

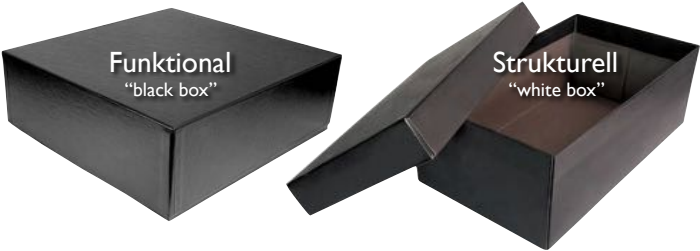






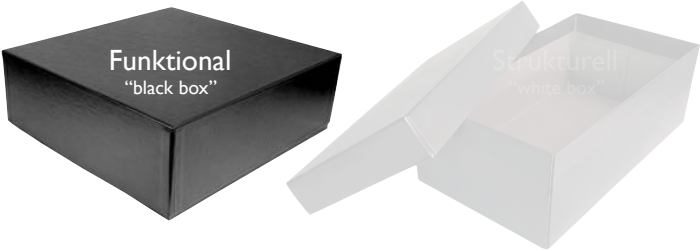


Test-Taktiken



- Tests basieren auf *Spezifikation*
- Tests basieren auf *Code*
- Test deckt soviel *spezifiziertes Verhalten* wie möglich ab
- Test deckt soviel *implementiertes Verhalten* wie möglich ab

Warum Funktional?



- Programm-Code wird nicht benötigt
- Frühes funktionales Testen hat Vorteile
 - zeigt Probleme mit Spezifikation auf
 - prüft *Testbarkeit*
 - reichert Spezifikation mit weiteren Details an
 - kann sogar als Spezifikation dienen

Warum Funktional?

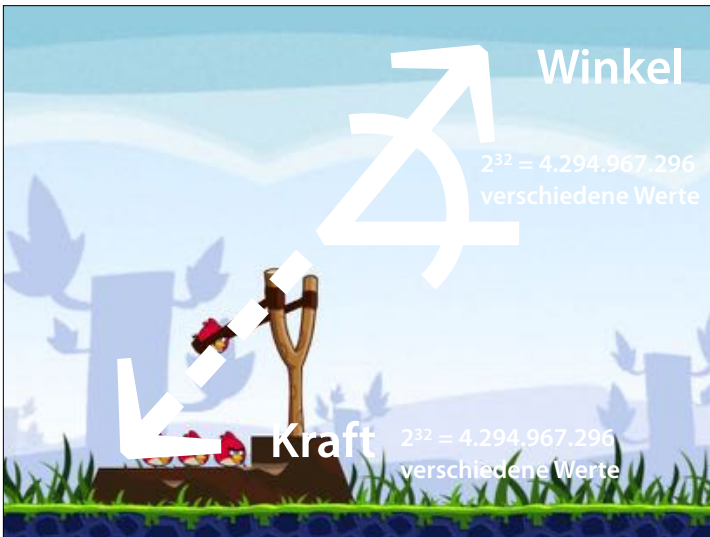
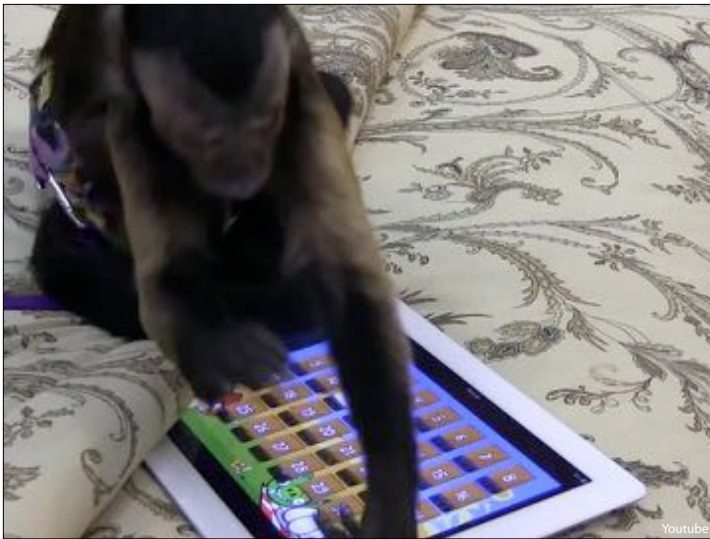


- Am besten für Probleme *fehlender Logik*
Häufiges Problem: Details wurden einfach nicht implementiert
Strukturelles Testen erkennt fehlenden Code
- Anwendbar auf allen Testebenen
Unit-Tests • Integrationstests • Systemtests • Regressionstests

Zufallstesten

- Wähle mögliche Eingaben gleichmäßig aus
- Vermeidet *Voreingenommenheit* des Testers
Ein echtes Problem: Der Tester kann die gleichen logischen Fehler und falsche Annahmen machen wie der Programmierer (besonders, wenn es sich um dieselbe Person handelt)
- Alle Eingaben sind gleichermaßen wertvoll





$2^{32} = 4.294.967.296$
 verschiedene Werte

\times

$2^{32} = 4.294.967.296$
 verschiedene Werte

$=$

$2^{64} = 18.446.744.073.709.551.616$
 verschiedene Läufe



18.446.744.073.709.551.616 Minuten

gadgets-club.com



9.223.372.036.854.775.808 Minuten

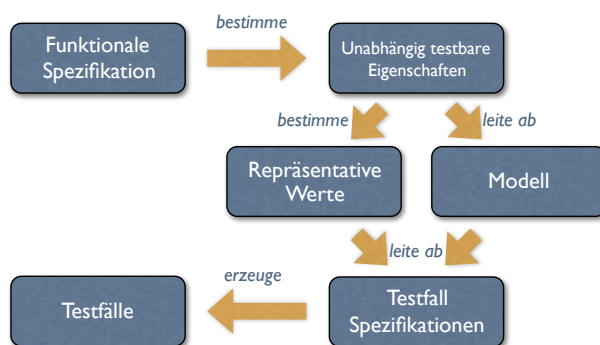


4.611.686.018.427.387.904 Minuten

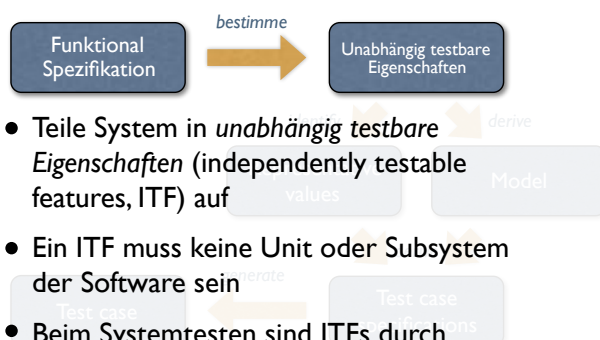




Systematisches funktionales Testen



Testbare Eigenschaften



- Teile System in *unabhängig testbare Eigenschaften* (independently testable features, ITF) auf
- Ein ITF muss keine Unit oder Subsystem der Software sein
- Beim Systemtesten sind ITFs durch Benutzeroberflächen oder APIs gegeben

Testbare Eigenschaften

```
class Roots {  
    // Löse  $ax^2 + bx + c = 0$   
    public roots(double a, double b, double c)  
    { ... }  
  
    // Ergebnis: Werte für x  
    double root_one, root_two;  
}
```

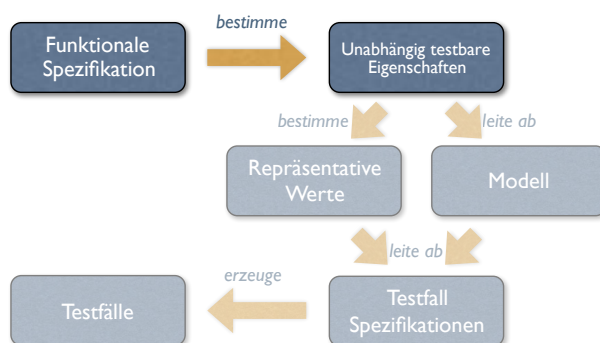
- Was sind die unabhängig testbaren Eigenschaften?

Testbare Eigenschaften



- Beispiel: Multifunktionaler Taschenrechner
- Was sind die unabhängig testbaren Eigenschaften?

Testbare Eigenschaften



Repräsentative Werte

- Suche Eingaben, die besonders wertvoll sind
- Typischerweise durch Wahl von Repräsentanten von Äquivalenzklassen, die womöglich oft oder gar nicht fehlschlagen

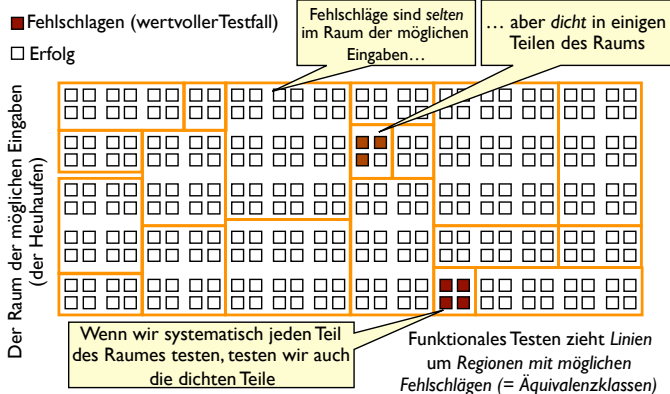


Nadeln im Heuhaufen

- Um Nadeln zu finden, müssen wir systematisch suchen
- Wir müssen herausfinden, was *Nadeln* besonders macht



Systematisches Partitionstesten

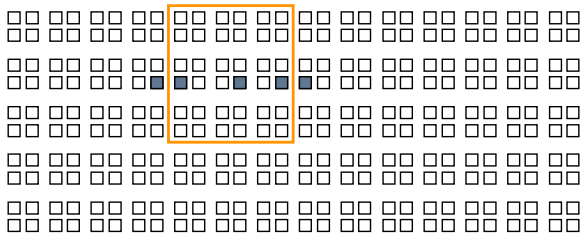


Äquivalenzklassen bilden

Eingabebedingung	Äquivalenzklassen
Bereich	eine gültig, zwei ungültig (größer und kleiner)
gegebener Wert	eine gültig, zwei ungültig (größer und kleiner)
Element einer Menge	eine gültig, eine ungültig
Boolean	eine gültig, eine ungültig

Grenzanalyse

☐ Möglicher Testfall



- Test am unteren *Ende* (1x gültig, 1x ungültig), am oberen *Ende* (1x gültig, 1x ungültig), und in der *Mitte*

Beispiel: Postleitzahl



- Eingabe:
5-stellige Postleitzahl
- Ausgabe:
Liste der Städte
- Welche repräsentativen Werte nutzen wir zum Testen?

Gültige Postleitzahlen



1. Mit 0 Städten
als Ausgabe
(0 ist Grenzwert)
2. Mit 1 Stadt
als Ausgabe
3. Mit ≥ 2 Städten
als Ausgabe

Ungültige Postleitzahlen



4. Leere Eingabe
5. 1–4 Zeichen
(4 ist Grenzwert)
6. 6 Zeichen
(6 ist Grenzwert)
7. sehr lange Eingabe
8. keine Ziffern
9. ungültige Zeichen

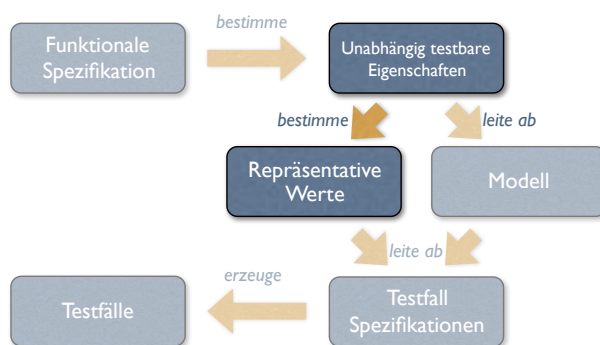
“Besondere” Postleitzahlen

- Wie wäre es mit einer Postleitzahl, die da lautet
`12345'; DROP TABLE orders; SELECT *`
`FROM zipcodes WHERE 'zip' = ''`
- Oder eine Postleitzahl aus 65536 Zeichen...
- Dies ist Sicherheitstesten!

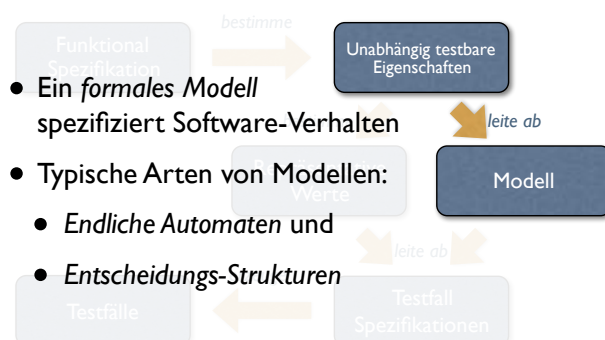
Gutjahrs Hypothese

Partitionstesten
ist effektiver
als Zufallstesten.

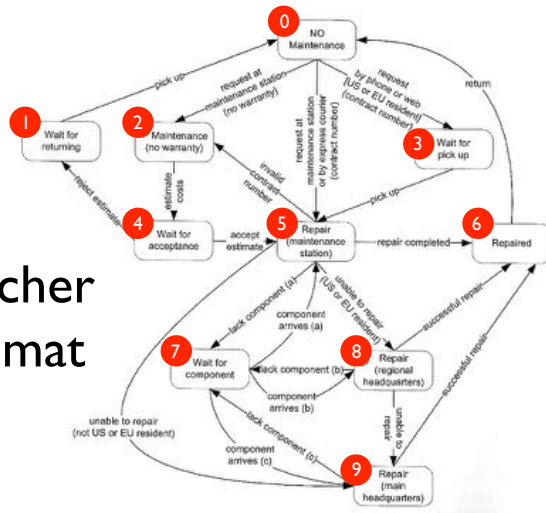
Repräsentative Werte



Modellbasiertes Testen



Endlicher Automat



Maintenance: The Maintenance function records the history of items undergoing maintenance.

If the product is covered by warranty or maintenance contract, maintenance can be requested either by calling the maintenance toll free number, or through the Web site, or by bringing the item to a designated maintenance station.

If the maintenance is requested by phone or Web site and the customer is a US or EU resident, the item is picked up at the customer site, otherwise, the customer shall ship the item with an express courier.

If the maintenance contract number provided by the customer is not valid, the item follows the procedure for items not covered by warranty.

If the product is not covered by warranty or maintenance contract, maintenance can be requested only by bringing the item to a maintenance station. The maintenance station informs the customer of the estimated costs for repair. Maintenance starts only when the customer accepts the estimate. If the customer does not accept the estimate, the product is returned to the customer.

Small problems can be repaired directly at the maintenance station. If the maintenance station cannot solve the problem, the product is sent to the maintenance regional headquarters (if in US or EU) or to the maintenance main headquarters (otherwise).

If the maintenance regional headquarters cannot solve the problem, the product is sent to the maintenance main headquarters.

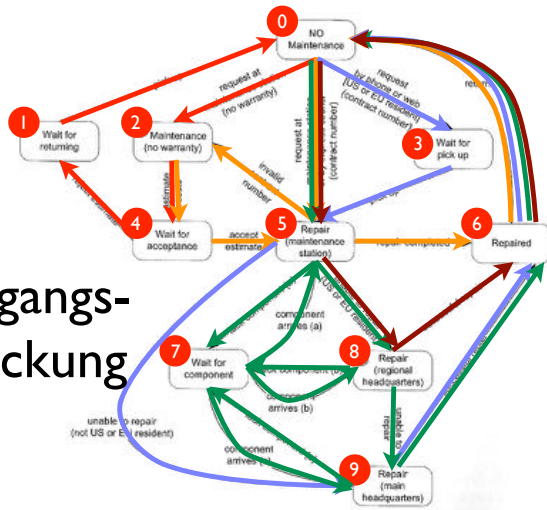
Maintenance is suspended if some components are not available.

Once repaired, the product is returned to the customer.

Abdeckungskriterien

- **Pfad-Abdeckung:** Tests decken jeden Pfad ab
In der Praxis nicht möglich, da unendlich viele Pfade
- **Zustands-Abdeckung:** Jeder *Knoten* wird erreicht
Mindest-Kriterium zum Testen
- **Übergangs-Abdeckung:** Jede *Kante* wird erreicht
Sinnvolles und gewöhnlich erfüllbares Abdeckungs-Kriterium

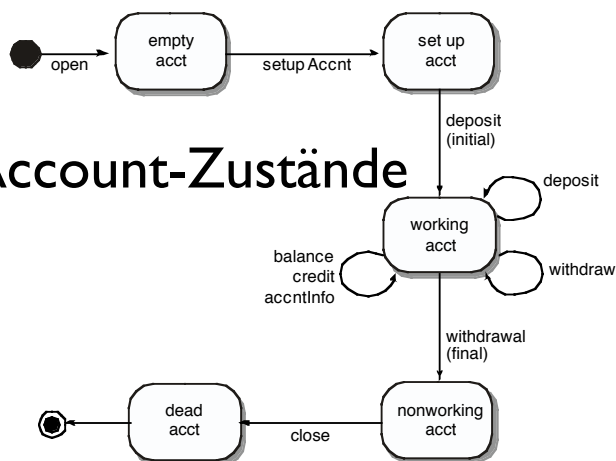
Übergangs- Abdeckung



Zustandsbasiertes Testen

- Protokolle (z.B. Netzwerke)
- GUIs (Folgen von Benutzeraktionen)
- Objekte (Methoden und Zustände)

Account-Zustände



Entscheidungstabelle

	Studenten		Andere Kunden					
Studentenkonto	T	T	F	F	F	F	F	F
Aktueller Kauf > Rabattgrenze 1	–	–	F	F	T	T	–	–
Aktueller Kauf > Rabattgrenze 2	–	–	–	–	F	F	T	T
Sonderpreis < Rabattierter Preis	F	T	F	T	–	–	–	–
Sonderpreis < Stufe 1	–	–	–	–	F	T	–	–
Sonderpreis < Stufe 2	–	–	–	–	–	–	F	T
Ergebnis	Edu Rabatt	Sonderpreis	Kein Rabatt	Sonderpreis	Stufe 1 Rabatt	Sonderpreis	Stufe 2 Rabatt	Sonderpreis

Bedingungsabdeckung

- **Grundkriterium:** Jede Spalte testen
"Don't care"-Einträge (–) können beliebige Werte annehmen
- **Kombinationskriterium:** Jede Kombination testen
Benötigt 2ⁿ Tests bei n Bedingungen und ist unrealistisch
- **Abgeschwächtes Kombinationskriterium (MCDC):**
Wie Grundkriterium, aber jeder T/F-Wert muss mindestens einmal geändert werden, so dass sich das Ergebnis ändert
Gutes und erreichbares Abdeckungs-Kriterium

MCDC Kriterium

	Studenten		Andere Kunden					
Studentenkonto	F	T	F	F	F	F	F	F
Aktueller Kauf > Rabattgrenze 1	–	–	F	F	T	T	–	–
Aktueller Kauf > Rabattgrenze 2	–	–	–	–	F	F	T	T
Sonderpreis < Rabattierter Preis	F	T	F	T	–	–	–	–
Sonderpreis < Stufe 1	–	–	–	–	F	T	–	–
Sonderpreis < Stufe 2	–	–	–	–	–	–	F	T
Ergebnis	Edu Rabatt	Sonderpreis	Kein Rabatt	Sonderpreis	Stufe 1 Rabatt	Sonderpreis	Stufe 2 Rabatt	Sonderpreis

MCDC Kriterium

	Studenten		Andere Kunden					
Studentenkonto	T	T	F	F	F	F	F	F
Aktueller Kauf > Rabattgrenze 1	–	–	F	F	T	T	–	–
Aktueller Kauf > Rabattgrenze 2	–	–	–	–	F	F	T	T
Sonderpreis < Rabattierter Preis	T	T	F	T	–	–	–	–
Sonderpreis < Stufe 1	–	–	–	–	F	T	–	–
Sonderpreis < Stufe 2	–	–	–	–	–	–	F	T
Ergebnis	Edu Rabatt	Sonderpreis	Kein Rabatt	Sonderpreis	Stufe 1 Rabatt	Sonderpreis	Stufe 2 Rabatt	Sonderpreis

MCDC Kriterium

	Studenten		Andere Kunden					
Studentenkonto	T	F	F	F	F	F	F	F
Aktueller Kauf > Rabattgrenze 1	–	–	F	F	T	T	–	–
Aktueller Kauf > Rabattgrenze 2	–	–	–	–	F	F	T	T
Sonderpreis < Rabattierter Preis	F	T	F	T	–	–	–	–
Sonderpreis < Stufe 1	–	–	–	–	F	T	–	–
Sonderpreis < Stufe 2	–	–	–	–	–	–	F	T
Ergebnis	Edu Rabatt	Sonderpreis	Kein Rabatt	Sonderpreis	Stufe 1 Rabatt	Sonderpreis	Stufe 2 Rabatt	Sonderpreis

MCDC Kriterium

	Studenten		Andere Kunden					
Studentenkonto	T	T	F	F	F	F	F	F
Aktueller Kauf > Rabattgrenze 1	–	–	F	F	T	T	–	–
Aktueller Kauf > Rabattgrenze 2	–	–	–	–	F	F	T	T
Sonderpreis < Rabattierter Preis	F	F	F	T	–	–	–	–
Sonderpreis < Stufe 1	–	–	–	–	F	T	–	–
Sonderpreis < Stufe 2	–	–	–	–	–	–	F	T
Ergebnis	Edu Rabatt	Sonderpreis	Kein Rabatt	Sonderpreis	Stufe 1 Rabatt	Sonderpreis	Stufe 2 Rabatt	Sonderpreis

Weyukers Hypothese

Die Angemessenheit eines
Abdeckungs-Kriteriums
kann nur intuitiv definiert werden.

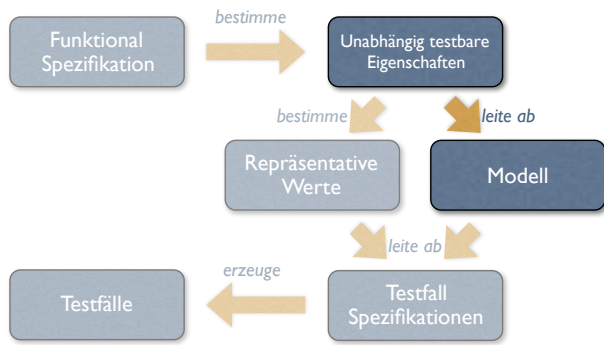
Aus der Geschichte lernen



Paretos Gesetz

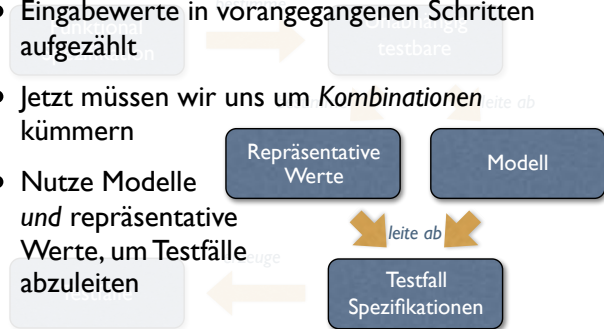
Etwa 80% der Fehler
stecken in 20% der Module

Modellbasiertes Testen

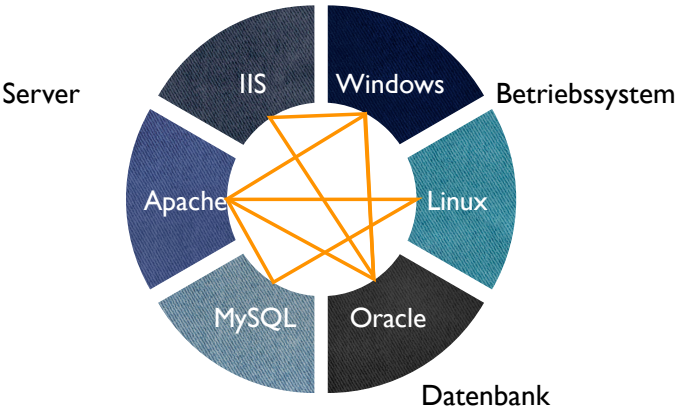


Testfall-Spezifikationen ableiten

- Eingabewerte in vorangegangenen Schritten aufgezählt
- Jetzt müssen wir uns um *Kombinationen* kümmern
- Nutze Modelle und repräsentative Werte, um Testfälle abzuleiten



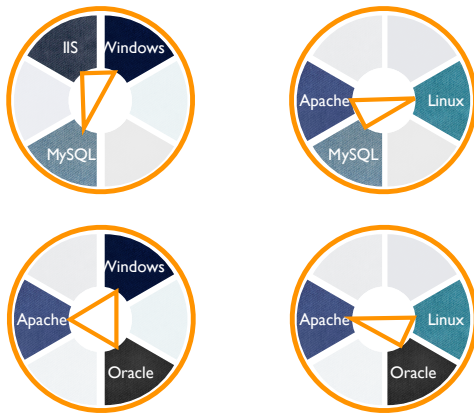
Kombinatorisches Testen



Kombinationstesten

- **Ungültige Kombinationen ausschließen**
IIS etwa läuft nur auf Windows
- **Alle Paare aus Kombinationen abdecken**
wie etwa MySQL auf Windows und Linux
- **Kombinationen gewöhnlich *automatisch generiert***
und – hoffentlich – auch automatisch getestet

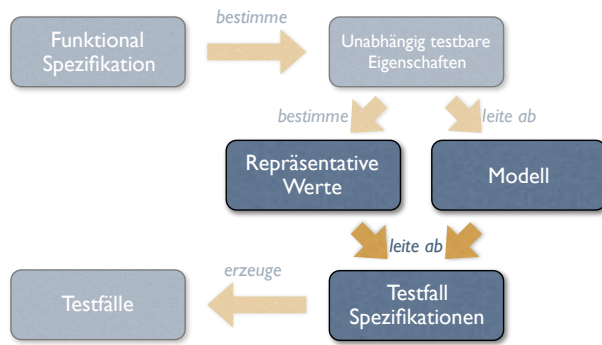
Paarweises Testen



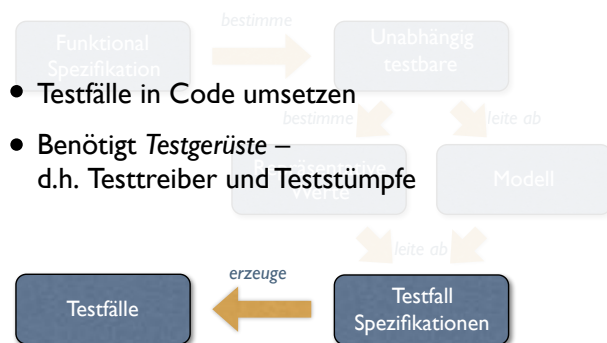
Testumgebung

- Millionen von Konfigurationen
- Getestet auf Dutzenden verschiedener Maschinen
- Alles, um Fehler zu finden und zu reproduzieren

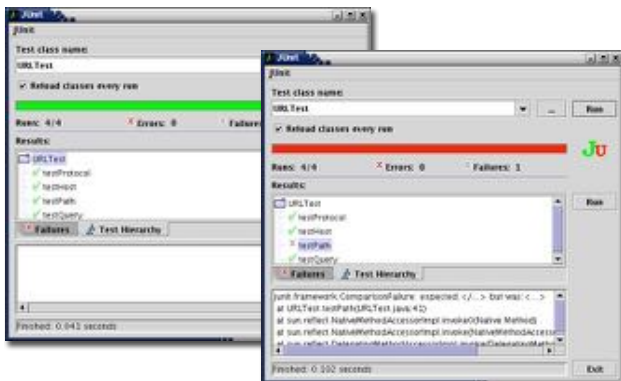
Testfall-Spezifikationen ableiten



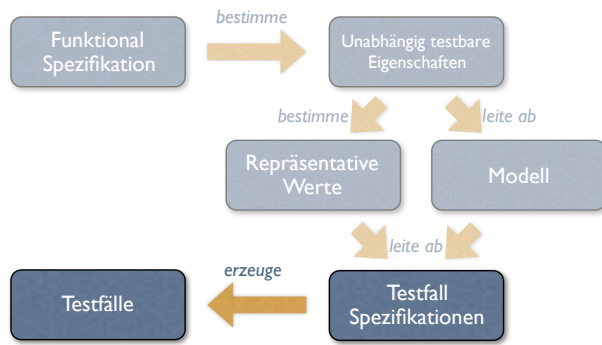
Testfälle ableiten



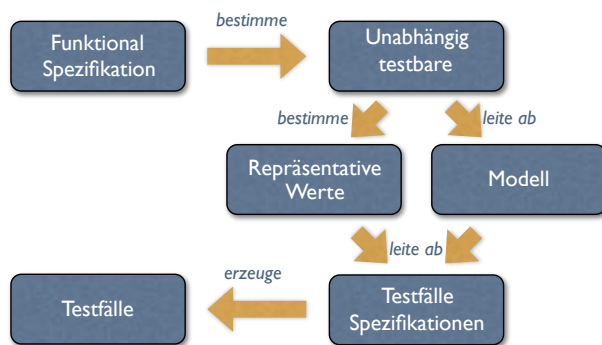
JUnit



Testfälle ableiten



Systematisches funktionales Testen



Systematisches funktionales Testen

Systematisches Partitionstesten

■ Fehlschläge (wertvoller Testfall) ■ Fehlschläge mit denen im Raum der möglichen Eingänge ... aber nicht in einigen Teilen des Raumes

Die Raum der möglichen Eingänge

Wenn wir systematisch jeden Teil des Raumes testen, testen wir auch die dünnen Teile

Funktionales Testen stellt sicher um Regionen mit möglichen Fehlschlägen

Test-Taktiken

Funktional
"black box"

Strukturell
"white box"

Übergangs-Abdeckung

MCDC Kriterium

- Tests basie auf Spezifikation
- Test deckt implementi wie möglich

	Studenten				Andere Kunden			
	F	T	F	T	F	T	F	T
Studentenkonto	F	T	F	F	F	F	F	F
Aktueller Kauf > 5	-	-	F	F	T	T	-	-
Rabattstempel 1	-	-	-	-	F	F	T	T
Aktueller Kauf > 5	F	T	F	T	-	-	-	-
Rabattstempel 2	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 3	-	-	-	-	F	T	-	-
Rabattstempel 4	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 5	-	-	-	-	-	-	F	T
Rabattstempel 6	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 7	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 8	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 9	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 10	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 11	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 12	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 13	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 14	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 15	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 16	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 17	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 18	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 19	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 20	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 21	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 22	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 23	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 24	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 25	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 26	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 27	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 28	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 29	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 30	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 31	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 32	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 33	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 34	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 35	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 36	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 37	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 38	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 39	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 40	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 41	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 42	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 43	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 44	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 45	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 46	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 47	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 48	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 49	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 50	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 51	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 52	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 53	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 54	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 55	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 56	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 57	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 58	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 59	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 60	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 61	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 62	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 63	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 64	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 65	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 66	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 67	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 68	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 69	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 70	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 71	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 72	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 73	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 74	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 75	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 76	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 77	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 78	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 79	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 80	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 81	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 82	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 83	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 84	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 85	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 86	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 87	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 88	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 89	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 90	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 91	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 92	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 93	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 94	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 95	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 96	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 97	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 98	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 99	-	-	-	-	-	-	-	-
Rabattstempel 100	-	-	-	-	-	-	-	-
