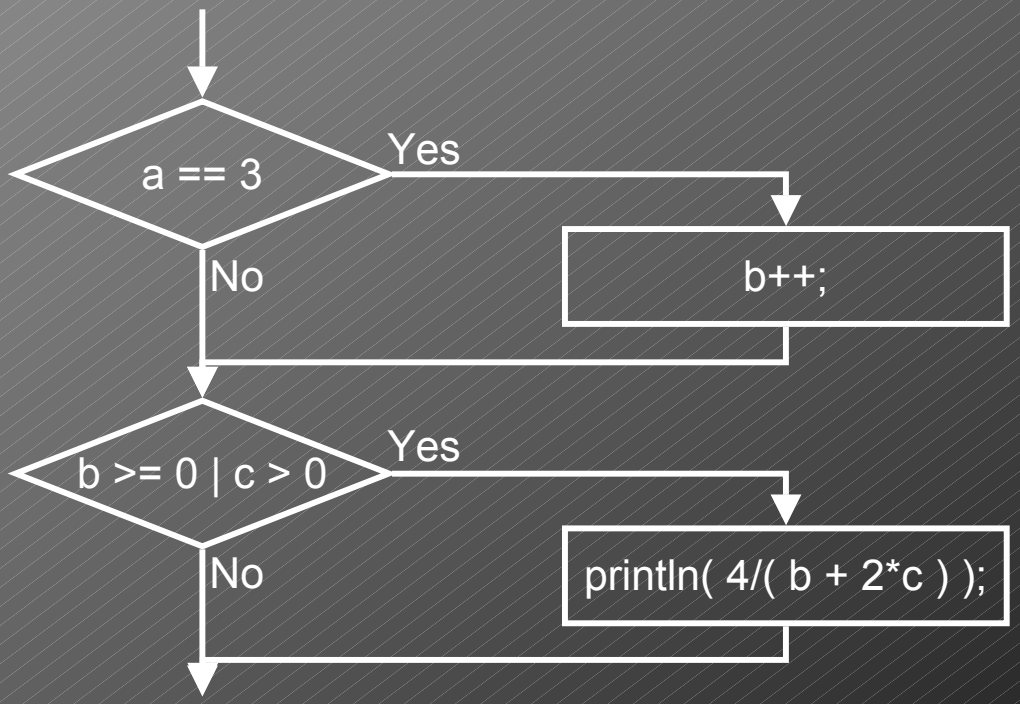
Whitebox-Tests: Allgemeines

- Andere Bezeichnungen
  Logic driven, Strukturelles Testen
- Der Tester entwickelt Testfälle aus einer Betrachtung der Ablauflogik des Programms unter Berücksichtigung der Spezifikation
- Intuitiv scheint es ausreichend zu sein, jede Programmanweisung mindestens einmal zu durchlaufen um das Programm zu testen (das entspricht *Statement Coverage*, s. nächste Folien), das reicht jedoch nicht aus
  Man benötigt eigentlich ein erschöpfendes Testen aller Pfade

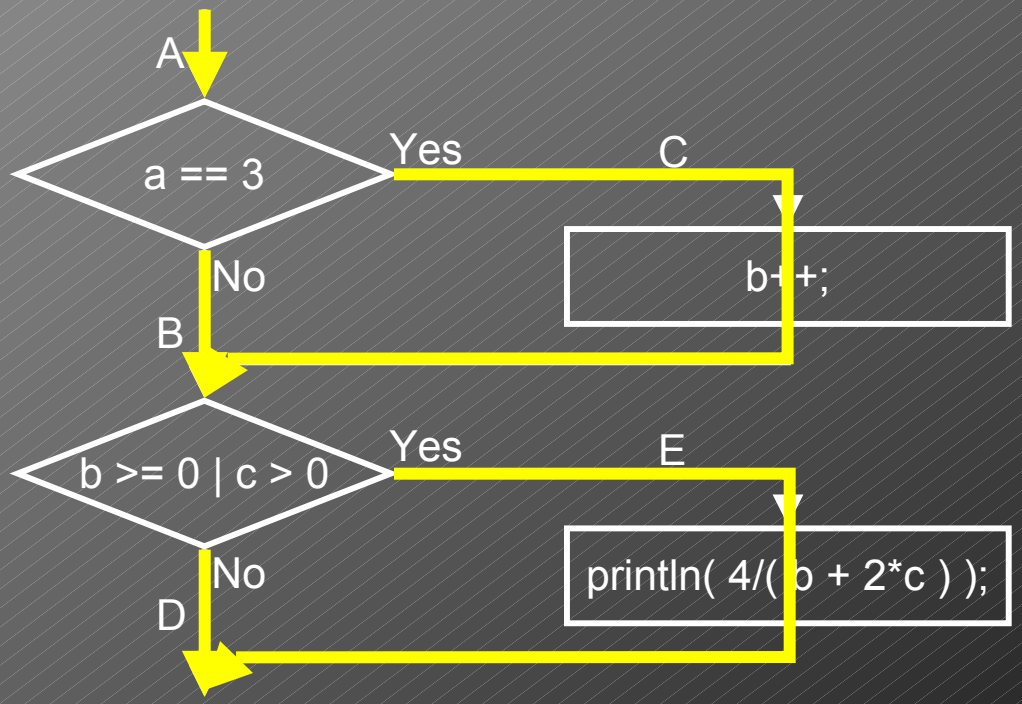
Whitebox-Tests: Pfade durch ein Programm

Für den Whitebox-Test betrachtet man
Pfade (A – E) durch ein Programm



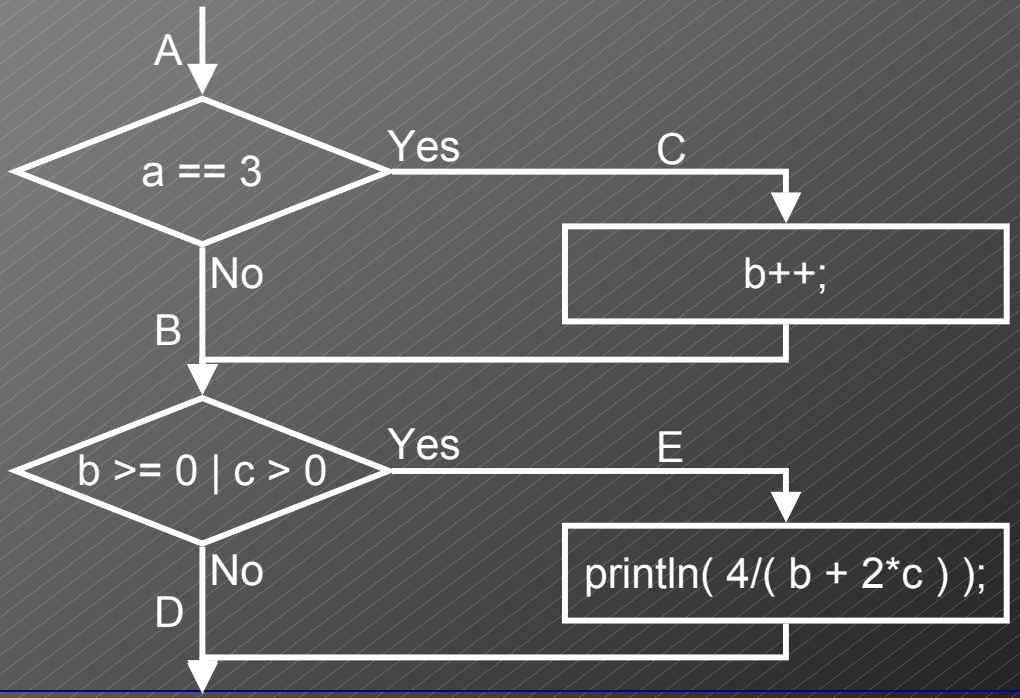
Whitebox-Tests: Pfade durch ein Programm

Für den Whitebox-Test betrachtet man
Pfade (A – E) durch ein Programm



Whitebox-Tests: Partner-Diskussion

- Diskutieren Sie mit einem Partner:
  - Welche und wie viele Fälle muss man bei einem Whitebox-Test für das nachfolgende Programm testen, um sicher zu sein, dass es korrekt ist?
  - Welcher Fehler kann auftreten (falls überhaupt)?
    Mit welchem Testfall würden Sie den Fehlen finden?
  - Machen Sie sich Notizen
- Dauer: 3 Minuten



Anforderung an ein Überdeckungskriterium

Gesucht ist ein formales Überdeckungskriterium, das garantiert, dass das Programm mit geeigneten Testfällen durchlaufen wird, so dass potenzielle Fehler bemerkt werden (= Fehlverhalten auftreten)

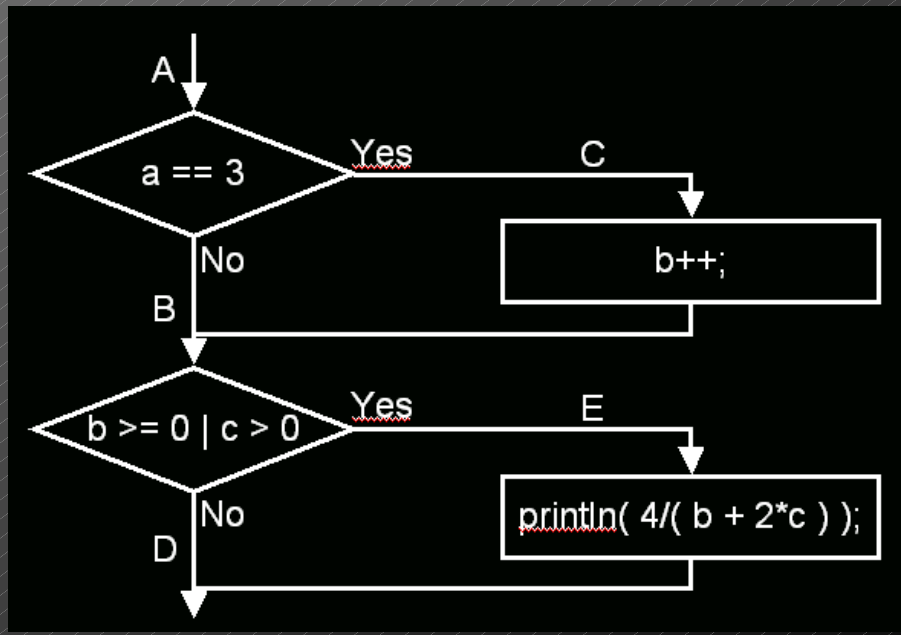
Mögliche Überdeckungskriterien (engl.: Coverage Criteria)

- Statement Coverage
- Decision Coverage, Branch Coverage
- Condition Coverage
- Decision/Condition Coverage
- Multiple Condition Coverage

Programmbeispiel

- Programmcode in Java

```
int a, b, c;
. . .
if ( a == 3 )
    b++;
if ( b >= 0 | c > 0 )
    println( 4/( b + 2*c ) );
```



Abdeckungskriterien für Whitebox-Tests: Statement Coverage

- Definition:
  Jede Anweisung muss mindestens einmal durchlaufen werden
- Im Beispiel

  Der folgende Testfall reicht für die vollständige Überdeckung nach dem Kriterium Statement Coverage aus

  3, -2, 1

→ Dieser Test ist nicht ausreichend:
der Fehler würde nicht entdeckt werden!

- Neue Idee:
  Verzweigungen und deren Auswertungsergebnis anstelle von Anweisungen berücksichtigen

```
int a, b, c;
. . .
if ( a == 3 )
    b++;
if ( b >= 0 | c > 0 )
    println( 4/( b + 2*c ) );
```

-1 >= 0 | 1 > 0
→ true

4 / 1

Abdeckungstechniken für Whitebox-Tests: Decision Coverage, Branch Coverage

- Jede (binäre, Boole'sche) Entscheidung (engl.: *Decision*) muss einmal mit *true* und einmal mit *false* verlassen werden bzw.: Jeder Zweig (engl.: *Branch*), der auf eine Verzweigung folgt muss mindestens einmal durchlaufen werden
- Im Beispiel

  Die folgenden Testfälle reichen für die vollständige Überdeckung nach dem Kriterium Decision Coverage aus

  3, -2, 1

  2, -1, 0

```
int a, b, c;
. . .
if ( a == 3 )
    b++;
if ( b >= 0 | c > 0 )
    println( 4/( b + 2*c ) );
```

-1 >= 0 | 1 > 0
→ true

4 / 1

Abdeckungstechniken für Whitebox-Tests: Decision Coverage, Branch Coverage

- Jede (binäre, Boole'sche) Entscheidung (engl.: *Decision*) muss einmal mit *true* und einmal mit *false* verlassen werden bzw.: Jeder Zweig (engl.: *Branch*), der auf eine Verzweigung folgt muss mindestens einmal durchlaufen werden
- Im Beispiel

  Die folgenden Testfälle reichen für die vollständige Überdeckung nach dem Kriterium Decision Coverage aus

  3, -2, 1

  2, -1, 0

→ Auch dieser Test ist nicht ausreichend: der Fehler würde nicht entdeckt werden!

- Neue Idee: Teilausdrücke statt des Gesamtergebnisses berücksichtigen

```
int a, b, c;
. . .
if ( a == 3 )
    b++;
if ( b >= 0 | c > 0 )
    println( 4/( b + 2*c ) );
```

-1 >= 0 | 0 > 0
→ false

Abdeckungskriterien für Whitebox-Tests: Decision Coverage, Branch Coverage

Bemerkung

Normalerweise liefert Decision Coverage (DC) eine Obermenge von Statement Coverage (SC), es gibt jedoch Ausnahmen:

- Ein Programm hat keine Verzweigung, dann gibt es keine Testfälle (ist nicht wirklich relevant)
- Anweisungen in Exception-Handling-Programmteilen werden nicht zwangsläufig ausgeführt, weil dort häufig keine Verzweigungen existieren

Abdeckungstechniken für Whitebox-Tests: Condition Coverage

- Jeder Teilausdruck in jeder Bedingung muss alle möglichen Werte mindestens einmal annehmen und das Programm und alle Routinen müssen (wie bei Decision Coverage) mindestens einmal bei jedem Einstiegspunkt gestartet werden
- Im Beispiel
  Die folgenden Testwerte reichen für die vollständige Überdeckung nach dem Kriterium Condition Coverage aus
  3, -1, 1
  2, -1, 0

```
int a, b, c;
. . .
if ( a == 3 )
    b++;
if ( b >= 0 | c > 0 )
    println( 4/( b + 2*c ) );
```

0 >= 0 | 1 > 0
→ true

4 / 2

Abdeckungstechniken für Whitebox-Tests: Condition Coverage

- Jeder Teilausdruck in jeder Bedingung muss alle möglichen Werte mindestens einmal annehmen und das Programm und alle Routinen müssen (wie bei Decision Coverage) mindestens einmal bei jedem Einstiegspunkt gestartet werden
- Im Beispiel
  Die folgenden Testwerte reichen für die vollständige Überdeckung nach dem Kriterium Condition Coverage aus
  3, -1, 1
  2, -1, 0

→Auch dieser Test ist nicht ausreichend: der Fehler würde nicht entdeckt werden!

```
int a, b, c;
. . .
if ( a == 3 )
    b++;
if ( b >= 0 | c > 0 )
    println( 4/( b + 2*c ) );
```

-1 >= 0 | 0 > 0
→ false

Abdeckungskriterien für Whitebox-Tests: Condition Coverage

- Problem bei der Condition Coverage:
  Das Gesamtergebnis eines Ausdrucks in Verzweigungen wird nicht berücksichtigt, daher werden Zweige eventuell übersprungen
- Problem-Beispiel

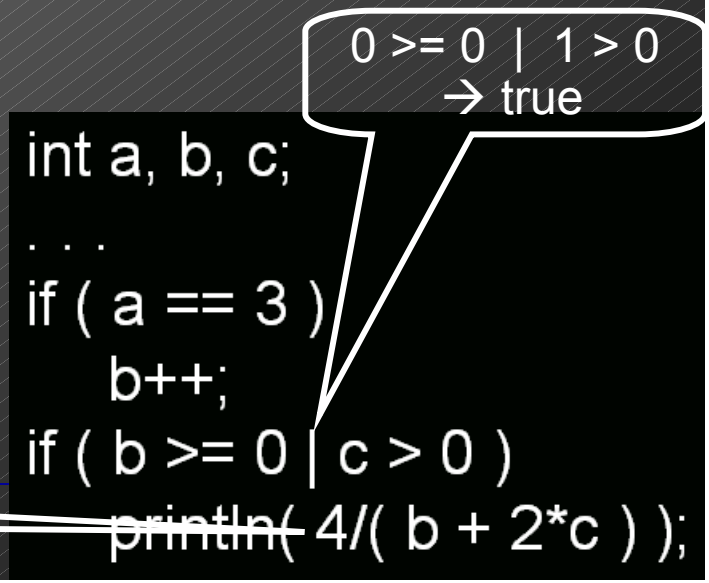
```
if ( a & b )
        println( .... );
```

  Nach Condition Coverage werden nur zwei Testfälle benötigt, es reichen zum Beispiel:
  - a == true, b == false
  - a == false, b == true

  In beiden Fällen wird aber nicht die println-Anweisung durchlaufen!
- Neue Idee
  Teilausdrücke und Gesamtergebnis berücksichtigen

Abdeckungstechniken für Whitebox-Tests: Decision/Condition Coverage

- Jeder Teilausdruck in jeder Bedingung muss alle möglichen Werte mindestens einmal annehmen,
  jede Bedingung (als Ganzes) muss alle Ergebnisse mindestens einmal annehmen und
  das Programm und alle Routinen müssen mindestens einmal bei jedem Einstiegspunkt gestartet werden (wg. Exception-Handling)
- Im Beispiel
  In diesem Beispiel reichen die Testwerte der Condition Coverage auch für die vollständige Überdeckung nach dem Kriterium Decision/Condition Coverage aus
  3, -1, 1
  2, -1, 0



Abdeckungstechniken für Whitebox-Tests: Decision/Condition Coverage

- Jeder Teilausdruck in jeder Bedingung muss alle möglichen Werte mindestens einmal annehmen,
  jede Bedingung (als Ganzes) muss alle Ergebnisse mindestens einmal annehmen und
  das Programm und alle Routinen müssen mindestens einmal bei jedem Einstiegspunkt gestartet werden (wg. Exception-Handling)
- Im Beispiel
  In diesem Beispiel reichen die Testwerte der Condition Coverage auch für die vollständige Überdeckung nach dem Kriterium Decision/Condition Coverage aus
  3, -1, 1
  2, -1, 0

→Der Fehler würde wiederum nicht entdeckt werden!

- Neue Idee
  Kombinationen von Teilausdrücken berücksichtigen

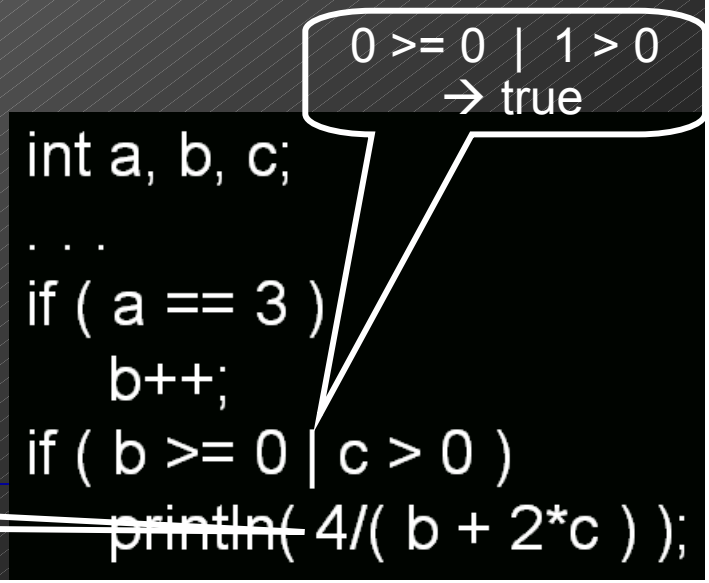
```
int a, b, c;
. . .
if ( a == 3 )
    b++;
if ( b >= 0 | c > 0 )
    println( 4/( b + 2*c ) );
```

-1 >= 0 | 0 > 0
→ false

Abdeckungskriterien für Whitebox-Tests: Multiple Condition Coverage

- Alle möglichen Kombinationen von Teilausdrücken in jeder Bedingung und alle Einstiegspunkte in das Programm und alle Routinen müssen mindestens einmal durchlaufen werden
- Im Beispiel
  Die folgenden Testwerte reichen für die vollständige Überdeckung nach dem Kriterium Decision/Condition Coverage aus

  3, -1, 1
  2, 0, 0
  2, -1, 1
  2, -1, 0



Abdeckungskriterien für Whitebox-Tests: Multiple Condition Coverage

- Alle möglichen Kombinationen von Teilausdrücken in jeder Bedingung und alle Einstiegspunkte in das Programm und alle Routinen müssen mindestens einmal durchlaufen werden
- Im Beispiel
  Die folgenden Testwerte reichen für die vollständige Überdeckung nach dem Kriterium Decision/Condition Coverage aus
  3, -1, 1
  2, 0, 0
  2, -1, 1
  2, -1, 0

→ Der Fehler wird entdeckt, das Programm wird mit einer *ArithmeticException* abgebrochen

```
int a, b, c;
. . .
if ( a == 3 )
    b++;
if ( b >= 0 | c > 0 )
    println( 4/( b + 2*c ) );
```

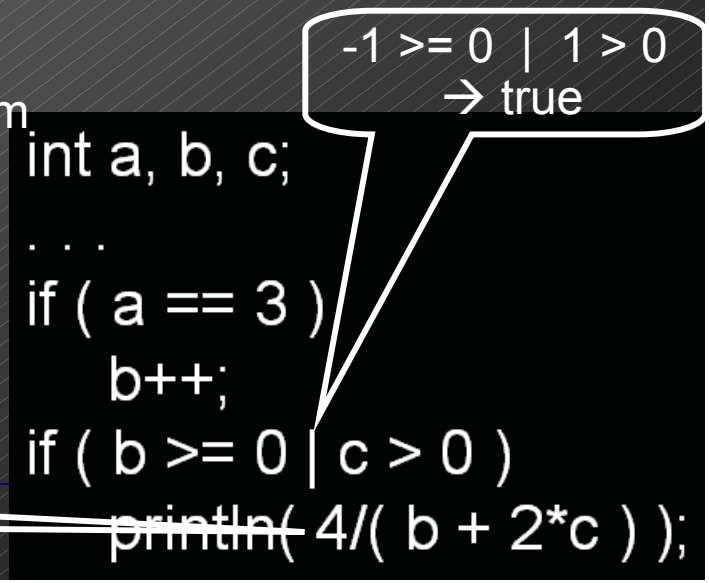
0 >= 0 | 0 > 0
→ true

4 / 0
→ Fehler!

Abdeckungskriterien für Whitebox-Tests: Multiple Condition Coverage

- Alle möglichen Kombinationen von Teilausdrücken in jeder Bedingung und alle Einstiegspunkte in das Programm und alle Routinen müssen mindestens einmal durchlaufen werden
- Im Beispiel
  Die folgenden Testwerte reichen für die vollständige Überdeckung nach dem Kriterium Decision/Condition Coverage aus
  3, -1, 1
  2, 0, 0
  2, -1, 1
  2, -1, 0

→ Der Fehler wurde entdeckt, das Programm wird mit einer *ArithmeticException* abgebrochen

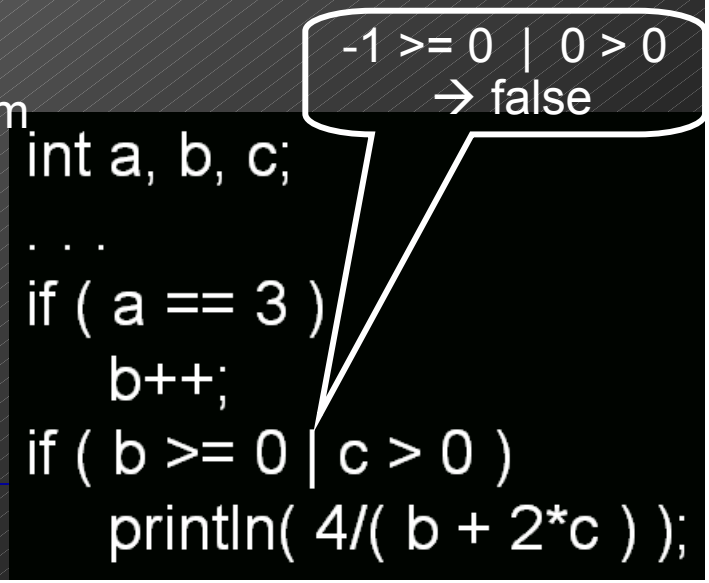


Abdeckungskriterien für Whitebox-Tests: Multiple Condition Coverage

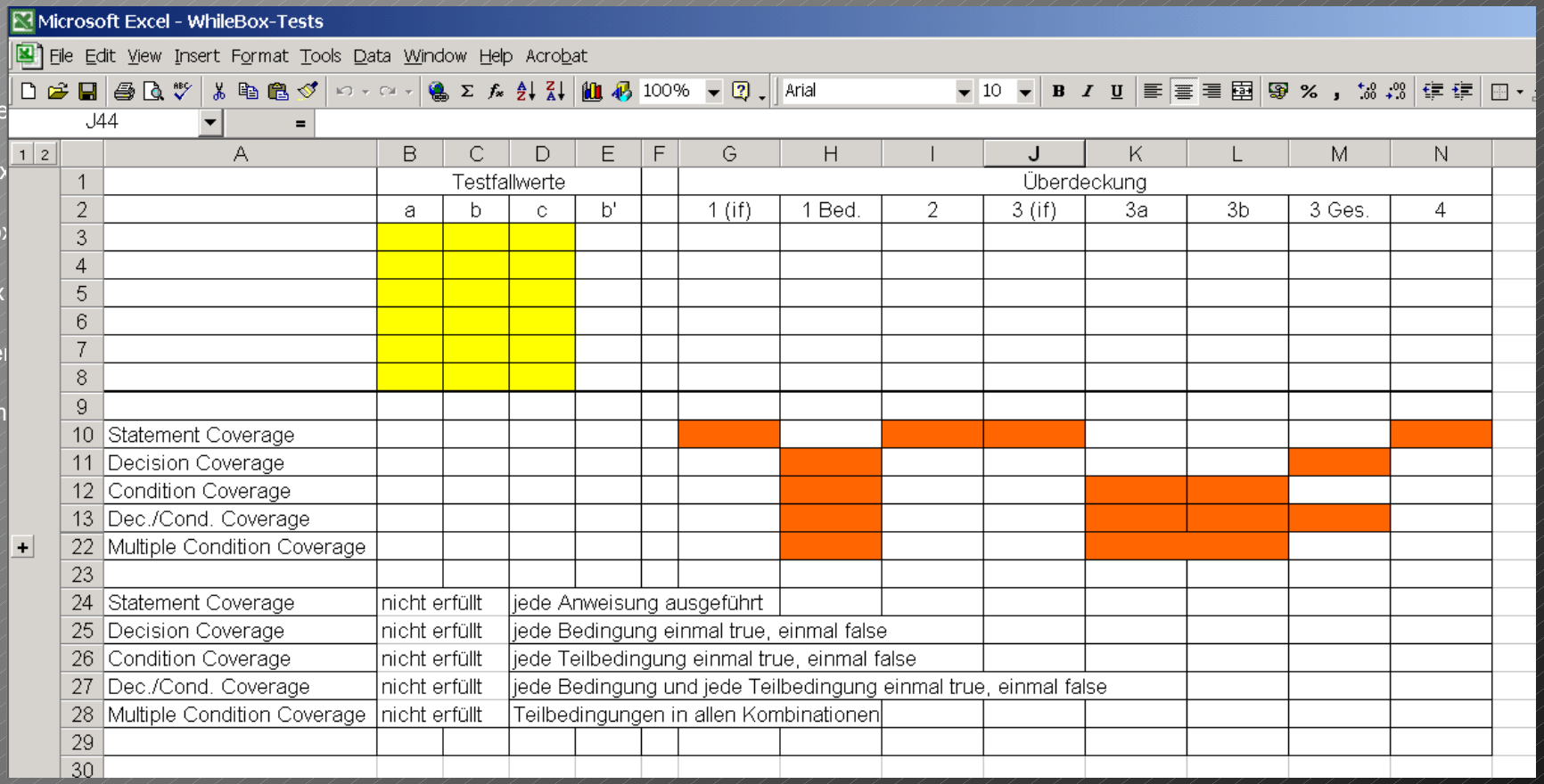
- Alle möglichen Kombinationen von Teilausdrücken in jeder Bedingung und alle Einstiegspunkte in das Programm und alle Routinen müssen mindestens einmal durchlaufen werden
- Im Beispiel
  Die folgenden Testwerte reichen für die vollständige Überdeckung nach dem Kriterium Decision/Condition Coverage aus
  3, -1, 1
  2, 0, 0
  2, -1, 1
  2, -1, 0

→ Der Fehler wurde entdeckt, das Programm wird mit einer *ArithmeticException* abgebrochen

- Eine Menge von Testfälle, die MCC erfüllt, erfüllt auch SC, DC, CC und D/CC



Abdeckungskriterien in der Übersicht



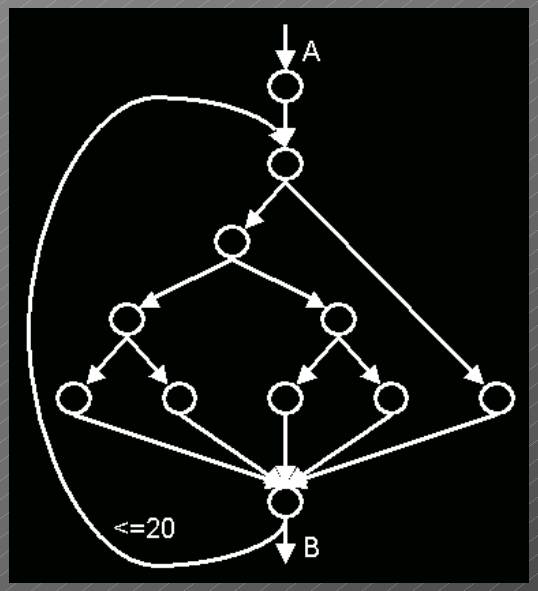
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1		Testfallwerte					Überdeckung							
2		a	b	c	b'		1 (if)	1 Bed.	2	3 (if)	3a	3b	3 Ges.	4
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10	Statement Coverage													
11	Decision Coverage													
12	Condition Coverage													
13	Dec./Cond. Coverage													
22	Multiple Condition Coverage													
23														
24	Statement Coverage	nicht erfüllt		jede Anweisung ausgeführt										
25	Decision Coverage	nicht erfüllt		jede Bedingung einmal true, einmal false										
26	Condition Coverage	nicht erfüllt		jede Teilbedingung einmal true, einmal false										
27	Dec./Cond. Coverage	nicht erfüllt		jede Bedingung und jede Teilbedingung einmal true, einmal false										
28	Multiple Condition Coverage	nicht erfüllt		Teilbedingungen in allen Kombinationen										
29														
30														

Whitebox-Tests: Bisherige Erfahrungen

- Multiple Condition Coverage ist ein minimales Testkriterium für Programme mit Mehrfach-Bedingungen
- Hoffnung:
  Nach einem erschöpfenden Pfad-Test ist das Programm vollständig getestet
- Diskutieren Sie mit einem Partner:
  - Wird die Hoffnung erfüllt?
  - Falls ja, geben Sie eine Begründung an!
  - Falls nein, geben Sie ein Gegenbeispiel an!
- Dauer: 3 Minuten

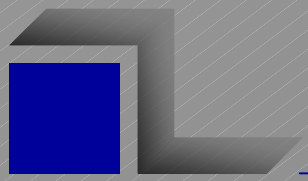
Whitebox-Tests

- Die Anzahl eindeutiger Pfade durch ein Programm ist meistens sehr hoch; Beispiel eines Programm-Ablaufplans

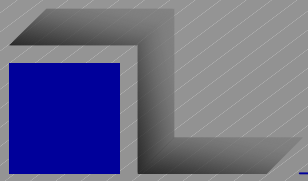


- Die eindeutigen Pfade durch dieses Programm entspricht der Anzahl der Möglichkeiten von A nach B zu kommen

- Frage:
  Wie viele Möglichkeiten gibt es, von A nach B zu kommen?



Fragen?



Graybox-Test

- Graybox-Tests versuchen, die Vorteile von Blackbox- und Whitebox-Testverfahren zu kombinieren

Vorgehen

- Soll-Überdeckungsgrad festlegen, z.B. *Decision Coverage*
- Zunächst Blackbox-Tests durchführen
  - Zur Überprüfung der Funktionalität
  - Überdeckung wird (im Hintergrund) mitprotokolliert
- Dann Whitebox-Test durchführen
  - Analyse der nicht überdeckten Programmteile
    - → Korrektur des Programms (Entfernen unnötiger Teile) oder
    - → Erstellen zusätzlicher Testfälle
  - Testen, bis der vordefinierte Überdeckungsgrad erreicht ist