



Vorlesung (WS 2014/15) *Softwarekonstruktion*

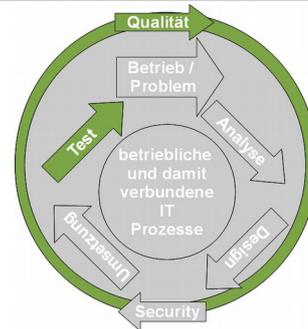
Prof. Dr. Jan Jürjens

TU Dortmund, Fakultät Informatik, Lehrstuhl XIV

Teil 2.3: Black-Box-Test

v. 26.12.2014

- Modellgetriebene SW-Entwicklung
- Qualitätsmanagement
- **Testen**
 - Grundlagen Softwareverifikation
 - Softwaremetriken
 - **Black-Box-Test**
 - White-Box-Test
 - Testen im Softwarelebenszyklus



[Basierend auf „Basiswissen Softwaretest - Certified Tester“ des „German Testing Board“ (nach Certified Tester Foundation Level Syllabus, deutschsprachige Ausgabe, Version 2011)]

Literatur (s. Vorlesungswebseite):

- Andreas Spillner, Tilo Linz: Basiswissen Softwaretest.
 - **Kapitel 5.**
- Eike Riedemann: Testmethoden für sequentielle und nebenläufige Software-Systeme.

2

Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1 – Blackbox-Verfahren (ab S.114)

E. Riedemann: **Testmethoden für sequentielle und nebenläufige Software-Systeme**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/687299>

- Kapitel 4 – Datenbereichsbezogenes und funktionsbezogenes Testen



- **Vorheriger Abschnitt:** Berechnung der Komplexität des Codes
→ Softwaremetriken
- **Dieser Abschnitt:** Black Box Testen
 - Äquivalenzklassenbildung
 - Zustandsbasiertes Testen
 - Entscheidungstabellenbasiertes Testen



Was Sie sich für diesen Abschnitt aus SWT noch einmal anschauen sollten:

- Unterschiede von **Black-Box-Tests** und **White-Box-Tests**
- Bildung von **Äquivalenzklassen**



2.3 Black-Box- Test

Idee der Black-Box-Testentwurfsverfahren

Äquivalenzklassenbildung

Zustandsbasierter Test

Entscheidungstabellentest

5

Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

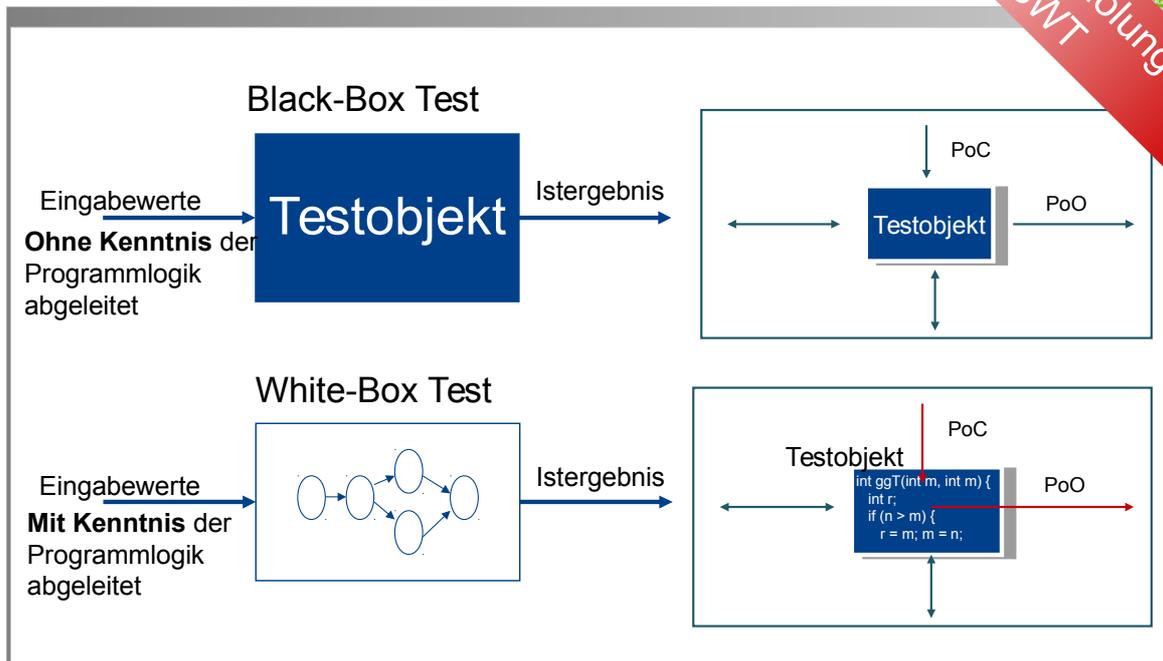
<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1 – Blackbox-Verfahren (ab S.114)
- Abschnitt 5.1.1 – Äquivalenzklassenbildung (S.114-125)

Black-Box Test vs. White-Box Test

Softwarekonzepte
WS 2014/15

Wiederholung
SWT



6

Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

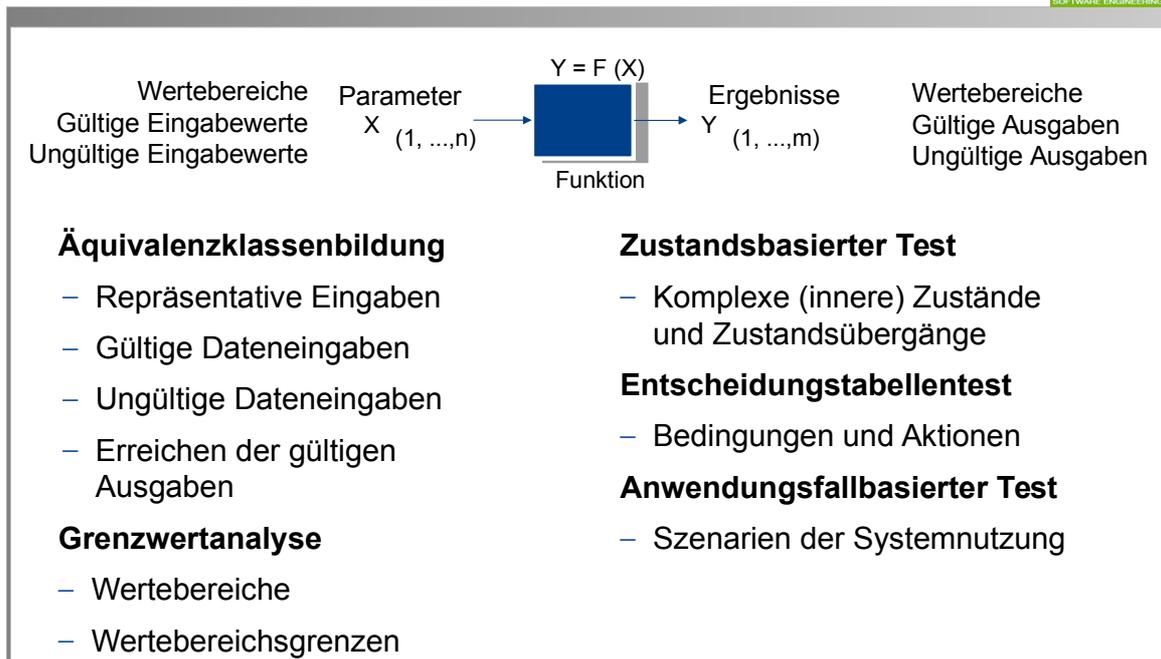
<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Kapitel 5 (S.109-113)
- Abbildung 5.2 (S.113)

S. Dissmann – **Softwaretechnik – Teil 8: Testen von Software** – folien-swt-2014-07.pdf

<https://ls10-wiki.cs.uni-dortmund.de/swt/public:vorlesung>

- Folie 335
- ab Folie 340



Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Kapitel 5 (S.109-113)
- Abbildung 5.2 (S.113)

S. Dissmann – **Softwaretechnik – Teil 8: Testen von Software** – folien-swt-2014-07.pdf

<https://ls10-wiki.cs.uni-dortmund.de/swt/public:vorlesung>

- Folie 335
- ab Folie 340



2.3 Black-Box- Test



Idee der Black-Box-Testentwurfsverfahren

Äquivalenzklassenbildung

Zustandsbasierter Test

Entscheidungstabellentest

8

Literatur:

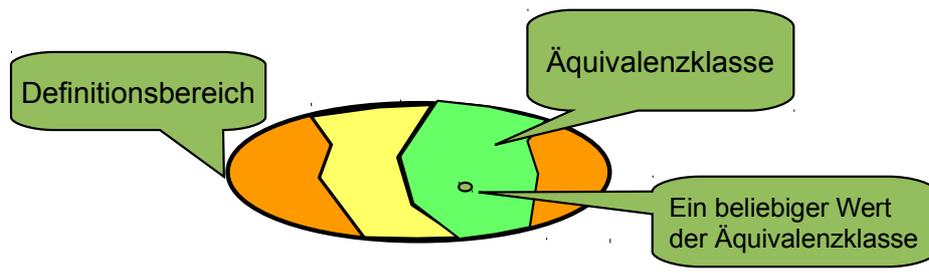
A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1 – Blackbox-Verfahren (ab S.114)
- Abschnitt 5.1.1 – Äquivalenzklassenbildung (S.114-125)



- Zerlegung der Definitionsbereiche der Ein- und Ausgaben in **Äquivalenzklassen (ÄK)**: Werte einer Klasse = Äquivalentes Verhalten des Prüflings.
- Wahl Testwertes pro ÄK: **Sinnvolle Stichprobe**.
- Wenn Wert der ÄK **Fehler**
 - **aufdeckt**. → Alle Werte der ÄK sollen diesen Fehler aufdecken.
 - **nicht aufdeckt**. → Kein Wert der ÄK soll einen Fehler aufdecken.



9

Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1.1 – Äquivalenzklassenbildung (S.114-125)

E. Riedemann: **Testmethoden für sequentielle und nebenläufige Software-Systeme**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/687299>

- Abschnitt 4.2.1 – Äquivalenzklassen (S.75-81)

S. Dissmann – **Softwaretechnik – Teil 8: Testen von Software** – folien-swt-2014-07.pdf

<https://ls10-wiki.cs.uni-dortmund.de/swt/public:vorlesung>

- Folie 317-334

Eindeutige Kennzeichnung jeder Äquivalenzklasse (gÄKn, uÄKn):

	TF1	TF2	...	TFn
gÄK1	x			
gÄK2		x		
...			x	
uÄK1				
uÄK2				x
...				

Pro **Parameter** mindestens **zwei Äquivalenzklassen**

- Eine mit gültigen Werten
- Eine mit ungültigen Werten

Bei **n Parametern** mit **m_i Äquivalenzklassen** ($i=1..n$) gibt es:

$\prod_{i=1..n} m_i$ unterschiedliche Kombinationen (Testfälle)

Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1.1 – Äquivalenzklassenbildung (S.114-125)
 - Schritt 3 (S.122)

E. Riedemann: **Testmethoden für sequentielle und nebenläufige Software-Systeme**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/687299>

- Abschnitt 4.2.1 – Äquivalenzklassen (S.75-81)
 - Schritt 3 (S.77-81)

S. Dissmann – **Softwaretechnik – Teil 8: Testen von Software** – folien-swt-2014-07.pdf

<https://ls10-wiki.cs.uni-dortmund.de/swt/public:vorlesung>

- Folie 317-334



Gleichzeitige Behandlung verschiedener ungültiger ÄK:
Bestimmte Fehler evtl. unentdeckt !

Beispiel:

Eingabebereich

```
1 <= wert <= 99; farbe IN (rot, gruen, gelb)
```

Äquivalenzklassen

```
wert_gÄK1: 1 <= wert <= 99
```

```
wert_uÄK1: wert < 1
```

```
wert_uÄK2: wert > 99
```

```
farbe_gÄK1: farbe IN (rot, gruen, gelb)
```

```
farbe_uÄK1: NOT farbe IN (rot, gruen, gelb)
```

Testdaten

```
wert_uÄK1 und farbe_uÄK1: z.B. wert=0, farbe=schwarz
```

→ Fehlerhafte Behandlung von `farbe=schwarz` bei `wert_gÄK1` ggf.
unentdeckt (und umgekehrt).

Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1.1 – Äquivalenzklassenbildung (S.114-125)
 - Schritt 4 (S.123)

E. Riedemann: **Testmethoden für sequentielle und nebenläufige Software-Systeme**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/687299>

- Abschnitt 4.2.1 – Äquivalenzklassen (S.75-81)
 - Schritt 3 (S.77-81)

S. Dissmann – **Softwaretechnik – Teil 8: Testen von Software** – folien-swt-2014-07.pdf

<https://ls10-wiki.cs.uni-dortmund.de/swt/public:vorlesung>

- Folie 317-334



- **Spezifisches Ausgangskriterium** festlegen:
Nach Äquivalenzklassenbildung anhand durchgeführte Tests der Repräsentanten der jeweiligen Äquivalenzklassen im Verhältnis zur Gesamtzahl aller definierten Äquivalenzklassen:

$$\text{ÄK-Überdeckungsgrad} = (\text{Anzahl getestete ÄK} / \text{Gesamtzahl ÄK})$$

- **Beispiel:** Ermittlung von 18 Äquivalenzklassen aus Anforderungen für ein Eingabedatum und Testen von 15 von 18 Testfällen.
→ Erreichen von ca. 83 % **Äquivalenzklassen-Überdeckung:**
- $\text{ÄK-Überdeckung} = 15 / 18 \approx 83 \%$

Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1.1 – Äquivalenzklassenbildung (S.114-125)
- Festlegung der Ausgangskriterien (S.124)

E. Riedemann: **Testmethoden für sequentielle und nebenläufige Software-Systeme**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/687299>

- Abschnitt 4.2.1 – Äquivalenzklassen (S.75-81)

S. Dissmann – **Softwaretechnik – Teil 8: Testen von Software** – folien-swt-2014-07.pdf

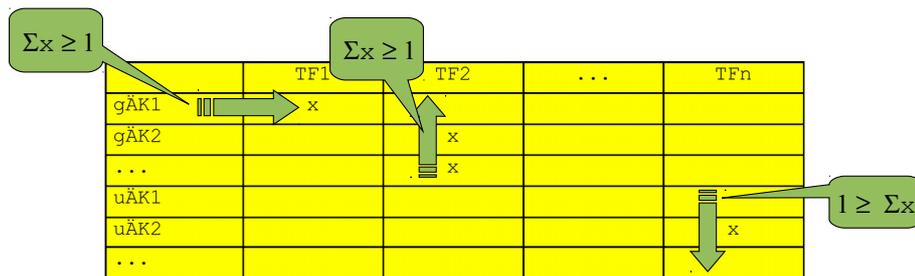
<https://ls10-wiki.cs.uni-dortmund.de/swt/public:vorlesung>

- Folie 317-334

Alle ÄK's durch mindestens einen Testfall abdecken

Dabei pro Testfall:

- **Mehrere gültige Äquivalenzklassen** - für verschiedene Beschränkungen - abdecken, **oder**
- **Genau eine ungültige Äquivalenzklasse**
→ Einzelne Prüfung notwendig wegen Fehlermaskierung !



13

Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1.1 – Äquivalenzklassenbildung (S.114-125)

E. Riedemann: **Testmethoden für sequentielle und nebenläufige Software-Systeme**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/687299>

- Abschnitt 4.2.1 – Äquivalenzklassen (S.75-81)

S. Dissmann – **Softwaretechnik – Teil 8: Testen von Software** – folien-swt-2014-07.pdf

<https://ls10-wiki.cs.uni-dortmund.de/swt/public:vorlesung>

- Folie 317-334

Äquivalenzklassen Beispiel: Testfälle und Testdaten für ggT



```
public int ggT(int m, int n)
```

Äquivalenzklassen für
Eingabeparameter n, m (*analog*): int

- gÄKx_1 : $\text{min_int} \leq n < 0$
- gÄKx_2 : $n = 0$
- gÄKx_3 : $0 < n \leq \text{max_int}$
- uÄKx_1 : $n < \text{min_int}$
- uÄKx_2 : $n > \text{max_int}$

Testfälle:

- TF1 : {n = -1, m = -1; ggT = 1}
- TF2 : {n = 0, m = 0; ggT = 0}
- TF3 : {n = 1, m = 1; ggT = 1}
- TF4 : {n = min_int-1, m = -1; error}
- TF5 : {n = max_int+1, m = -1; error}
- TF6 : {n = -1, m = min_int-1; error}
- TF7 : {n = -1, m = max_int+1; error}

	TF1	TF2	TF3	TF4	TF5	TF6	TF7
gÄK1_1	x					x	x
gÄK1_2		x					
gÄK1_3			x				
uÄK1_1				x			
UÄK1_2					x		
gÄK2_1	x			x	x		
gÄK2_2		x					
gÄK2_3			x				
uÄK2_1						x	
UÄK2_2							x

14

S. Dissmann – **Softwaretechnik – Teil 8: Testen von Software** – folien-swt-2014-07.pdf

<https://ls10-wiki.cs.uni-dortmund.de/swt/public/vorlesung>

- Folie 317-334



Vorteile:

- Anzahl Testfälle kleiner als bei unsystematischer Fehlersuche.
- Geeignet für Programme mit vielen verschiedenen Ein- und Ausgabebedingungen.

Nachteile:

- Betrachtet Bedingungen für einzelne Ein- oder Ausgabeparameter.
- Beachtung von Wechselwirkungen und Abhängigkeiten von Bedingungen sehr aufwändig.

Empfehlung:

- Zur Auswahl wirkungsvoller Testdaten: Kombination der ÄK-Bildung mit fehlerorientierten Verfahren, z.B. Grenzwertanalyse.

Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1.1 – Äquivalenzklassenbildung (S.114-125)
 - Bewertung der Methode (S.125)

S. Dissmann – **Softwaretechnik – Teil 8: Testen von Software** – folien-swt-2014-07.pdf

<https://ls10-wiki.cs.uni-dortmund.de/swt/public:vorlesung>
Folie 317-334



2.3 Black-Box- Test



Idee der Black-Box-Testentwurfsverfahren

Äquivalenzklassenbildung

Zustandsbasierter Test

Entscheidungstabellentest

Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1 – Blackbox-Verfahren (ab S.114)
- Abschnitt 5.1.1 – Äquivalenzklassenbildung (S.114-125)



Bei vielen Systemen: **Einfluss** des bisherigen Ablaufs des Systems auf Berechnung der Ausgaben.

- Endlicher Automat besteht aus endlicher Anzahl von internen Konfigurationen – **Zustände**.
- Zustand eines Systems beinhaltet implizit **Informationen**.
 - Ergibt sich aus bisherigen Eingaben.
 - Nötig um Reaktion des Systems auf folgende Eingaben zu bestimmen.

System: Annahme von unterschiedlichen Zuständen beginnend vom Startzustand.

H. Balzert: Lehrbuch der Softwaretechnik, Bd. I, Spektrum, 2002

- **Auslösung von Zustandsänderungen** oder –übergänge durch Ereignisse, z.B. Funktionsaufrufe.
- Bei Zustandsänderungen Aktionen durchführbar.
- **Spezieller Zustand:** Startzustand und Endzustand.

17

Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

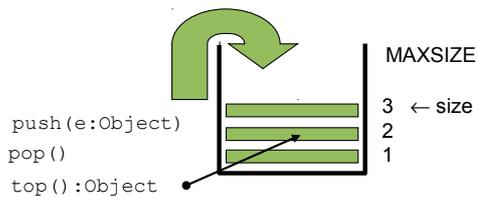
- Abschnitt 5.1.3 – Zustandsbezogener Test (S.133-140)

Beispiel zur Zustandsmodellierung: Stapel (Stack)

Softwarekonstruktion
WS 2014/15



```
Klasse Stapel
Zustandserhaltende Operationen
    size():integer; // Anzahl gestapelter Elemente
    MAX():integer; // Maximale Anzahl
    top():Object; // Zeiger auf oberstes Element
Zustandsverändernde Operationen
    Stapel(Max:integer); // Konstruktor
    ~Stapel(); // Destruktor
    push(element:Object); // Stapelt Element
    pop(); // Entfernt oberstes Element
```



Drei Zustände:

```
empty: size() = 0;
filled: 0 < size() < MAX();
full: size() = MAX();
```

18

Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1.3 – Zustandsbezogener Test (S.133-140)
 - Abbildung 5.3 (S.134)



- Nachweis der Konformität des Testobjekts zum Zustandsdiagramm (**Zustands-Konformanztest**).
- Zusätzlich Test unter nicht-konformanten Benutzungen (**Zustands-Robustheitstest**).

Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1.3 – Zustandsbezogener Test (S.133-140)



1. Erstellung des **Zustandsdiagrammes**
2. Prüfung auf **Vollständigkeit**
3. Ableiten des **Übergangsbaumes** für den **Zustands-Konformanztest**
4. Erweitern des Übergangsbaumes für den **Zustands-Robustheitstest**
5. Generieren der **Botschaftssequenzen** und Ergänzen der Botschaftsparameter
6. **Ausführen der Tests** und **Überdeckungsmessung**

Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

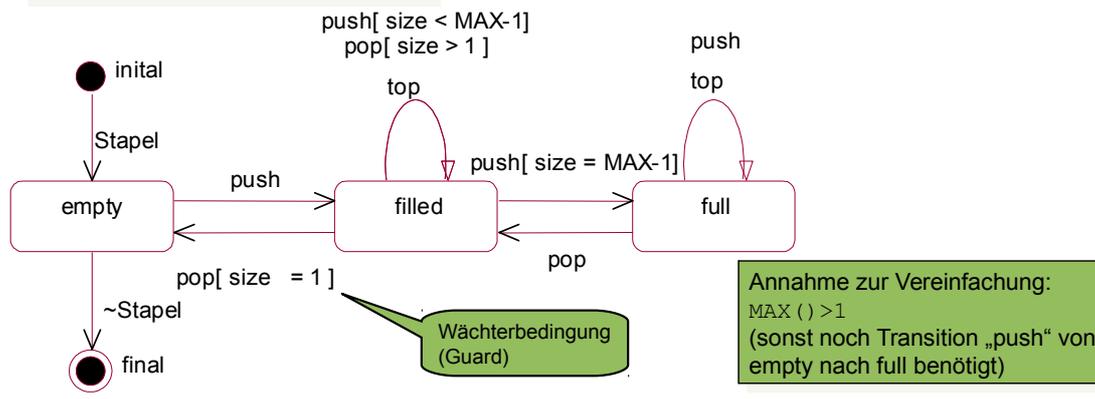
- Abschnitt 5.1.3 – Zustandsbezogener Test (S.133-140)

1. Erstellung des Zustandsdiagrammes



Drei Zustände:
empty: `size() = 0;`
filled: `0 < size() < MAX();`
full: `size() = MAX();`
Zwei »Pseudo-Zustände«:
Initial: Vor Erzeugung;
final: Nach Zerstörung

Acht Zustandsübergänge:
initial → empty; empty → final
empty → filled; filled → empty (Zyklus!)
filled → full; full → filled (Zyklus!)
filled → filled; full → full (Zyklen!)



Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

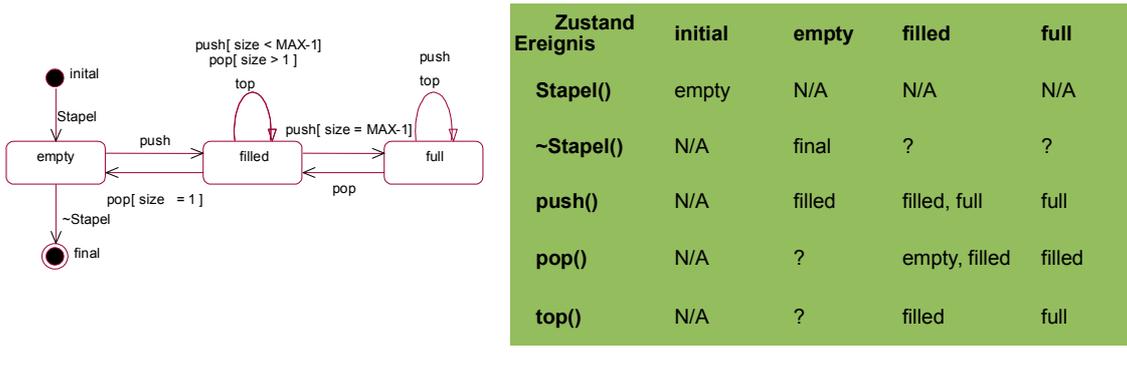
<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1.3 – Zustandsbezogener Test (S.133-140)
- Abbildung 5.3 (S.134)



Zustandsdiagramm hinsichtlich der »**Vollständigkeit**« untersuchen:

- **Zustandsübergangstabelle** anlegen.
- **Wächterbedingungen** bez. eines Ereignisses auf »Vollständigkeit« und Konsistenz prüfen.
- Nicht spezifizierte Zustands/Ereignis-Paare hinterfragen.



Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

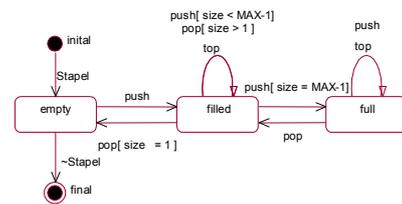
<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1.3 – Zustandsbezogener Test (S.133-140)
- Abbildung 5.3 (S.134)

3. Aufbau des Übergangsbaumes: Zustands-Konformanztest



1. Anfangszustand: **Wurzel** des Baumes.
 2. Für jeden möglichen **Übergang** vom Anfangszustand zum Folgezustand im Zustandsdiagramm:
 - Übergangsbaum erhält von Wurzel aus **Zweig** zum **Knoten: Nachfolgezustand**.
 - Notieren: Ereignis und Wächterbedingung am Zweig.
 3. Schritt 2 für jedes Blatt des Übergangsbaums wiederholen, bis eine der **Endbedingungen** eintritt:
 - Dem Blatt entsprechender Zustand: Auf »höherer Ebene« einmal im Baum enthalten.
 - Dem Blatt entsprechender Zustand: Endzustand und hat keine weitere Übergänge zu berücksichtigen.
- Jedes Blatt unabhängig von davor liegender Historie betrachten.
- Anm.: **Zyklen** werden dadurch höchstens einmal durchlaufen, garantiert endlichen Übergangsbaum, endliche Länge von Testfolgen und somit endliche Menge von Testfolgen.



?

Literatur:

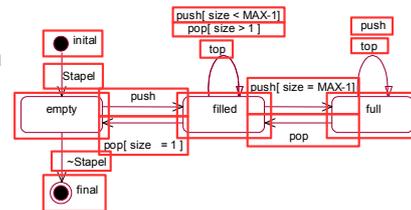
A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

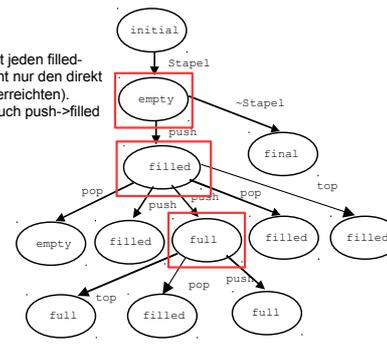
- Abschnitt 5.1.3 – Zustandsbezogener Test (S.133-140)
 - Abbildung 5.3 (S.134)

3. Aufbau des Übergangsbaumes: Zustands-Konformanztest

1. Anfangszustand: **Wurzel** des Baumes.
 2. Für jeden möglichen **Übergang** vom Anfangszustand zum Folgezustand im Zustandsdiagramm:
 - Übergangsbaum erhält von Wurzel aus **Zweig** zum **Knoten: Nachfolgezustand**.
 - Notieren: Ereignis und Wächterbedingung am Zweig.
 3. Schritt 2 für jedes Blatt des Übergangsbaums wiederholen, bis eine der **Endbedingungen** eintritt:
 - Dem Blatt entsprechender Zustand: Auf »höherer Ebene« einmal im Baum enthalten.
 - Dem Blatt entsprechender Zustand: Endzustand und hat keine weitere Übergänge zu berücksichtigen.
- Jedes Blatt unabhängig von davor liegender Historie betrachten.
- Anm.: **Zyklen** werden dadurch höchstens einmal durchlaufen, garantiert endlichen Übergangsbaum, endliche Länge von Testfolgen und somit endliche Menge von Testfolgen.



Repräsentiert jeden filled-Zustand (nicht nur den direkt nach empty erreichten).
Deswegen auch push->filled



(Wächterbedingungen hier nicht dargestellt)

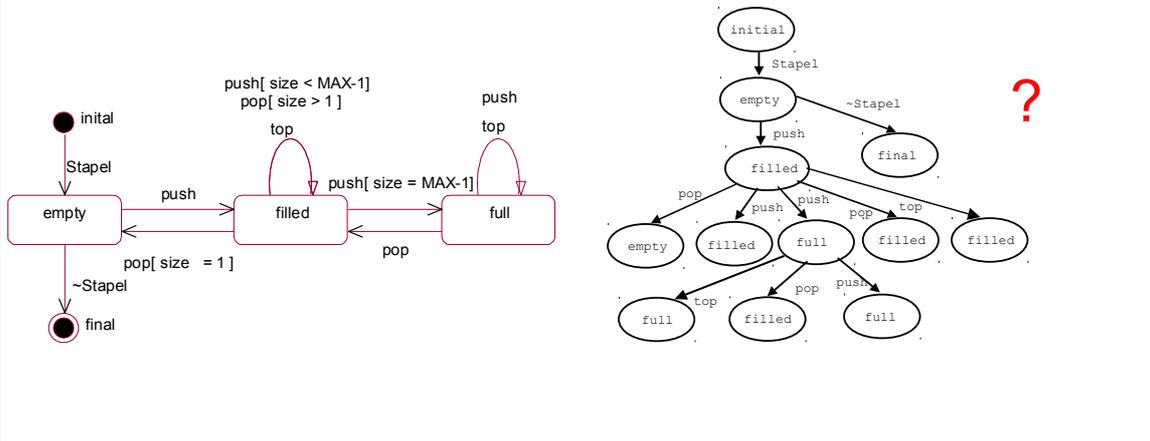
Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1.3 – Zustandsbezogener Test (S.133-140)
 - Abbildung 5.3 (S.134)
 - Abbildung 5.4 (S.137)

- **Robustheit** unter spezifikationsverletzenden Benutzungen prüfen.
- Für Botschaften, für die aus betrachtetem Knoten kein Übergang spezifiziert ist, **Übergangsbaum** um neuen »Fehler«-Zustand erweitern.



25

Literatur:

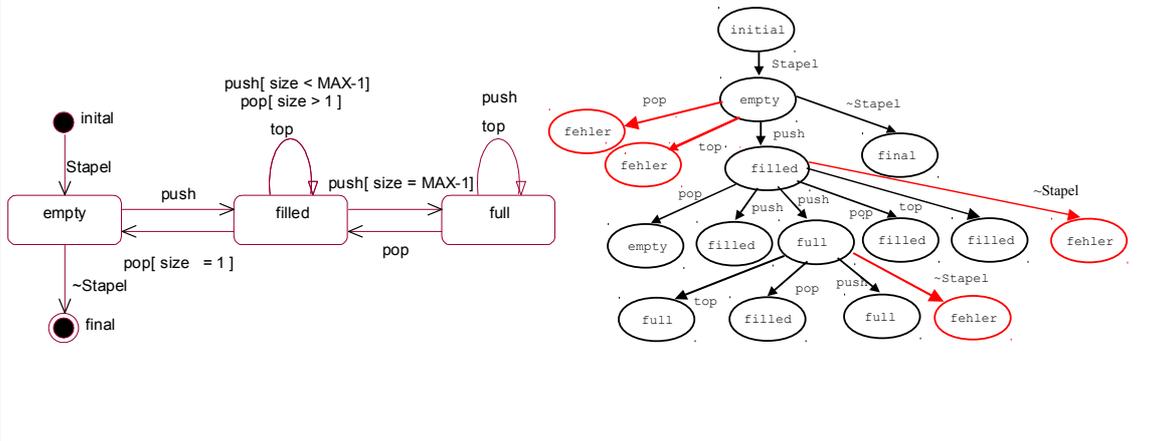
A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1.3 – Zustandsbezogener Test (S.133-140)
 - Abbildung 5.3 (S.134)
 - Abbildung 5.4 (S.137)

4. Erweitern des Übergangsbaumes: Zustands-Robustheitstest

- **Robustheit** unter spezifikationsverletzenden Benutzungen prüfen.
- Für Botschaften, für die aus betrachtetem Knoten kein Übergang spezifiziert ist, **Übergangsbaum** um neuen »Fehler«-Zustand erweitern.



26

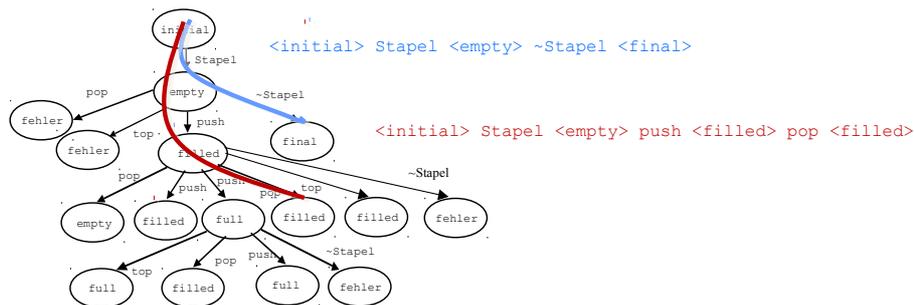
Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1.3 – Zustandsbezogener Test (S.133-140)
 - Abbildung 5.3 (S.134)
 - Abbildung 5.5 (S.137)

- Pfade von Wurzel zu Blättern im erweiterten Übergangsbaum:
Funktions-Sequenzen.
- **Stimulierung** des Testobjekts mit entsprechenden Funktionsaufrufen deckt alle Zustände und Zustandsübergänge im Zustandsdiagramm ab.
- Nicht unbedingt alle möglichen Variablenbelegungen → **Nicht kompletter** theoretischer **Zustandsraum.**
- Parameter ergänzen.



27

Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1.3 – Zustandsbezogener Test (S.133-140)
 - Abbildung 5.3 (S.134)
 - Abbildung 5.5 (S.137)



- **Stimulierung** des Testobjekts mit entsprechenden Funktionsaufrufen deckt alle Zustände und Zustandsübergänge im Zustandsdiagramm ab.
- Nicht unbedingt alle möglichen Variablenbelegungen → **Nicht kompletter** theoretisch möglicher **Zustandsraum**.
- Für Konformanztests: **Wächterbedingungen beachten !**

Zustands-Konformanztest:

```
K1 = <initial> new Stapel() <empty> ~Stapel() <final>  
K2 = <initial> new Stapel() <empty> push() <filled> pop() <empty>  
K3 = <initial> new Stapel() <empty> push() <filled> push() <filled>  
K4 = <initial> new Stapel() <empty> push() <filled> pop() <filled>  
...  
K8 = <initial> new Stapel() <empty> push() <filled> push() <full> push() <full>
```

Welche Folge
verletzt
Wächter-
bedingung ?

Zustands-Robustheitstest:

```
R1 = <initial> new Stapel() <empty> pop() <fehler>  
R2 = <initial> new Stapel() <empty> top() <fehler>  
R3 = <initial> new Stapel() <empty> push() <filled> ~Stapel() <fehler>  
R4 = <initial> new Stapel() <empty> push() <filled> push() <full> ~Stapel() <fehler>
```

28

Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1.3 – Zustandsbezogener Test (S.133-140)



- **Stimulierung** des Testobjekts mit entsprechenden Funktionsaufrufen deckt alle Zustände und Zustandsübergänge im Zustandsdiagramm ab
- Nicht unbedingt alle möglichen Variablenbelegungen → **Nicht kompletter** theoretisch möglicher **Zustandsraum**.
- Für Konformanztests: **Wächterbedingungen beachten !**
- Konformanztests, die Wächterbedingungen verletzen, **sinnvoll für Robustheitstests**.

```
Zustands-Konformanztest:  
K1 = <initial> new Stapel() <empty> ~Stapel() <final>  
K2 = <initial> new Stapel() <empty> push() <filled> pop()  
K3 = <initial> new Stapel() <empty> push() <filled> push() <filled>  
K4 = <initial> new Stapel() <empty> push() <filled> pop() <filled>  
...  
K8 = <initial> new Stapel() <empty> push() <filled> push() <full> push() <full>  
  
Zustands-Robustheitstest:  
R1 = <initial> new Stapel() <empty> pop() <fehler>  
R2 = <initial> new Stapel() <empty> top() <fehler>  
R3 = <initial> new Stapel() <empty> push() <filled> ~Stapel() <fehler>  
R4 = <initial> new Stapel() <empty> push() <filled> push() <full> ~Stapel() <fehler>
```

Wächterbedingung:
size() > 1 !!

push() <filled> pop() <filled>

29

Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1.3 – Zustandsbezogener Test (S.133-140)



Vollständiger **zustandsbasierter Testfall** umfasst:

- Anfangszustand des Testobjektes (Komponente oder System)
- Eingaben für das Testobjekt
- Erwartete Ausgaben bzw. das erwartete Verhalten
- Erwarteter Endzustand

Für jeden im **Testfall erwarteten Zustandsübergang**

- Zustand vor dem Übergang
- Auslösendes Ereignis, das den Übergang bewirkt
- Erwartete Reaktion, ausgelöst durch den Übergang
- Nächster erwarteter Zustand

festlegen.

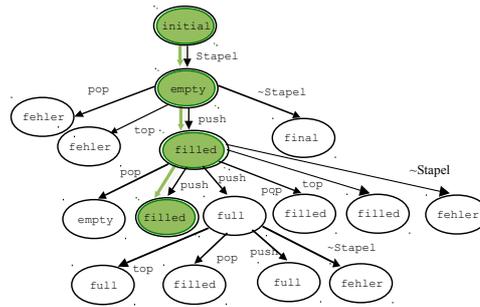
Literatur:

- A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**
<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>
- Abschnitt 5.1.3 – Zustandsbezogener Test (S.133-140)



- Testfälle in **Testskript** verkapseln.
- Unter Benutzung **Testtreibers** ausführen.
- Zustände über **zustandserhaltende Operationen** ermitteln und protokollieren.

```
K3' = <initial>
  Stapel OUT = new Stapel(5)
</empty>
  OUT.push(new Object())
</filled>
  OUT.push(new Object())
</filled>
  if (OUT.size() != 2) then
    throw WrongStateException;
```



31

Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1.3 – Zustandsbezogener Test (S.133-140)
- Abbildung 5.4 (S.137)



Minimalkriterium: Jeder Zustand mindestens einmal eingenommen.

$$\text{Z-Überdeckungsgrad} = \text{Anzahl getestete Z} / \text{Gesamtzahl Z}$$

Weitere Kriterien:

- Jeder Zustandsübergang mindestens einmal ausgeführt.
$$\text{ZÜ-Überdeckungsgrad} = \text{Anzahl getestete ZÜ} / \text{Gesamtzahl ZÜ}$$
- Alle spezifikationsverletzenden Zustandsübergänge angeregt.
- Jede Funktion mindestens einmal ausgeführt.

Bei hoch kritischen Anwendungen:

- Alle Zustandsübergänge und »Zyklen« im Zustandsdiagramm.
- Alle Zustandsübergänge in jeder beliebigen Reihenfolge mit allen möglichen Zuständen, auch mehrfach hintereinander.

Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1.3 – Zustandsbezogener Test (S.133-140)



Zustand: Konstellation unterschiedlicher Werte der Variablen:

- Aufgespannter **Zustandsraum**: Sehr **komplex**.
[Folge der Systemkomplexität und nicht des Testansatzes.]
- **Überprüfung** einzelner Testfälle: **Aufwändig**.

Zustandsbasierte Tests dort, wo **Funktionalität** durch jeweiligen **Zustand** des Testobjektes unterschiedlich **beeinflusst** wird.

- Keine Berücksichtigung anderer vorgestellter Testentwurfverfahren.
→ Gehen nicht auf Abhängigkeit des Verhaltens der Funktionen vom Zustand ein.

Geeignet zum Test **objektorientierter Systeme**:

- Objekte können unterschiedliche Zustände annehmen.
- Jeweilige **Methoden** zur Manipulation der Objekte: Entsprechend auf unterschiedliche **Zustände** reagieren.
- **Beim objektorientierten Testen**: Zustandsbasierter Test hat herausgehobene Bedeutung.

Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1.3 – Zustandsbezogener Test (S.133-140)
- Bewertung der Methode (S.140)



2.3 Black-Box- Test



Idee der Black-Box-Testentwurfsverfahren

Äquivalenzklassenbildung

Zustandsbasierter Test

Entscheidungstabellentest

Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1 – Blackbox-Verfahren (ab S.114)
- Abschnitt 5.1.1 – Äquivalenzklassenbildung (S.114-125)



- Anwendbar bei Systemanforderungen mit
 - **logischen Bedingungen** und
 - komplexen, vom System umzusetzende **Regeln** in Geschäftsprozessen.
- Spezifikation untersuchen und Eingabebedingungen und Aktionen des Systems ermitteln und festsetzen (»wahr« oder »falsch«).
- **Entscheidungstabelle** enthält Kombinationen von »wahr« und »falsch« für alle Eingabebedingungen und daraus resultierende Aktionen.
- Jede **Spalte** der Tabelle: **Regel im Geschäftsprozess**.
 - Definiert eindeutige Kombination der Bedingungen.
 - Zieht Ausführung mit dieser Regel verbundene Aktionen mit sich.
- Bei Entscheidungstabellentest verwendeter **Standardüberdeckungsgrad**:
Wenigstens **ein Testfall pro Spalte**.

Literatur:

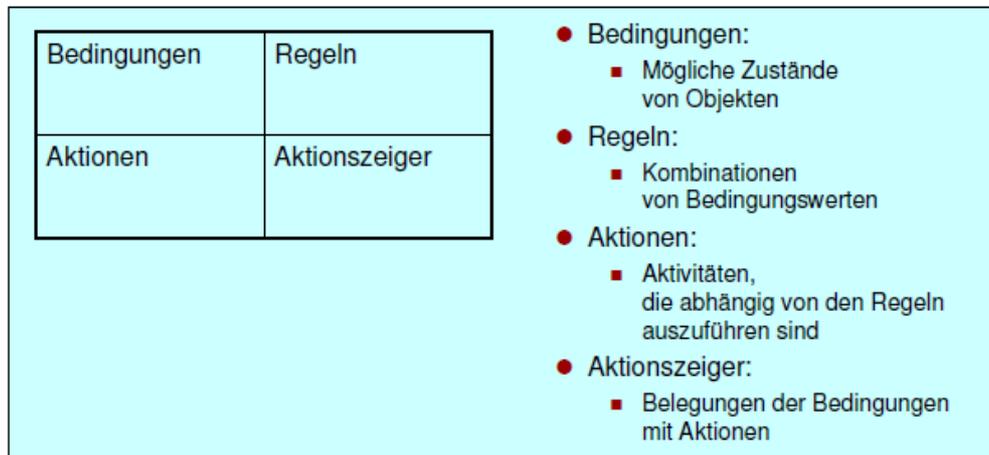
A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1.4 – Ursache-Wirkungs-Graph-Analyse und Entscheidungstabellentechnik (S.141-144)



Entscheidungstabellentest – Die vier Quadranten einer Entscheidungstabelle



Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1.4 – Ursache-Wirkungs-Graph-Analyse und Entscheidungstabellentest (S.141-144)



Geschäftsregeln im Warenwirtschaftssystem:

- **Bestellmenge** muss größer als Null sein.
- **Teil-Lieferungen** nicht erlaubt.
- Bei Annahme einer Bestellung muss **Lagermenge** entsprechend reduzieren.
- Beim Unterstrichen von Mindestmenge eines Lagerartikels: **Nachbestellung**.

Textteil	Regelteil				
Bestellmenge > 0	N	J	J	J	Bedingungsanzeiger: N = nicht erfüllt J = erfüllt - = ohne Bedeutung # = nicht definiert
Bestellmenge > Art-Lagermenge	-	J	N	N	
Art-Lagermenge - Bestellmenge >= Art-Mindestmenge	-	-	N	J	
Melde "Bestellmenge ungültig"	X				Aktionsanzeiger: X = ausführen = nicht ausführen (auch „-“)
Melde "Menge nicht ausreichend"	X				
Reduziere Lagermenge		X	X		
Schreibe Nachbestellung		X			

Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1.4 – Ursache-Wirkungs-Graph-Analyse und Entscheidungstabellentechnik (S.141-144)



- ET **vollständig**, wenn bei n Bedingungen alle 2^n Kombinationen enthalten (Spalten im oberen Teil).
- ET **redundanzfrei**, wenn verschiedene Bedingungen zu anderen Aktionen führen.
- ET **widerspruchsfrei**, wenn logische Beziehungen zwischen Bedingungen zu konsistenten Aktionen führen.

Vollständig, redundanzfrei, widerspruchsfrei ?

Bestellmenge > 0	N	N	N	N	J	J	J	J
Bestellmenge > Art-Lagermenge	N	N	J	J	N	N	J	J
Art-Lagermenge - Bestellmenge >= Art-Mindestmenge	N	J	N	J	N	J	N	J
Melde "Bestellmenge ungültig"	X	X	X	X				
Melde "Menge nicht ausreichend"							X	X
Reduziere Lagermenge					X	X		
Schreibe Nachbestellung					X			

Bestellmenge > 0	N	J	J	J
Bestellmenge > Art-Lagermenge	-	J	N	N
Art-Lagermenge - Bestellmenge >= Art-Mindestmenge	-	-	N	J
Melde "Bestellmenge ungültig"	X			
Melde "Menge nicht ausreichend"		X		
Reduziere Lagermenge			X	X
Schreibe Nachbestellung			X	

Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1.4 – Ursache-Wirkungs-Graph-Analyse und Entscheidungstabellentechnik (S.141-144)



- ET **vollständig**, wenn bei n Bedingungen alle 2^n Kombinationen enthalten (Spalten im oberen Teil).
- ET **redundanzfrei**, wenn verschiedene Bedingungen zu anderen Aktionen führen.
- ET **widerspruchsfrei**, wenn logische Beziehungen zwischen Bedingungen zu konsistenten Aktionen führen.

Vollständig, redundanzfrei, widerspruchsfrei.

Bestellmenge > 0	N	N	N	N	J	J	J	J
Bestellmenge > Art-Lagermenge	N	N	J	J	N	N	J	J
Art-Lagermenge - Bestellmenge >= Art-Mindestmenge	N	J	N	J	N	J	N	J
Melde "Bestellmenge ungültig"	X	X	X	X				
Melde "Menge nicht ausreichend"							X	X
Reduziere Lagermenge					X	X		
Schreibe Nachbestellung					X			

Redundanzfrei, widerspruchsfrei.

Bestellmenge > 0	N	J	J	J
Bestellmenge > Art-Lagermenge	-	J	N	N
Art-Lagermenge - Bestellmenge >= Art-Mindestmenge	-	-	N	J
Melde "Bestellmenge ungültig"	X			
Melde "Menge nicht ausreichend"		X		
Reduziere Lagermenge			X	X
Schreibe Nachbestellung			X	

39

Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1.4 – Ursache-Wirkungs-Graph-Analyse und Entscheidungstabellentechnik (S.141-144)

Jede Spalte (Regel): Ein Testfall.

- Voraussetzungen pro Tabelle gleich.
- Bedingungen beziehen sich auf Eingaben.
- Aktionen spiegeln vorausgesagtes Ergebnis wider.

Überdeckungskriterien:

- Alle Bedingungen mindestens einmal „N“ bzw. „J“.
- Alle Aktionen mindestens einmal „x“.
- Alle Bedingungskombinationen.

Konkrete Testdaten aus Wertebereichen ableiten:

- Äquivalenzklassenbildung
- Grenzwertanalyse
- ...

Testfall pro Regel:



	B1	N	J	J	J
	B2	-	N	N	J
	B3	-	N	J	J
	A1	x			
	A2		x		x
	A3			x	x
	A4			x	x

#J ≥ 0;
#N ≥ 0

#x ≥ 0

40

Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1.4 – Ursache-Wirkungs-Graph-Analyse und Entscheidungstabellentechnik (S.141-144)



Vorteile:

- Stärke des **Entscheidungstabellentests**: Ableitung Kombinationen von Bedingungen, die andernfalls nicht getestet werden.
- Entscheidungstabellen-Technik zur **Problemlösung** anwendbar, wenn Abläufe von mehreren logischen Entscheidungen abhängen.
- **Logische Zusammenhänge** systematisch formulierbar.
- Entscheidungstabellen auf Redundanz, Widerspruchsfreiheit und Vollständigkeit prüfbar.
- Zwingen nicht zur Strukturierung eines Ablaufs.
- Anwendbar auch bei einfacheren zustandsabhängigen Problemen.

Nachteile:

- **Unübersichtlich** bei zu vielen Bedingungen.
- **Zusammenhänge** zwischen einzelnen Bedingungen nur **implizit** ausdrückbar.

Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1.4 – Ursache-Wirkungs-Graph-Analyse und Entscheidungstabellentechnik (S.141-144)
 - Bewertung (S.144)



Aufgedeckte Fehler pro Testkriterium:

- **Angabe konkreter Zahlen** fragwürdig: Studien unterschiedlicher Art mit unterschiedlichen Ansätzen.
- Im Vergleich gilt:
 - **Äquivalenzklassenmethode besser** als Zufallstest.
 - (Nur) geringe Überlegenheit resultiert aus Problem, dass keine algorithmisch-konstruktiven Verfahren zum Erzeugen von vollständig homogenen Äquivalenzklassen gibt.
 - **Homogen:** Für jedes Eingabedatum einer Klasse tritt ein/kein Fehler auf.
 - **Zustandsbasiertes / Entscheidungstabellen-Testen besser** als Äquivalenzklassenmethode.
 - Konzentration auf **fehlerträchtige Eingaben** (Zustandsübergänge, fehlersensitive Ursachenkombinationen).

Bewertung der Black-Box-Testentwurfsverfahren

Softwarekonstruktion
WS 2014/15



Grundlagen: **Anforderungen** und **Spezifikation** des Systems und ihr Zusammenwirken.

- **Fehlerhafte Anforderungen** oder **Spezifikationen nicht erkannt**.
- Testobjekt verhält sich nach Forderung der Spezifikation, auch falls fehlerhaft.

Nicht geforderte Funktionalität nicht erkannt:

- **Zusätzliche Funktionen nicht spezifiziert**.
- Testfälle, die diese zusätzlichen Funktionen zur Ausführung bringen, werden nur zufällig durchgeführt.
- Überdeckungskriterien auf Grundlage der Anforderungen.
- **Mutationstesten** kann hier Abhilfe schaffen.

Im Mittelpunkt: **Prüfung der Funktionalität** des Testobjektes.

Korrektes Funktionieren eines Softwaresystems hat höchste Priorität.

→ Black-Box-Testentwurfsverfahren einsetzen.



In **diesem** Abschnitt:

- Dynamische Tests führen Testobjekt aus.
- Auswahl der Testfälle als (gute) Stichprobe.
- Black-Box-Testentwurfverfahren benötigen zur Auswahl der Testfälle keine Kenntnis der Programmlogik.
- Funktionale Tests leiten Testfälle anhand Spezifikation des Testobjekts ab.
- Äquivalenzklassenbildung zur Erstellung der Testfälle.
- Zustandsbasierte Tests mit Übergangsbaum und Zustands-Konformanztest sowie erweitertem Übergangsbaum und Zustands-Robustheitstest.
- Entscheidungstabellentest bei regelbasierten Anforderungen.

Im **nächsten** Abschnitt:

- **White-Box-Test:** Analyse interner Struktur der Testobjekte.



2.3 Black-Box- Test



Idee der Black-Box-Testentwurfsverfahren

Äquivalenzklassenbildung, Grenzwerttesten

Zustandsbasierter Test

Entscheidungstabellentest

Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1 – Blackbox-Verfahren (ab S.114)
- Abschnitt 5.1.1 – Äquivalenzklassenbildung (S.114-125)



- **Idee: Grenzbereiche in Verzweigungs- und Schleifenbedingungen**, für die die Bedingung gerade noch zutrifft.
 - Solche Fallunterscheidungen: **fehlerträchtig**.
 - Testdaten, die solche Grenzwerte prüfen, decken Fehlerwirkungen mit höherer Wahrscheinlichkeit.
- Beste Erfolge bei Kombination mit anderen Verfahren.
- Bei Kombination mit **Äquivalenzklassenbildung**:
 - **Grenzen der ÄK** testen.
 - Jeder »Rand« einer ÄK in einer Testdatenkombination.

Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1.2 – Grenzwertanalyse (S.125-133)
 - S.125-126



Ziel: Auswahl von Werten aus Äquivalenzklasse bestehend aus geordneter Menge.

Vorgehen:

- Schritt 1: **Auswahl von Testwerten:** Auf oder neben beiden Grenzen einer **Eingabe**äquivalenzklasse.
 - Äquivalenzklasse ist **Wertebereich:** Nimm größten und kleinsten Wert.
 - Äquivalenzklasse ist **Anzahl von Werten:** Nimm größte und kleinste gültige Anzahl.
- Schritt 2: **Auswahl von Testwerten:** Auf oder neben beiden Grenzen einer **Ausgabe**äquivalenzklasse.

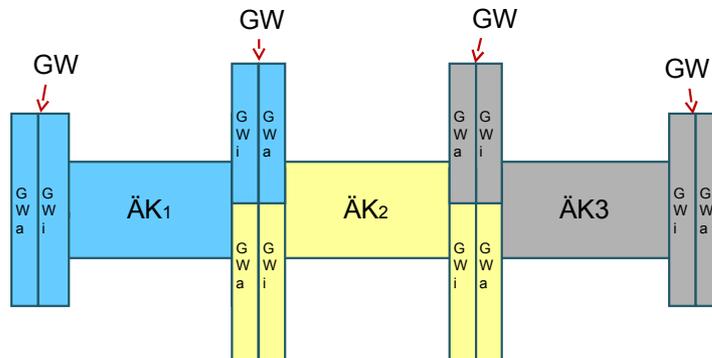
Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1.2 – Grenzwertanalyse (S.125-133)
 - S.125-126

Zusammenfallen der Grenzwerte benachbarter Äquivalenzklassen:



An Grenzen immer zwei Tests, egal
ob auf bzw. nur vor oder nach Grenze
testen.

ÄK - Äquivalenzklasse
GW - Grenzwert:
i - innerhalb der ÄK
a - außerhalb der ÄK

48

Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

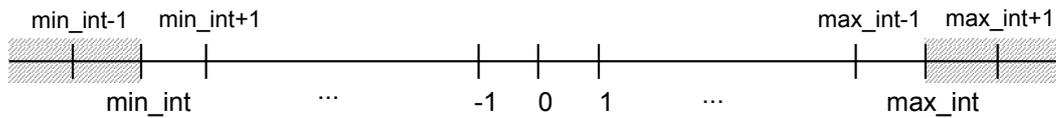
<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1.2 – Grenzwertanalyse (S.125-133)

E. Riedemann: **Testmethoden für sequentielle und nebenläufige Software-Systeme**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/687299>

- Abschnitt 4.2.2 – Grenzwerte und spezielle Werte (S.81-85)



Datentyp	Grenzen	Größer	Kleiner
integer	0 min_int max_int	1 min_int + 1 max_int + 1	-1 min_int - 1 max_int - 1
char[5]	"xxxxx"	"xxxxxx"	"xxxx"
double	0.0e0, min_double (-∞) max_double (+∞) NaN (not a number)	+ δ min_double + δ max_double + δ ??	- δ min_double - δ max_double - δ ??



Analog zum Ausgangskriterium der Äquivalenzklassenbildung:
Festlegung einer anzustrebenden **Überdeckung der Grenzwerte (GW)**
vorab und Berechnung nach Durchführung der Tests:

$$\text{GW-Überdeckungsgrad} = \text{Anzahl getestete GW} / \text{Gesamtzahl GW}$$

Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1.2 – Grenzwertanalyse (S.125-133)
- Festlegung der Ausgangskriterien (S.132)

E. Riedemann: **Testmethoden für sequentielle und nebenläufige Software-Systeme**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/687299>

- Abschnitt 4.2.2 – Grenzwerte und spezielle Werte (S.81-85)



Vorteile:

- An Grenzen von Äquivalenzklassen: **Häufiger Fehler zu finden** als innerhalb dieser Klassen.
- »Grenzwertanalyse: Eine der **nützlichsten Methoden** für Testfallentwurf bei richtiger Anwendung.« Myers, Glenford J.: Methodisches Testen von Programmen, Oldenbourg, 2001 (7. Auflage)
- Effiziente Kombination mit anderen Verfahren: **Freiheitsgrade bei Wahl** der Testdaten.

Nachteile:

- Rezepte für Auswahl von Testdaten schwierig anzugeben.
- Bestimmung aller relevanten Grenzwerte schwierig.
- Kreativität zur Findung erfolgreicher Testdaten gefordert.
- **Anwendung nicht effizient** genug, da einfache Erscheinung.

51

Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1.2 – Grenzwertanalyse (S.125-133)
 - Bewertung der Methode (S.133)

E. Riedemann: **Testmethoden für sequentielle und nebenläufige Software-Systeme**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/687299>

- Abschnitt 4.2.2 – Grenzwerte und spezielle Werte (S.81-85)

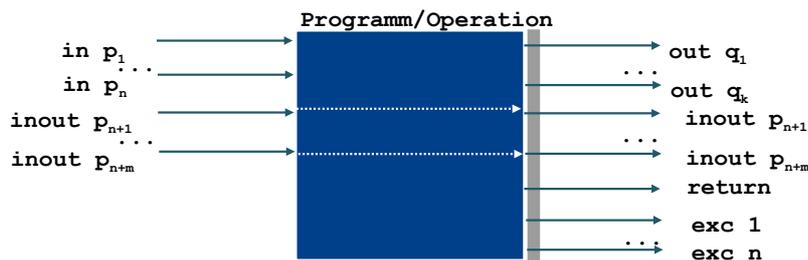
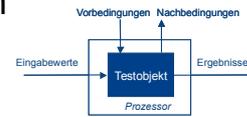
Anhang: weitere Informationen und Beispiele zum Nacharbeiten



Vereinfachende **Annahme**: Programme / Operationen berechnen Ausgaben aus Eingaben (zustandslos).

Signatur einer Operation:

- Operationsname, Parametertypen, Rückgabetypp
- Parameter als **in**, **inout**, **out** gekennzeichnet
- Ggf. ein **out**-Parameter als Rückgabewert (Funktion)
- Ggf. return oder Exceptions



53

Literatur:

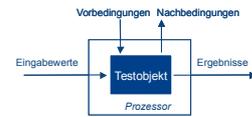
A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1.1 – Äquivalenzklassenbildung (S.114-125)



- Mehrere **Eingabeparameter**:
 - Atomare Typen: nur call-by-value (in)
 - Klassen bzw. Objekte: call-by-reference (inout)
- Ein **Rückgabewert**:
 - Atomarer Typ (out)
 - Klasse bzw. Objekt (out, inout)
- Ggfs. mehrere **Exceptions**.
- **Typen** spezifizieren Definitionsbereiche.





Bestimmung des größten **gemeinsamen Teilers (ggT)** zweier ganzer Zahlen m und n :

$\text{ggT}(4,8)=4$; $\text{ggT}(5,8)=1$; $\text{ggT}(15,35)=5$; $\text{ggT}(0,0)=0$ [per Konvention]

Logische Spezifikation:

$\text{ggT}: \mathbb{Z} \times \mathbb{Z} \rightarrow \mathbb{IN}$

$\text{ggT}(0,0) = 0 \wedge$

$[m \neq 0 \vee n \neq 0 \Rightarrow \text{ggT}(m,n) | m \wedge \text{ggT}(m,n) | n \wedge \forall o \in \mathbb{IN}: o > \text{ggT}(m,n) \Rightarrow (\neg(o|m) \vee \neg(o|n))]$

Spezifikation in UML / Java:

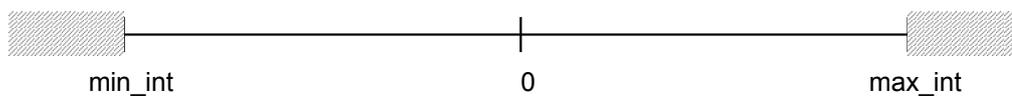
```
public int ggt(int m, int n) {  
  // pre: m > 0 or n > 0  
  // post: m@pre.mod(return) = 0 and  
  //       n@pre.mod(return) = 0 and  
  //       forall(i : int | i > return implies  
  //         (m@pre.mod(i) > 0 or n@pre.mod(i) > 0)  
  ...  
}
```



Definitionsbereiche der Ein- und Ausgaben

- Eingabeparameter: `int`
- Rückgabewert: `int`

Gültige von ungültigen Teilbereichen der Java-Implementierung unterscheiden:



56

Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1.1 – Äquivalenzklassenbildung (S.114-125)
 - Schritt 1 (S.121)

E. Riedemann: **Testmethoden für sequentielle und nebenläufige Software-Systeme**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/687299>

- Abschnitt 4.2.1 – Äquivalenzklassen (S.75-81)
 - Schritt 1 (S.75)

S. Dissmann – **Softwaretechnik – Teil 8: Testen von Software** – folien-swt-2014-07.pdf

<https://ls10-wiki.cs.uni-dortmund.de/swt/public:vorlesung>

- Folie 317-334



Aufstellen der Definitionsbereiche aus Spezifikation.

Äquivalenzklassenbildung für jede Beschränkung:

- Beschränkung spezifiziert **Wertebereich**: Eine gültige und zwei ungültige ÄK.
- Beschränkung spezifiziert **minimale und maximale** Anzahl von Werten: Eine gültige und zwei ungültige ÄK.
- Beschränkung spezifiziert **Menge von Werten**, die unterschiedlich behandelt werden: Für jeden Wert dieser Menge eigene gültige ÄK und zusätzlich eine ungültige ÄK.
- Beschränkung spezifiziert **Situation**, die erfüllt sein muss: Eine gültige und eine ungültige ÄK.
- Werte einer ÄK **nicht gleichwertig** behandelt: Aufspaltung der ÄK in kleinere ÄK.

Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1.1 – Äquivalenzklassenbildung (S.114-125)
 - Schritt 2 (S.121-122)

E. Riedemann: **Testmethoden für sequentielle und nebenläufige Software-Systeme**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/687299>

- Abschnitt 4.2.1 – Äquivalenzklassen (S.75-81)
 - Schritt 2 (S.76-77)

S. Dissmann – **Softwaretechnik – Teil 8: Testen von Software** – folien-swt-2014-07.pdf

<https://ls10-wiki.cs.uni-dortmund.de/swt/public:vorlesung>

- Folie 317-334



Beschränkung spezifiziert **Situation**, die erfüllt sein muss: Eine gültige und eine ungültige ÄK.

Beispiel

Laut **Spezifikation** erhält jedes Mitglied im Sportverein eine eindeutige Mitgliedsnummer. Diese beginnt mit dem ersten Buchstaben des Familiennamens des Mitglieds.

Gültige Äquivalenzklasse: erstes Zeichen ein Buchstabe.

Ungültige Äquivalenzklasse: erstes Zeichen kein Buchstabe (z.B. eine Ziffer oder ein Sonderzeichen).

Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1.1 – Äquivalenzklassenbildung (S.114-125)
 - Schritt 2 (S.121-122)

E. Riedemann: **Testmethoden für sequentielle und nebenläufige Software-Systeme**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/687299>

- Abschnitt 4.2.1 – Äquivalenzklassen (S.75-81)
 - Schritt 2 (S.76-77)

S. Dissmann – **Softwaretechnik – Teil 8: Testen von Software** – folien-swt-2014-07.pdf

<https://ls10-wiki.cs.uni-dortmund.de/swt/public:vorlesung>

- Folie 317-334



Gegeben ist eine Funktion zur Bestimmung der Anzahl der Tage eines Monats mit den Übergaben Monat und Jahr.

- ZahlTageMonat(int Monat, int Jahr)

Wie sehen die **Äquivalenzklassen** dazu aus ?

Klassen für **Monat:**

- Gültig:
 - Monate mit 30 Tagen
 - Monate mit 31 Tagen
 - Februar
- Ungültig:
 - > 12
 - < 1

Klassen für **Jahr:**

- Gültig:
 - Schaltjahre
 - Normaljahre



- **Testfälle** aus Repräsentanten kombinieren und nach »Häufigkeit« sortieren (»**Benutzungsprofile**«).
 - Testfälle in dieser Reihenfolge priorisieren.
 - Mit »benutzungsrelevanten« Testfällen testen.
 - Testfälle, die Grenzwerte oder Grenzwert-Kombinationen enthalten, bevorzugen.
- **Ausführung:** Jeder Repräsentant einer Äquivalenzklasse mit jedem Repräsentanten anderer Äquivalenzklassen in einem Testfall.
 - Paarweise statt vollständiger Kombination.
- **Minimalkriterium:** Min. ein Repräsentant jeder Äquivalenzklasse in min. einem Testfall.
- Repräsentanten **ungültiger Äquivalenzklassen** nicht miteinander kombinieren.

Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1.1 – Äquivalenzklassenbildung (S.114-125)
 - Schritt 4 (S.123)

E. Riedemann: **Testmethoden für sequentielle und nebenläufige Software-Systeme**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/687299>

- Abschnitt 4.2.1 – Äquivalenzklassen (S.75-81)
 - Schritt 3 (S.77-81)

S. Dissmann – **Softwaretechnik – Teil 8: Testen von Software** – folien-swt-2014-07.pdf

<https://ls10-wiki.cs.uni-dortmund.de/swt/public:vorlesung>

- Folie 317-334



Beschränkung spezifiziert **einen Wertebereich**: Eine gültige und zwei ungültige ÄK.

Beispiel

In der **Spezifikation** des Testobjekts ist festgelegt, dass ganzzahlige Eingabewerte zwischen 1 und 100 möglich sind.

Wertebereich der Eingabe	$1 \leq x \leq 100$
Gültige Äquivalenzklasse	$1 \leq x \leq 100$
Ungültige Äquivalenzklasse	$x < 1, x > 100$ und NaN (not a Number)



Beschränkung spezifiziert **minimale und maximale** Anzahl von Werten: Eine gültige und zwei ungültige ÄK.

Beispiel

Laut **Spezifikation** muss sich ein Mitglied eines Sportvereins mindestens einer Sportart zuordnen. Jedes Mitglied kann an maximal drei Sportarten aktiv teilnehmen.

Gültige Äquivalenzklasse $1 \leq x \leq 3$ (1 bis 3 Sportarten)

Ungültige Äquivalenzklasse $x=0$ und $x > 3$
(keine bzw. mehr als 3 Sportarten zugeordnet)



Beschränkung spezifiziert **Menge von Werten**, die unterschiedlich behandelt werden:
Für jeden Wert dieser Menge eigene gültige ÄK und zusätzlich eine ungültige ÄK.

Beispiel

Laut **Spezifikation** gibt es im Sportverein folgende Sportarten: Fußball, Hockey, Handball, Basketball und Volleyball

Gültige Äquivalenzklasse: Fußball, Hockey, Handball, Basketball und Volleyball

Ungültige Äquivalenzklasse: alles andere z.B. Badminton



```
public int ggT(int m, int n)
```

Eingabeparameter m: int

```
gÄK1_1 : min_int ≤ m < 0  
gÄK1_2 : m = 0  
gÄK1_3 : 0 < m ≤ max_int  
uÄK1_1 : m < min_int  
uÄK1_2 : m > max_int
```

Eingabeparameter n: int

```
gÄK2_1 : min_int ≤ n < 0  
gÄK2_2 : n = 0  
gÄK2_3 : 0 < n ≤ max_int  
uÄK2_1 : n < min_int  
uÄK2_2 : n > max_int
```

Rückgabewert ggT: int

```
gÄK3_1 : 1 < ggT ≤ max_int  
gÄK3_2 : ggT = 1  
uÄK3_1 : ggT = 0  
uÄK3_2 : ggT < 0  
uÄK3_3 : ggT > max_int
```



In Regel: Grenzwert und Werte über bzw. unter dem Grenzwert testen.

Atomare (geordnete) Bereiche:

- Werte auf den Grenzen,
- Werte »rechts bzw. links neben« den Grenzen.

Mengenwertige Bereiche:

- Kleinste und größte gültige Anzahl,
- Zweitkleinste und zweitgrößte gültige Anzahl,
- Kleinste und größte ungültige Anzahl.

Fallen bei Äquivalenzklassen für geordnete Bereiche obere und untere Grenze zweier ÄK zusammen, dann auch die entsprechenden Testfälle.

Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1.2 – Grenzwertanalyse (S.125-133)
 - S.125-126



- **Grenzen des Eingabebereichs**, z.B.:
 - Bereich: [-1.0;+1.0]; Testdaten: -1.001; -1.0; +1.0; +1.001 (-0.999; +0.999)
 - Bereich:]-1.0;+1.0[; Testdaten: -1.0; -0.999; +0.999; +1.0 (-1.001; +1.001)
- **Grenzen der erlaubten Anzahl von Eingabewerten**, z.B.:
 - Eingabedatei mit 1 bis 365 Sätzen; Testfälle 0, 1, 365, 366 (2, 364) Sätze
- **Grenzen des Ausgabebereichs**, z.B.:
 - Programm errechnet Beitrag, der zwischen 0,00 EUR und 600 EUR liegt; Testfälle: 0; 600 EUR; Beiträge < 0; (knapp >0); und für > 600; (knapp < 600)
- **Grenzen der erlaubten Anzahl von Ausgabewerten**, z.B.:
 - Ausgabe von 1 bis 4 Daten; Testfälle: Für 0, 1, 4 und 5 (2, 3) Ausgabewerte
- **Erstes und letztes Element bei geordneten Mengen beachten.**
- **Komplexe Datenstrukturen: leere Mengen testen.**
- **Bei numerischen Berechnungen:** Wahl von eng zusammen und weit auseinander liegender Werte.

Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1.2 – Grenzwertanalyse (S.125-133)

E. Riedemann: **Testmethoden für sequentielle und nebenläufige Software-Systeme**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/687299>

- Abschnitt 4.2.2 – Grenzwerte und spezielle Werte (S.81-85)



Grenzwertanalyse: Beispiel (s. Äquivalenzklassentest)

- Grenzwerte für Eingaben:

Äquivalenzklasse	Gültige Grenzwerte	Ungültige Grenzwerte
(1) Anzahl Parameter	2	1, 3
(2) Dateiname (Länge)	1, 6	0, 7
(6) Zeilenanzahl (Ziffern)	1, 3	0, 4
(7) Zeilenanzahl	1, 999	0, 1000

Keine
Untersuchung der
Äquivalenzklassen
3-5, da keine
geordnete Mengen!



Testdaten für **gültige Eingaben**:

Äquivalenzklasse	Testdaten	Ausgewählt bei Äquivalenzklassentest
(1)	PRINT abc1 22	ja
(2)	PRINT a 100	eventuell
(2)	PRINT abcdef 200	eventuell
(6)	PRINT abc 8	eventuell
(6)	PRINT abc 345	eventuell
(7)	PRINT abc 1	eventuell
(7)	PRINT abc 999	eventuell



Testdaten für **ungültige** Eingaben:

Äquivalenzklasse	Testdaten	Ausgewählt bei Äquivalenzklassentest
(1b)	PRINT abc	ja
(1c)	PRINT abc 20 300	eventuell
(2a)	PRINT 20	ja
(2b)	PRINT abcdefg 20	eventuell
(6a)	PRINT abc 4568	eventuell
(7a)	PRINT abc 0	eventuell
(7b)	PRINT abc 1000	eventuell



Grenzwerte für Ausgaben:

- Es können X Seiten gedruckt werden, $1 \leq X \leq 20$
- Letzte Seite enthält Y Zeilen, $1 \leq Y \leq 45$
- Ersten X-1 Seiten enthalten jeweils 45 Zeilen

Äquivalenzklasse	Gültige Grenzwerte	Ungültige Grenzwerte
(1) Anzahl Seiten	1, 20	0, 21
(2) Anzahl Zeilen pro Seite	1, 45	0, 46



- Testdaten für **gültige Ausgaben**:
 - PRINT abc 45 ($X=1, Y=45$)
 - PRINT abc 900 ($X=20, Y=45$)
 - PRINT abc 46 ($X=2, Y=1$)
- Testdaten für **ungültige Ausgaben**:
 - PRINT abc 0 ($X=0, Y=0$)
 - PRINT abc 901 ($X=21, Y=1$)
 - PRINT abc 46 ($X=1, Y=46$)



Zustandsautomat: Berechnungsmodell, bestehend aus einer endlichen Anzahl von Zuständen und Zustandsübergängen, ggf. mit begleitenden Aktionen. [IEEE 610].

Zustandsübergang: Übergang zwi. zwei Zuständen einer Komponente oder eines Systems.

Zustandsdiagramm: Diagramm, das Zustände beschreibt, die System oder Komponente annehmen kann, und Ereignisse zeigt, die Zustandswechsel verursachen und/oder ergeben [IEEE 610].

Zustandsübergangstabelle: Tabelle für Darstellung resultierender Übergänge für jeden Zustand in Verbindung mit jedem möglichen Ereignis. → Gültige oder ungültige Übergänge.

Zustandsbasierter Test: Black-Box-Testentwurfsverfahren, zur Entwurf von Testfällen, um gültige und ungültige Zustandsübergänge zu prüfen.

Literatur:

A. Spillner, T. Linz: **Basiswissen Softwaretest**

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1287855>

- Abschnitt 5.1.3 – Zustandsbezogener Test (S.133-140)
- Zustandsautomat (S.133)



- **Zustandsdiagramm:**
 - bei Spezifikation unter **Testgesichtspunkten** bewerten,
 - bei hoher Anzahl von Zuständen und Übergängen auf erhöhten Testaufwand hinweisen,
 - Soweit möglich **auf Vereinfachung dringen**.
 - Bei **Spezifikation** achten:
 - **Unterschiedliche Zustände** leicht ermittelbar.
 - **Keine vielfältige Kombination** von Werten von unterschiedlichen Variablen.
- Ggf. **Werkzeuge** zum **Model-Checking** verwenden:
- **Erreichbarkeit** von Zuständen.
 - Bei interagierenden Testobjekten: **Deadlock, Livelock, ...**