

API-DESIGN

Maurice Müller

Geschichte

Subroutinen

- 1948: Hermann Goldstine und John von Neumann beschreiben die Idee von Subroutinen
- 1951: Maurice V. Wilkes und sein Team (u.a. David Wheeler) bauten den EDSAC-Röhrencomputer
 - inklusives detailliertes Schema zum Einsatz von Subroutinen



EDSAC Röhrencomputer

- 1952: Wheeler veröffentlicht ein 2-Seiten-Paper mit grundlegenden Konzepten für Subroutinen
 - Subroutinen / Subroutinen und Bibliotheken
 - Bedeutung von Dokumentation für Subroutinen-Bibliotheken
 - Geheimnisprinzip
 - Trade-off zwischen Generalität und Performance
 - Funktionen höherer Ordnung
 - Debugger
 - Routinen zur Interpretierung von Pseudocode
- 1967: Wilkes bekommt den Turing Award für die Idee von Subroutinen-Bibliotheken
- 1968: der Begriff *Application Programming Interface* wird geprägt

Web-APIs

- 2000, Februar: **Salesforce.com** startet offiziell seinen XML-basierten Dienst
 - XML-API ermöglicht den Informationsaustausch programmübergreifend
- 2000, November: Live-Schaltung der **eBay**-API und des eBay Developer Programs
 - das Parsen der Webseite wurde überflüssig und eine gute Integration in Dritthersteller-Applikationen möglich
- 2004: das Webportal **Flickr** geht online
 - durch die RESTful API wurde das Portal schnell populär für Blogger und Nutzer sozialer Medien

- 2006: Facebook, Twitter und Google Maps geben eine offizielle REST-API frei
 - im gleichen Jahr gründeten sich die ersten API-Serviceprovider
- ~2006: *Public Cloud Computing Platform as a Service* (PaaS) wird populär und findet Verbreitung über Web-APIs
- aktuell:
 - *Internet of Things* (IoT) gewinnt an Bedeutung und verlässt sich stark auf APIs
 - Trend von PaaS, Software as a Service (SaaS) und Infrastructure as a Service (IaaS) setzt sich fort



IoT und Cloud

Definition API

"Eine API spezifiziert die Operationen sowie die Ein- und Ausgabe einer Softwarekomponente. Ihr Hauptzweck besteht darin, eine Menge an Funktionen unabhängig von ihrer Implementierung zu definieren, sodass die Implementierung variieren kann, ohne die Benutzer der Softwarekomponente zu beeinträchtigen." – Joshua Bloch

"Eine Programmierschnittstelle, genauer Schnittstelle zur Anwendungsprogrammierung, [...] ist ein Programmteil, der von einem Softwaresystem anderen Programmen zur Anbindung an das System zur Verfügung gestellt wird." – Wikipedia, 2018

Programmiersprachen- und Remote-APIs

- Programmiersprachen-APIs
 - z.B. von Bibliotheken oder Frameworks
 - Service Provider Interfaces (SPIs) werden vom Nutzer implementiert / erweitert (Erweiterungspunkte)
- Remote-APIs
 - z.B. RESTful HTTP, Messaging-APIs oder Remote Procedure Calls (RPCs)

Abgrenzung

API != (technisches) Protokoll

API > (technisches) Protokoll

Vorteile

Aus technischer Sicht

- Stabilität durch lose Kopplung
 - Änderungen in der Implementierung beeinflussen **nicht** den Nutzer
- Portabilität
 - z.B. die JRE bietet für Java-Programme eine einheitliche API für verschiedene Betriebssysteme
- Reduktion von Komplexität
 - Komplexität der Implementierung wird versteckt (Geheimnisprinzip)

- Modularisierung
 - ein API-Modul erfüllt eine Aufgabe
 - unterschiedliche Teams können besser (zusammen) arbeiten
- Wiederverwendbarkeit und Integration
 - Zugriff auf Funktionalität einer (fremden) Softwarekomponente wird ermöglicht

Aus wirtschaftlicher Sicht

- (erleichterte) Client-Entwicklung
 - unterschiedliche Endgeräte greifen auf die gleiche API zu (z.B. Facebook)
- Benutzerakzeptanz erhöhen
 - gute APIs führen zu mehr Integration und damit zu mehr Verbreitung
 - z.B. konnte Twitter mehr Nutzer allein durch die API-Veröffentlichung gewinnen
- neue Geschäftszweige
 - z.B. wurde die BestBuy-API genutzt, um Preisvergleich, Preiswecker etc. zu implementieren

- Integration mit Partnern
 - Vernetzung mit Partnern wird ermöglicht (z.B. Lieferdienste)
- Integration unternehmensintern
 - klarere Aufgabenabgrenzung
 - Wiederverwendbarkeit in anderen Teams / Abteilungen / Programmen

Nachteile

- fehlende Interoperabilität
 - z.B. kann eine Java-API nicht von einer C#-Applikation konsumiert werden
- Änderbarkeit
 - ausgerollte APIs können erstmal nicht geändert werden

Qualitätsmerkmale

- Benutzbarkeit
 - für andere leicht verständlich
 - **zentrales Ziel**
- Effizienz
 - z.B. bei mobilen Applikationen den Akku-Verbrauch im Blick haben
 - Skalierbarkeit - kann die API mit Nutzerzuwachs mithalten?
- Zuverlässigkeit
 - Fehlerbehandlung
- vollständig und korrekt

Benutzbarkeit

- konsistent
- intuitiv verständlich
- dokumentiert
- einprägsam und leicht zu lernen
- lesbaren Code fördernd
- schwer falsch zu benutzen
- minimal
- stabil
- einfach erweiterbar

KONSISTENZ

Beispiel:

str_repeat

strcmp

str_split

strlen

str_word_count

strrev

- beide Namenskonventionen sind ok
- Problem: alle Funktionen sind Teil der gleichen (PHP-)API

Konzeptionelle Integrität

- ein Architekt (oder eine kleine Gruppe von Architekten) entscheidet über Konzepte
- alles außerhalb der Konzepte wird nicht umgesetzt bzw. entsprechend angepasst
- "Konzeptionelle Geschlossenheit ist der Dreh- und Angelpunkt für die Qualität eines Produkts [...]" – Fred Brooks

weiteres Gegenbeispiel von Java:

- javax.swing.AbstractButton.setText()
- java.awt.Button.setLabel()

INTUITIV

- einheitliche Namenskonvention
 - innerhalb der API (Konsistenz!)
 - innerhalb der Programmiersprache
 - innerhalb etablierter Konzepte
 - gleiche Dingen haben den gleichen Namen
 - unterschiedliche Dinge haben unterschiedliche Namen

Beispiel von Ruby:

- Methoden mit '!' am Ende, verändern das Objekt
- Methoden ohne '!' am Ende, erzeugen eine neue Instanz und das ursprüngliche Objekt ändert sich nicht
- `my_string.capitalize`
 - `my_string.capitalize!`
- `my_string.reverse`
 - `my_string.reverse!`
- Wie heißen die Methoden für downcase?
 - `my_string.downcase` und `my_string.downcase!`

Java Konventionen:

- set Methoden verändern das Objekt
- get Methoden geben einen Wert zurück
- add fügt etwas hinzu
- put fügt etwas hinzu oder überschreibt vorhandenes

List	Set	Map
<ul style="list-style-type: none">• geordnete Menge• Duplikate sind erlaubt• <i>null</i> ist erlaubt	<ul style="list-style-type: none">• ungeordnete Menge• keine Duplikate• höchstens ein <i>null</i> Element	<ul style="list-style-type: none">• Schlüssel → Wert Zuordnung• keine Schlüssel-Duplikate erlaubt• pro Schlüssel höchstens 1 Wert

java.util.List

add / addAll

remove

removeAll

clear

java.util.Set

add / addAll

remove

removeAll

clear

java.util.Map

put / putAll

remove

-

clear

Dokumentation

- gute Dokumentation ist unverzichtbar
 - lieber keine Dokumentation als falsche Dokumentation
 - lieber wenig Dokumentation als keine Dokumentation
- sollte einfache Beispiele zur korrekten Nutzung enthalten
 - Entwickler sollten nur wenig von einem Beispiel anpassen müssen
- Beispiel Spring: die Dokumentation (mit zahlreichen Beispielen) hat vermutlich stark zur Akzeptanz beigetragen

Einprägsam und leicht zu lernen

- Konsistenz, intuitive Nutzung und Dokumentation erleichtern das Erlernen
- Boiler-Plate-Code auf ein Minimum reduzieren
- mit wenig Code *sichtbare* Ergebnisse ermöglichen

Beispiel von Vaadin (<https://vaadin.com/flow>):

```
public class MyUi extends VerticalLayout {  
    public MyUi(@Autowired HelloService service) {  
        TextField name = new TextField("Name");  
        Button button = new Button("Say hello", click →  
            service.sayHello(name.getValue()));  
        add(name, button);  
    }  
}
```

Lesbaren Code fördernd

- APIs beeinflussen maßgeblich die Lesbarkeit des Clientcodes
- mehr Code wird gelesen als geschrieben
- gute Namen und Konsistenz
- einheitliches Abstraktionsniveau
 - z.B. Trennung von Geschäftslogik und Persistenz
- API muss möglichst viel abnehmen
 - MyAPI.magic()
 - Clientcode bleibt kürzer

Unit-Tests mit JUnit:

```
assertTrue(pizza.extras().contains(Extras.Garlic));  
assertEquals(3, pizza.extras().size());
```

Unit-Tests mit FEST-Assert-Framework:

```
assertThat(pizza.extras())  
    .hasSize(3)  
    .contains(Extras.Garlic);
```

JPA Criteria Builder API vs QueryDSL Library

JPA Criteria Builder

```
EntityManager em = ...;
CriteriaBuilder builder = em.getCriteriaBuilder();
CriteriaQuery<Order> cq = builder.createQuery(Order.class);
Root<Order> order = cq.from(Order.class);
order.join(Order_.positions);
cq.groupBy(order.get(Order_.id))
    .having(builder.gt(builder.count(order), 1));
TypedQuery<Order> query = em.createQuery(cq);
List<Order> result = query.getResultList();
```

QueryDSL

```
EntityManager em = ...;
QOrder order = QOrder.order;
JPQLQuery query = new JPAQuery(em);
List<Order> list = query.from(order)
    .where(order.positions.size().gt(1))
    .list(order)
    .getResults();
```

Schwer falsch zu benutzen

- Seiteneffekte vermeiden
- Fehler zeitnah mit hilfreichen Meldungen
- keine temporäre Kopplung

Ursprüngliche Zeit-API in Java:

```
Date date = new Date(1984, 2, 23)
```

- Zeitrechnung beginnt 1900
- Monate beginnen bei 0
- Tage beginnen bei 1
- obiges Datum wäre: 23.3.2884

Date in JavaScript

```
var xmas95 = new Date('December 25, 1995 23:15:30');
console.log(xmas95.getFullYear());
console.log(xmas95.getMonth());
console.log(xmas95.getDay());
```

- 1995
- 11
- 1
 - `getDay()` liefert den Wochentag zurück (0 = Sonntag, 1 = Montag, ...)

Minimal

- prinzipiell gilt: so klein wie möglich
 - im Zweifel Methoden weglassen
- nachträglich Dinge entfernen ist nahezu unmöglich
 - hinzufügen dagegen einfach
- größere APIs sind aufwendiger zu implementieren und zu warten
- größere APIs sind schwerer zu benutzen

- Kompromiss zwischen Hilfsmethoden und Minimalismus notwendig
- Beispiel: `java.util.List`
 - `removeAll` und `addAll` wurden implementiert
 - mit `remove` und `add` könnte man das Gleiche erreichen
 - `*All`-Methoden werden aber häufig gebraucht

Schweizer Taschenmesser VS Schraubenzieher

- auch ein Schraubenzieher ist vielseitig
 - Schrauben rein drehen
 - Farbdeckel öffnen
 - verlängerter Arm um Sachen unter dem Schrank vorzuholen
- Schweizer Taschenmesser ist trotzdem nützlich





Stabil

- nur Erweiterungen hinzufügen, die mit der ursprünglichen API kompatibel sind
- ggf. eine neue API-Version rausbringen
 - Migrationspfad beschreiben
- Beispiel: API wurde schon in Alt-Systeme integriert, was zeit- und kostenaufwendig ist
 - jede API-Änderung sollte die Integration nicht gefährden

Einfach erweiterbar

Bei Erweiterungen der API:

- im Idealfall ist die Änderung kompatibel zu bestehendem Clientcode
- Änderungsaufwand für Clients muss berücksichtigt werden
- z.B. durch (neue) Subklassen, die über eine Factory erzeugt werden

Zur Erweiterung durch die Clients:

- z.B. durch Vererbungen oder Annotationen das Verhalten des Frameworks anpassen

Vorgehen beim Entwurf

Allgemein

- ähnlich wie andere Software auch
- nur Heuristiken vorhanden - es gibt kein deterministisches Vorgehen
- häufig entstehen APIs informell
 - Entwickler macht sich vor seinem PC Gedanken und implementiert dann
 - für kleinere Projekte ok, für größere Projekte **schlecht**

Allgemeines gutes Vorgehen:

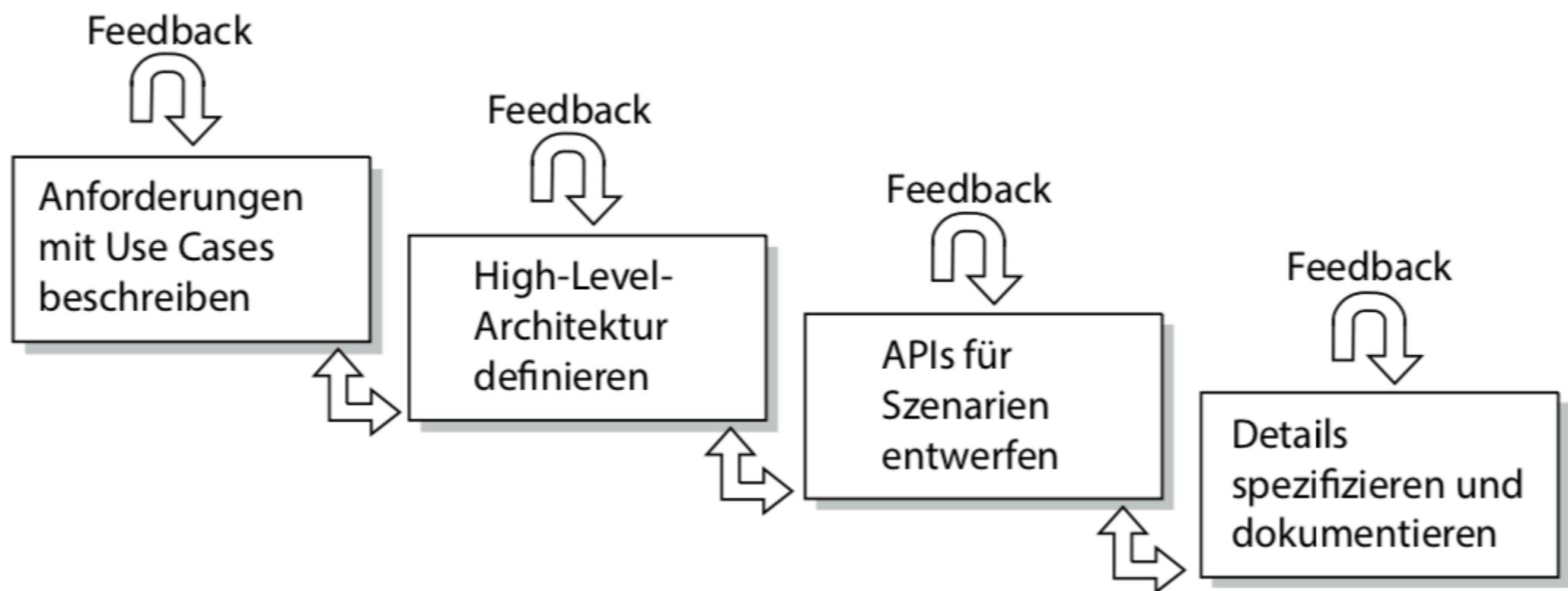


Bild-Quelle: API-Design von Kai Spichale, S. 25

Anforderungen analysieren

- API in das Gesamtprojekt / die Gesamtarchitektur einordnen
 - untergeordnete oder zentrale Rolle?
- Anforderungen VS falsche Annahmen, Missverständnisse und politische Entscheidungen
 - Anforderungen müssen *ausgegraben* werden
- einschränkende Anforderungen kritisch hinterfragen
 - z.B. wenn implizit eine technische Lösung vorgegeben wird

- Anforderungen einfach und verständlich formulieren
 - dabei aber genau sein
 - schlecht: *API soll intuitiv benutzbar sein*
 - besser: *API soll primär für Java-Entwickler entwickelt werden*
- oft stehen sich Anforderungen entgegen (z.B. Einfachheit - Sicherheit)
 - Abstriche begründet kommunizieren und Feedback der entsprechenden Benutzergruppe einholen

Use Cases

- etablierte Technik für Benutzeranforderungen
 - Wie reagiert das System auf Benutzeraktionen?
- aus Anforderungen Use Cases ableiten
 - ein Use Case deckt mehrere ähnliche Szenarien ab
- eher ungeeignet für server- oder hardwarelastige Systeme
- mögliche Alternative: Event-Response-Tabellen
 - wie reagiert das System auf bestimmte Ereignisse

Entwurf

Erster Schritt:

- kleiner Entwurf
 - Feedback-Einholen einfacher
- Beispiele aus Clientperspektive zeigen
 - z.B. mit Sequenzdiagrammen oder informell am Whiteboard
- eher auf konkreten Code verzichten

Zweiter Schritt:

- Code-Beispiele, die Use Cases abdecken
 - mit den höher priorisierten UCs anfangen
- verschiedene Konzepte ausprobieren
 - Vor-/Nachteile abwägen
- keine Details festlegen

Beispiel Audit-Logs:

Szenario 1: Erfolgreiche Benutzeranmeldung loggen

```
AuditLogger logger = new AuditLogger();
AuditEvent event = logger.event()
    .name("user login")
    .status(SUCCESS)
    .user("user1")
    .date(new Date())
    .build();
logger.log(event);
```

Szenario 2: Fehlgeschlagene Benutzeranmeldung loggen

```
AuditLogger logger = new AuditLogger();
AuditEvent event = logger.event()
    .name("user login")
    .status(FAILURE)
    .user("user1")
    .date(new Date())
    .detail("failure explanation", "wrong password") .detail("user locked",
    .build();
logger.log(event);
```

Resultierende API:

```
public class AuditLogger {  
    public AuditLogger() { }  
    public AuditEventBuilder event() { }  
    public void log(AuditEvent event) { }  
}  
  
public class AuditEventBuilder {  
    public AuditEventBuilder name(String name) { }  
    public AuditEventBuilder status(String success) { }  
    public AuditEventBuilder user(String user) { }  
    public AuditEventBuilder date(Date date) { }  
    public AuditEventBuilder detail(String key, String value) { }  
    public AuditEvent build() { }  
}  
  
public class AuditEvent {  
    // Getter-Methoden  
}
```

Spezifikation

- **allgemein:** Eigenschaften und Konzepte für die Gesamt-API
- **Module:** für alle Elemente innerhalb eines Moduls, sowie der Zweck des Moduls
- **Klassen/Interfaces:**
 - kurze Beschreibung des Objekts
 - Angaben zu: Thread-Sicherheit, Zustand (Immutability), Serialisierung, Sicherheitseinschränkungen, (Hardware-)Abhängigkeiten, Verweis auf andere Dokumente

- **Felder:** Bedeutung, Wertebereich und null erlaubt
- **Methoden und Konstruktoren:**
 - erwartetes Verhalten
 - ändert der Aufruf das Objekt; falls ja, wie
 - Beschreibung der Parameter: Wertebereich, null erlaubt, Rückgabewerte (null erlaubt), Exceptions
 - evtl. Algorithmus beschreiben

Reviews und Feedback

- Reviews und Feedback sind sehr wichtig (*Betriebsblindheit*)
- Kollegen, Team und API-Nutzer gezielt und regelmäßig um Rückmeldung bitten
- auch negatives Feedback ist hilfreich; je mehr Feedback, umso besser

Negativ-Beispiele:

- `creat` anstatt `create`
 - Ken Thompson - Erfinder von Unix
- `referer` anstatt `referrer`
 - HTTP-Header
- `properites` anstatt `properties`
 - Forschungsprojekt mit mehreren Partnern

Wiederverwendung

- bekannte Konzepte wiederverwenden
- schon benutzte APIs und Bibliotheken / Dienste berücksichtigen
 - z.B. Benennung und Muster darauf aufbauen

APIs auf Objektebene

anhand von Beispielen aus dem Buch *API Design* von Kai Spichale

Grundlagen: Benennung

- Konsistenz, Konsistenz, Konsistenz
 - gleiches Konzept = gleicher Name
 - etablierte Begriffe verwenden
- Klassen: Substantive
 - nach Möglichkeit aus der Domäne, sonst technisch
- Methoden
 - nach Rückgabewert oder Befehl
 - *do, get, set, execute* vermeiden

- Variablen / Parameter
 - keine Abkürzungen
 - keine Typcodierung
- *Ubiquitous Language* (Ubiquitäre Sprache)
 - Sprache zwischen Domänexperten und Software-Entwicklern

Beispiele:

1. Name einer Klasse, die

1. einen Stuhl darstellt?

2. ein Auto darstellt?

2. Name einer Methode, die

1. die Musik lauter macht?

2. die Musik leiser macht?

3. die einen dreibeinigen Stuhl
zurückgibt?

1. Antwort

1. Chair

2. Car

2. Antwort

1. increaseVolume

2. decreaseVolume

3. threeLeggedChair

Typisierung

```
String findArticle( String articleId );  
Article foo( ArticleId bar );
```

Ein Typ erzwingt mehr als 1.000 Worte.

Typisierung: Beispiel SpeedLimit

```
/**  
 * Checks the given speed against road traffic regulations.  
 * Returns a negative integer, zero or a positive integer as the argument is  
 * is within tolerance limit, or exceeds the speed limit.  
 */  
int checkSpeed(int kmPerHour);
```

Verbesserung mit typisiertem Rückgabewert:

```
enum SpeedCheckResult {  
    BELOW_SPEED_LIMIT,  
    WITHIN_TOLERANCE_LIMIT,  
    EXCEEDS_SPEED_LIMIT;  
}
```

```
SpeedCheckResult checkSpeed(int kmPerHour);
```

Verbesserung mit typisiertem Parameter:

```
final class Speed {  
    private final int kmPerHour;  
  
    public Speed(int kmPerHour) {  
        this.kmPerHour = kmPerHour;  
    }  
    // ...  
}
```

```
SpeedCheckResult checkSpeed(Speed vehicleSpeed);
```

Typisierung: Beispiel Font

```
textField.setFont("Helvetica", true, true);
```

- (+) Schriftart ist klar
- (-) Schriftart als String und damit anfällig für Schreibfehler
- (-) `true, true` am Ende ist unklar

Verbesserung mit typisierten Parametern:

```
import com.example.FontType;  
import com.example.FontFormat;  
  
textField.setFont(FontType.HELVETICA, FontFormat.BOLD, FontFormat.ITALIC);
```

- (+) Schreibfehler nicht mehr möglich
- (o) 3 einzelne Parameter *seltsam* zum Benutzen

Verbesserung mit einem typisierten Parameter:

```
textField.setFont(new FontBuilder()  
    .type(FontType.HELVETICA)  
    .bold()  
    .italic()  
    .build());
```

- (+) über den Builder leicht zu erweitern (z.B. mit *underlined()*)
- (+) sinnvolle Defaults sind im Builder möglich

Typisierung kann temporäre Kopplung auflösen:

```
class DocumentCreator {  
    Document create(DocumentDescription desc) { ... }  
    List<Messages> getErrorMessages() { ... }  
}
```

```
class DocumentCreator {  
    DocumentCreatorResult create(DocumentDescription desc);  
}
```

```
class DocumentCreatorResult {  
    Document getDocument();  
    List<Messages> getErrorMessages();  
}
```

Basistypen sollten keine Kenntnis über Subtypen haben.

Datenkapselung / Information Hiding beachten

```
class Message {  
    private int severityLevel;  
    private String msg;  
  
    public Message(int severityLevel,  
                  String msg) {  
        this.severityLevel = severityLevel;  
        this.msg = msg;  
    }  
  
    public String toString() {  
        if(severityLevel==1)  
            return "INFO: " + msg;  
        return "WARN: " + msg;  
    }  
}
```

```
class Info extends Message {  
    public Info(String msg) {  
        super(1, msg);  
    }  
}  
  
class Warning extends Message {  
    public Warning(String msg) {  
        super(2, msg);  
    }  
}
```

Optionale Rückgabewerte

- manche Rückgabewerte können oder können nicht vorhanden sein
 - z.B. eine Query in der JPA
 - Article article = em.find(Article.class, id);
 - Welche Möglichkeiten hat man, damit umzugehen?

Null zurückgeben:

- Client muss auf *null* vorbereitet sein

```
Article article = em.find(Article.class, id);
if(article==null) {
    // Artikel ist nicht vorhanden
} else {
    // Artikel ist vorhanden
}
```

Verbesserung: Methode umbenennen in `getByIdOrNull`, um explizit auf *null* hinzuweisen.

Exception werfen:

```
Article getById(String id) {  
    Article article = em.find(Article.class, id);  
    if (article == null) throw new ArticleNotFoundException();  
    return article;  
}
```

- (+) *fail fast* ist generell gut
- (-) in manchen Fällen kann der Client nicht wissen, ob das Objekt existiert → er muss trotz korrektem Code auf eine Exception vorbereitet sein
- Verbesserung: zusätzlich eine *contains(id)* Methode anbieten
 - (-) semantische Kopplung

NullObject zurückgeben:

```
public Discount getById(String id) {  
    Discount discount = discounts.getByIdOrNull(id);  
    if(discount == null) {  
        return new NullDiscount();  
    }  
    return discount;  
}
```

- **NullObject** muss Sinn machen
 - wenn im Client auf **NullObject** anstatt auf **null** geprüft wird, macht es keinen Sinn
- könnte z.B. auch eine leere Liste / Array sein

```
abstract class Discount {  
    public abstract Price computeSalePrice(Price originalPrice);  
}  
  
class MembershipDiscount {  
    public Price computeSalePrice(Price originalPrice) {  
        // Berechnung des Verkaufspreises für Mitglieder  
    }  
}  
  
class NullDiscount {  
    public Price computeSalePrice(Price originalPrice) {  
        // keine Preisveränderung  
        return originalPrice;  
    }  
}
```

Ergebnisobjekt zurückgeben:

```
public Optional<Discount> getById(String id) {  
    Discount discount = discounts.getByIdOrNull(id);  
    return Optional.ofNullable(discount);  
}
```

- Ergebnisobjekt sollte *mehr* als *null* sein
 - z.B. `Discounts.getById(id).ifPresent(value → /do stuff/);`

Fazit:

- es gibt nicht die Lösung für optionale Rückgabewerte
- es ist immer situationsabhängig, was am besten geeignet ist

Minimale Sichtbarkeit

- API möglichst klein
 - neue Elemente hinzufügen ist einfach
 - vorhandene Elemente entfernen könnte Kompatibilitätsprobleme haben
- nur notwendige Sachen exponieren

Richtlinien in Java:

- Klassen: standardmäßig *package-private*
 - *private* ist als *Inner Class* möglich
 - generell *Interfaces* anstatt Klassen exponieren
- Methoden: standardmäßig *private*
 - nur wenige Methoden *protected* oder *public*
- Felder: standardmäßig *private*
 - Ausnahme bei Konstanten (i.d.R. *public* und *static*)

Richtlinien in Java (fortgesetzt):

- Packages: generell in Implementierung und API unterteilen
 - Beispiel: Standardbibliothek nutzt die API-Packages `java` und `javax`, die Implementierung findet sich u.a. in `com.sun.unc` **com.oracle**.
- Module: mit Java 9 und Project Jigsaw lässt sich genau festlegen, welche Teile exponiert werden

Minimale Sichtbarkeit: Beispiel

```
→ com.example.application
  | → .api
    |   | → ObjectInterface.java
    |   | → AnotherInterface.java
  | → .internal
    |   | → SimpleObject.java
    |   | → SpecializedObject.java
    |   | → SimpleOther.java
```

Problem: Die Implementierungen aus `internal` sollen nicht exponiert werden. Wie soll aber der Benutzer diese sonst instanziieren?

Schnelle 'provisorische' Lösung:

```
1 → com.example.application
2   |→ .api
3     |→ ObjectInterface.java
4   |→ .internal
5     |→ SimpleObject.java
6     |→ SpecializedObject.java
7   |→ ObjectBuilder.java
```

Erweiterte Lösung:

```
1 → com.example.application
2   |→ .api
3     |→ ObjectInterface.java
4     |→ ObjectBuilder.java
5   |→ .internal
6     |→ SimpleObject.java
7     |→ SpecializedObject.java
8     |→ ObjectBuilderInternal.java
```

Implementierungen der Builder:

```
public class ObjectBuilderInternal {  
  
    protected ObjectBuilderInternal() {}  
  
    protected ObjectInterface simpleObjectInternal() {  
        return new SimpleObject();  
    }  
  
    protected ObjectInterface specializedObjectInternal() {  
        return new SpecializedObject();  
    }  
}
```

```
public class ObjectBuilder extends ObjectBuilderInternal {  
  
    private static ObjectBuilder internalBuilder = new ObjectBuilder();  
  
    public static ObjectInterface simpleObject() {  
        return internalBuilder.simpleObjectInternal();  
    }  
  
    public static ObjectInterface specializedObject() {  
        return internalBuilder.specializedObjectInternal();  
    }  
}
```

Hilfsmethoden

- können Komfort erhöhen
 - z.B. *addAll* und *removeAll*
- sollten nur allgemein sinnvolle Aufgaben haben
 - z.B. *addAllEven* wäre kein guter Kandidat
- können in *Utility/Helper*-Klassen ausgelagert werden
 - allgemein ist das ein Antipattern

Exceptions

Ausnahmearten:

- Exceptions aufgrund Programmierfehler
 - NullPointerException, IndexOutOfBoundsException, ...
- Exceptions aufgrund falscher Nutzung; *Brechen des API-Vertags*
 - EmailNotValidException, ...
- Exceptions aufgrund Ressourcenausfalls
 - Netzwerkausfall, Speicherplatzmangel, ...

Checked vs Unchecked Exceptions:

- *Checked Exceptions* müssen abgefangen oder in der Signatur deklariert werden
- *Unchecked Exceptions* können (müssen aber nicht!) abgefangen werden
- generell sollten nur *Unchecked Exceptions* eingesetzt werden
 - u.a. Empfehlung von Joshua Bloch, ein ehemaliger Hauptentwickler der Java-Plattform
 - **niemals** *Checked Exceptions* einsetzen, wenn sich Clients nicht davon erholen können

- Exceptions auf der gleichen Abstraktionsebene wie 'der Rest'
 - Geschäftslogik sollte sich nicht mit *SQLExceptions* befassen müssen
 - ggf. Exceptions konvertieren
- alle Exceptions (*unchecked* und *checked*) sollten dokumentiert sein
 - andere Methoden können sich dann daran orientieren
- generell versuchen Exceptions zu vermeiden
 - z.B. mit zusätzlichen Hilfsmethoden, mit denen vorher geprüft werden kann

Exceptions vermeiden:

```
if( Integer.isInteger(s) ) {  
    int num = Integer.parseInt(s);  
}
```

- String wird geprüft, ob er ein Integer-Wert ist
- nur falls ja, wird er geparsst (was sonst zu einer Exception führen würde)

Interfaces

- Interfaces definieren Typen
 - im erweiterten Sinne auch *Eigenschaften*
- ein Objekt kann mehrere Interfaces haben
 - mehrere Rollen sind so möglich
- Interfaces = flache Hierarchien (anders als Vererbung)
- generell: Adjektive als Namen

- lieber Interfaces als Klassen nach außen freigeben
 - man bleibt flexibler, da man nachträglich andere Implementierungen anbieten kann
 - man macht sich mehr Gedanken bei der Deklaration
- nicht-triviale Interfaces, die vom Client implementiert werden sollen, ggf. mit einer abstrakten Basis-Implementierung ausliefern

Funktionale Interfaces

- Interface mit genau einer abstrakten Methode
 - *Default* Methoden erlaubt
- dienen zur Deklaration von Lambdas

```
public interface Consumer<T> {  
    /**  
     * Performs this operation on the given argument.  
     * @param t the input argument  
     */  
    void accept(T t);  
}
```

Code tendiert dazu, leserlicher zu werden.

Flag-Interfaces

- leere Interfaces
- dienen zur Markierung bestimmter Eigenschaften
 - das Interface selbst kann diese Eigenschaft nicht erzwingen
- z.B. *Serializable*
- zur Compilezeit können so bestimmte Fehler aufgedeckt werden

Fluent Interfaces

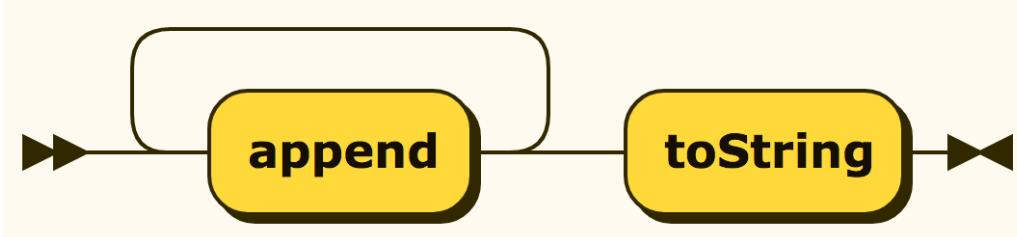
- interne DSL
 - bessere Lesbarkeit
 - vereinfachte Benutzung
 - bessere fachliche Abstraktion
- Begriff geprägt durch Eric Evans und Martin Fowler

Beispiel eines Fluent Interfaces

Java Code:

```
new StringBuilder()  
    .append("Hallo")  
    .append(", ")  
    .append("Welt!")  
    .toString();
```

Railroad Diagramm:

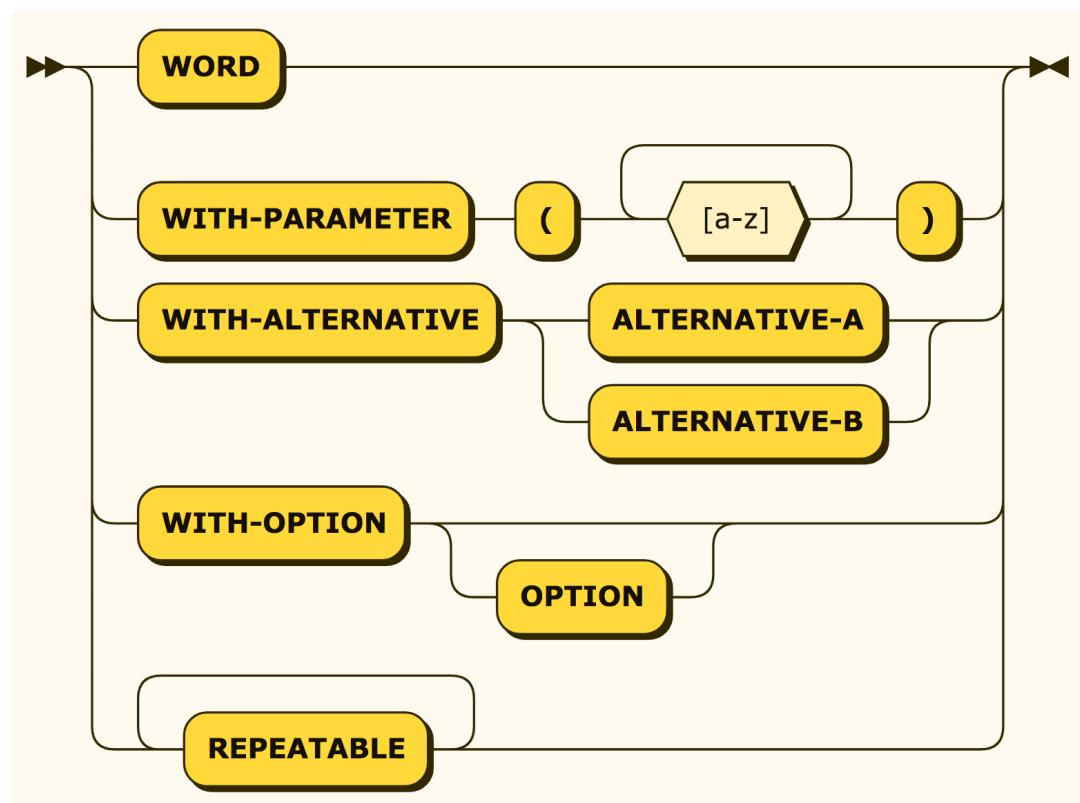


EBNF:

```
Grammar ::= 'append'+ 'toString'
```

Basiskomponente einer DSL

```
Grammar ::= 'WORD'  
| 'WITH-PARAMETER' '(' [a-z]+ ')'  
| 'WITH-ALTERNATIVE' ( 'ALTERNATIVE-A' | 'ALTERNATIVE-B' )  
| 'WITH-OPTION' [a-z]  
| 'REPEATABLE' +
```



```
interface Begin {  
    End word();  
    End withParameter(String parameter);  
    Alternative withAlternative();  
    Option withOption();  
    NoToMany repeatable();  
}  
  
interface End {  
    void end();  
}
```

```
interface Alternative {  
    End alternativeA();  
    End alternativeB();  
}  
  
interface Option extends End {  
    End option();  
}  
  
interface NoToMany extends End {  
    NoToMany repeatable();  
}
```

Beispielanwendung der allgemeinen DSL

```
Begin begin = ...
```

```
// ein einzelnes Wort und Abschluss  
begin.word().end();
```

```
// Wort mit Parameter und Abschluss  
begin.withParameter("param").end();
```

```
// Wort gefolgt von Auswahl und Abschluss  
begin.withAlternative().alternativeA().end();  
begin.withAlternative().alternativeB().end();
```

```
// Wort gefolgt von optionalem Wort und Abschluss  
begin.withOption().end();  
begin.withOption().option().end();
```

```
// wiederholbare Aufrufe und Abschluss  
begin.repeatable().repeatable().end();
```

Beispielanwendung bei Tests:

Nicht fließend

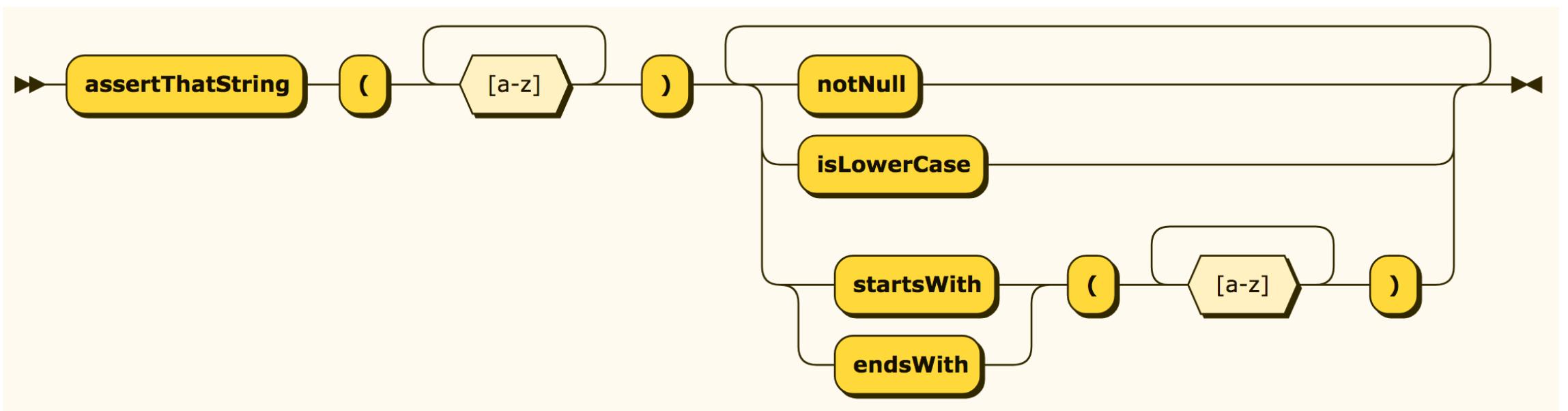
```
assertNotNull(text);
assertTrue(text.startsWith("a"));
assertTrue(text.endsWith("z"));
assertTrue(text.isLowerCase());
```

Fließend

```
assertThatString(text)
    .notNull()
    .startsWith("a")
    .endsWith("z")
    .isLowerCase();
```

EBNF und Railroad-Diagramm zum Fluent-Test

```
Grammar ::= 'assertThatString' '(' '[a-z]+' ')' ( 'notNull'  
| 'isLowerCase'  
| 'startsWith' '(' '[a-z]+' ')'  
| 'endsWith' '(' '[a-z]+' ')')+
```



Beispiel JOOQ

```
create.select(CUSTOMER.FIRST_NAME, CUSTOMER.LAST_NAME, count())
    .from(CUSTOMER)
    .join(ORDER).on(CUSTOMER.ID.equal(ORDER.CUSTOMER_ID))
    .where(ORDER.CREATED.ge(date("2016-01-01")))
    .groupBy(CUSTOMER.FIRST_NAME, CUSTOMER.LAST_NAME)
    .having(count().gt(3))
    .orderBy(CUSTOMER.LAST_NAME.asc().nullsFirst())
```

```
SELECT CUSTOMER.FIRST_NAME, CUSTOMER.LAST_NAME, COUNT(*) FROM CUSTOMER
  JOIN ORDER ON CUSTOMER.ID = ORDER.CUSTOMER_ID
 WHERE ORDER.CREATED >= DATE '2016-01-01'
 GROUP BY CUSTOMER.FIRST_NAME, CUSTOMER.LAST_NAME
 HAVING COUNT(*) > 3
 ORDER BY CUSTOMER.LAST_NAME ASC NULLS FIRST
```

Alternative zur Methodenverkettung: Schachtelung

```
assertThat(text,  
    allOf(  
        notNullValue(),  
        startsWith("a"),  
        endsWith("z"),  
        isLowerCase()));
```

- (+) durch eigene Implementierungen kann das Framework erweitert werden (der eigene Typ wird als Parameter übergeben)
- (-) nicht so leicht zu lesen

Fluent Interfaces: Fazit

- (+) stellen korrekte Syntax sicher
- (+) intuitiv(er) zu nutzen
- (-) deutlich erhöhter Programmieraufwand
 - Kosten / Nutzen muss im Verhältnis stehen

Template-Methoden

- Erweiterungspunkte für das Framework
 - werden vom Benutzer implementiert
- API (im engeren Sinn): Zugriff auf implementierte Funktionalität
 - Erweiterung der API ist (normal) kompatibel für den Benutzer
- SPI: Möglichkeit das Verhalten zu ändern
 - Erweiterung eines SPIs ist (normal) nicht kompatibel

Beispiel für eine Template-Methode

```
abstract class OrderSorter {  
    private List<Order> orders;  
  
    public void sort() {  
        ...  
        if(compare(o1,o2) = 0) {  
            ...  
        }  
  
        /**  
         * Compares its two arguments for order. Returns a negative  
         * integer, zero, or a positive integer as the first argument  
         * is less than, equal to, or greater than the second.  
         */  
        abstract int compare(Order o1, Order o2);  
    }  
}
```

(-) API-Funktionalität und API-Erweiterung (SPI) werden vermischt

Funktionalität und Erweiterung getrennt

```
public class OrderComparator implements Comparator<Order> {  
    public int compare(Order o1, Order o2) {  
        return o1.getCreationDate().compareTo(o2.getCreationDate());  
    }  
}
```

```
public final class OrderSorter {  
    private final Comparator<? super Order> comp;  
    public OrderSorter(Comparator<? super Order> comp) {  
        this.comp = comp;  
    }  
  
    public void sort(List<Order> orders) {  
        Collections.sort(orders, comp);  
    }  
}
```

Vorteile der Trennung

- Erweiterung (*OrderComparator*) ist spezialisierter und kann an anderen Stellen verwendet werden
- ursprüngliche Klasse (*OrderSorter*) ist nicht mehr *abstract* und kann *final* sein
 - nicht erweiterbar bedeutet mehr Kontrolle für den API-Designer
 - Erweiterungen / Änderungen sind einfach möglich → keine / überschaubare Nebeneffekte für den Benutzer

Parametererweiterung bei Template-Methoden

- die API ändert sich und die Parameter müssen geändert oder erweitert werden
- nach Möglichkeit sollte diese Änderung kompatibel sein

```
public interface ServiceProviderInterface {  
    void callbackMethod(String param);  
}
```

(-) Änderung der Parameter bedeutet im obigen Beispiel immer Inkompatibilität für den Client

Lösung: Parameter-Objekt

```
public class ParameterObject {  
    public String foo() { ... }  
    public Integer bar() { ... }  
}  
  
public interface ServiceProviderInterface {  
    void someMethod(ParameterObject param);  
}
```

Das Parameter-Objekt (auch Context-Objekt) kann kompatibel erweitert werden.

Callbacks

- ein Objekt / eine Funktion wird registriert und (bei Bedarf) aufgerufen
- synchron oder asynchron
- *Inversion of Control*
 - Framework entscheidet, wann Client aufgerufen wird

Synchrone Callbacks

Beispiel:

```
List<String> myList = new ArrayList<>();
myList.add('hello');
myList.add('world');

myList.forEach(listItem →
    System.out.println(listItem)
);
```

- Aufrufer ist blockiert, bis der Callback vollständig durchgeführt wird
 - hier: bis der Callback für jedes Element in der Liste durchgeführt wurde
- geeignet, wenn man das Ergebnis direkt braucht

Asynchrone Callbacks

- realisiert mit *Pull*, *Poll* oder *Push*

Beispiel Pull:

```
AsynchronousSocketChannel ch = ...;
ByteBuffer buf = ...;
Future<Integer> handle = ch.read(buf);
Integer result = handle.get();
// Integer result = handle.get(5, TimeUnit.SECONDS);
```

Pull blockiert zwar irgendwann, jedoch entscheidet der Client darüber.

Beispiel Poll:

```
// in eigenem Thread
while (!handle.isDone()) {
    Thread.sleep(1000)
}
// benachrichtige jemand oder führe Operation aus
```

- (+) keine Blockade
- (-) fehleranfällig
- (-) viel Boiler-Plate-Code

Beispiel Push:

```
class Handler implements CompletionHandler<Integer, Connection> {  
    public void completed(Integer result, Connection conn) {  
        // Ergebnis behandeln  
    }  
  
    public void failed(Throwable exc, Connection conn) {  
        // Fehlerbehandlung  
    }  
}
```

```
ch.read(buffer, connection, handler);
```

- (+) keine Blockade
- (+) einfach zum Implementieren
- (+) einfach zum Lesen

Fazit Callbacks

- *Inversion of Control*
- synchron, wenn das Ergebnis gleich gebraucht wird
- asynchron bei allen anderen Operationen
 - nach Möglichkeit die Push-Variante einsetzen

Annotationen

- Metainformationen für Code-Blöcke
- z.B. können bestimmte Direktiven beim Kompilieren ausgeführt werden
- z.B. kann während der Laufzeit etwas mit annotierten Objekten gemacht werden

Beispiel von RESTeasy:

```
@Path("/library")
public class Library {

    @GET
    @Path("/books")
    public String getBooks() {...}

    @GET
    @Path("/book/{isbn}")
    public String getBook(@PathParam("isbn") String id) {
        // search my database and get a string representation and return it
    }
}
```

Immutability

- unveränderliche Objekte (nach der Erzeugung)
- Ableitung der Klasse nicht möglich (*final*)
- Felder sind *final* und entweder *private* oder selbst *immutable*

Vorteile:

- Thread-sicher
- Wiederverwendbarkeit
- einfach(er) zu benutzen

Nachteil: für jeden unterschiedlichen Wert, gibt es ein (neues)
Objekt.

Beispiel Immutability und Thread-Sicherheit

```
class Point {  
    private int x, y;  
    void setCoordinates(int x, int y) {  
        synchronized (this) {  
            this.x = x;  
            this.y = y;  
        }  
    }  
  
    synchronized int getX() { return x; }  
    synchronized int getY() { return y; }  
}
```

```
Point p = ...;  
synchronized (p) {  
    int x = p.getX();  
    int y = p.getY();  
}
```

Mit unveränderlichen Objekten ist dieses Problem implizit gelöst.

Beispiel Immutability und Wiederverwendbarkeit

```
String s1 = "test";
String s2 = new String(s1);
String s3 = "test";
System.out.println(s1 == s2); // false
System.out.println(s1 == s3); // true
```

- *String* ist eine sehr häufig verwendete Klasse
- durch die Unveränderlichkeit können Instanzen einfach wiederverwendet werden

Threadsicherheit

- parallele Abarbeitung ohne Seiteneffekte
- ist nur Thema bei *statusbehafteten und/oder veränderbaren Objekten*

Vorteile:

- Ausnutzen von mehreren Kernen
- schnelleres Programm
- nicht-blockierende Prozesse

Nachteil: alles andere als trivial umzusetzen.

```
public class Counter {  
    private int value;  
  
    public void increment() {  
        value++;  
    }  
}
```

Ist dieser *Counter* threadsicher?

Nein, da *value* erst gelesen und dann inkrementiert wird.

Überarbeiteter Counter

```
public class SafeCounter {  
    private int value;  
  
    public synchronized void increment()  
        value++;  
}
```

```
public class SafeCounter {  
    private final AtomicInteger value  
        = new AtomicInteger(0);  
  
    public void increment() {  
        count.incrementAndGet();  
    }  
}
```

```
public class StatelessCalculator {  
    public int add(int a, int b) {  
        int result = a + b;  
        return result;  
    }  
}
```

Ist dieser *Calculator* threadsicher?

Ja, da statuslos.

(Versions-)Kompatibilität

von Java-APIs

Code-Kompatibilität

- die einfachste Art der Kompatibilität
- was mit Version 1.0 kompiliert, kompiliert mit Version 1.1
- generell inkompatibel: entfernen von (öffentlichen) Methoden und Klassen
- Achtung bei *offenen Klassen*
 - wenn der Benutzer abgeleitet hat und die neue Version eine gleichnamige Methode erweitert

Binäre Kompatibilität

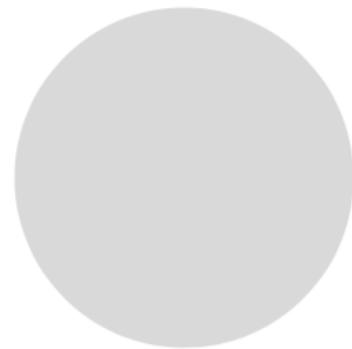
- binäre Version 1.0 kann von der binären Version 1.1 ersetzt werden
- Achtung bei
 - primitiven Konstanten: diese werden zur *Compilezeit* ersetzt
 - überladenen statischen Methoden: auch hier wird zur *Compilezeit* aufgelöst

Funktionale Kompatibilität

Erwartetes Verhalten bleibt in neuen Versionen gleich.

Amöben-Effekt:

Spezifikation



Version 1



Version 2



Bilder-Quelle: *API Design* von Kai Spichale

Verwandschaftsbeziehung

- Kompatibilität steht immer im Verhältnis zu einer anderen API-Version
- Abwärtskompatibel: neuere Version kann ältere Version ersetzen
- Vorwärtskompatibel: ältere Version kann neuere Version ersetzen

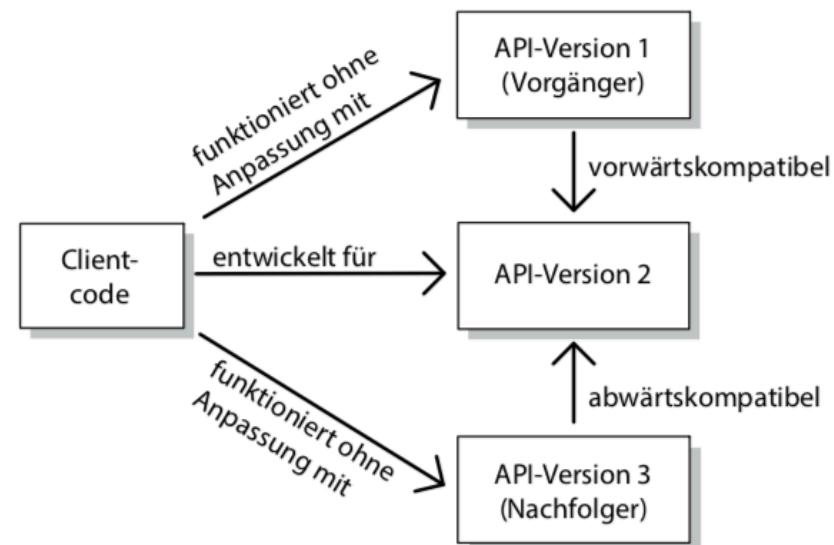


Bild-Quelle: *API Design* von Kai Spichale

Design By Contract

- Vertrag regelt das Zusammenspiel
- *Invarianten*: Bedingungen für alle Objekte einer Klasse zu jeder Zeit (außer während eines Methodenaufrufs)
- *Vorbedingung*: muss vom **Aufrufer** eingehalten werden
- *Nachbedingung*: muss vom **Aufgerufenem** eingehalten werden

Bedingung	Änderung	Auswirkungen für Aufrufer	Auswirkungen für Implementierer
Vorbedingungen für Methoden	Verstärkung	inkompatibel	kompatibel
	Abschwächung	kompatibel	inkompatibel
Nachbedingungen für Methoden	Verstärkung	kompatibel	inkompatibel
	Abschwächung	inkompatibel	kompatibel
Invarianten für Felder	Verstärkung	kompatibel für Getter-Rolle	inkompatibel für Setter-Rolle
	Abschwächung	inkompatibel für Getter-Rolle	kompatibel für Setter-Rolle

Bild-Quelle: *API Design* von Kai Spichale

Beispiel: Änderung der Vorbedingung

```
/** @param collection a non-null collection */
public boolean bookAll(Collection collection);

public boolean bookAll(Collection coll) {
    int size = coll.size();
    ...
}
```

Verschärfung: *Collection* muss mindestens 1 Element enthalten

- Implementierung hat kein Problem
- Client kann inkompatibel werden

Abschwächung: *Collection* darf auch *null* sein

- für Client kein Problem
- Implementierung erwartete kein *null* und prüft das bisher nicht → inkompatibel

Beispiel: Änderung der Nachbedingung

```
/** @return returns never null */  
public List<Booking> getAll();  
  
List<Booking> allBookings = getAll();  
allBookings.forEach(item → item.print());
```

Abschwächung: *return* darf *null* sein

- für Implementierung kein Problem
- Client ist darauf nicht vorbereitet → inkompatibel

Verschärfung: *return*-Collection muss mindestens 1 Objekt enthalten

- für Client kein Problem
- Implementierung muss geändert werden

Beispiel: Änderung von Feldinvarianten

Felder werden immer lesend (get) und schreibend (set) getrennt betrachtet.

```
/** always positive or zero */  
private int balance;
```

Abschwächung: negative *balance* erlaubt

- für set kein Problem
- Aufrufer kann bei get Probleme bekommen, da er nicht vorbereitet ist

Verschärfung: *balance* darf höchstens den Wert 1000 haben

- für get kein Problem
- Was macht set, wenn Wert > 1000 übergeben wird? → inkompatibel

Änderungen in der Praxis

- API-Änderungen mind. 1 Version früher ankündigen
 - `@Deprecated` → Benutzer bekommt Warnung bei Benutzung von veralteten API-Teilen
- Delegation
 - alte API-Teile rufen die neuen Teile auf

```
/**  
 * @deprecated As of release 1.3, replaced  
 * by {@link #getPreferredSize()}  
 */  
@Deprecated  
public Dimension preferredSize() {  
    return getPreferredSize();  
}
```

Interface-Versionen

- Interfaceänderungen führen immer zu Inkompatibilität (außer bei Default-Methoden)
- anstatt das Interface zu erweitern gibt es eine neue Version, die die alte Version erweitert

```
public interface MyInterface {  
    void myMethod();  
}
```

```
public interface MyInterface2  
    extends MyInterface {  
    void newMethod();  
}
```

```
public interface MyInterface3  
    extends MyInterface2 {  
    void newestMethod();  
}
```

Die neue API-Version bietet nur noch Implementierung von `MyInterface2` an, ist aber durch die Erweiterung kompatibel zu `MyInterface`. Vorhande Clients müssen höchstens einen *Downcast* machen.

Defaultmethoden

- Interfaces können abwärtskompatibel erweitert werden
- Defaultmethoden können überschrieben werden

```
public interface Iterator<E> {  
    // ...  
    default void remove() {  
        throw new UnsupportedOperationException("remove");  
    }  
}
```

Extension Interface

- ähnlich wie *Interface-Versionen*
- erweiterte Interfaces ersetzen **nicht** den alten Typ

```
/* Root interface */
public interface Document {
    Document getExtension(InterfaceId id);
}

/* Extension interface */
public interface Translatable extends Document {
    Translateable translate(Language language);
}

/* Extension interface */
public interface Printable extends Document {
    void print();
}
```

```
public class SimpleDocument implements Document {
    @Override
    public Translatable translate(Language language) {
        return new Translatable() {
            @Override
            public void print() { ... }
        };
    }

    @Override
    public Document getExtension(InterfaceId id) {
        switch (id) {
            case PRINT: return this;
            case TRANSLATE: return translate(language);
        }
        throw new IllegalArgumentException(
            "Could not handle id: " + id);
    }
}
```

Kompatibilitätstest für firmeninterne APIs

```
abstract class Api {  
    public static final int VERSION = 1;  
    protected Api() {  
        init(Api.VERSION);  
    }  
  
    protected abstract void init(int version)  
        throws new IllegalStateException();  
}
```

```
class ClientImpl extends Api {  
    protected void init(int version) {  
        if(version != Api.VERSION) {  
            throw new IllegalStateException();  
        }  
    }  
}
```

Was passiert?

- Konstante `VERSION` wird zur Compilezeit überall ersetzt
- ändert sich die API-Version ohne Client-Neukompilierung:
Laufzeitfehler

Automatisierte Kompatibilitätsprüfung

- *Test Compatibility Kits* prüfen automatisiert
 - z.B. Java Compatibility Kit
- sinnvoll, wenn Kompatibilität gewährleistet sein muss

REST

RESTful HTTP

REST vs HTTP

- REST = REpresentational State Transfer
 - kein Standard, keine Technologie
 - wird v.a. mit HTTP umgesetzt
- HTTP != REST && REST != HTTP
- für die Veranstaltung: REST = RESTful HTTP

REST-Grundprinzipien

- Ressourcen und deren Repräsentationen als zentrale Bausteine
- Verwendung von Hypermedia
- Verwendung von HTTP-Standardmethoden
- statuslose Kommunikation

REST-Ressourcen

- Ressourcen haben Repräsentationen
 - z.B. JSON, XML, HTML, Videos, Bilder, Texte, ...
- unterschiedliche Repräsentationen möglich
 - z.B. JSON und XML
- eindeutig identifizierbar
 - z.B. per URI: `http://api.example.com/users/123`
- Ressourcen-Modell != Domänenmodell
 - kann sich aber überschneiden

Beispiel: Ressource - Repräsentation - URI

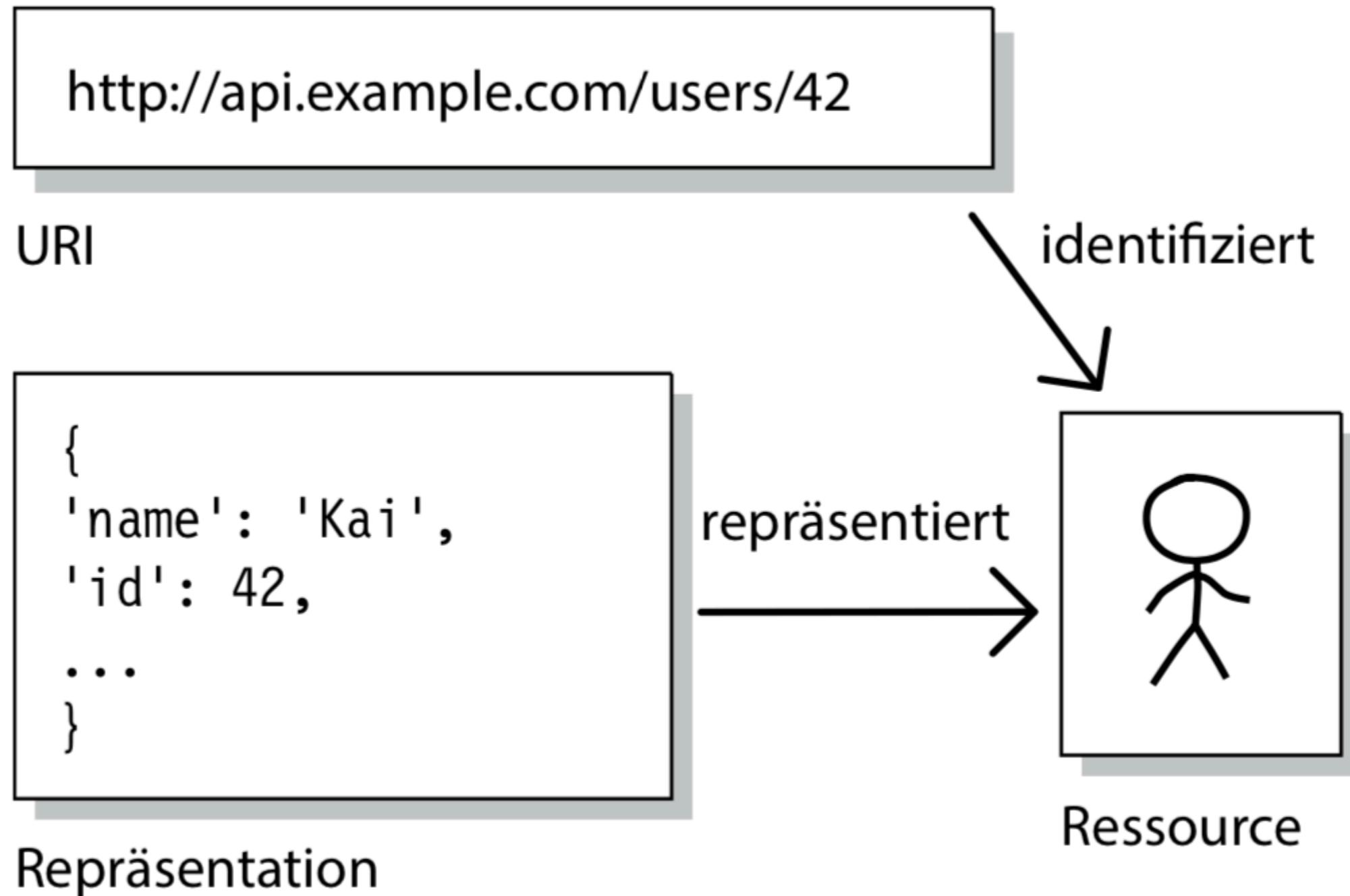


Bild-Quelle: API Design von Kai Spichale, S. 149

Exkurs: URI vs URL

- **URI (Uniform Ressource Identifier) > URL (Uniform Ressource Locator)**
- URI dient zur Identifikation und URL zum Aufruf
 - bei Web-APIs häufig das Gleiche
- **URN (Uniform Ressource Name)** ist ebenfalls eine URI, kann jedoch nicht aufgerufen werden
 - z.B. ISBN eines Buchs

Ressourcenkategorien

- Einzelressource
 - z.B. `http://api.example.com/products/123`
- Collection-Ressource
 - z.B. `http://api.example.com/products`
- Primärressource
 - z.B. `http://api.example.com/users/678`
- Subressource
 - z.B. `http://api.example.com/users/678/addresses`
 - beliebig tief schachtelbar

Ressourcen-Benennung

- generell Substantive
- generell Plural
- Einzelressource als Subressource einer Collection-Ressource über die ID
 - z.B. `http://api.example.com/users/678`

Hypermedia

- Inhalt, der über sich selbst hinausgeht
 - z.B. HTML mit Hilfe von Links
- Verknüpfung von anderen Ressourcen
- Vorteil: werden nur bei Bedarf geladen

Beispiel von Hypermedia in XML:

```
<message self="http://example.com/messages/17">
  <body> ... </body>
  <attachment ref="http://example.com/attachments/1701" />
</message>
```

Quelle: API Design von Kai Spichale, S. 147

HTTP-Standardmethoden

- GET
- HEAD
- PUT
- POST
- DELETE
- PATCH
- OPTIONS
- TRACE & CONNECT
 - für die Veranstaltung nicht relevant

HTTP-Methode: GET

- Leseoperation
- idempotent
 - keine Zustandsänderung
 - keine Seiteneffekte
- Conditional GET
 - If-Modified-Since-Header
 - If-None-Match-Header
- Partial GET
 - per Range-Header nur einen Teil der Ressource abfragen

Beispiel: Partial Get

```
GET /pictures/123 HTTP/1.1
Host: api.example.com
Range: bytes=0-9999
```

```
HTTP/1.1 206
Partial Content
Accept-Ranges: bytes
Content-Length: 70000
Content-Range: bytes 0-9999/70000
Content-Type: image/jpeg
{Binary}
```

HTTP-Methode: HEAD

- Leseoperation
- idempotent
- wie GET nur ohne Body
- z.B. um Meta-Daten einer Ressource abzufragen
 - (Video-)Größe, Content-Type, ...

```
HEAD /videos/cat.mp4 HTTP/1.1
Host: funny-videos.example.com
```

```
HTTP/1.1 200 OK
Accept-Ranges: bytes
Content-Length: 90000
Content-Type: video/mp4
```

HTTP-Methode: PUT

- neue Ressource anlegen oder existierende verändern
 - URI der neuen Ressource ist die Aufruf-URI
- idempotent
- Server darf die übermittelten Daten ignorieren, ändern oder ergänzen

HTTP-Methode: POST

- Hauptzweck: neue Ressource anlegen
- **nicht idempotent**
- URI der neuen Ressource wird vom Server bestimmt
- häufiger *Missbrauch*: Operationen auf dem Server anstoßen

HTTP-Methode: DELETE

- Löschen einer Ressource
- nicht vorhandene Ressource löschen ist erlaubt (kein Fehler)
- 200 »OK« oder 204 »Accepted« als Antwortcode

HTTP-Methode: Options

- mögliche Kommunikationsoptionen
 - z.B. HEAD, GET, ...
 - nach Möglichkeit im Allow-Header

```
HTTP/1.1 200 OK
ALLOW: HEAD, GET, PUT, OPTIONS
```

HTTP-Methode: Patch

- partielles Aktualisieren einer Ressource
 - PUT ersetzt die gesamte Ressource
- nur notwendige Daten werden übertragen
- häufig wird PUT dafür eingesetzt

Objektorientierte Schnittstelle zu REST

Objektorientierte Schnittstelle	RESTful HTTP
getUsers()	GET /users
updateUser()	PUT /users/{id}
addUser()	POST /users
deleteUser()	DELETE /users/{id}
getUserRoles()	GET /users/{id}/roles

Bild-Quelle: API-Design von Kai Spichale

HATEOAS

Hypermedia As The Engine Of Application State

Dynamischer Workflow

- ausgehend von einem Einstiegspunkt folgt man angebotenen Links
- Ressourcen geben weiterführende Links bekannt
 - diese Links können auch dynamisch generiert werden
- keine feste Codierung von URLs im Client notwendig
- hohe *Affordance*

Link-Header

```
HTTP/1.1 200 OK
Content-Type: text/plain
Link: <http://api.example.com/>
      rel="self"; type="text/html; charset=UTF-8";
      title="Homepage";
      verb="GET, HEAD, OPTIONS",
<http://api.example.com/videos> rel="all";
      type="application/json; charset=UTF-8";
      title="List of all videos";
      verb="GET"
```

Linkrelation	Bedeutung
all	Listenrepräsentation einer Ressource (Collection-Ressource)
new	Anlegen einer neuen Ressource
next	nächster Schritt im Workflow
previous	vorheriger Schritt im Workflow
self	aktuelle Ressourcenrepräsentation

Fallbeispiel: Webshop

*entnommen aus dem Buch **API-Design** von Kai Spichale*

Objekte des Webshops

Konzept	Beschreibung
product (name, id)	Zentrale Objekte des Webshops
picture (name, id)	Produkte können durch Bilder dargestellt werden
review (id, productId, rating, author, comment)	Jedes Produkt kann durch Käufer bewertet werden.
tag (name)	Produkte können mit Tags kategorisiert werden.

Iteration 1

```
http://api.example.com/getProducts  
http://api.example.com/createProduct  
http://api.example.com/createReview
```

```
http://api.example.com/updateProduct  
http://api.example.com/deleteProduct  
http://api.example.com/lockProduct  
http://api.example.com/unlockProduct  
http://api.example.com/getReviews  
http://api.example.com/updateReview  
http://api.example.com/removeReview
```

Vor-/Nachteile:

- (+) sprechende Namen
- (-) URIs entsprechen nicht dem HTTP-Standard
 - widerspricht dem Qualitätsziel: intuitiv zu nutzen
- (-) viele URIs
- (o) Server muss machen, was Client vorgibt

Iteration 1 entspricht RPC über HTTP.

Iteration 2

```
http://api.example.com/products/create?name=Monitor  
http://api.example.com/products?method=create&name=Monitor
```

Vor-/Nachteile:

- (+) sprechende Namen
- (+) wenige URIs
- (-) URIs entsprechen nicht dem HTTP-Standard
 - widerspricht dem Qualitätsziel: intuitiv zu nutzen
- (o) Server muss machen, was Client vorgibt

Iteration 2 täuscht durch seine Flexibilität über die RPC hinweg.

Zuordnung: Aktion → HTTP-Methode

Fachliche Aktion	HTTP-Methode
Produkt anlegen	POST (alternativ PUT)
Produkt löschen	DELETE
Produkt aktualisieren	PUT (alternativ POST oder PATCH)
Produkt sperren/freigeben	POST

Ressourcen identifizieren

Ressourcen werden mit dem Domänexperten / Kunden identifiziert

- product list
 - a product
 - name
 - sku (stock keeping unit)
 - review list
 - a review
 - picture list
 - a picture

Iteration 3

```
http://api.example.com/products
http://api.example.com/products/{SKU}
http://api.example.com/products/{SKU}/reviews
http://api.example.com/products/{SKU}/reviews/{REVIEW_ID}
http://api.example.com/products/{SKU}/pictures
http://api.example.com/products/{SKU}/pictures/{PICTURE_ID}
```

Test Iteration 3: Produkt(e) abfragen

- gesamte Produktliste (10 Produkte / Seite; ohne Reviews, nur 1 Bild)
 - `http://api.example.com/products` → `firstTen` → `forEach`
 - `http://api.example.com/products/{SKU}`
 - `http://api.example.com/products/{SKU}/pictures` →
 - `http://api.example.com/products/{SKU}/pictures`
- für jedes Produkt müssen 3 Aufrufe gemacht werden - nicht schön, aber

Test Iteration 3: Produkt hinzufügen

- POST auf `http://api.example.com/products`
 - der Body enthält die Daten
 - Namen
 - ggf. Bild-ID
 - als Response SKU
- woher kommt Bild-ID?
 - normalerweise vom Server generiert

Lösung:

- erst das Produkt erstellen, dann das Bild hochladen
 - POST auf `http://api.example.com/products`
 - POST auf
`http://api.example.com/products/{SKU}/pictures`
- Problem: neue Anforderung: jedes Produkt **muss** ein Bild haben
 - Inkonsistenz muss vermieden werden
 - z.B. wie verhält sich die API / das System, wenn nur der erste POST durchgeführt wird?

Lösung:

- erst das Bild hochladen, dann Produkt mit Bild-ID erstellen
- Problem: POST auf
`http://api.example.com/products/{SKU}/pictures`
ohne SKU nicht möglich
- Lösung: Ressource ändern
 - `http://api.example.com/pictures` anstatt
`/products/{SKU}/pictures`
- Anforderungen sind wichtig - sprecht mit den Domänexperten

Fortgeschritten: Produkt + Bild mit Transaktionen

anlegen

- neue Ressource: <http://api.example.com/productconfigurations>
 - POST erzeugt neue Ressource
 - neue Ressource kann in beliebiger Reihenfolge befüllt werden (z.B. mit Bildern)
 - abschließend wird per POST auf eine Subressource die Transaktion bestätigt
 - z.B.
<http://api.example.com/productconfigurations/{ID}/image>

Asynchrone Bearbeitung: Client Polling

- u.U. ist eine asynchrone API erforderlich
 - z.B. dauert das Erzeugen einer neuen Ressource extrem lange
- anstatt 201 - Created gibt man 202 - Accepted mit Status-Link zurück
 - Status-Link-Beispiel:
`http://api.example.com/receipts/{ID}`
 - Status-Link z.B. im Location-Header mitgeben

- Client prüft, ob die Ressource erstellt wurde
 - noch nicht:

```
HTTP/1.1 304 Not Modified
```

```
Location: http://api.example.com/receipts/3750527582
```

- erstellt:

```
HTTP/1.1 303 See Other
```

```
Location: http://api.example.com/products/0826552
```

URI Design

Hackable / Hackbar

- jede Ebene sollte eine gültige Ressource sein

```
http://example.shop/products/phones/samsung  
http://example.shop/products/phones  
http://example.shop/products
```

- der Benutzer könnte nur per URLs navigieren
 - gleicher ID-Aufbau

```
https://jira.spring.io/browse/DATAREST-516  
https://jira.spring.io/browse/DATAREST-515  
https://jira.spring.io/browse/DATAREST-514
```

- kennt man eine andere Ticket-Nummer, kann man einfach die URI abändern

Vor-/Nachteile:

- (+) intuitiv zu nutzen
- (+) Fehler leichter zu sehen
- (-) u.U. Sicherheitsrisiko

Kurz

- so kurz wie möglich, so lang wie nötig
- trotzdem verständlich
- <http://api.example.com/products/23/1> ist zwar kurz,
aber nicht verständlich
 - besser:
<http://api.example.com/products/23/reviews/1>

Groß-/Kleinschreibung

- Domain-/Servername unabhängig von Groß-/Kleinschreibung
 - restliche URI nicht
- generelle Empfehlung: alles klein
 - Großschreibung führt zur gleichen Ressource

Sonderzeichen

- a-z, 0-9 und Bindestrich (-)
- Rest muss codiert werden
 - nicht leserlich
 - fehleranfällig bei Client-Implementierung

Fehlerbehandlung

HTTP-Statuscodes

- HTTP bringt über 70 definierte Status-Codes mit
- Codes mit 4 oder 5 beginnend sind Fehler-Codes
- naheliegendsten Fehlercode verwenden
- Anti-Pattern: proprietäre Fehlercodes über 2XX tunneln

Proprietäre Fehlercodes

- häufig langen die Standard-Codes nicht aus
- Standardcodes im Rumpf um proprietäre Codes erweitern
- Beispiel: twilio

```
{  
  "status": 400,  
  "message": "No to number is specified",  
  "code": 21201,  
  "more_info": "http://www.twilio.com/docs/errors/21201"  
}
```

- Beispiel: GitHub

```
HTTP/1.1 422 Unprocessable Entity
Content-Length: 149
{
  "message": "Validation Failed",
  "errors": [
    {
      "resource": "Issue",
      "field": "title",
      "code": "missing_field"
    }
}
```

Versionierung

Query-Parameter

- Beispiel: `http://api.example.com/products?version=v2`
- Spezialfall: Datum `http://api.example.com/orders?version=20160501`
- (+) einfach zu verstehen
- (-) widerspricht dem Sinn von Query-Parametern

Header

- proprietär
 - api-version: v1
 - 'X'-Präfix soll nicht mehr verwendet werden (dies war lange Zeit die Empfehlung für eigene Header)
- Accept
 - application/vnd.example.v2.orders+json

URI

```
http://api.example.com/[version]/orders  
http://api.example.com/orders/[version]
```

- (o) bei erster Variante werden alle Ressourcen versioniert
 - evt. müssen so Clients geändert werden, obwohl sie auch so funktionieren könnten
- (+) Ansatz ist leicht verständlich
- (+) leicht zu testen
- (-) widerspricht dem URI-Ansatz
 - URI = eindeutige Identifikation einer Ressource, nicht deren Version

Partielle Rückgabe

Grundlage

- häufig macht es keinen Sinn, große Listen am Stück zurückzugeben
 - z.B. Treffer einer Anfrage bei einer Suchmaschine
- einfache Begrenzung: /api/search?q=foobar&max-results=10
- Problem: nächsten 10 Treffer, würden die ersten 10 wieder mitübertragen
 - einfache Begrenzung: /api/search?q=foobar&max-results=20

Paging

- Inhalt / Ergebnis aufteilen in Blöcke
- Blöcke abfragen
- Beispiel Log-Abfrage: `/api/logs?page=2&count=1000`
- Beispiel Google: `https://www.google.com/search?q=test+dhw&start=10`
 - Google-Suche hat feste 10er Blöcke und `start`-Parameter
 - schlecht, weil `start=11` funktioniert, aber komische Ergebnisse liefert

Cursoring

- cursor als Parameter
- api/big-list?cursor=-1
 - Response: u.a. {next: 83621, previous=-1}
 - mit next (\Rightarrow api/big-list?cursor=83621) zum nächsten Abschnitt
 - mit previous zum vorherigen Abschnitt
 - next: 0 \Rightarrow Ende

Feldangabe

- benötigte Felder als Parameter übertragen
- ungewollte Felder werden ausgeschlossen
- /orders/order- 42?
fields=creation_date,positions(count,article/name)
 - nur die Felder creation_date und positions werden abgefragt
 - positions ist zusätzlich auf count und article eingeschränkt
 - article ist auf name eingeschränkt

GraphQL

- JSON-basierte Query-Language Spezifikation von Facebook
- sehr mächtig und flexibel
- zahlreiche Server- und Client-Libraries (u.a. Java, C#, ...)

Beispiel-Anfrage

```
{  
  article {  
    id  
    name  
  }  
}
```

Beispiel-Antwort

```
{  
  "article": {  
    "id": "42",  
    "name": "HDD 8 TB"  
  }  
}
```

Sicherheit

Standardverfahren

- alle Standardverfahren nutzen Authorization-Header
- HTTP Basic Authentication
 - Authorization: Basic bmFtZTpwYXNzd29yZA==
 - {Benutzername}:{Passwort} in Base64
- OAuth
 - Services agieren im Namen des Nutzers
 - Authorization: Bearer {AccessToken}

- OpenID Connect
 - Authorization: Bearer {JsonWebToken}
 - im JsonWebToken sind Benutzerrechte codiert
 - basiert auf OAuth AccessToken
 - ersetzt Cookies

Literatur

API-Design von Kai Spichale

