Wissenschaftliche Softwareentwicklung

Bausteine einer rechnergestützten Datenauswertung, die den Kriterien der Wissenschaftlichkeit genügt

23. Liskov-Substitutionsprinzip

Till Biskup
Physikalische Chemie
Universität Rostock
09.01.2025

Zentrale Aspekte

- Objekte einer abgeleiteten Klasse sollten sich genauso verhalten wie Objekte der Basisklasse.
- Verletzungen des Liskov-Substitutionsprinzips lassen sich immer nur im konkreten Kontext feststellen.
- Das Liskov-Substitutionsprinzip ist eine wesentliche Voraussetzung für das Open-Closed-Prinzip.
- „Entwurf gemäß Vereinbarung“ (*design by contract*) formalisiert die Erwartungen an eine Klasse.
- Allgemein sorgt das Prinzip für klar definierte Schnittstellen und austauschbare Implementierungen auf allen Ebenen.

Übersicht

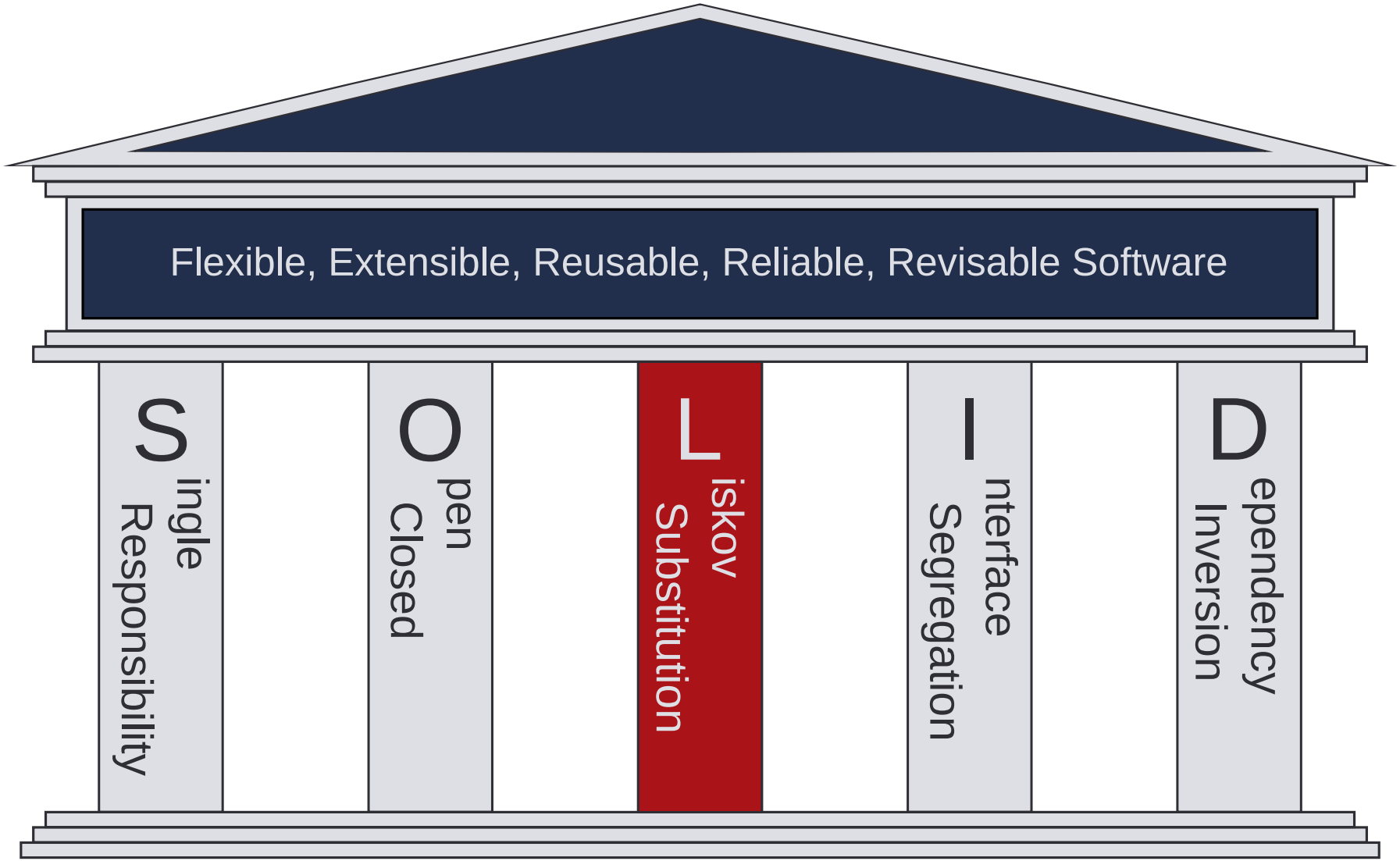
Das Liskov-Substitutionsprinzip

Beispiele für seinen Einsatz

Bedeutung im Gesamtkontext der Software-Architektur

Das Liskov-Substitutionsprinzip

Übersicht über die fünf Prinzipien



Die Originalformulierung

> *What is wanted here is something like the following substitution property [. . .]: If for each object o_1 of type S there is an object o_2 of type T such that for all programs P defined in terms of T, the behavior of P is unchanged when o_1 is substituted for o_2, then S is a subtype of T.*
>
> – Liskov, 1987

Eine etwas zugänglichere Formulierung

> *objects of the subtype ought to behave the same as those of the supertype as far as anyone or any program using supertype objects can tell.*
>
> – Liskov und Wing, 1994

Liskov, *ACM Sigplan Not.* **23**:17–34, 1987

Liskov und Wing, *ACM Trans. Program. Lang. Syst.* **16**:1811–1841, 1994

Das Liskov-Substitutionsprinzip

Regel für Vererbungshierarchien

- Typen sind im Kontext der OOP Klassen.
  - Subtypen sind abgeleitete Klassen.
  - Supertypen sind Klassen, von denen geerbt wird.
- Das erwartete Verhalten von Objekten steht im Fokus.
  - Ein Subtyp sollte sich genauso wie ein Grundtyp verhalten.
  - Ein Subtyp kann zusätzliches Verhalten aufweisen.
- Vererbung wird oft als *ist-ein*-Beziehung gesehen.
  - Das kann konzeptionell zu Problemen führen.

☛ Hinweise und Regeln für Vererbungshierarchien,
die das Open-Closed-Prinzip ermöglichen

Open-Closed-Prinzip (OCP)

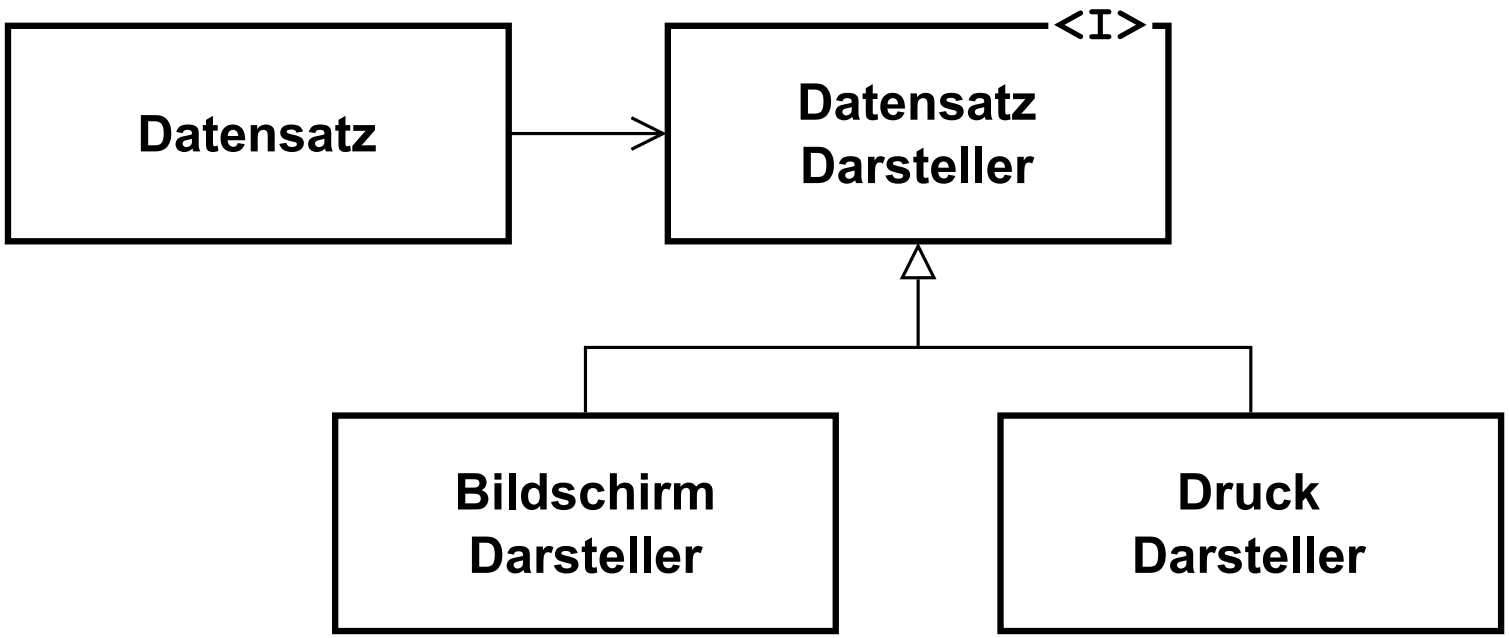
Eine Klasse sollte offen für Erweiterung,
aber verschlossen gegenüber Änderungen sein.

- Zusammenhang mit dem OCP
  - Abgeleitete Klassen implementieren abstrakte Methoden, die in (abstrakten) Basisklassen definiert wurden.
  - erfordert klare Regeln für die Vererbung
- Fragen, die adressiert werden:
  - Was muss man beim Einsatz von Vererbung beachten?
  - Welche Probleme können bei der Vererbung auftreten, die das Open-Closed-Prinzip verletzen?

Übersicht

Beispiele für seinen Einsatz

Eine Situation im Einklang mit dem LSP



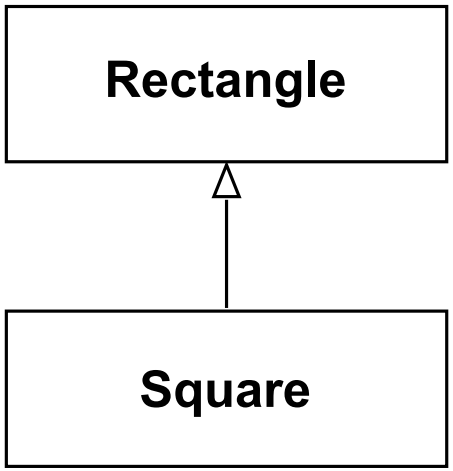
Abhängigkeit

Vererbung

<I> Schnittstelle

Beispiele für seinen Einsatz

Das kanonische Beispiel: Rechteck und Quadrat



- `Rectangle` ist die Superklasse, `Square` die Subklasse.
  - Vererbung führt zu einer *ist-ein*-Beziehung.
  - *Geometrisch* ist ein Quadrat ein Rechteck.
- Entspricht die Relation dem Liskov-Substitutionsprinzip?
  - hängt vom Kontext und vom erwarteten Verhalten ab

Situation 1: Rechteck und Quadrat sind unveränderlich

- Höhe und Breite können nicht verändert werden.
  - nur Getter, aber keine Setter vorhanden
  - Höhe und Breite werden im Konstruktor gesetzt.
- Weiteres Verhalten ist nicht betroffen.
  - Bsp.: Fläche kann berechnet werden.
  - Darstellung etc. ist ebenfalls invariant.

☛ `Square` kann statt `Rectangle` verwendet werden, ohne dass anderer Code geändert werden müsste.

☛ Keine Verletzung des Liskov-Substitutionsprinzips.

Situation 2: Rechteck und Quadrat sind veränderlich

- Höhe und Breite können verändert werden.
  - Höhe und Breite sind im Rechteck unabhängige Größen.
  - Höhe und Breite sind im Quadrat immer identisch.
- Das Verhalten ist *unterschiedlich*.
  - Rechteck: Seiten sollten *unabhängig* änderbar sein.
  - Quadrat: Seiten sind immer gekoppelt –
    Änderung der Breite führt zwangsläufig zur Änderung der Höhe.

☛ `Square` kann *nicht* statt `Rectangle` verwendet werden,
ohne dass es zu Überraschungen kommen kann.

☛ *Verletzung* des Liskov-Substitutionsprinzips.

Grundregel

Eine abgeleitete Klasse, die weniger tut als ihre Basisklasse,
kann meist nicht anstelle der Basisklasse eingesetzt werden.

- explizite Typabfragen von Variablen etc.
- degenerierte Methoden in abgeleiteten Klassen
  - Grund: Methode in der abgeleiteten Klasse nutzlos
  - führt nicht immer, aber oft zu Problemen
  - Symptom für Verletzung des Interface-Segregation-Prinzips
- neue Ausnahmen (*exceptions*) in abgeleiteten Klassen
  - Vorbedingungen dürfen für abgeleitete Klassen
    nicht strikter sein als für die Basisklasse.

Übersicht

Bedeutung im Gesamtkontext

Voraussetzung für das Open-Closed-Prinzip

- legt Kriterien für Vererbungsbeziehungen fest
  - Austauschbarkeit abgeleiteter Klassen mit der Basisklasse
  - gleiches Verhalten aus Sicht der Basisklasse
- ermöglicht das Open-Closed-Prinzip
  - beruht auf Vererbung von abstrakten Klassen
  - Die abstrakte Basisklasse definiert das Verhalten, an das sich die abgeleiteten Klassen halten müssen.
  - führt zu Flexibilität, Wiederverwendbarkeit, Wartbarkeit
- „Entwurf gemäß Vereinbarung“ (*design by contract*)
  - formalisiert die Erwartungen an eine Klasse und die von ihr abgeleiteten Klassen
  - lässt sich in den wenigsten Sprachen direkt formulieren
  - Automatisierte Tests und TDD können hier helfen: Unittests sind ausführbare Spezifikationen.

Formalisierung der Erwartungen an eine Klasse

„Entwurf gemäß Vereinbarung“ (*design by contract*)

- zwei Arten von Erwartungen
  - Vorbedingung: Voraussetzung für einen Methodenaufruf
  - Nachbedingung: garantierter Zustand nach dem Aufruf
- Anforderungen an abgeleitete Klassen
  - dürfen keine strengeren Vorbedingungen fordern
  - müssen mindestens die von der Basisklasse vorgegebenen Nachbedingungen erfüllen
- Formulierung von Erwartungen
  - in den wenigsten Sprachen direkt möglich
  - Unittests sind eine gute Möglichkeit
  - ggf. in der Basisklasse explizit dokumentieren

Das LSP auf Architekturebene

Anforderungen an Schnittstellen jeglicher Art

- Fokus: Schnittstellen und ihre Implementierungen
  - ursprünglich als Regel für Vererbung in der OOP gesehen
  - Schnittstellen auch zwischen Komponenten, Schichten, ...
- Schnittstellen können sehr unterschiedlich aussehen.
  - Schnittstelle, die von mehreren Klassen implementiert wird
  - Klassen, die die gleichen Methodensignaturen teilen
  - Services, die alle der gleichen Schnittstelle antworten
- Gründe für die Anwendbarkeit des LSP
  - Nutzer hängen von wohldefinierten Schnittstellen ab.
  - Die Implementierungen dieser Schnittstellen sollten untereinander austauschbar sein.

☛ Eine einfache Verletzung der Austauschbarkeit kann viele zusätzliche Mechanismen notwendig machen.

Zentrale Aspekte

- Objekte einer abgeleiteten Klasse sollten sich genauso verhalten wie Objekte der Basisklasse.
- Verletzungen des Liskov-Substitutionsprinzips lassen sich immer nur im konkreten Kontext feststellen.
- Das Liskov-Substitutionsprinzip ist eine wesentliche Voraussetzung für das Open-Closed-Prinzip.
- „Entwurf gemäß Vereinbarung“ (*design by contract*) formalisiert die Erwartungen an eine Klasse.
- Allgemein sorgt das Prinzip für klar definierte Schnittstellen und austauschbare Implementierungen auf allen Ebenen.