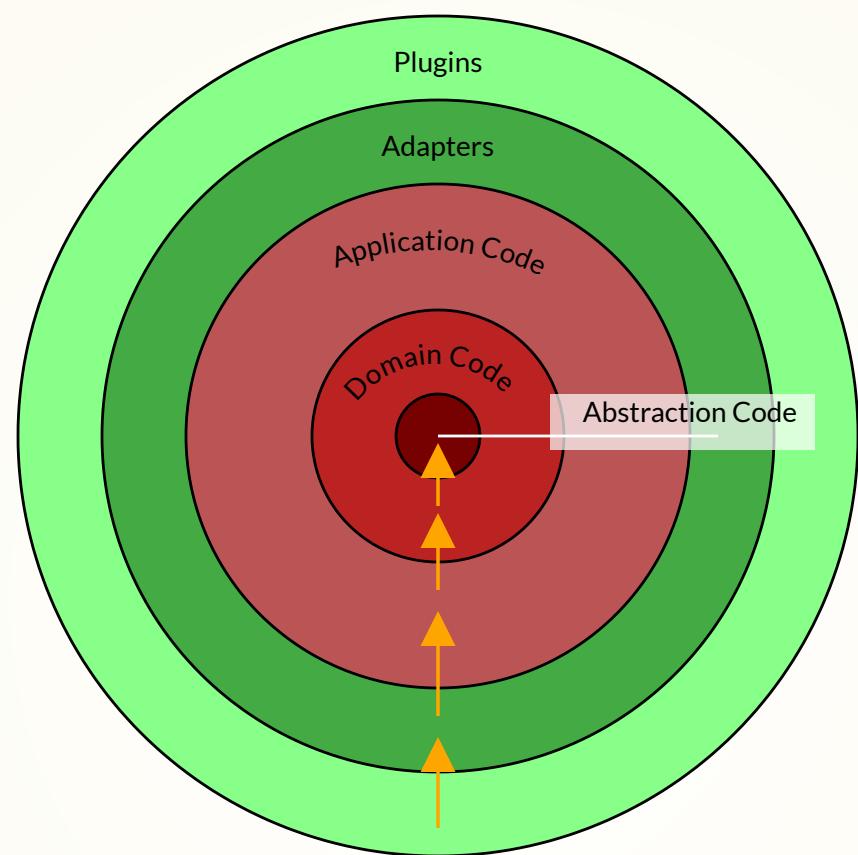
Wer hängt von wem ab und wann?

Abhängigkeiten: Beispiel



- *PushSwitch* hängt zur Compilezeit von *Switchable* ab
- *PushSwitch* hängt zur Laufzeit von *Lamp* ab
- *Lamp* hängt zur Compilezeit von *Switchable* ab

Struktur der Clean Architecture



- innere Schichten wissen nichts von den Äußenen
 - Abhängigkeiten immer von außen nach innen
- beliebig viele innere Schichten (oft drei)

Grundregeln der Clean Architecture

- Anwendungs- und Domaincode ist frei von Abhängigkeiten
 - sämtlicher Code kann eigenständig verändert werden
 - sämtlicher Code kann unabhängig von Infrastruktur kompiliert und ausgeführt werden
- innere Schichten definieren Interfaces, äußere Schichten implementieren diese
- äußere Schichten koppeln sich an die inneren Schichten

Abstraction Code

- enthält domänenübergreifendes Wissen
 - mathematische Konzepte (z.B. Matrizen)
 - Algorithmen und Datenstrukturen
 - abstrahiere Muster (z.B. *Language*)
- häufig nicht notwendig und/oder nicht vorhanden
- wahrscheinlich bereits als Library verfügbar
- kann nachträglich extrahiert werden

Domain Code

- enthält v.a. Entities (Business Objects)
- implementiert organisationsweit gültige Geschäftslogik (Enterprise Business Rules)
- der innere Kern der Anwendung bzw. Domäne
- sollte sich am seltensten ändern
 - immun gegen Änderungen an Details wie Anzeige, Transport oder Speicherung
 - unabhängig vom konkreten Betrieb der Anwendung
- hier sollte viel Gehirnschmalz reinfließen

Application Code

- enthält die Anwendungsfälle (Use Cases)
 - resultiert direkt aus den Anforderungen
- implementiert die anwendungsspezifische Geschäftslogik (Application-specific Business Rules)
- steuert den Fluss der Daten und Aktionen von und zu den Entities
 - verwendet die Geschäftslogik, um den jeweiligen Anwendungsfall umzusetzen

Application Code

- Änderungen in dieser Schicht beeinflussen die nicht die weiter inner liegenden Schichten
- isoliert von Änderungen an der Datenbank, der GUI, HTTP-API, etc.
- wenn sich Anforderungen ändern, hat das wahrscheinlich Auswirkungen auf diese Schicht
- wenn sich der konkrete Betrieb der Anwendung ändert, kann das hier Auswirkungen haben

Adapters

- vermittelt Aufrufe von Daten an die inneren Schichten
 - Formatkonvertierungen
 - externes Format wird umgewandelt, damit die Applikation es verarbeiten kann
 - internes Format wird umgewandelt, damit externe Plugins es verarbeiten können
- oftmals nur einfache Datenstrukturen, die hin- und hergereicht werden
- Ziel: Entkopplung von *innen* und *außen*
- Anti-Corruption Layer

Plugins

- diese Schicht greift grundsätzlich nur auf die Adapter zu
- enthält Frameworks, Datentransportmittel und andere Werkzeuge
 - v.a. Datenbanken, GUIs, Web
 - alle *Pure Fabrication*-Entscheidungen
- hier sollte möglichst wenig Code geschrieben werden
 - hauptsächlich Delegationscode, der an die Adapter weiterleitet

Plugins

- auf gar keinen Fall enthält diese Schicht Anwendungslogik
 - Daten fallen mundfertig aus dem Adapter
 - alle Entscheidungen sind bereits gefallen
 - Anfragen werden nicht uminterpretiert (das wäre Aufgabe der Adapter)
- keine emotionale Bindung an diesen Code
 - jederzeitige Änderungen möglich
 - Auswirkungen nur auf die Adapterschicht
 - übersichtlicher Aufwand

Ziel der Clean Architecture

- das Ziel ist, Code nur noch von langlebigerem Code abhängig zu machen
- wenn sich Technologien ändern müssen, kann die Anwendung unverändert bleiben
- Grenzen
 - technische Grundlagen müssen stabil bleiben
 - Plattform SDK, Programmiersprache/Syntax, Compiler, Laufzeitumgebung
 - auch Betriebssystem und Hardware benötigen Stabilität

Hexagonale Architektur

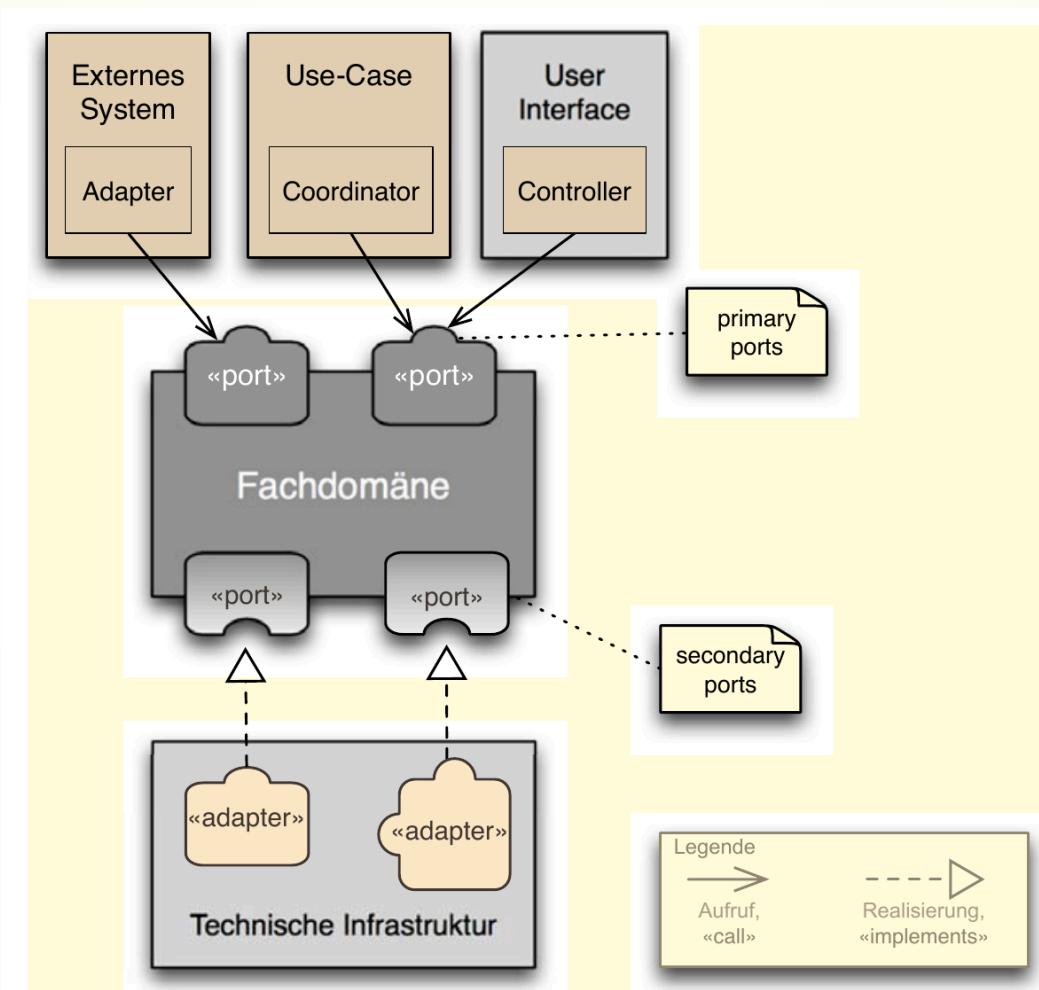
Ports & Adapters, Onion-Architecture

Zwiebelarchitektur, Schalenmodell

- Kern jeder Applikation ist die Fachdomäne
- Kern hat **keine** Abhängigkeiten nach außen
- Abhängigkeiten zeigen immer nach innen
 - d.h., die äußeren Schalen benutzen die inneren Schalen (**nie** umgekehrt)
- Fachdomäne kapselt fachliche Entitäten / Funktionen / Datenstrukturen und Regeln

Ports & Adapters

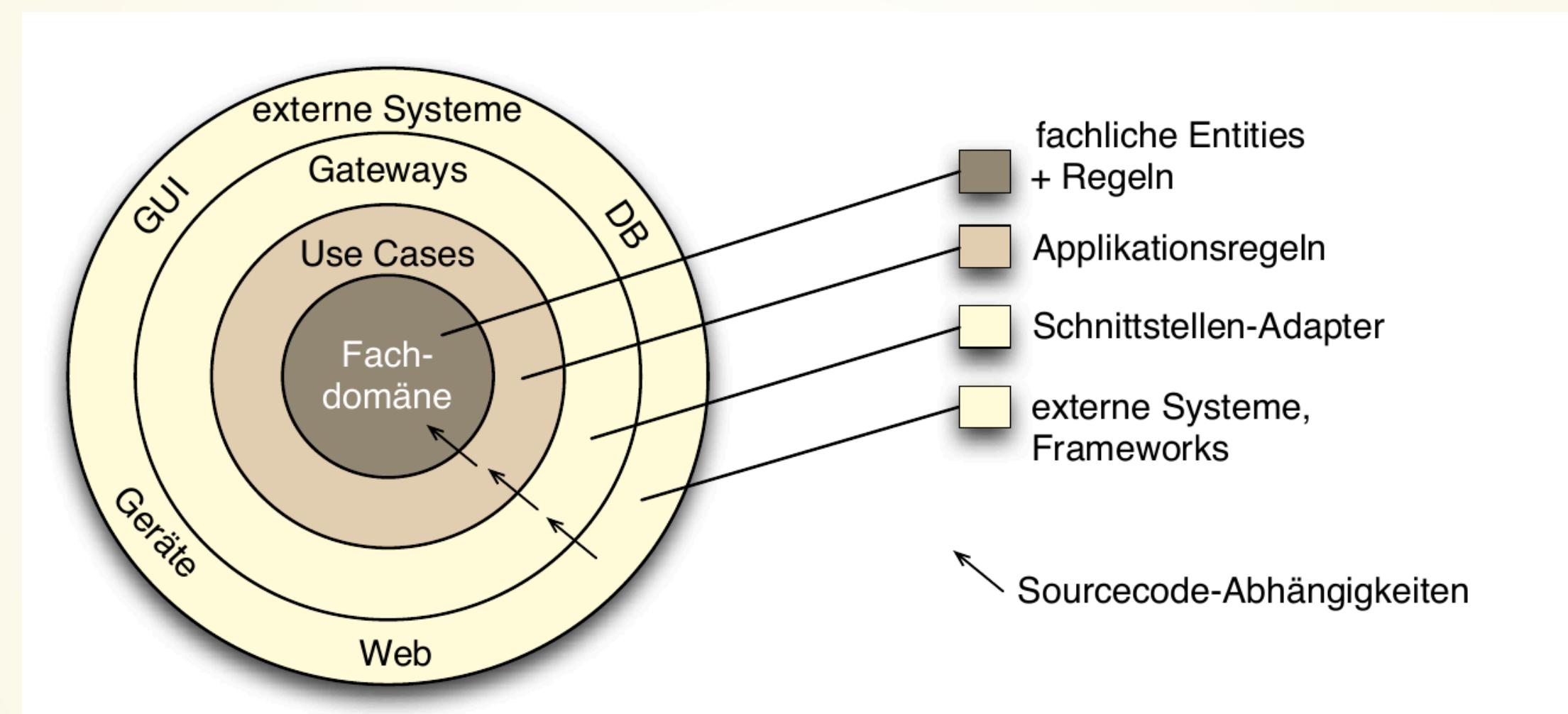
ursprüngliches Modell von Alistair Cockburn



Quelle: Effektive Software Architekturen von Gernot Starke

- **Primäre Ports:** Domain API - direkter Aufruf von Funktionalität der Fachdomäne
- **Sekundäre Ports:** Schnittstellen, die implementiert werden müssen; u.a. von der Infrastruktur (z.B. Persistenz)
- **Adapter:** es gibt **primäre** und **sekundäre** Adapter, die entsprechend die primären bzw. sekundären Ports nutzen / implementieren und somit zwei unterschiedliche Schnittstellen verbinden

Schalenmodell



Quelle: Effektive Software Architekturen von Gernot Starke

- **Use Cases:** Implementierung der Anwendungsfälle des Systems (u.a. Regeln, Objekte, Daten die sich auf d. Applikationszustand/verhalten beziehen)
- **Gateways (Schnittstellen-Adapter):** Konvertierung von Datenformaten oder fachlichen Schnittstellen zu Datenformaten oder Schnittstellen der Infrastruktur (z.B. Datenbank-Formate, UI-Controller, ...)
- **Frameworks/ext. Systeme:** Datenbanken, UI, ... ; werden im Normalfall nicht selbst angepasst (sondern nur mit s.g. *Glue Code* angebunden)
- innerhalb einer Schale können unterschiedliche (voneinander isolierte) Komponenten liegen

Hexagonale Architektur: Beispiel Taschenrechner

- einfache CLI, die die Zahlen und Rechenoperationen nacheinander einzeln einliest
- Ergebnis soll am Ende ausgegeben werden
- die letzten 10 Ergebnisse sollen gespeichert werden und abrufbar sein
- Batch API: Einlesen & Auswerten von Dateien mit Rechenausdrücken
 - um die Leistung zu steigern, sollen die Rechenausdrücke der Batch API parallel ausgeführt werden
- HTTP API: HTTP Clients sollen sowohl nacheinander einzelne Zahlen und Rechenoperation sowie Batch-Operationen schicken können

Zuordnung Komponente in das Schalenmodell

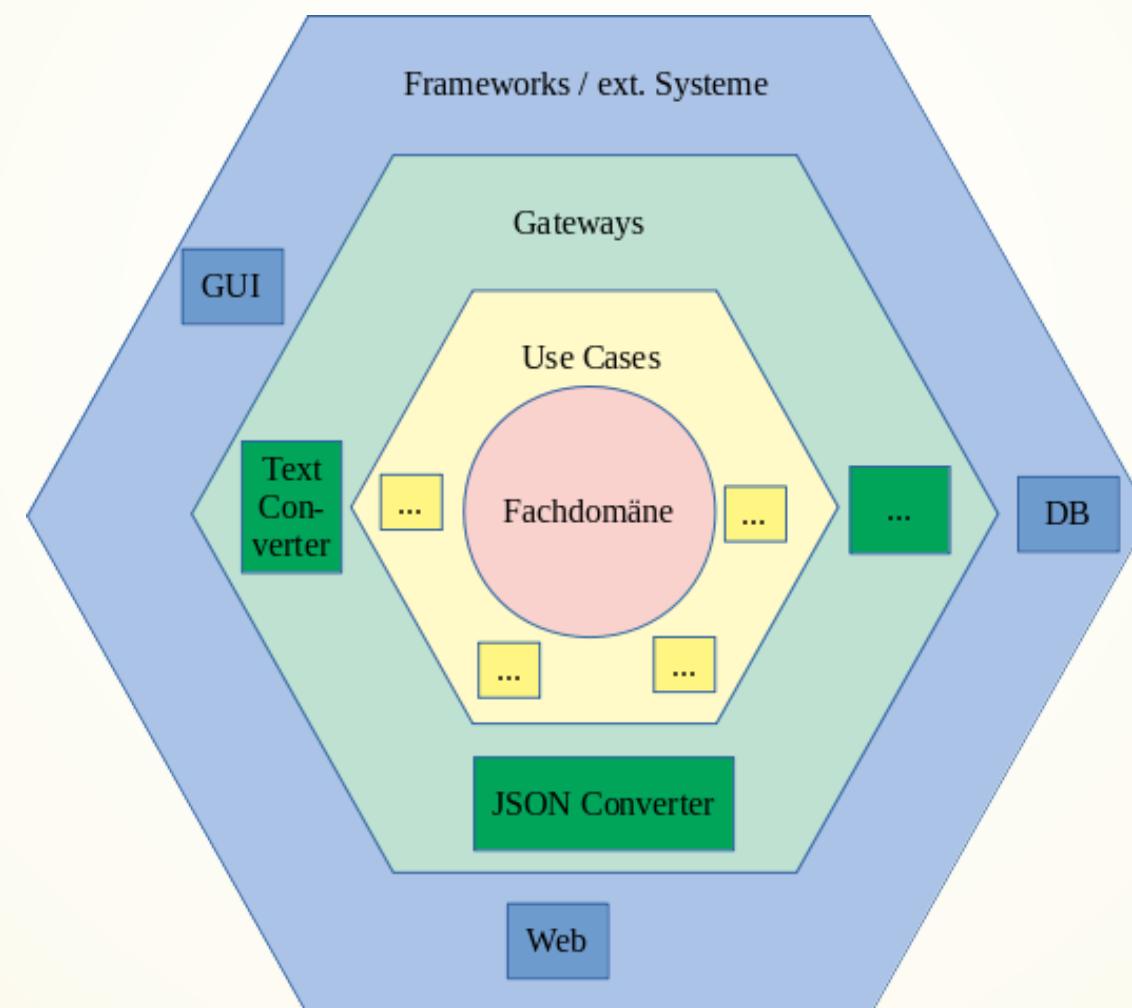
- **Fachdomäne:** Rechenoperationen und Zahlenobjekte
- **Use Cases:** parallele Verarbeitung
- **Gateway**
 - JSON \leftrightarrow Objekte für die HTTP API
 - Text \leftrightarrow Objekte für die CLI
 - DTO \leftrightarrow Objekte für die Datenbank
- **Frameworks/ext. Systeme:** HTTP-Server, Terminal-Anbindung, Datenbank

Vor-/Nachteile Schalenmodell

- (+) Fachdomäne ist technologieunabhängig
 - wird z.B. nicht beeinflusst, wenn sich die Infrastruktur ändert
- (+) erhöhte Wartbarkeit und vereinfachte Änderbarkeit durch Modularisierung
- (+) leichter Austausch einzelner Komponente (z.B. Austausch der Datenbank)
- (o) Umsetzung des Schalenmodells in bestehenden Systemen fast nicht möglich (da häufig die Modularisierung fehlt)

Alternative Darstellung des Schalenmodells

Darstellung als geschachtelte Hexagons



Schichtenmodell

Layering

- unterschiedliche Schichten decken einen unterschiedlichen Aufgabenbereich ab
- eine Schicht hängt nur von den Schichten unter ihr ab, niemals von den Schichten über ihr
 - d.h. Änderungen in einer Schichten können Änderungen in den Schichten über ihr zur Folge haben
- eine Schicht ist unabhängig von den Schichten über ihr
 - d.h. Änderungen in einer Schichten sollten keine Änderungen in den unterliegenden Schichten zur Folge haben
- führt zu **SoC** → **Separation of Concerns**
- *reines Schichtenmodell*: eine Schicht kennt ausschließlich die direkte Schicht unter ihr

Einfaches Schichtmodell

Presentation / Präsentation

Domain / Domäne

Data / Daten

- **Presentation:** Benutzerinteraktion, UI, CLI, Batch API, HTTP API, ...
- **Domain:** Geschäftslogik (business logic), die *eigentliche* Aufgabe
- **Data source:** Datenbanken, Messaging-Systeme, Transaktionen, ...

Einfaches Schichtmodell: Beispiel Taschenrechner

- einfache CLI, die die Zahlen und Rechenoperationen nacheinander einzeln einliest
- Ergebnis soll am Ende ausgegeben werden
- die letzten 10 Ergebnisse sollen gespeichert werden und abrufbar sein

slides-only::begin[] Wie würde das Schichtenmodell aussehen? slides-only::end[]

Presentation: CLI

Domain: Rechenlogik

Data Source: Datenbank mit letzten 10 Ergebnissen

Neue Anforderung: Batch API hinzufügen → Einlesen & Auswerten von Dateien mit Rechenausdrücken

(Batch API hat nichts mit Windows Batch Dateien zu tun)

Presentation: CLI, Batch API

Domain: Rechenlogik

Data Source: Datenbank mit letzten 10 Ergebnissen

Neue Anforderung: um die Leistung zu steigern, sollen die Rechenausdrücke der Batch API parallel ausgeführt werden.

Wo kann die Nebenläufigkeit implementiert werden?

- in der Batch API
 - (+) es ist da, wo es Sinn macht
 - (o) kann nicht wiederverwendet werden
- in der Rechenlogik
 - (+) alle überliegenden Schichten profitieren
 - (-) Nebenläufigkeit ist eine technische Eigenschaft und hat (normalerweise) nichts in der Domain zu suchen
- in einer neuen Komponente
 - (+) kann wiederverwendet werden
 - (o) neue Abstraktion

Neue Anforderung: HTTP API → HTTP Clients sollen sowohl nacheinander einzelne Zahlen und Rechenoperation sowie Batch-Operationen schicken können.

Service-Schicht

Presentation: CLI, Batch API, HTTP API

Services: Controller für Nebenläufigkeit

Domain: Rechenlogik

Data Source: Datenbank mit letzten 10 Ergebnissen

Die Service-Schicht orchestriert Domain-Objekte ohne selbst Teil der Domain zu sein - z.B. um bestimmte Use Cases umzusetzen.

Reines Schichtmodell VS Schichtmodell

gegeben:

Presentation: CLI, Batch API, HTTP API

Services: Controller für Nebenläufigkeit

Domain: Rechenlogik

Data Source: Datenbank mit letzten 10 Ergebnissen

Aufgabe: Die letzten beiden Rechenergebnisse sollen abrufbar sein.

Reines Schichtmodell

- die Anfrage und die Rückgabe muss durch alle Schichten durch
- auch durch die Domain-Schicht, die nur die Rechenlogik enthält
 - das macht wenig Sinn
- hoher Implementierungsaufwand

Schichtmodell

- Schichten dürfen direkt auf jede unterliegende Schicht zugreifen
 - z.B. könnte die Service-Schicht direkt auf die Daten-Schicht zugreifen
- geringerer Implementierungsaufwand
- Domain-Logik wird nicht verunreinigt

Generelle Vor-/Nachteile

Reines Schichtmodell

- (+) alle Schichten sind richtig voneinander isoliert
- (+) Änderungen in einer Schicht betrifft nur die direkt darunter liegende Schicht
- (-) hoher Implementierungs- und Wartungsaufwand
- (-) schwer durchschaubare implizite Abhängigkeiten zwischen Schichten
- (-) Verunreinigung zwischenliegender Schichten

Schichtmodell

- (+) erleichterter Implementierungs- und Wartungsaufwand, da direkt auf die benötigte Schicht zugegriffen werden kann
- (+) klarere Abhängigkeiten zwischen Schichten
- (-) Schichten haben mehr als eine andere Schicht als Abhängigkeit

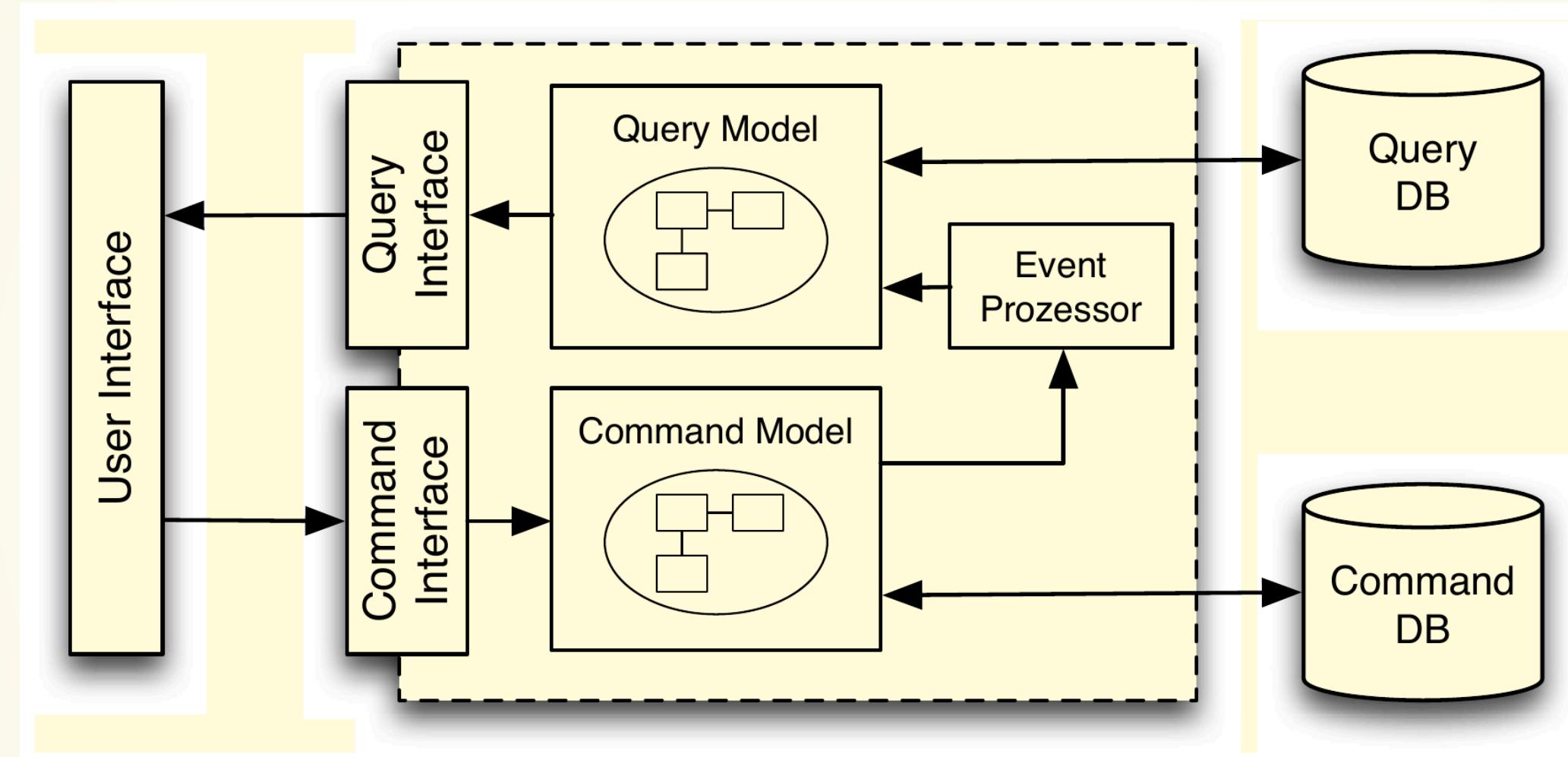
CQRS

Command Query Responsibility Segregation

hervorgegangen aus CQS - Command Query Separation

- Unterscheidung von Funktionalität / Komponenten in Commands und Queries
- **Command:** ändert den Zustand
- **Query:** gibt einen Zustand zurück
- **nie** macht eine Funktionalität / Komponente beides

Eine Frage (Query) sollte nicht die Antwort (Zustand) ändern. Das Ändern einer Tatsache (Zustand) sollte keine Antwort zur Folge haben.



Quelle: Effektive Software Architekturen von Gernot Starke

- im Extremfall kann es zwei unterschiedliche DBMSes für Queries und Commands geben
 - DBMSes können entsprechend der unterschiedlichen Anforderungen ausgewählt und optimiert werden
 - funktioniert nur, wenn inkonsistente Datensätze kein Problem darstellen (was relativ häufig der Fall ist)
- der Command-Teil muss den Query-Teil über Änderungen informieren - z.B. über Events
 - im Bild dargestellt als Event-Prozessor
- Erweiterung: **Event-Sourcing**
 - nur die Events werden gespeichert (inklusive Zeitstempel) auf der Command-Seite und Snapshots des aktuellen Zustands auf der Query-Seite
 - so lassen sich beliebige Zustände wiederherstellen / nachvollziehen

CQRS: Beispiel Taschenrechner

- einfache CLI, die die Zahlen und Rechenoperationen nacheinander einzeln einliest
- Ergebnis soll am Ende ausgegeben werden
- die letzten 10 Ergebnisse sollen gespeichert werden und abrufbar sein
- Batch API: Einlesen & Auswerten von Dateien mit Rechenausdrücken
 - um die Leistung zu steigern, sollen die Rechenausdrücke der Batch API parallel ausgeführt werden
- HTTP API: HTTP Clients sollen sowohl nacheinander einzelne Zahlen und Rechenoperation sowie Batch-Operationen schicken können

CQRS macht für den Taschenrechner keinen Sinn.

CQRS: Vor-/Nachteile

- (+) sehr performante Ausführung von Lese- und Schreibzugriffen möglich
- (-) Synchronisation zwischen Query-Model und Command-Model problematisch
- (-) Inkonsistenz zwischen Query-Model und Command-Model
- (o) lohnt sich im Normalfall nur, wenn sehr performante Abfragen notwendig sind
- (o) eher ungeignet als Gesamtarchitektur → eher geeignet für einzelne Komponente

SOA

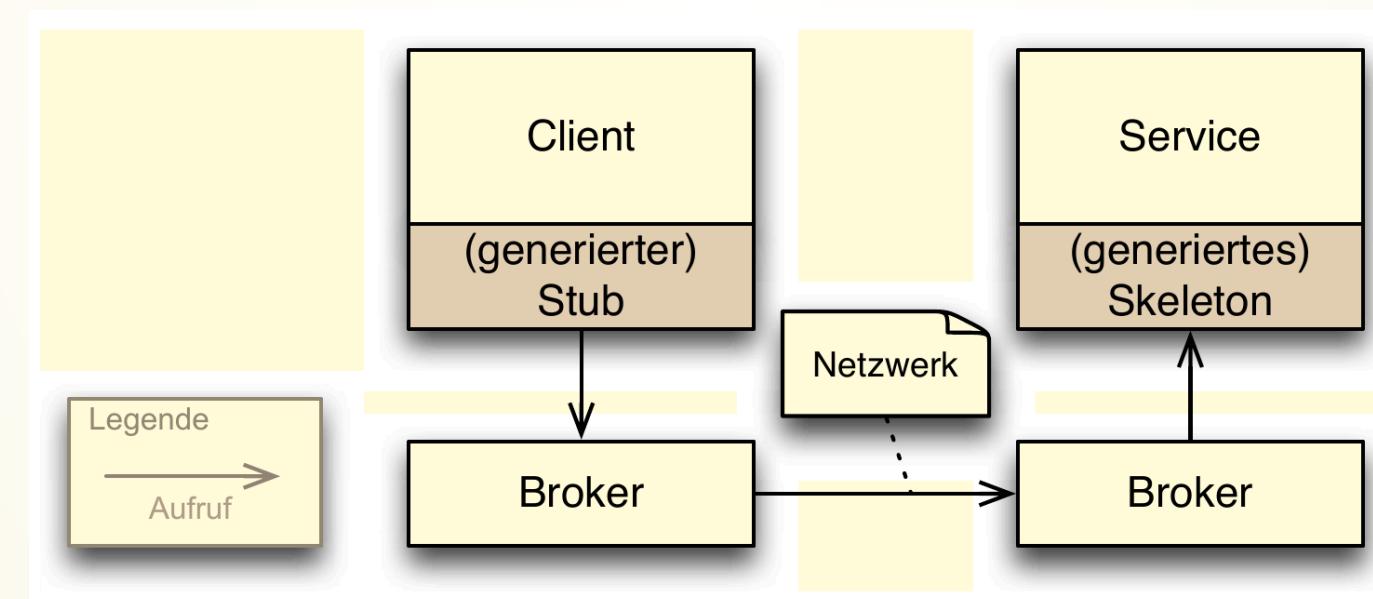
Service-oriented architecture

Serviceorientierte Architektur

- es gibt keine einheitliche Definition
- hat die Ursprünge u.a. in CORBA und ESBs
- ganz allgemein: Sammlung von Services, die (miteinander) Aufgaben erledigen
- bei SOA geht es im Normalfall um bestehende Applikationen, die miteinander kommunizieren müssen / sollen

Geschichte

- isolierte Applikationen sollten miteinander kommunizieren
- per CORBA (Common Object Request Broker Architecture) erstmals eine standardisierte Schnittstelle
 - Aufrufe auf einem Objekt wurden transparent in einer anderen Applikation ausgeführt



Quelle: Effektive Software Architekturen von Gernot Starke

- CORBA
 - (+) technologieunabhängig
 - (+) einfacher Aufruf von anderen Services
 - (o) transparenter Aufruf → im Code ist nicht ersichtlich, ob es ein entfernter oder ein lokaler Aufruf ist ⇒ Performance-Killer möglich
 - (-) erschwertes Refactoring (Stubs und Skelette müssen neu generiert und implementiert werden)
- Nachrichten lösten CORBA ab
 - (+) technologieunabhängig
 - (+) einfache Implementierung
 - (-) Nachrichtentransformation schwierig

ESBs

- Nachrichtenaustausch wurde durch eine richtige Middleware ersetzt
- ESB - Enterprise Service Bus
 - (+) technologieunabhängig
 - (+) Transformationen erledigt der ESB
 - (+) Integration neuer Services vereinfacht
 - (-) hoher Wartungsaufwand
 - (-) tendiert zu hoher Komplexität

SOA: Beispiel Taschenrechner

- einzelner Service pro Rechenoperation
- einzelner Service pro Schnittstelle nach außen (CLI, HTTP)
- ein Service für die Persistenz
- ESB benötigt man nur, wenn die Services unterschiedliche Nachrichtenformate benutzen

SOA: Vor- und Nachteile

- (+) technologieunabhängig
- (+) Skalierung auf Serviceebene möglich
- (-) Transformationen / Middleware tendiert dazu, schlecht wartbar zu sein
- (o) ESB macht nur Sinn, wenn vorhandene inkompatible Services vernetzt werden

Monolith



- alles in einer Applikation
- häufig negativ konnotiert, weil
 - ohne Architektur historisch gewachsen
 - alles hängt von allem ab
 - duplizierter Code
 - schlecht wartbar
 - schlechtere Skalierung

Ein *Monolith* lässt alle Freiheiten, was die interne Architektur angeht.

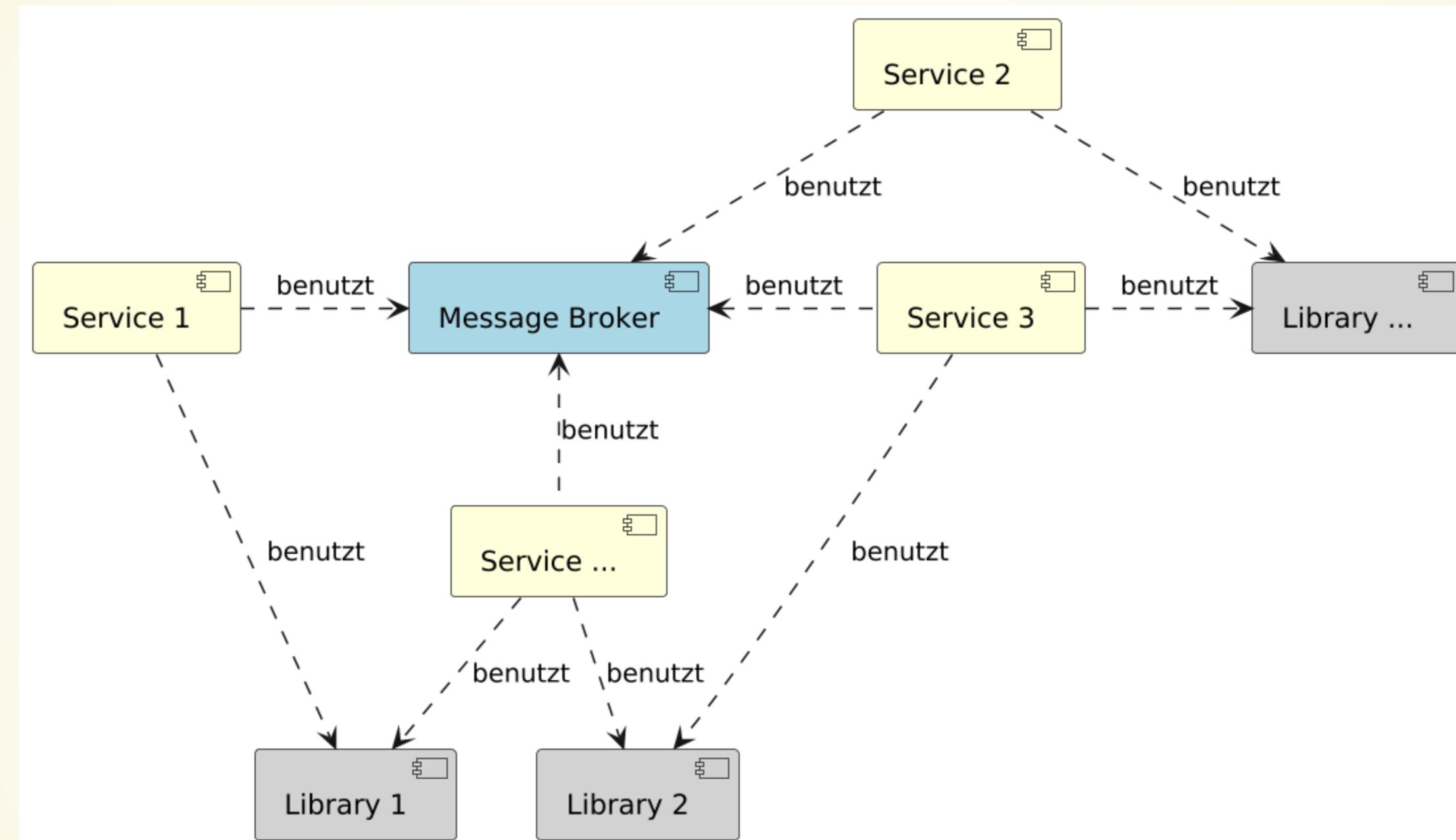
→ Die Qualität eines Monoliths hängt von der Qualität der internen Architektur ab.

Monolith: Vor- und Nachteile

- (+) eine Code-Base
- (+) Releases sind in sich kompatibel
- (-) schlechtere Skalierung

Microservices

- es gibt keine einheitliche Definition
- hat die Ursprünge in Web Services
- ganz allgemein: Sammlung von Services, die (miteinander) Aufgaben erledigen
- im Normalfall ist eine größere Applikation in kleinere Applikationen / Services zerlegt („System of Systems“)



Kommunikation zwischen Microservices

- Event-getrieben
 - z.B. mit einem Message Broker
 - (+) entkoppelte Kommunikation
 - (+) höherwertige Funktionalität möglich (Queues, Broadcast, ...)
 - (-) Single Point of Failure
- direkt
 - z.B. HTTP, RPC, ...
 - (-) sehr starke Kopplung
 - (-) keine Standardlösung für höherwertige Funktionalität wie Broadcasting, ...

Kommunikation zwischen Microservices

- über die Persistenz (DB)
 - (+) falls Daten sowiesopersistiert werden → keine zusätzliche Komplexität
 - (-) Änderungen werden nicht automatisch propagiert
 - (-) DBs skalieren generell schlechter

Architektur-Sichten

- Sicht: Domänenarchitektur
 - fachliche Blöcke (Domänen, Subdomänen, Komponente) und deren Zusammenspiel
 - jede Komponente bildet genau eine Fachlichkeit ab und übernimmt alle Aspekte
 - jede Komponente ist autonom
- Sicht: Makroarchitektur
 - system- und serviceübergreifende Entscheidungen
 - z.B. Monitoring, Kommunikation (RESTful HTTP, AMQP, ...), Deployment, ...
 - gibt nur das Minimum vor, um den Services maximale Freiheit zu lassen

- Sicht: Mikroarchitektur
 - Architektur des einzelnen Services
 - abhängig von Domänenarchitektur und Makroarchitektur
 - kann pro Service unterschiedlich sein

Microservices: Beispiel Taschenrechner

- einzelner Service pro Rechenoperation
- einzelner Service pro Schnittstelle nach außen (CLI, HTTP)
- ein Service für die Persistenz
- eine Library für die Domainobjekte
- eine Library für die Kommunikation
- Message Broker für erhöhte Entkopplung zwischen den Services

Vorgehensweisen

- Monolith first
 - M. Fowler → zuerst komponentenbasierter Monolith und bei Bedarf einzelne Komponente als Microservices extrahieren
- Macroservices first
 - mit größeren Services anfangen und bei Bedarf weiter zerlegen
- direkt Microservices

Microservices: Vor- und Nachteile

- (+) schaffen klare Grenzen (zwischen Services, Fachlichkeiten und Technologien)
- (+) erleichtern Skalierung einzelner Funktionalitäten
- (+) erleichtern eine Mischung aus unterschiedlichen und gegensätzlichen Technologien
- (o) Dezentralisierung der Funktionalität und der Technologie
- (-) zu große Fragmentierung möglich
- (-) schwer zu durchschauende Abhängigkeiten
- (-) u.U. mehrfache Implementierung gleicher technologischer Komponenten

Technische Schulden

Vom Umgang mit Schulden in der Software-Entwicklung

Definition: technische Schulden

- essentielle Komplexität ← → ungewollte (accidental) Komplexität
- Mehraufwand, der nicht sein muss
- z.B. ein Feature würde normalerweise 3 Tage zur Implementierung benötigen; durch die ungewollte Komplexität (z.B. Spaghetti-Code) dauert es aber 5 Tage
- technische Schulden verursachen „Zinsen“ → Mehraufwand

Umgang

- keine Schulden (bewusst) aufnehmen → das passiert von alleine
- Schulden wenn möglich zurückzahlen, d.h. Code säubern, Tests schreiben, etc.
 - Refactoring / Reviews fest einplanen
 - spätestens verbessern, wenn man damit arbeitet (Pfadfinder-Regel)
- Schulden immer isolieren und nach außen saubere Schnittstellen anbieten

Broken-Windows-Theorie

- Korrelation zwischen Verfall von Stadtgebieten und Kriminalität
- wenn ein Fenster kaputt ist, ist die Hemmschwelle niedriger, ein weiteres kaputt zu machen → es scheint sich eh niemand darum zu kümmern
- kaputte Fenster verursachen weitere kaputte Fenster



Broken-Windows-Theorie in der Entwicklung

- Schulden / schlechter Code sorgt für weitere Schulden / schlechter Code
- niemand scheint sich um den Code / die Architektur zu kümmern → warum sollte man es als einzelner tun?
- Mentalität verändert sich
- dem gegenüber: wenn alles perfekt ist, traut sich niemand, etwas kaputt zu machen

Vorgehen

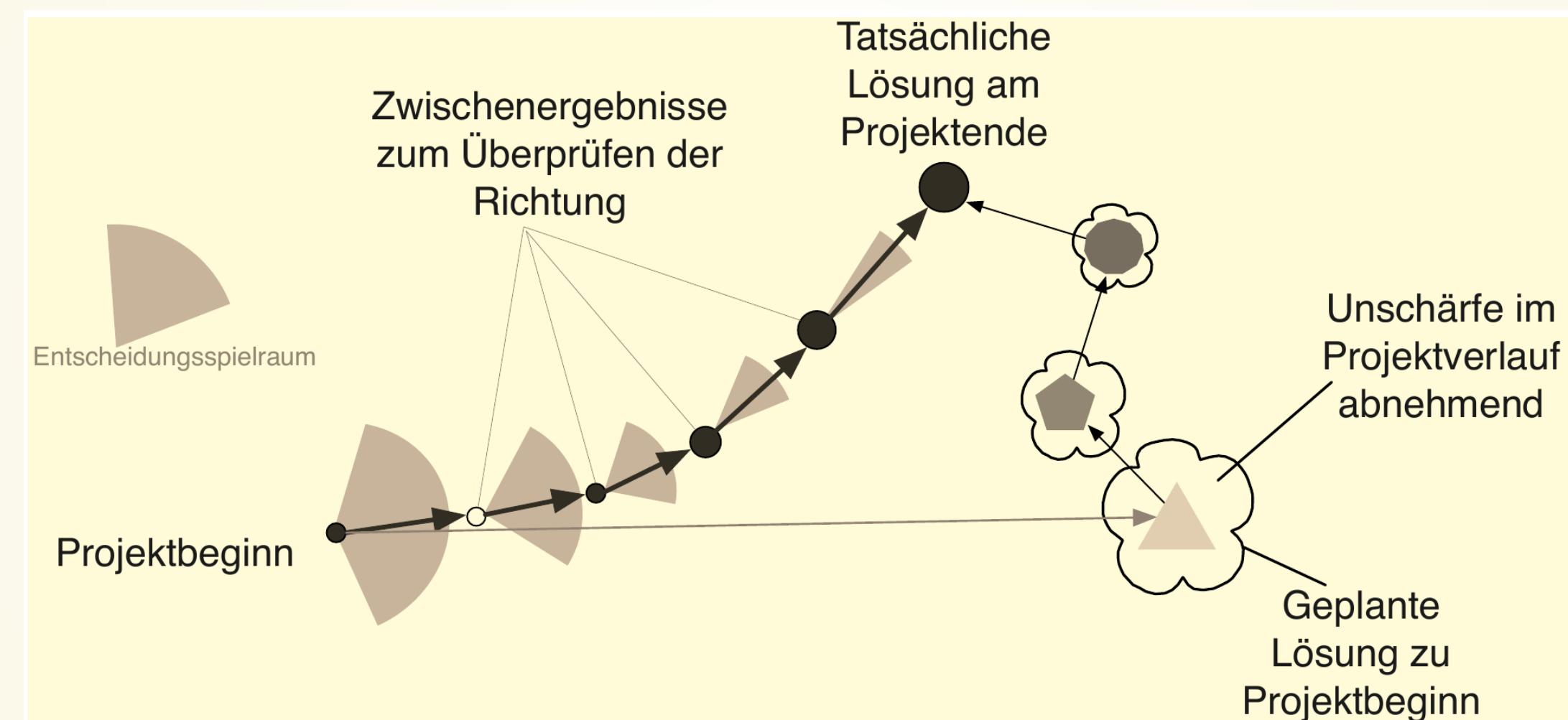
Problem: Moving Target

Problem: auf ein sich bewegendes Ziel zielen

"aiming at a moving target"

- Anforderungen sind schwammig
- Auswirkungen von Entscheidungen sind nicht voll absehbar
- Kunde weiß nicht wirklich, was er will

Lösung: Iterativ und inkrementell



Quelle: Effektive Software-Architekturen von Gernot Starke

ABC: Architecture Business Cycle

- Architektur beeinflusst das System
- das System beeinflusst die Organisation und Randbedingungen
- Organisation & Randbedingungen beeinflussen den Architekten
- Architekt beeinflusst Architektur
- (fast) alles beeinflusst die Erfahrung des Architekten
- die Erfahrung beeinflusst die Architektur

Konkretes Vorgehen

- Anforderungen & Randbedingungen klären
- Entwerfen und kommunizieren
- Umsetzung begleiten
- Lösungsstrategien für organisatorische Probleme
- Architektur bewerten

Anforderungen & Randbedingungen klären

Immer zu erst nach vorhandenen Lösungen suchen!

- funktionale Anforderungen klären
 - Kernaufgabe / Was wird verkauft?
 - in 2-3 Sätzen ausformulieren (Begriffe Fachdomäne verwenden)
 - Beispiel: Das System unterstützt auf möglichst einfache Art und Weise den Austausch von Dokumenten. Die Datenhoheit soll dabei jederzeit beim Sender eines Dokuments liegen. Neben der Datenhoheit werden auch gesetzliche Vorgaben (DSGVO, Vorhaltepflichten,...) bei Bedarf automatisch umgesetzt.
- Kategorie des Systems
 - z.B. online & interaktiv, mobil, Entscheidungsunterstützungssystem, Hintergrundsystem, embedded, Echtzeit-System

- Stakeholder identifizieren
 - Stakeholder = jemand der „etwas“ mit dem System zu tun hat
 - z.B. Anwender, Betreiber, Projektleiter, Auftraggeber, Entwickler, Management, ...
 - inklusive Bezug notieren
 - z.B. **Auftraggeber** will das System **innerhalb 10 Monaten auf den Markt bringen**
 - erwartet nur **Grundfunktionalität**
 - spielt die **wichtigste Rolle bei der Abnahme**

- Qualitätsanforderungen ermitteln
 - Qualität entsteht nicht von selbst, sondern muss Teil des Entwurfs sein
 - nur indirekt messbar
 - unterschiedliche Stakeholder haben unterschiedliche Anforderungen / Auffassungen

Qualitätsmerkmale nach ISO 9126

in ISO 25000 aufgegangen

- Funktionalität
 - Angemessenheit, Richtigkeit, Interoperabilität, Ordnungsmäßigkeit, Sicherheit
- Zuverlässigkeit
 - Reife, Fehlertoleranz, Wiederherstellbarkeit
- Benutzbarkeit
 - Verständlichkeit, Erlernbarkeit, Bedienbarkeit
- Effizienz
 - Zeitverhalten, Verbrauchsverhalten

- Änderbarkeit
 - Analysierbarkeit, Modifizierbarkeit, Stabilität, Prüfbarkeit
- Übertragbarkeit
 - Anpassbarkeit, Installierbarkeit, Konformität, Austauschbarkeit

Beispiele konkreter Qualitätsmerkmale

- (schlecht) das System muss bei durchschnittlicher Last schnell antworten
- (gut) bei kontinuierlich 10.000 Anfragen pro Sekunde muss das System jede Anfrage unter 200ms beantworten
- (ok) parallele Entwicklung muss möglich sein
- (besser) 3 unterschiedliche Entwickler-Teams sollen parallel an dem System arbeiten können
- der Hauptalgorithmus muss austauschbar sein
- das System muss sich innerhalb von 2 Minuten neustarten können
- ein Daten-Backup kann während dem laufenden Betrieb gezogen werden

Fachlicher und technischer Kontext ermitteln

- Benutzergruppen
- Nachbarsysteme
- Schnittstellen zu externen Systemen
 - in beide Richtungen: die zu integrierenden und die angebotenen
 - stabil oder volatil
 - synchron oder asynchron
 - Performance

- organisatorische Faktoren
 - Umgebung, in der entwickelt wird
 - Aufbau, Struktur, Politik eines Unternehmens
 - wird häufig unterschätzt
 - Budget
 - wechselnde Verantwortliche
 - beste technische Lösung **nicht** zwangsläufig beste politische Lösung

- technische Faktoren
 - vorhandenes Wissen zu bestimmten Technologien
 - Deployment
 - Infrastruktur
 - firmeninterne Standards

Zusammenfassung: Anforderungen & Randbedingungen klären

- vorhandene Lösungen analysieren
- funktionale Anforderungen klären
- Qualitätsanforderungen klären
- Stakeholder identifizieren
- fachlicher und technischer Kontext klären

Konkretes Vorgehen

1. Anforderungen & Randbedingungen klären
2. Entwerfen und kommunizieren
3. Umsetzung begleiten
4. Lösungsstrategien für organisatorische Probleme
5. Architektur bewerten

Entwerfen und kommunizieren

- Stakeholder beurteilen Erfolg von Lösungen / dem System
 - **nicht** der Architekt und **nicht** die Entwickler
 - kurzfristige und langfristige Ziele ausbalancieren
- KISS - Keep it small and simple
 - Einfachheit gewinnt → so einfach wie möglich
 - *gold plating* vermeiden
- spezifische Lösungen entwickeln
 - es gibt nicht die eine Lösung

- explizit statt implizit
 - implizite Annahmen vermeiden und Entscheidungen / Entwurf explizit festhalten
 - z.B. fachliche Zusammenhänge zwischen Domänenobjekten, klare Verantwortlichkeiten von Komponenten, Qualitätsanforderung
- Änderungen erwarten
 - iteratives Vorgehen mit Feedback-Schleifen zu den Stakeholdern
 - auch scheinbare feste Entscheidungen können (von außen) geändert werden
- Fehler erwarten
 - Was kann ausfallen?
 - Debugging / Fehlersuche erleichtern (→ Einfachheit!)
 - Fehler möglichst lokal halten

- Qualitätsanforderungen immer einhalten
 - *Continuous Compliance*
 - die wichtigsten Ziele müssen jederzeit eingehalten werden
 - z.B. durch interne Reviews sicherstellen
 - Systeme „verfaulen“ ohne Achtsamkeit / Pflege



- Prinzipien der Software-Entwicklung gelten im Großen auch für die Architektur
 - KISS, SOLID, lose Kopplung, hohe Kohäsion, SoC, Geheimnisprinzip, DRY, ...
- Konsistenz
 - gleiche / ähnliche Dinge heißen gleich / ähnlich
 - gleiche / ähnliche Probleme werden gleich / ähnlich gelöst
 - führt zu: leichterem Einlernen, schnellerer Entwicklung, weniger Fehlern, erhöhter Verständlichkeit

- Kommunikation mit allen Stakeholdern ist entscheidend
 - Entscheidungen müssen erklärt werden
 - Prinzipien müssen verinnerlicht werden (v.a. von den Entwicklern)
 - das Ziel muss vor Augen gehalten werden
 - kontinuierlicher Prozess, um sich nicht in bedeutungslosen Details zu verlieren
 - generell Top-Down kommunizieren
 - von der Vogelperspektive beginnen und schrittweise Details hinzufügen
 - Dokumentation ist Teil der Kommunikation

Konkretes Vorgehen

1. Anforderungen & Randbedingungen klären
2. Entwerfen und kommunizieren
- 3. Umsetzung begleiten**
4. Lösungsstrategien für organisatorische Probleme
5. Architektur bewerten

Umsetzung begleiten

- „Kai-Zen“ / Goldgräber-Prinzip
 - bessere Ideen von Entwicklern (Stakeholdern allgemein) mit in die Architektur übernehmen
- Missverständnisse aufdecken
 - es gibt leicht Missverständnisse, was die Architektur, Anforderungen und Ziele angeht
 - wer Nahe am Team ist (z.B. bei Stand Ups) kann Missverständnisse leichter erkennen und aufklären
- Quell-Code lesen & Peer-Reviews
 - stichprobenartig sollte der Quellcode gelesen werden
 - Code-Reviews selbst oder mit erfahrenen Entwicklern durchführen

Konkretes Vorgehen

1. Anforderungen & Randbedingungen klären
2. Entwerfen und kommunizieren
3. Umsetzung begleiten
4. Lösungsstrategien für organisatorische Probleme
5. Architektur bewerten

Lösungsstrategien für organisatorische Probleme

Die drei größten organisatorischen Probleme:

- ZEIT
- BUDGET
- ERFAHRUNG

Weitere größere Querschnittsprobleme:

- Kommunikation
- Compliance

PROBLEMLÖSUNGEN FÜR „NORMALE KRITISCHE SITUATIONEN“

- iteratives Vorgehen, um Probleme / Missverständnisse frühzeitig zu erkennen
- eng mit der Projektleitung und/oder Projektmanagement arbeiten
- Einfluss auf das Risikomanagement nehmen
- alternative Ziele vereinbaren (z.B. erstmal einen Teilschritt ausliefern)
- Auswirkungen kritischer Anforderungen diskutieren (um Verständnis zu schaffen)
- Prioritäten neu verhandeln (z.B. muss evtl. keine Hochverfügbarkeit gewährleistet sein)

HILFESTELLUNGEN FÜR „ECHTE KRITISCHE SITUATIONEN“

- Druck abbauen
 - unter Druck entstehen mehr Fehler und schlechtere Lösungen
- keine neuen Mitarbeiter hinzunehmen
 - neue Mitarbeiter verzögern das Projekt weiter
- Politik / Management muss „mitspielen“, sonst ist alle Mühe umsonst

Konkretes Vorgehen

- 1. Anforderungen & Randbedingungen klären**
- 2. Entwerfen und kommunizieren**
- 3. Umsetzung begleiten**
- 4. Lösungsstrategien für organisatorische Probleme**
- 5. Architektur bewerten**

Architektur bewerten

Qualität – Quantität

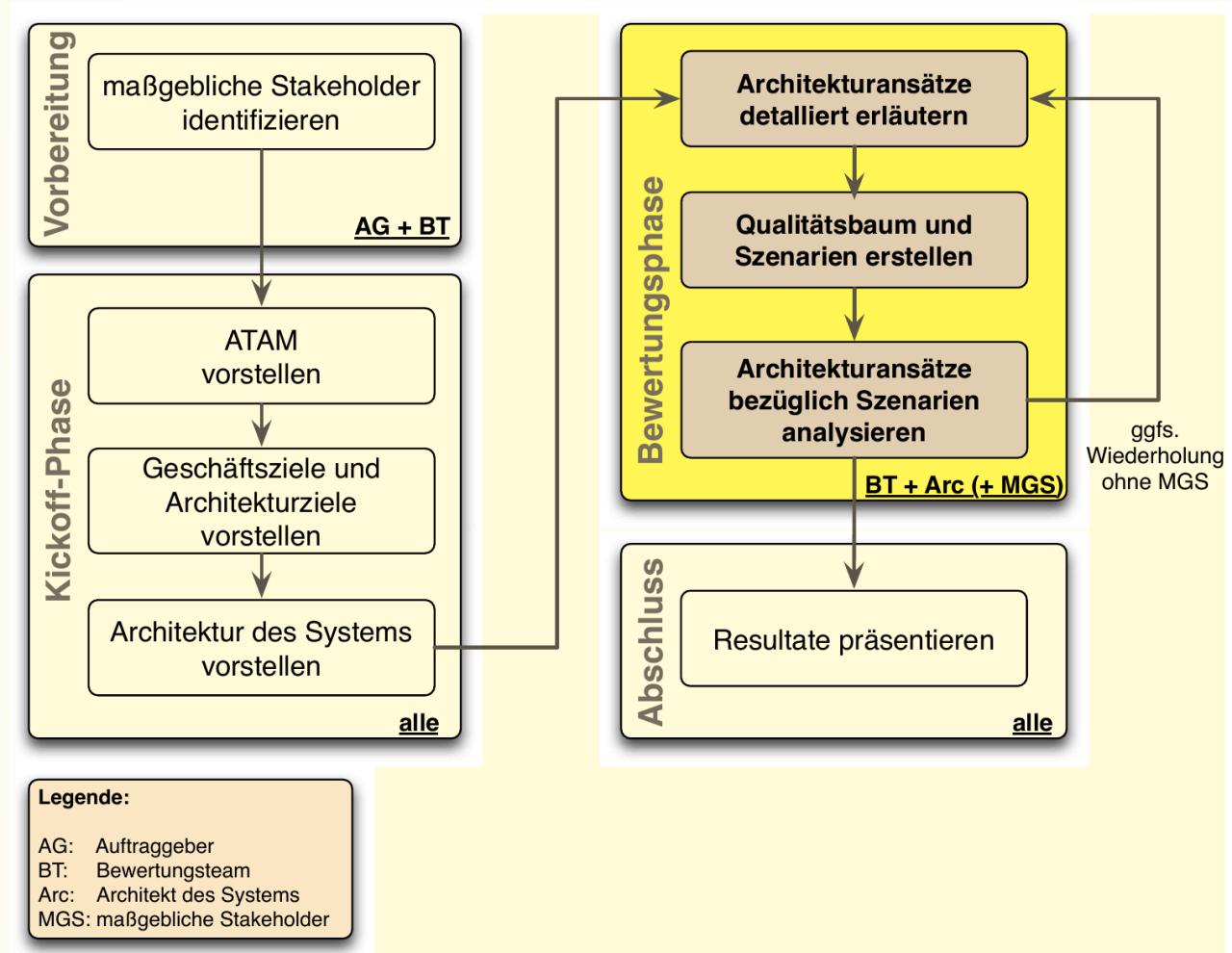
Ziele – Metriken

Soll/Ist – Zahlen

Architektur bewerten: Qualität

ATAM: ARCHITECTURE TRADEOFF ANALYSIS METHOD

- tradeoff (dt. Kompromiss): Architekturziele können sich oder anderen Anforderungen widersprechen → Priorisierungen & Kompromisse nötig
- sollte eigentlich vorher statt finden
- kann aber auch zur Bewertung eingesetzt werden



Quelle: Effektive Software Architekturen von Gernot Starke

MASSGEBLICHE STAKEHOLDER IDENTIFIZIEREN

- i.d.R. nur wenige
- sollten zusammen mit dem Auftraggeber identifiziert werden
- ggf. Endanwender und Betreiber berücksichtigen

ATAM VORSTELLEN

- es geht um Risiken und Abwägungen und diesbzgl. Strategien
- Unterschied zw. qualitativer und quantitativer Bewertung hervorheben

GESCHÄFTSZIELE VORSTELLEN

- Idealfall: Auftraggeber stellt geschäftliche (Qualitäts-)Ziele vor
- geschäftlicher Kontext & Einordnung in größere Systeme / Prozesse
- häufig sitzen erstmals alle maßgeblichen Stakeholder an einem Tisch

ARCHITEKTUR VORSTELLEN

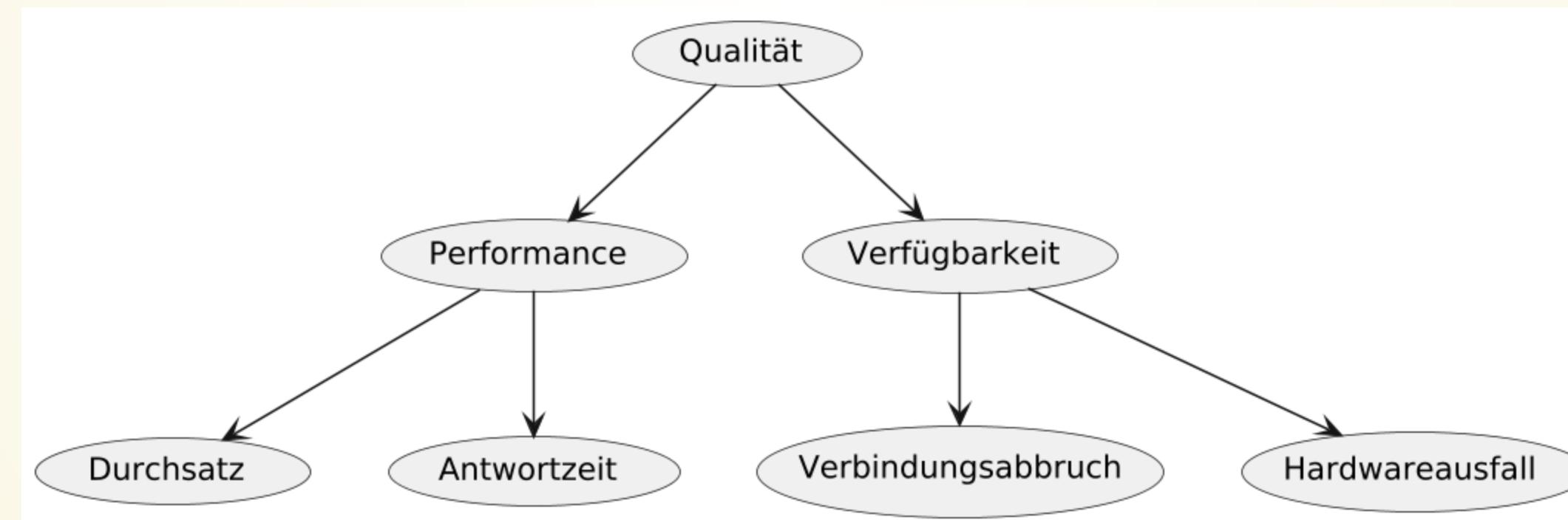
- hohe Abstraktion → nur die obersten Bausteine erläutern
- Kontext (d.h. Nachbarsysteme) einbeziehen

ARCHITEKTURANSÄTZE ERLÄUTERN

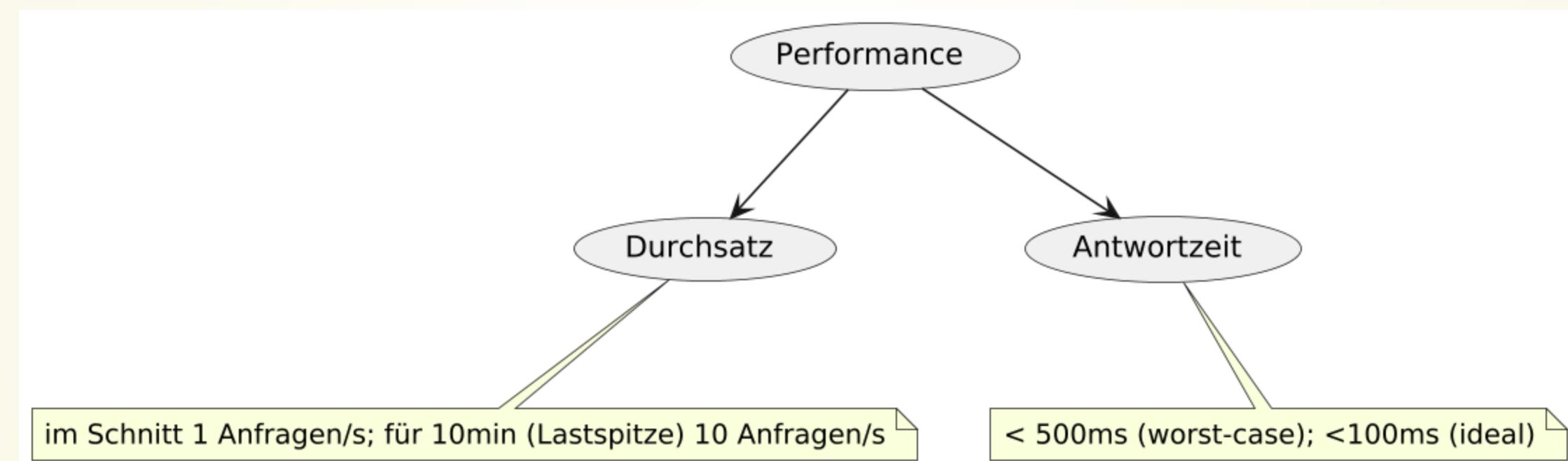
- in Bezug zu Geschäftszielen

QUALITÄTSBAUM UND -Szenarien

- Brainstorming und anschließendes Gruppieren & Priorisieren



- Qualitätsszenarien konkretisieren die Qualitätsziele



ANALYSE

- Kernaufgabe → ggf. weitere Rücksprachen / Iterationen nötig
- anhand der Szenarien die Architektur(entscheidungen) bewerten
- Kompromisse beschreiben
- mögliche Risiken aufdecken
- was kann/wird auf jeden Fall erreicht

PRÄSENTATION

- Ergebnisse der Analyse präsentieren
- ggf. Entscheidungen / Maßnahmen treffen, um Architektur anzupassen

Literatur

Effektive Software Architekturen von Gernot Starke



Patterns of Enterprise Application Architecture von Martin Fowler

