

Wissenschaftliche Softwareentwicklung

23. Liskov-Substitutionsprinzip

Till Biskup

Physikalisch-Technische Bundesanstalt

29.01.2024





- 🔑 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.

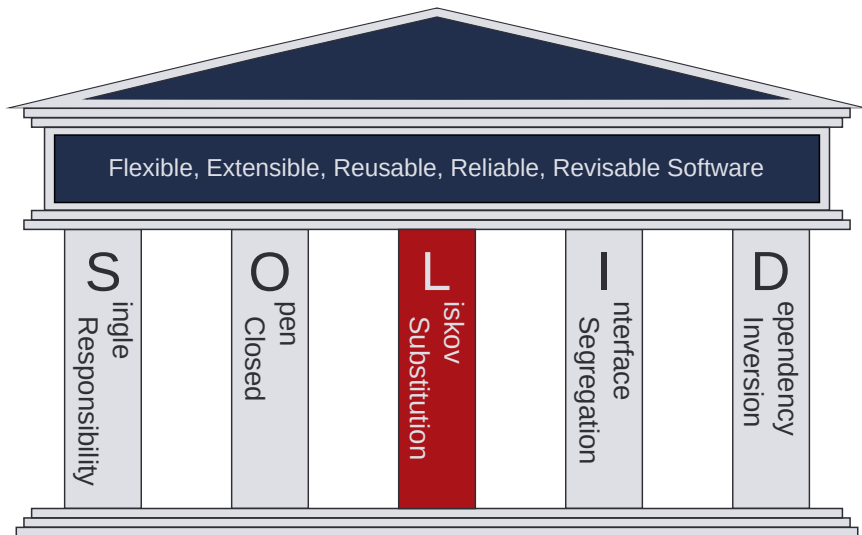
Das Liskov-Substitutionsprinzip

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

- 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)

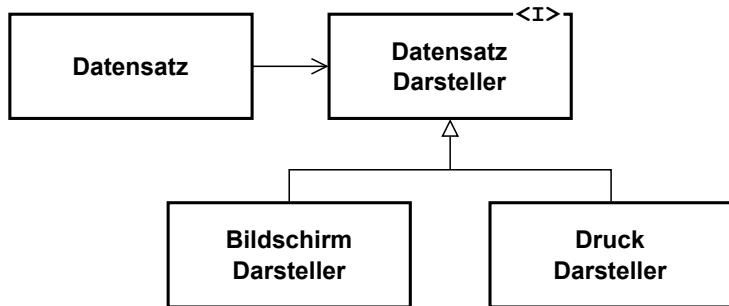
Eine Klasse sollte offen für Erweiterung,
aber verschlossen gegenüber Änderungen sein.

- 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?

Das Liskov-Substitutionsprinzip

Beispiele für seinen Einsatz

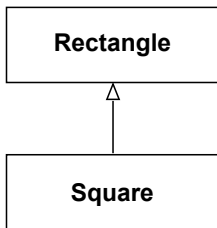
Bedeutung im Gesamtkontext der Software-Architektur



→ Abhängigkeit

▷ Vererbung

<I> Schnittstelle



- 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.

Das Liskov-Substitutionsprinzip

Beispiele für seinen Einsatz

Bedeutung im Gesamtkontext der Software-Architektur

- 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.

- 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

- 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.



- 🔑 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.