

Vorlesung (WS 2013/14) *Softwarekonstruktion*

Prof. Dr. Jan Jürjens

TU Dortmund, Fakultät Informatik, Lehrstuhl XIV

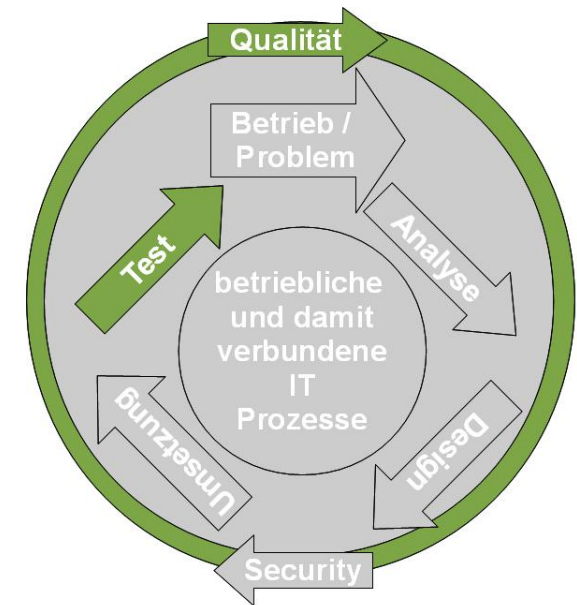
2.0: Qualitätsmanagement

v. 22.11.2013

Einordnung

2.0 Qualitätsmanagement

- Einführung und Grundlagen
- **Qualitätsmanagement**
- Testen
- Modellgetriebene SW-Entwicklung



Basierend auf Beiträge von Prof. Sommerville (St. Andrews University), Prof. Martin Glinz (Universität Zürich) und dem Foliensatz „Basiswissen Softwaretest - Certified Tester“ des „German Testing Board“.

Literatur (s. Webseite):

- J. Ludewig, H. Lichter: Software Engineering - Grundlagen, Menschen, Prozesse, Techniken. Kapitel 5.

**2.0
Qualitäts-
management**



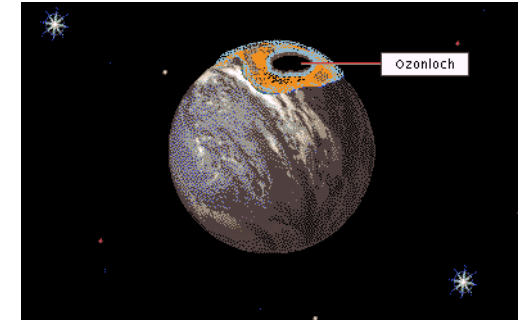
Motivation

Softwarequalität

Auswirkungen von Software-Fehlern

NASA - Erdbeobachtungssatelliten 1979-1985

- **Ozonloch** 7 Jahre (!) lang **nicht erkannt**.
- Ursache: Softwarefehler – Veränderung der Ozonschicht als Sensordrift durch automatische Nullpunktkorrektur »herausgemittelt«.



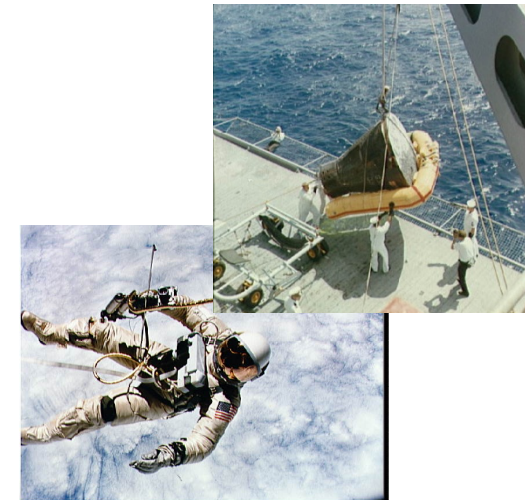
ESA, Kourou, Franz. Guyana, 4. Juni 1996

- **Selbsterstörung der Ariane 5** beim Jungfernflug 39 Sekunden nach Start.
- Ursache: Softwarefehler – Lageregelungssoftware aus Ariane 4 ohne Test gegen Start-Trajektorie der Ariane 5 wiederverwendet, dadurch Konvertierungsfehler.



Bemannte **NASA-Raumkapsel Gemini V**

- **Verfehlte ihren Landeplatz** um ca. 160 Kilometer.
- Ursache: Softwarefehler – Rotation der Erde um die Sonne nicht berücksichtigt !



21. April 2009: Software-Fehler legt T-Mobile-Netz lahm

- Millionen **T-Mobile-Kunden** waren **nicht erreichbar**.
- Nach wählen der Nummer kam von Frauenstimme:
"Dieser Anschluss ist aus technischen Gründen vorübergehend nicht erreichbar. Bitte rufen sie später wieder an."
- System wurde zurückgesetzt und neu gestartet.
- Ursache: **Softwarefehler** im Home Location Register (HLR).
→ Zuordnung der Telefonnummern einzelnen SIM-Karten.
- 3 Datenbanken mussten verfügbar gemacht werden.



NASA verliert auf Weg zur Venus befindliche **Raumsonde Mariner 1** am 22.6.1962:

»Because of a launch-vehicle deviation from the planned flight path, Mariner R-1 was destroyed by the range safety officer after approximately 290 seconds of flight.«

- **Korrekt** codiert wäre gewesen:
`DO 10 I=1,3` (Definition einer Schleife in FORTRAN IV)

...
`10 CONTINUE`

- **Fehlerhaft** codiert wurde

`DO10I=1.3`

...
`10 CONTINUE`

Welchen Effekt hat
dieser Fehler wohl ?



NASA verliert auf Weg zur Venus befindliche **Raumsonde Mariner 1** am 22.6.1962:

»Because of a launch-vehicle deviation from the planned flight path, Mariner R-1 was destroyed by the range safety officer after approximately 290 seconds of flight.«

- **Korrekt** codiert wäre gewesen:

```
DO 10 I=1,3      (Definition einer Schleife in FORTRAN IV)
```

...

```
10 CONTINUE
```

- **Fehlerhaft** codiert wurde

```
DO10I=1.3      (Zuweisung des Werts 1.3  
                an die Variable DO10I)
```

...

```
10 CONTINUE
```



Nur FORTRAN-Problem? Nein!

Was ist an den folgenden Ausdrücken das Problem und welchen Effekt hat das ?

C *for (i=1; i<=3; i++);
 f(i);*

Java, C# *for (i=1; i<=3; i++) {}
 f(i);*

Perl *for (\$i=1; \$i<=3; \$i++) {}
 &f(i);*

Ergänzung von H. Klaeren:
Probleme des Software-Engineering.
Informatik Spektrum (1994) 17: 21-28

Nur FORTRAN-Problem? Nein!

Versehentliche nur 1-malige Ausführung mit $i=4$

(Annahme: i vorab definiert)

C *for (i=1; i<=3; i++);*
 f(i);

Java, C# *for (i=1; i<=3; i++) {}*
 f(i);

Perl *for (\$i=1; \$i<=3; \$i++) {}*
 &f(i);

Ergänzung von H. Klaeren:
Probleme des Software-Engineering.
Informatik Spektrum (1994) 17: 21-28

Programm mit 3 Integer-Eingabewerten testen.

(Annahme: Randbedingungen haben keinen Einfluss auf Testobjekt).

Wieviele Tests für alle möglichen Kombinationen von Eingaben ?

Wie lange dauert das Testen bei **100.000 Tests pro Sekunde** ?

- Mehr als 1 millisecc ?
- Mehr als 1 sec ?
- Mehr als 1 min ?
- Mehr als 1 h ?
- ...

Programm mit 3 Integer-Eingabewerten testen.

(Annahme: Randbedingungen haben keinen Einfluss auf Testobjekt).

Wieviele Tests für alle möglichen Kombinationen von Eingaben ?

Wie lange dauert das Testen bei **100.000 Tests pro Sekunde** ?

- Jeder **Eingabewert** kann bei 16 Bit Integerzahlen 2^{16} unterschiedliche **Werte** annehmen.
- Bei drei unabhängigen Eingabewerten ergeben sich $2^{16} * 2^{16} * 2^{16} = 2^{48}$ Kombinationen.

=> **281.474.976.710.656 Testfälle.**

Dauer: ca. 90 Jahre.

Austesten auf Kontrollflussgraph ?

Idee: Maximale denkbare **Testmenge einschränken**.

- Durch Verwendung interner Informationen über Programm, z.B. Kontrollflussgraph.

Beispiel (s. Abb.): Testen eines Programms, das aus

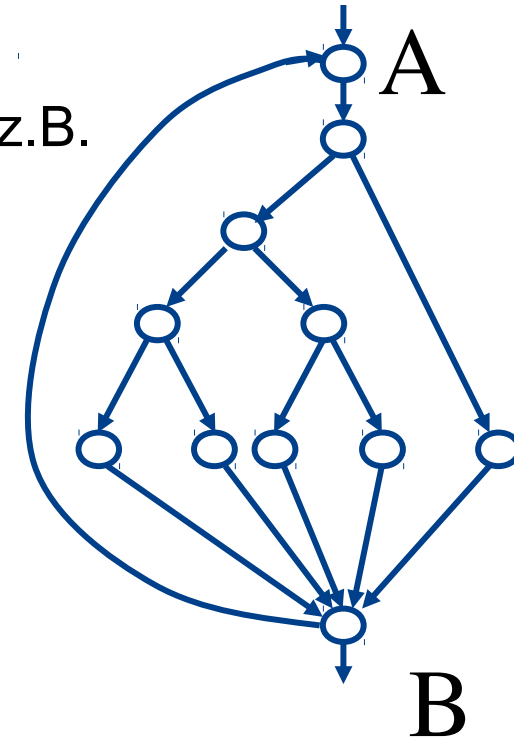
- **vier Verzweigungen** (IF-Anweisungen) und
- einer umfassenden **Schleife** besteht und
- **fünf mögliche Wege** im Schleifenrumpf enthält.

Annahmen:

- Verzweigungen voneinander **unabhängig**.
- **Max. 20** Schleifendurchläufe.

Wieviele Tests für alle möglichen Pfade im Kontrollflussgraph ?

Wie lange dauert das Testen bei **100.000 Tests pro Sekunde** ?



Mehr als 1 ms ?
Mehr als 1 sec ?
Mehr als 1 min ?
Mehr als 1 h ?
...

Austesten auf Kontrollflussgraph ?

Idee: Maximale denkbare **Testmenge einschränken**.

- Durch Verwendung interner Informationen über Programm, z.B. Kontrollflussgraph.

Beispiel (s. Abb.): Testen eines Programms, das aus

- **vier Verzweigungen** (IF-Anweisungen) und
- einer umfassenden **Schleife** besteht und
- **fünf mögliche Wege** im Schleifenrumpf enthält.

Annahmen:

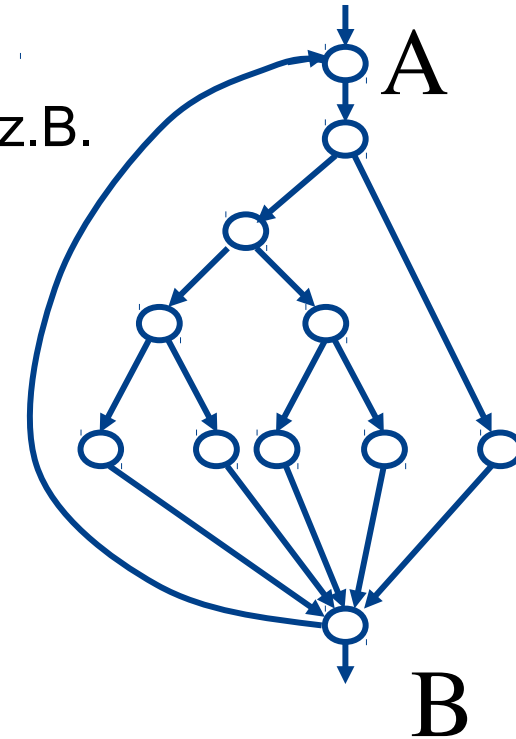
- Verzweigungen voneinander **unabhängig**.
- **Max. 20** Schleifendurchläufe

Wieviele Tests für alle möglichen Pfade im Kontrollflussgraph ?

Wie lange dauert das Testen bei **100.000 Tests pro Sekunde** ?

→ **Rechnung:** $5^1 + 5^2 + \dots + 5^{18} + 5^{19} + 5^{20}$

- **Es sind 119.209.289.550.780 Testfälle. Dauer: ca. 38 Jahre.**



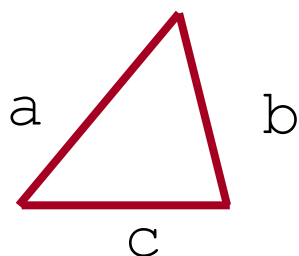
Testen auf Fallunterscheidungen ?

Weitere Idee, um Testaufwand zu begrenzen: **Fallunterscheidungen.**

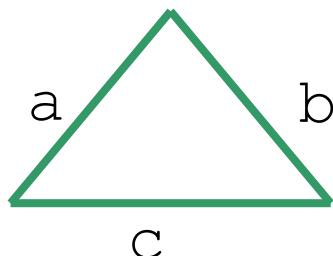
- Dann z.B. je ein Test pro Fallunterscheidung.

Beispiel: Programm testen, das

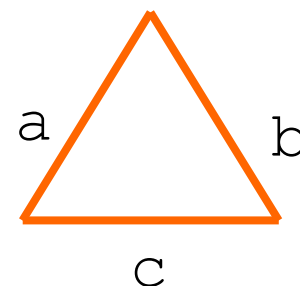
- 3 ganzzahlige positive **Werte** einliest,
- sie als **Längen** eines Dreiecks interpretiert und
- ausgibt, ob Dreieck **ungleichseitig**, **gleichschenkelig** oder **gleichseitig** ist.



$a \neq b$ und
 $b \neq c$ und
 $a \neq c$



$a = b \neq c$ oder
 $a \neq b = c$ oder
 $a = c \neq b$



$a = b = c$

Wieviele / welche Fallunterscheidungen ergibt dies ?

min. 3 ?
min. 5 ?
min. 8 ?
min. 11 ?
...

In Anlehnung an
Glenford J. Myers:
Methodisches Testen
von Programmen.
7. Auflage 2001

Testen auf Fallunterscheidungen ?

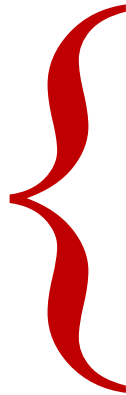
Mind. 31 Fallunterscheidungen mit folgenden Testdaten und Soll-Ergebnissen:

- Testnr. Testdaten (die drei Längen des Dreiecks):
1. 2,3,4 - zulässiges ungleichseitiges Dreieck
 2. 2,2,2 - zulässiges gleichseitiges Dreieck
 3. 2,2,1 - zulässiges gleichschenkliges Dreieck
 - 4./5. 1,2,2 / 2,1,2 - zwei weitere Testfälle mit Permutationen für gleichschenklige Dreiecke
 6. 1,0,3 - kein Dreieck, eine Seitenangabe = 0
 - 7./8. 0,1,3 / 1,3,0 - Permutationen
 9. 5,-5,9 - kein Dreieck, eine Seitenangabe < 0
 - 10./11. -5,5,9 / 5,9,-5 – Permutationen
 12. 1,2,3 - kein Dreieck, Summe der beiden kürzeren Seiten = 3. Seitenlänge
 - 13./14. 2,3,1 / 3,1,2 - Permutationen
 15. 1,2,4 - kein Dreieck, Summe der beiden kürzeren Seiten < 3. Seitenlänge
 - 16./17. 2,4,1 / 4,1,2 - Permutationen

- Testnr. Testdaten (die drei Längen des Dreiecks):
- 18./19. 0,0,0 - kein Dreieck oder Fehlermeldung, alle Seiten = 0, zusätzlich 2 Seiten = 0 - Permutationen?
 - 20.-22. Max_int, Max_int, Max_int – zulässiges gleichseitiges Dreieck, korrekte Dreiecksbestimmung beim Test mit maximalen Werten, zusätzliche Tests mit 2 oder 1 maximalem Wert
 - 23.-25. 1,1,4.4567 - Fehlermeldung »nicht ganzzahlige Werte« Permutationen? - zusätzlich mit 2 oder 3 Werten
 - 26.-28. 1,1,& - Fehlermeldung »Eingabe von Buchstaben oder Sonderzeichen«. Permutationen? - zusätzlich mit 2 oder 3 Werten
 - 29./30. 1,2,3,4 / 2,3 - Fehlermeldung »falsche Anzahl von Werten« (wenn Eingabe möglich)
 31. Max_int/2 + 1, Max_int/2 + 1, Max_int/2 + 10 - zulässiges gleichschenkliges Dreieck (Überlauf oder richtige Berechnung? Bei $a \leq b \leq c$; Prüfung der Dreiecksbedingung mit $a+b > c$, führt $a+b$ zum Überlauf, s.a. Testfall 20)

**Resümee: Einfaches Problem,
aber aufwendiger Test**

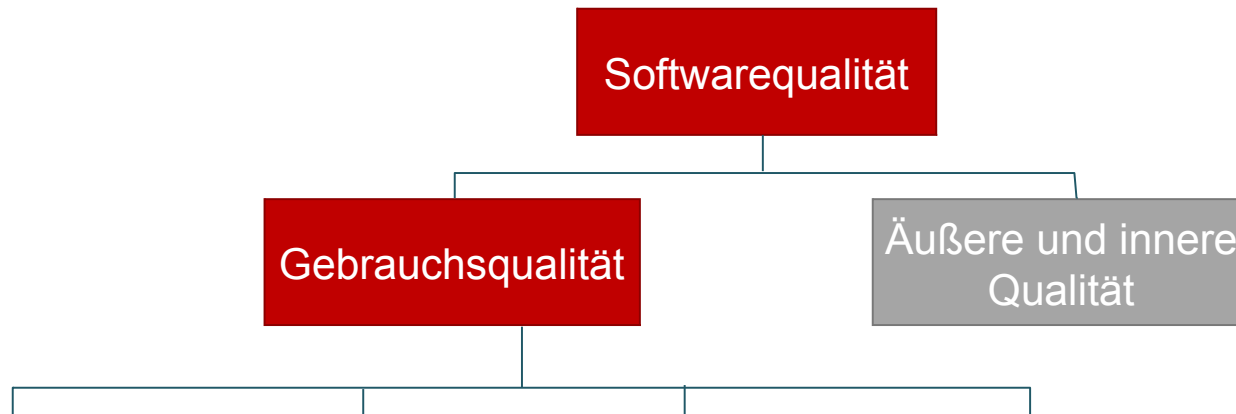
**2.0
Qualitäts-
management**



Motivation

Softwarequalität

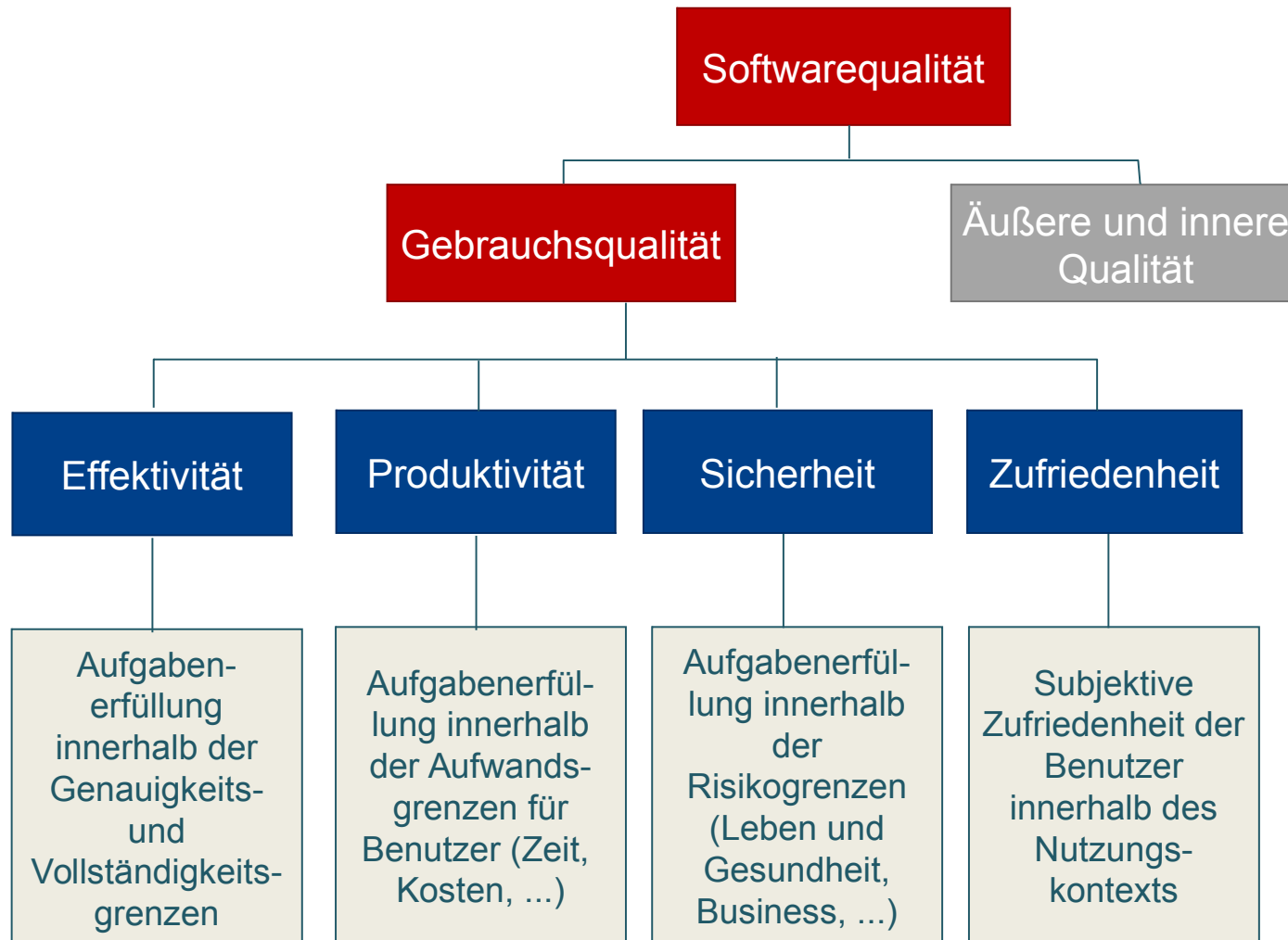
Software-Qualität nach ISO/IEC 9126 (1)



Welche Software-Qualitätseigenschaften kennen Sie ?
(Wiederholung von SWT)

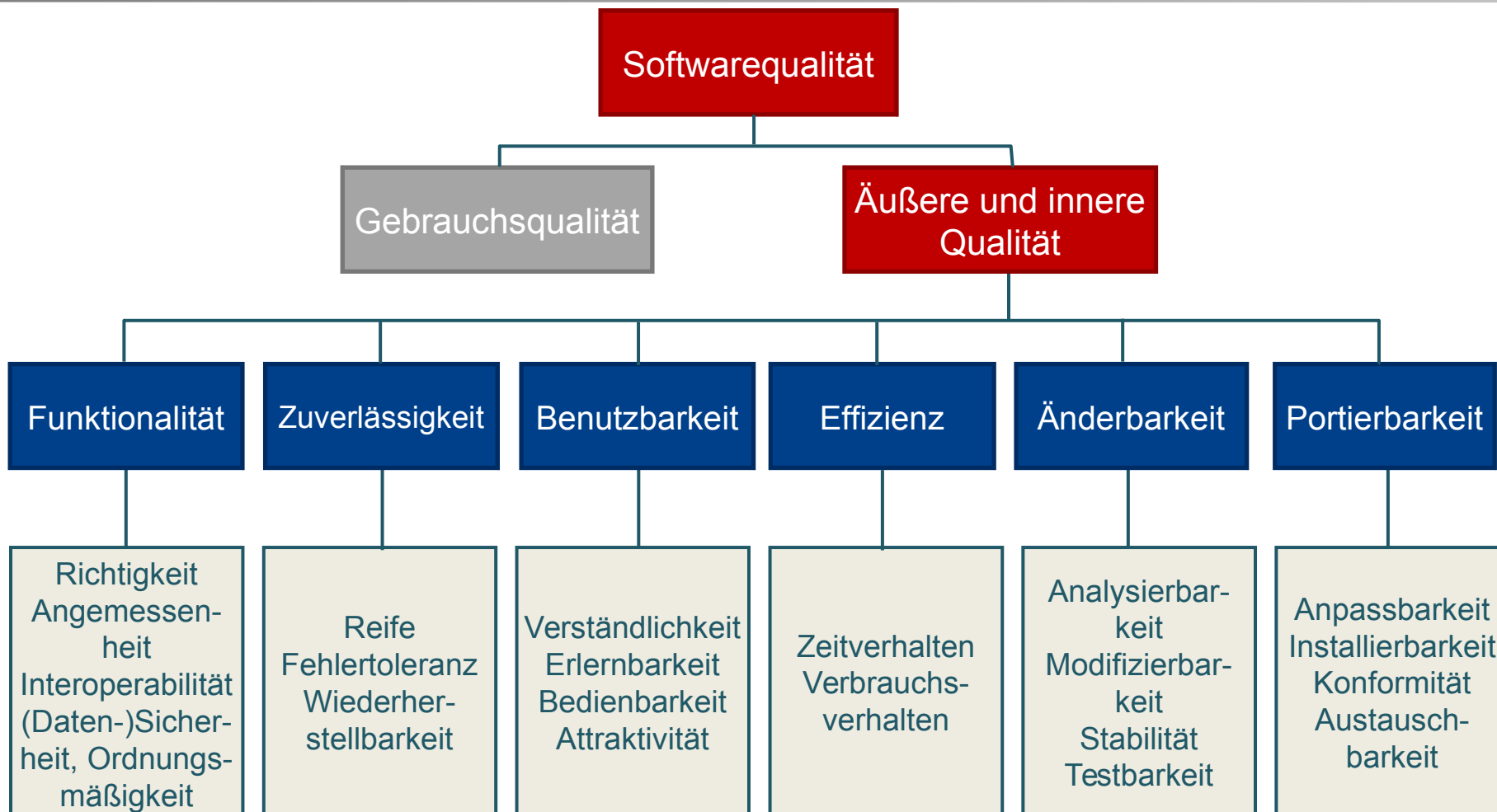
ISO/IEC 9126: Bewerten von Softwareprodukten, Qualitätsmerkmale und Leitfaden zu ihrer Verwendung. (Seit 2005 ersetzt durch ISO/IEC 25000 Software engineering – Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE).)

Software-Qualität nach ISO/IEC 9126 (1)



ISO/IEC 9126: Bewerten von Softwareprodukten, Qualitätsmerkmale und Leitfaden zu ihrer Verwendung. (Seit 2005 ersetzt durch ISO/IEC 25000 Software engineering – Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE).)

Software-Qualität nach ISO/IEC 9126 (2)



ISO/IEC 9126: Bewerten von Softwareprodukten, Qualitätsmerkmale und Leitfaden zu ihrer Verwendung. (Seit 2005 ersetzt durch ISO/IEC 25000 Software engineering – Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE).)

Diskussion: Qualitätskonflikte

Welche Qualitätsmerkmale können Ihrer Ansicht nach im Konflikt zueinander stehen ?

Effektivität

Produktivität

Sicherheit

Zufriedenheit

Funktionalität

Zuverlässigkeit

Benutzbarkeit

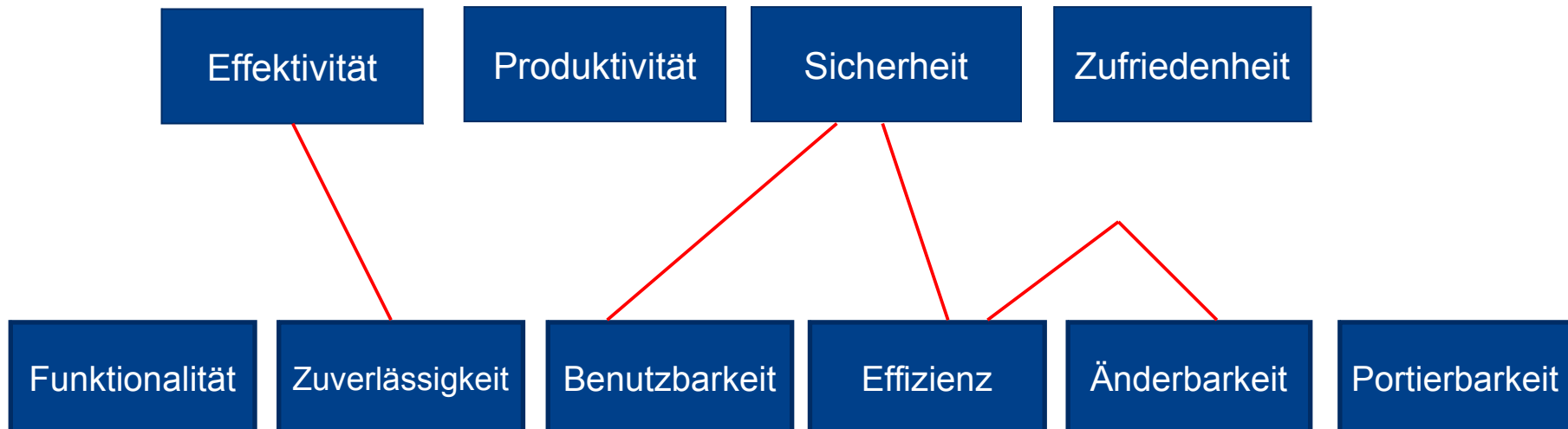
Effizienz

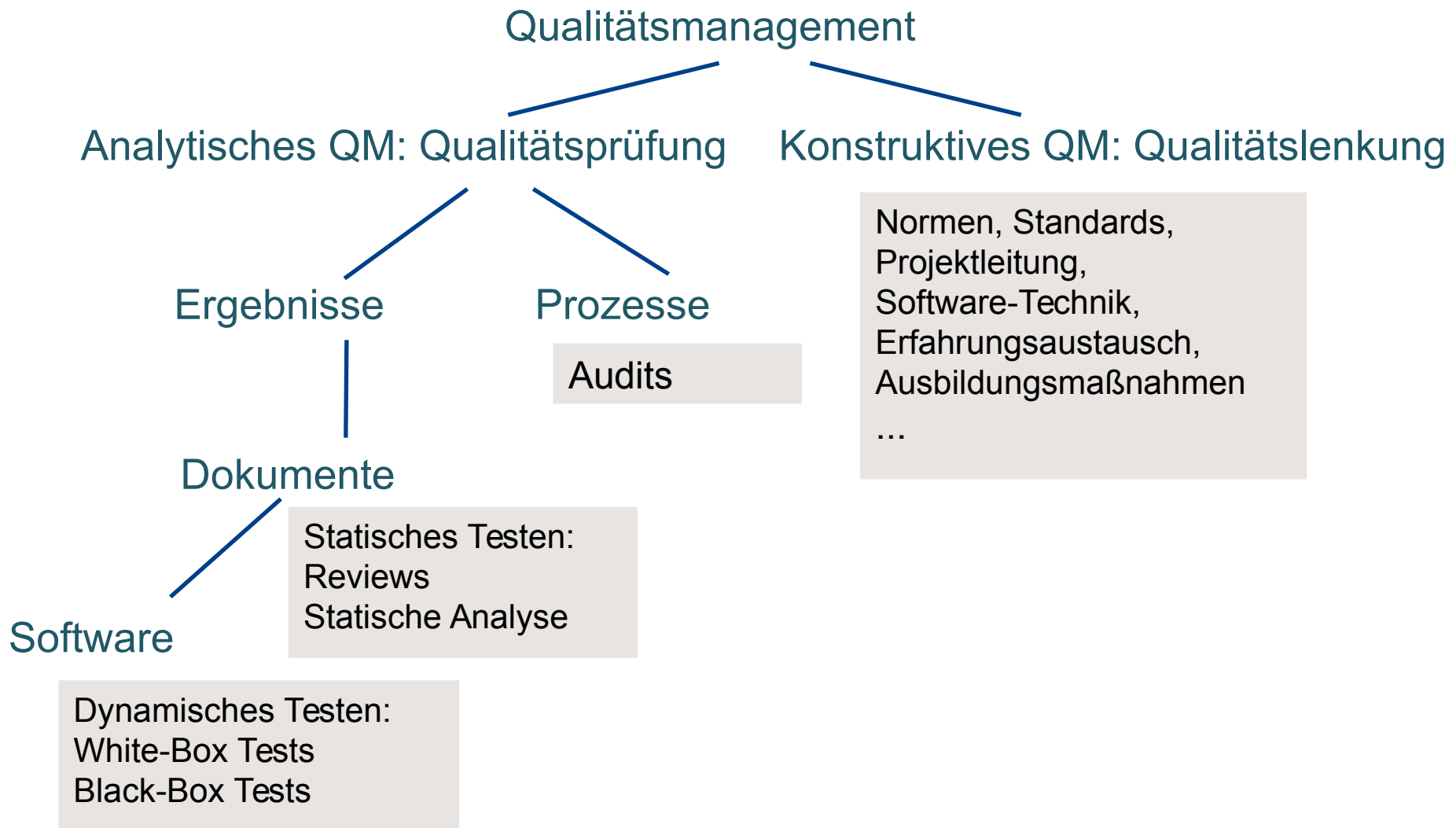
Änderbarkeit

Portierbarkeit

Welche Qualitätsmerkmale können Ihrer Ansicht nach im Konflikt zueinander stehen ?

Zum Beispiel:





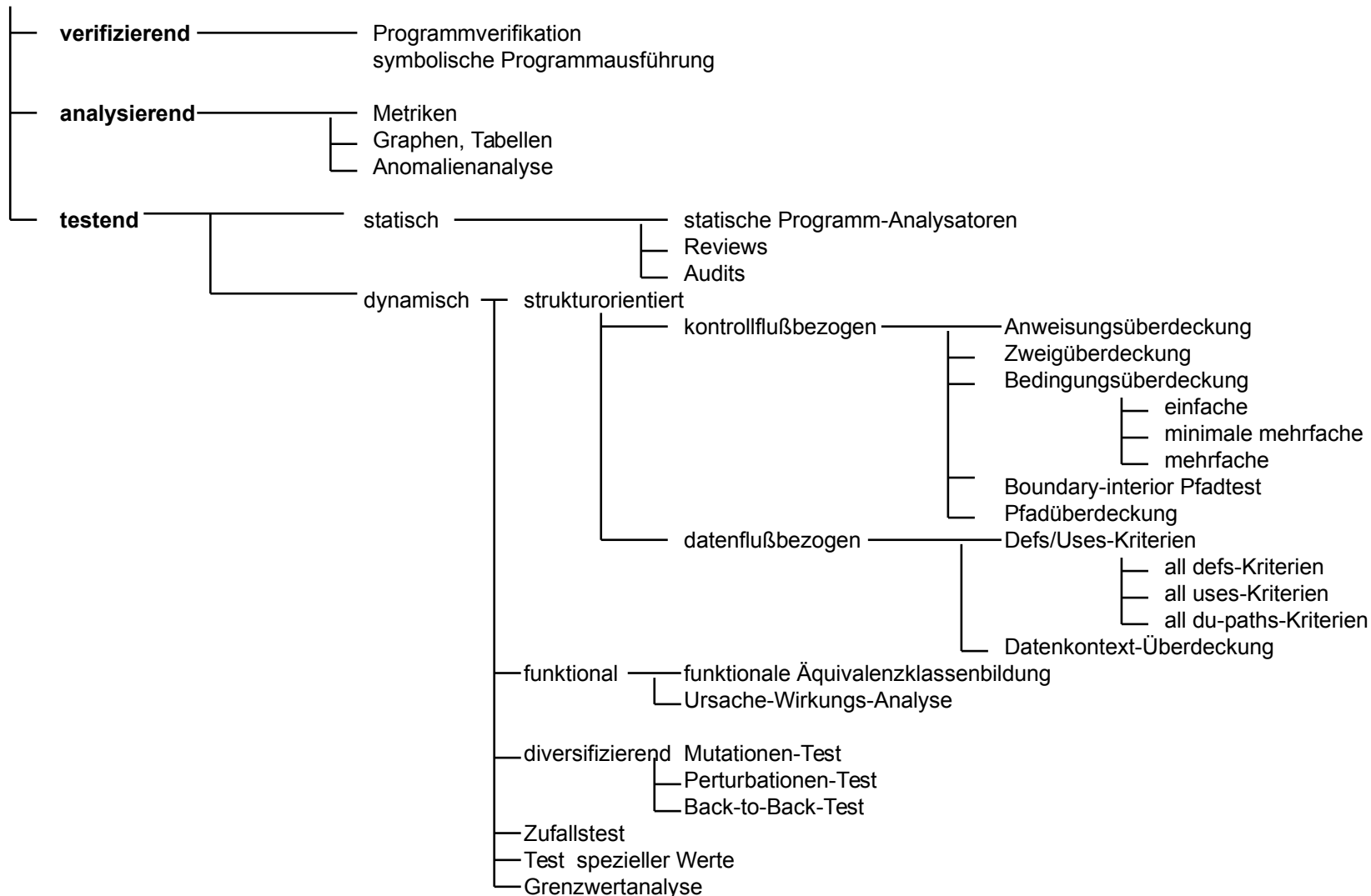
Qualitätsprüfung: Analytische Maßnahmen

- Prüfung der Produkte:
 - Statische Prüfung:
 - ?
 - Dynamische Prüfung:
 - ?
- Prüfung der Prozesse:
 - Audits
 - Prozessbeurteilung

Qualitätsprüfung: Analytische Maßnahmen

- Prüfung der Produkte:
 - Statische Prüfung:
 - Review
 - Statische Analyse
 - Formale Programmverifikation
 - Model Checking
 - Dynamische Prüfung:
 - Test
 - Simulation
 - Prototypen
- Prüfung der Prozesse:
 - Audits
 - Prozessbeurteilung

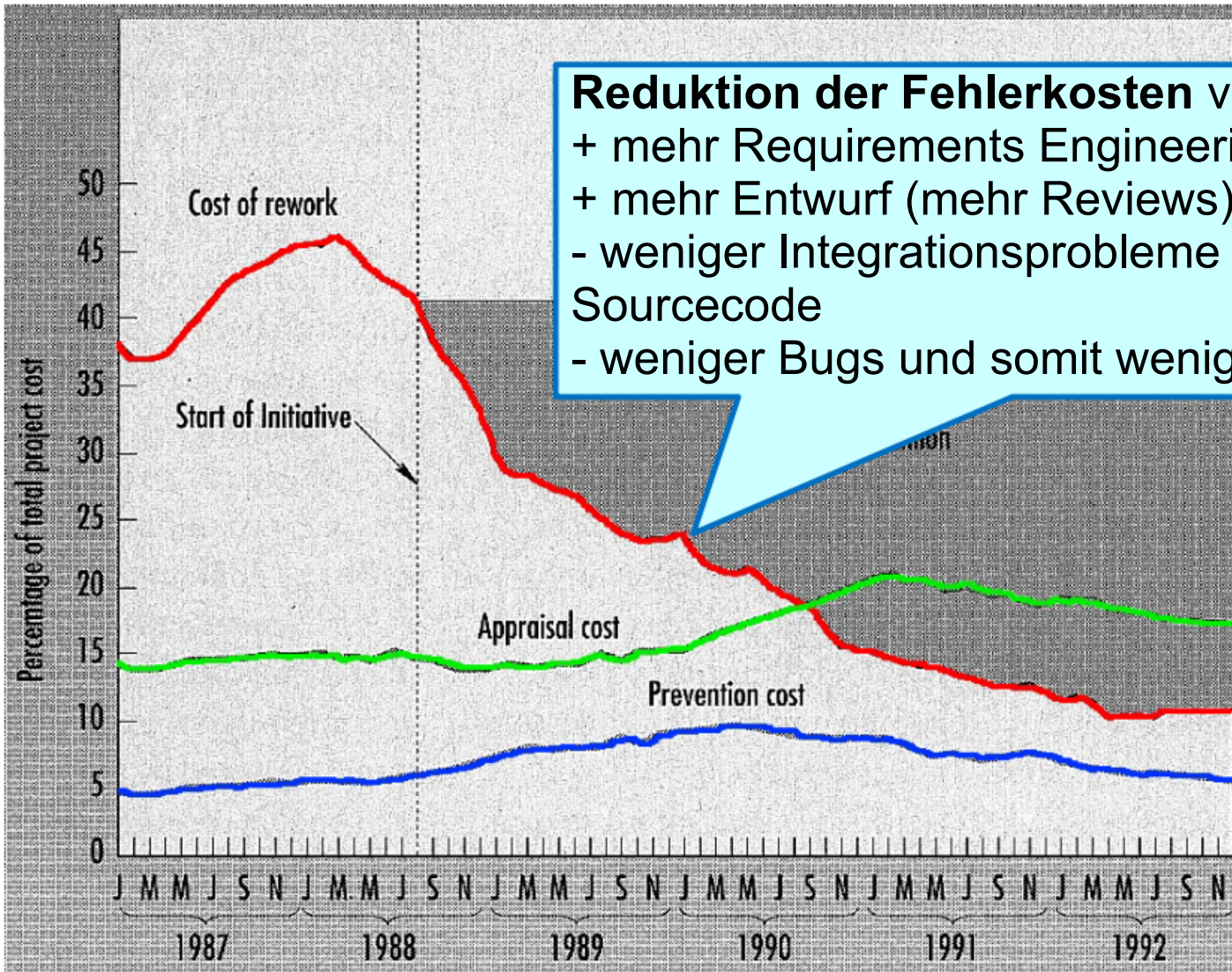
Übersicht Prüfverfahren:



- **Qualität** des Produktionsprozesses beeinflusst Qualität des entwickelten Produkts.
- Wichtig in Softwareentwicklung, weil einige **Produktqualitätseigenschaften** schwer zu beurteilen sind.
- **Komplexe Beziehung** zwischen Softwareprozess und Produktqualität.
 - Anwendung von **individuellen Fähigkeiten** und **Erfahrungen**: Wichtig in Softwareentwicklung.
 - **Externe Faktoren** (*Neuartigkeit der Anwendung oder beschleunigte Entwicklungszeitpläne*) können Produktqualität beeinträchtigen.

Was bringt Prozessverbesserung ?

Reduktion der Fehlerkosten

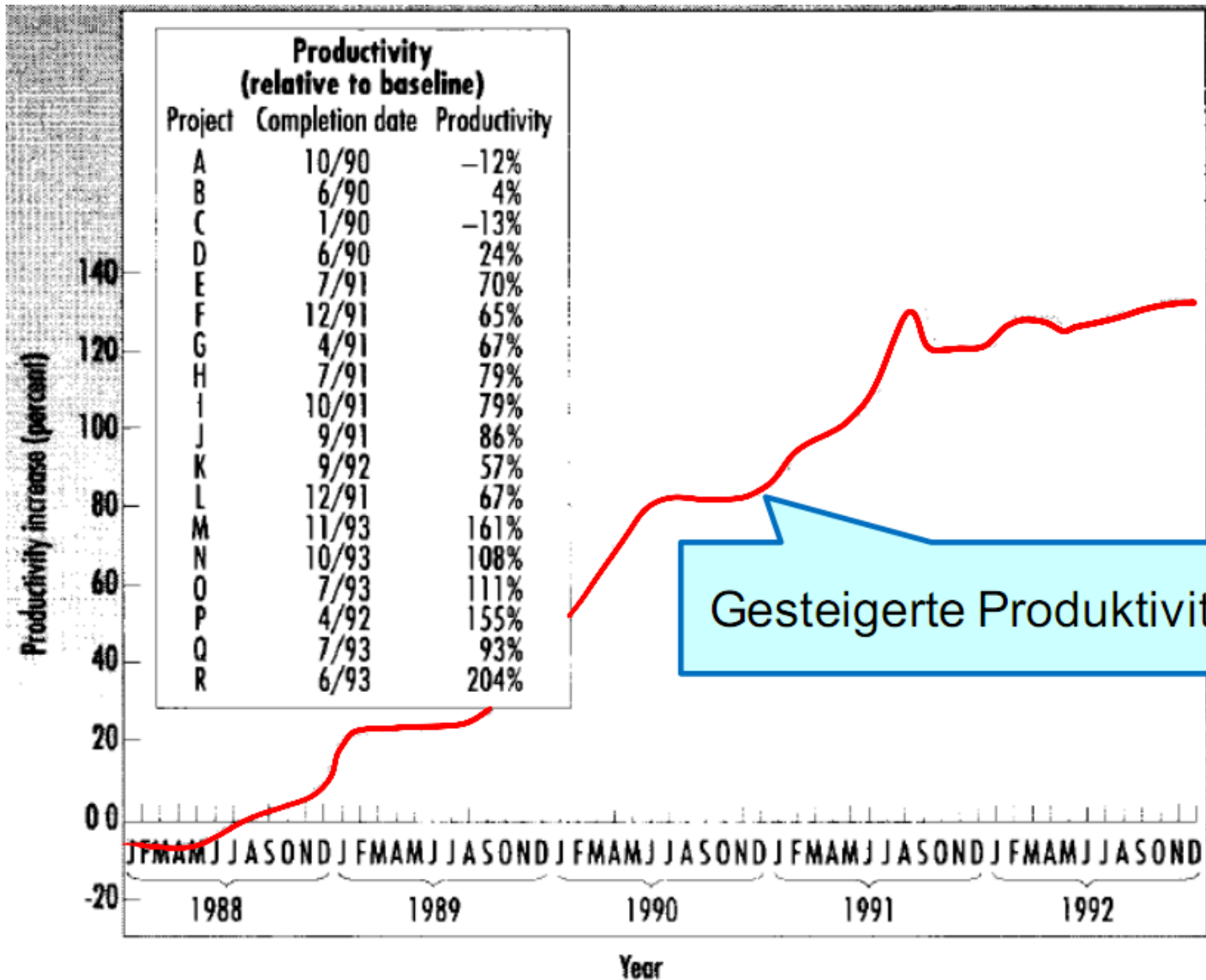


Reduktion der Fehlerkosten von 41% auf 11%:
+ mehr Requirements Engineering
+ mehr Entwurf (mehr Reviews)
- weniger Integrationsprobleme mit dem Sourcecode
- weniger Bugs und somit weniger Nachtesten

[Dion 1993]

Was bringt Prozessverbesserung ?

Gesteigerte Produktivität



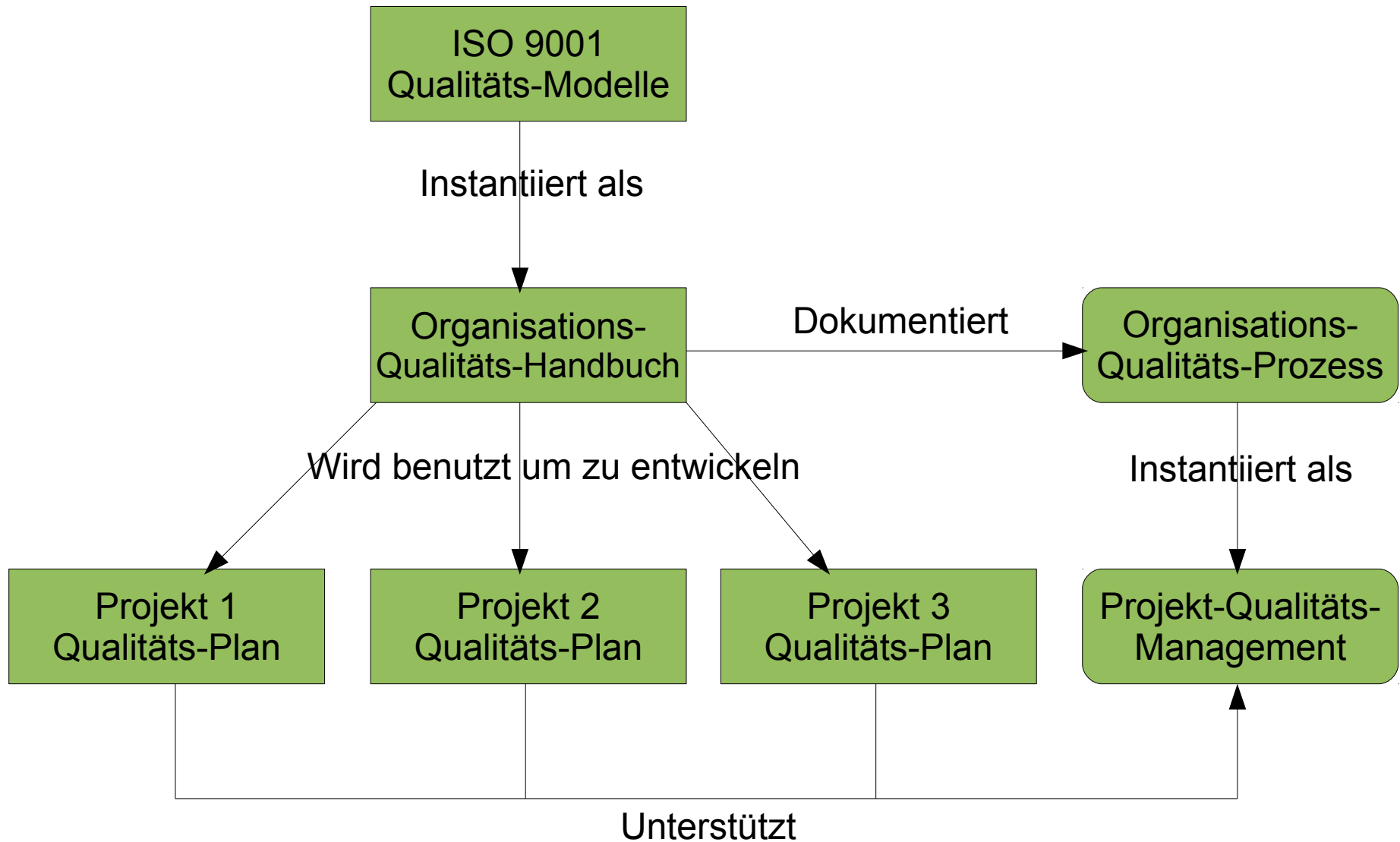
[Dion 1993]

Prozessqualität: Normenreihe ISO 900x

- Internationale Sammlung von Standards. → Als Basis des Qualitätsmanagements verwendbar.
- 1987 eingeführt.

Grundlage ISO 9000:

- ISO 9000 „**Qualitätsmanagementsysteme - Grundlagen und Begriffe**“
- Erläutert Grundlagen für Qualitätsmanagementsysteme und in Normenreihe ISO 900x verwendete Begriffe.
- Erklärt **prozessorientierten Ansatz** des Qualitätsmanagements.
- Aktuelle Version von 2005 (ISO 9000:2005).



- **Unternehmens-Qualitätshandbuch** sollte Qualitätsstandards und Abläufe enthalten.
- Externe Stelle muss Konformität des Qualitätshandbuchs mit ISO 9001 bestätigen.
- Manche Kunden verlangen **ISO 9001-Konformität** von Anbietern.
- Weltweit mehr als 1 Millionen Organisationen ISO 9001-zertifiziert.¹
- Trotzdem als **aufwendig** und nicht für alle Unternehmen gleichermaßen geeignet kritisiert.

¹ "ISO 9001 certifications top one million mark, food safety and information security continue meteoric increase" (Press release). International Organization for Standardization. October 25, 2010.
<http://www.iso.org/iso/pressrelease.htm?refid=Ref1363>.

Diskussionsfrage: ISO 9001 vs. Produktqualität

- Kann man mit ISO 9001 Qualität eines Softwareprodukts zertifizieren ?
- **Antwort:**

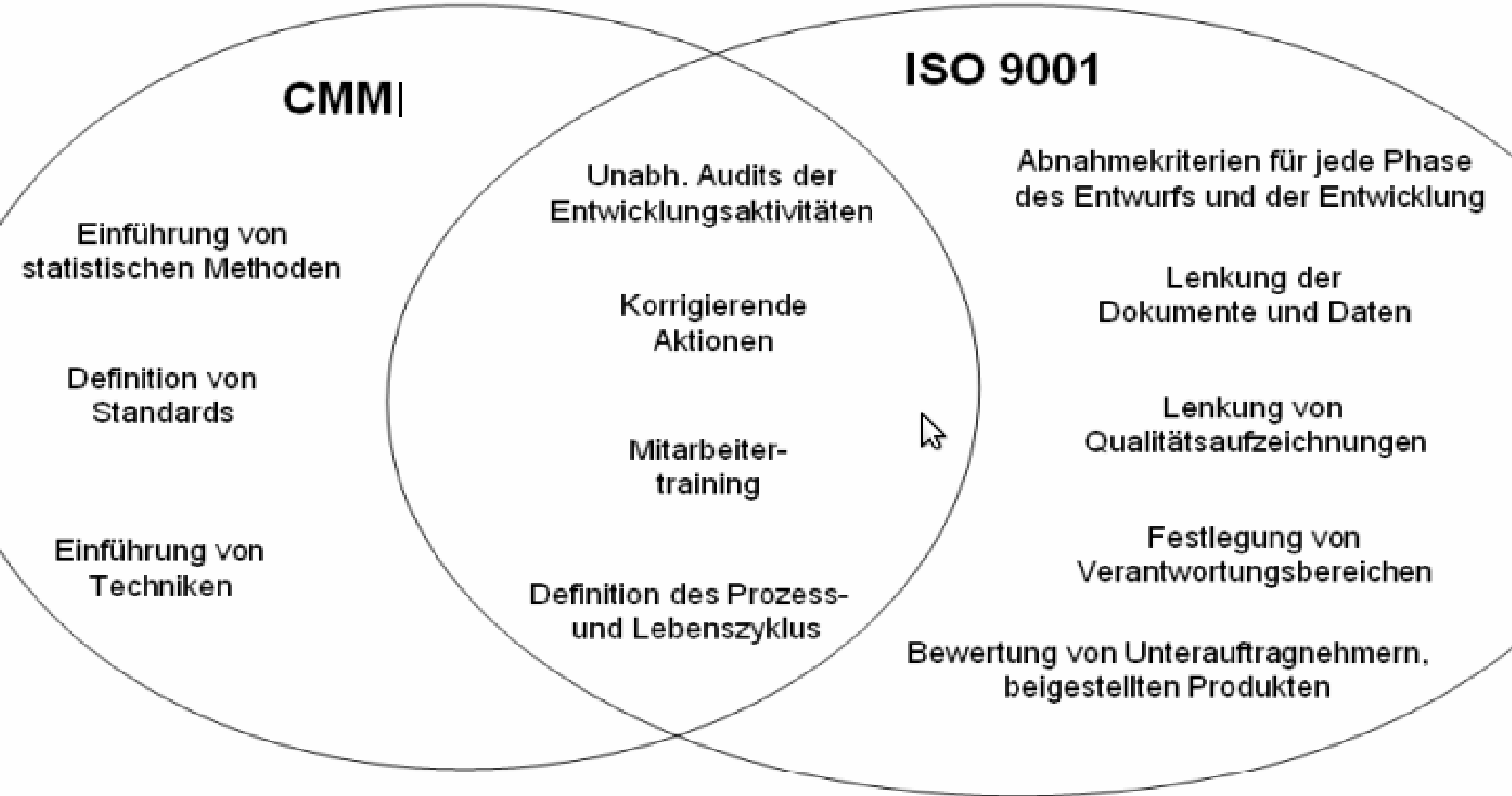
Diskussionsfrage: ISO 9001 vs. Produktqualität

- Kann man mit ISO 9001 Qualität eines Softwareprodukts zertifizieren ?
- **Antwort:**
 - Nein, ISO 9001-Zertifikat besagt nur, dass Qualitätsmanagement der Firma der ISO 9001 entspricht.

Wurzeln:

- Systematische **Prozessverbesserung** (Deming 1986).
- Prozessorientierte Software-Entwicklung (Humphrey 1989).
- Beurteilung des **Reifegrads** der Prozesse eines Software-Lieferanten.
- **Capability Maturity Model (CMM)** (Paulk et al. 1993).
- Modelle als Grundlage und Gerüst für Prozessverbesserung:
 - CMM.
 - SPICE – Software Process Improvement and Capability Determination (ISO/IEC 15504).
- CMM spezialisiert für Systeme, Leute, Beschaffung,...
- Entwicklung eines umfassenden, zuschneidbaren Rahmenmodells:
CMMI (Capability Maturity Model Integrated).

CMMI vs. ISO 9001



Ist CMM Stufe 3 erreicht, ist wahrscheinlich noch einiges zu tun, um ISO 9001 zu erreichen, da einige Bereiche durch CMM nicht abgedeckt werden.

Ist ISO 9001 erfüllt, dann gibt CMM zusätzlich Hilfestellung insbesondere auf den Gebieten der Technik, Prozessdefinition und Metriken.

In diesem Abschnitt:

- **Software-Fehler** können Menschen, Maschinen, Unternehmen etc. Schaden zufügen.
- „**Austesten**“ eines Programms in der Regel **nicht möglich**.
- **Software-Qualitätsmanagement** soll sicherstellen, dass
 - Produkt wenig Fehler hat.
- Es beinhaltet, dass
 - für Abläufe und Produkte Standards erstellt werden
 - bei diesen Abläufen auch Standards eingehalten werden.

- Mehr Informationen für einige der behandelten Begriffe; zum Nachlesen zu Hause.

Motte im Rechner Mark II verursacht Fehler in Relay Nr. 70, Panel F.

Mrs. Grace Murray Hopper beseitigt Fehler, dokumentiert im Log-Buch:
»First actual case of bug being found.«

- »offen«-sichtlicher Fehler.
- **Beseitigung ist einfach.**



9/9

0800 Antan started
1000 " stopped - antan ✓
13⁰⁰ (032) MP-MC ~~1.58264000~~ 2.130476415 (2) 4.615925059 (-2)
(033) PRO 2 2.130476415
concl 2.130676415
Relays 6-2 in 033 failed special speed test
in relay .. 11.000 test.

1100 Started Cosine Tape (Sine check)
1525 Started Multi Adder Test.

1545  Relay #70 Panel F
(moth) in relay.

First actual case of bug being found.

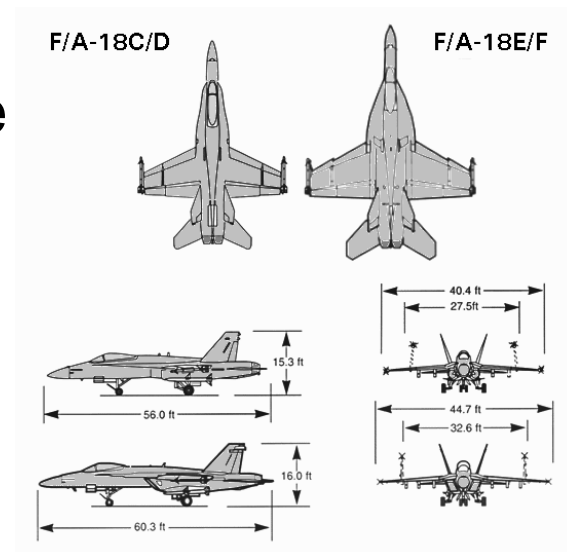
1630 Antan started.
1700 closed down.

<http://www.history.navy.mil/photos/pers-us/uspers-h/g-hoppr.htm>

F-18 am Äquator: Dokumentationsfehler

US Air Force, Programm zur Raketensteuerung

- Aus Speicherplatzmangel **keine Neuberechnung** der Flugkoordinaten.
- Nur **Änderung** des Vorzeichens.
- **Programm** unverändert in Autopiloten des Jäger F-18 **übernommen**.
- Beim Überflug des Äquator drehte sich Maschine auf den Kopf wie zuvor!
- **Glück im Unglück:** Man bemerkte dies im Simulator ...



September 2004: Drei Wochen Verspätung

Durch anhaltende Probleme mit der Computersoftware können die Arbeitsagenturen erst drei Wochen später als geplant die Antragsdaten für das Arbeitslosengeld II flächendeckend erfassen. Ursprünglich sollte das Programm schon ab 4. Oktober 2004 zur Verfügung stehen.

Mittlerweile haben sich die Bundesagentur für Arbeit (BA) und die Software-Entwickler der Telekom-Tochter T-Systems geeinigt: Das Programm soll stufenweise eingeführt werden. "Wir sind zurzeit in der Testphase, um Fehler zu ermitteln und zu beheben. Am 4. Oktober werden wir planmäßig starten und das System stufenweise hochfahren", sagte ein Sprecher von T-Systems im Gespräch mit **wdr.de** am Freitag (10.09.04). Das Computerprogramm werde Anfang Oktober in einigen Agenturen anlaufen, damit die BA Erfahrungen sammeln kann.



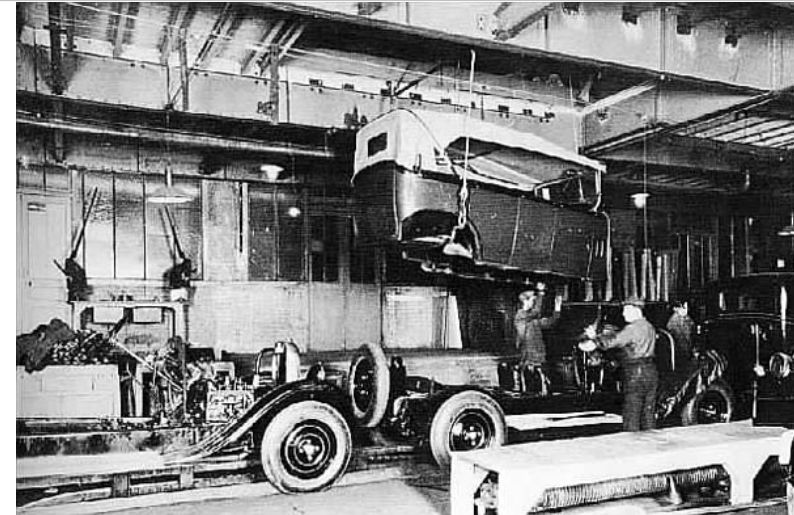
In einigen Agenturen wird das Programm getestet.

September 2005: Durch einen Fehler in der Software A2LL kommt es derzeit zu falschen Krankenkassen-Meldungen, teilt die Bundes-agentur für Arbeit (BA) mit. In mehreren hunderttausend Fällen seien Meldungen zur Krankenversicherung, also Anmeldungen, Abmeldungen, Veränderungsmitteilungen, von Arbeitslosengeld-II-Empfängern ohne Grund automatisch storniert worden.

<http://www.heise.de/newsticker/meldung/62595>

Automobil-Industrie vs. Softwaretest

- Eingangstest der Komponenten
(= **Komponententest**)
- Laufende Zwischenkontrollen
am Fließband (= **Integrationstest**)
- Realitätsnaher Einsatztest
(= **Systemtest**)
- Probefahrt des Kunden
(= **Abnahmetest**)
- Renneinsatz
(= **Performanztest**, Lasttest)
(Stabilität, Zuverlässigkeit, Robustheit)
- Crashtest (= **Stresstest**)



- Grad, in dem ein System, eine Komponente oder ein Prozess die Kundenerwartungen und -bedürfnisse erfüllt.
[nach IEEE 610: „Standard Glossary of Software Engineering Terminology“]
- Qualitätsanforderungen geben vor, welche **Qualitätsmerkmale** das Produkt in welcher **Güte** aufweisen soll (Qualitätsniveau).
- Gesamtheit aller Qualitätsmerkmale und deren geforderte Ausprägung.
- Qualitätsmerkmale beziehen sich auf Anforderungen:
 - **Funktionale Anforderungen**
(Fachlichkeit, Funktionen, Schnittstellen, ...).
 - **Nicht-funktionale Anforderungen**
(Qualitäts- und Realisierungsanforderungen, Projektspezifische Anforderungen, ...).

Vorhandensein von Funktionen mit festgelegten Eigenschaften. Diese Funktionen erfüllen die festgelegten oder vorausgesetzten Anforderungen.

Angemessenheit

- Merkmale von Software, die sich auf das Vorhandensein und die Eignung einer Menge von Funktionen für spezifizierte Aufgaben beziehen.
- Die Fähigkeit eines Softwareprodukts für spezifizierte Aufgaben und Ziel-setzungen der Benutzer einen geeigneten Satz Funktionen zu liefern.

Richtigkeit

- Merkmale von Software, die sich auf das Liefern der richtigen oder vereinbarten Ergebnisse oder Wirkungen beziehen.
- Die Fähigkeit eines Softwareprodukts, die richtigen oder vereinbarten Ergebnisse oder Wirkungen mit dem benötigten Grad an Genauigkeit zu liefern.

Interoperabilität

- Merkmale von Software, die sich auf ihre Eignung beziehen, mit vorgegebenen Systemen zusammenzuwirken.
- Die Fähigkeit eines Softwareprodukts, mit einer oder mehreren spezifizierten Komponenten zusammenzuwirken.

Ordnungsmäßigkeit

- Merkmale von Software, die bewirken, dass die Software anwendungsspezifische Normen oder Vereinbarungen oder gesetzliche Bestimmungen und ähnliche Vorschriften erfüllt.

Sicherheit

- Merkmale von Software, die sich auf ihre Eignung beziehen, unberechtigten Zugriff, sowohl versehentlich als auch vorsätzlich, auf Programme und Daten zu verhindern.
- Eigenschaften der Software, die sich auf die Fähigkeit beziehen, nicht autorisierte Zugriffe auf Programme oder Daten zu verhindern, unabhängig davon, ob diese versehentlich oder vorsätzlich erfolgen.

Merkmale, die sich auf die Fähigkeit der Software beziehen, ihr Leistungsniveau unter festgelegten Bedingungen über einen festgelegten Zeitraum zu bewahren.

Reife

- Merkmale von Software, die sich auf die Häufigkeit von Versagen durch Fehlzustände in der Software beziehen.
- Die Fähigkeit eines Softwareprodukts, Fehlerwirkungen aufgrund von Fehlerzuständen in der Software zu vermeiden.

Fehlertoleranz

- Merkmale von Software, die sich auf ihre Eignung beziehen, ein spezifiziertes Leistungsniveau bei Software-Fehlern oder Nicht-Einhaltung ihrer spezifizierten Schnittstelle zu bewahren.
- Die Fähigkeit eines Softwareprodukts, ein spezifiziertes Leistungsniveau auch bei Fehl-funktionen oder trotz Fehleingaben (z.B. falsche Bedienung) aufrecht zu erhalten.

Wiederherstellbarkeit

- Merkmale von Software, die sich beziehen auf die Möglichkeit, bei einem Versagen ihr Leistungsniveau wiederherzustellen und die direkt betroffenen Daten wiederzugewinnen und auf die dafür benötigte Zeit und den benötigten Aufwand.
- Die Fähigkeit eines Softwareprodukts, bei einer Fehlerwirkung das spezifizierte Leistungsniveau des Systems wiederherzustellen und die direkt betroffenen Daten wiederzugewinnen.

Äußeres Qualitätsmerkmal

Benutzbarkeit

Merkmale, die sich auf den zur Benutzung erforderlichen Aufwand beziehen, und auf die individuelle Bewertung einer solchen Benutzung durch eine festgelegte oder vorausgesetzte Gruppe von Benutzern.

Verständlichkeit

- Merkmale von Software, die sich auf den Aufwand für den Benutzer beziehen, das Konzept und die Anwendung zu verstehen.
- Die Fähigkeit eines Softwareprodukts, den Benutzer in die Lage zu versetzen zu verstehen, ob die Software geeignet ist, und wie sie für eine bestimmte Aufgabe und Benutzungsbedingungen brauchbar ist.

Erlernbarkeit

- Merkmale von Software, die sich auf den Aufwand für den Benutzer beziehen, die Anwendung zu erlernen.
- Die Fähigkeit eines Softwareprodukts, einem Benutzer das Erlernen der Anwendung leicht zu machen.

Bedienbarkeit

- Merkmale von Software, die sich auf den Aufwand für den Benutzer bei der Bedienung und Ablaufsteuerung beziehen.

Merkmale, die sich auf das Verhältnis zwischen dem Leistungsniveau der Software und dem Umfang der eingesetzten Betriebsmittel unter festgelegten Bedingungen beziehen.

- **Zeitverhalten**

Merkmale von Software, die sich beziehen auf die Antwort- und Verarbeitungszeiten und auf den Durchsatz bei der Ausführung ihrer Funktionen.

- **Verbrauchsverhalten**

Merkmale von Software, die sich darauf beziehen, wie viele Betriebsmittel bei der Erfüllung ihrer Funktionen benötigt werden und wie lange.

Merkmale, die sich auf den Aufwand für Durchführung vorgegebener Änderungen beziehen.

Analysierbarkeit

- Merkmale von Software, die sich auf den Aufwand beziehen, der notwendig ist, um Mängel oder Ursachen von Versagen zu diagnostizieren oder um änderungsbedürftige Teile zu bestimmen.
- Die Fähigkeit eines Softwareprodukts, die Diagnose von Mängeln oder Ursachen von Fehlerwirkungen zu ermöglichen oder änderungsbedürftige Teile zu bestimmen.

Modifizierbarkeit

- Merkmale von Software, die sich auf den Aufwand beziehen, der zur Ausführung von Verbesserungen, zur Fehlerbeseitigung oder zur Anpassung an Umgebungsänderungen notwendig ist.
- Die Fähigkeit eines Softwareprodukts, die Durchführung spezifizierter Änderungen zu ermöglichen.

Stabilität

- Merkmale von Software bezüglich des Risikos unerwarteter Wirkungen von Änderungen.
- Fähigkeit eines Softwareprodukts, unerwartete Auswirkungen von Änderungen zu vermeiden.

Testbarkeit

- Merkmale von Software, die sich auf den Aufwand beziehen, der zum Testen der geänderten Software notwendig ist.
- Die Fähigkeit eines Softwareprodukts für einen Test nach einer Änderung.

Merkmale, die sich auf die Eignung der Software beziehen, von einer Umgebung in eine andere übertragen zu werden.

Anpassbarkeit

- Merkmale von Software, die sich auf die Möglichkeit beziehen, sie an verschiedene festgelegte Umgebungen anzupassen, wenn nur Schritte unternommen oder Mittel eingesetzt werden, die für diesen Zweck für die betrachtete Software vorgesehen sind.
- Die Fähigkeit eines Softwareprodukts, dass sie auf verschiedene Laufzeitumgebungen angepasst werden kann und dabei nur die Anpassungen vorzunehmen sind, die genau diesem Zweck dienen.

Installierbarkeit

- Merkmale von Software, die sich auf den Aufwand beziehen, der zur Installierung der Software in einer festgelegten Umgebung notwendig ist.
- Die Fähigkeit eines Softwareprodukts, in einer spezifizierten Umgebung installierbar zu sein.

Konformität

- Merkmale von Software, die bewirken, dass die Software Normen oder Vereinbarungen zur Übertragbarkeit erfüllt.
- Die Fähigkeit eines Softwareprodukts, anwendungsspezifische Normen oder Vereinbarungen oder gesetzliche Bestimmungen und ähnliche Vorschriften zu erfüllen.

Austauschbarkeit

- Merkmale von Software, die sich beziehen auf die Möglichkeit, diese anstelle einer spezifizierten anderen Software in der Umgebung jener Software zu verwenden, und auf den dafür notwendigen Aufwand.
- Die Fähigkeit eines Softwareprodukts an Stelle einer anderen spezifizierten Software zum selben Zweck in der gleichen Umgebung genutzt zu werden.

- Nicht alle **Qualitätsmerkmale** lassen sich gleichzeitig gleich gut erfüllen.
- **Qualitätsplan** sollte für zu entwickelnde Software wichtigste Qualitätsmerkmale herausstellen.
- Prioritäten festlegen:
 - In engster Absprache mit Auftraggebern und Anwendern.
 - **Qualitätsanforderungen:** Bestandteil der **nicht-funktionalen Anforderungen** im Pflichtenheft.
- Qualitätsplan sollte vorgeben, wie **Qualitätsbewertung** der Software ablaufen soll.

Qualitätslenkung: Konstruktive Maßnahmen

- **Fehlerverhindernde** / fehlervermeidende Prozesse definieren.
- Prüf- und **Korrekturverfahren** in Prozesse integrieren.
- Prüfergebnisse zur Verbesserung des Prozesses verwenden.
- Keine systematische, ingenieurmäßige Vorgehensweise, welche Erreichung gegebener Qualitätsanforderungen garantiert.
- Konstruktive Maßnahmen, um generelles **Qualitätsniveau** zu heben.
- **Rigoreuse Qualitätsprüfung** (und Behebung der festgestellten Mängel):
 - Mittel zur Sicherstellung konkreter Qualitätsanforderungen an Software, während aller Phasen der Entwicklung.

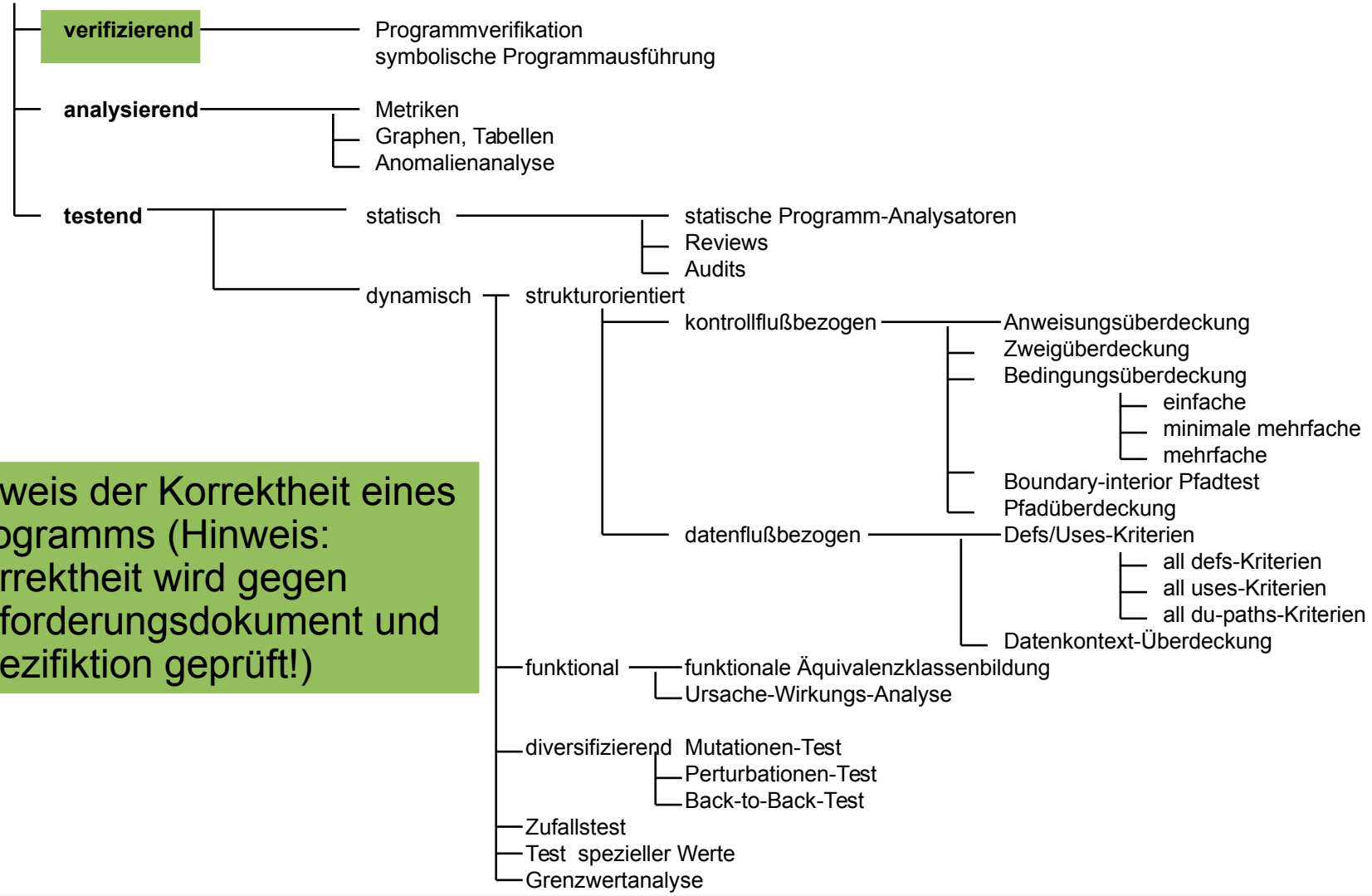


- Gruppe von **Qualitätsprüfern** prüft teilweise oder ganz Softwaresystem und dazugehörige Dokumentation.
- Code, Entwurf, Spezifikationen, Testentwürfe, Standards, etc. können überprüft werden.
- Um fortzufahren Software oder Dokumente als freigegeben markieren.
- Drei verschiedene Prüfungen mit verschiedenen Zielen:
 - Inspektion zur **Mängelbeseitigung** (Produkt).
 - Prüfung der **Fortschrittsbewertung** (Produkt / Abläufe).
 - Prüfung der **Qualität** (Produkt / Standards).



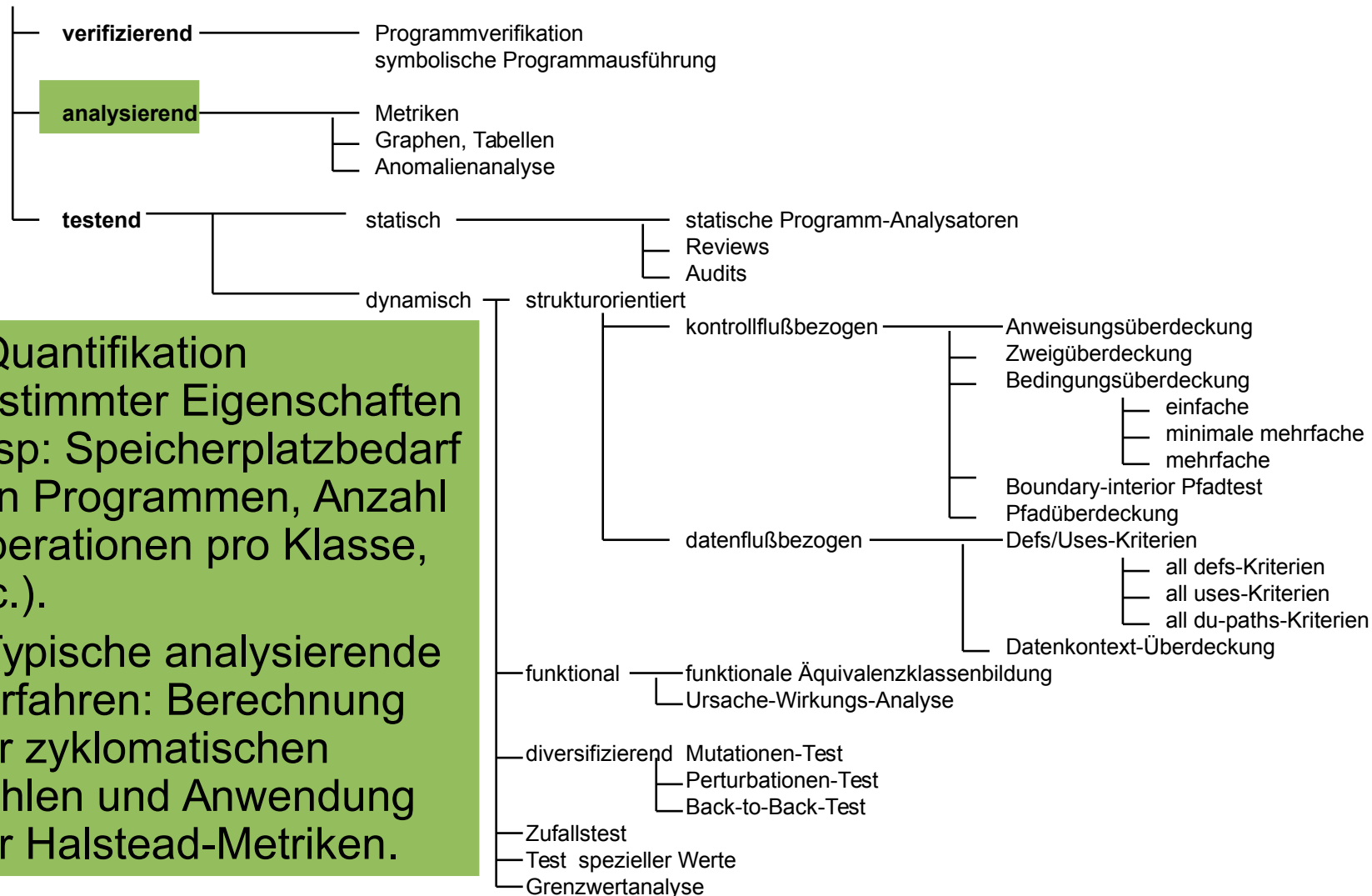


Übersicht Prüfverfahren:



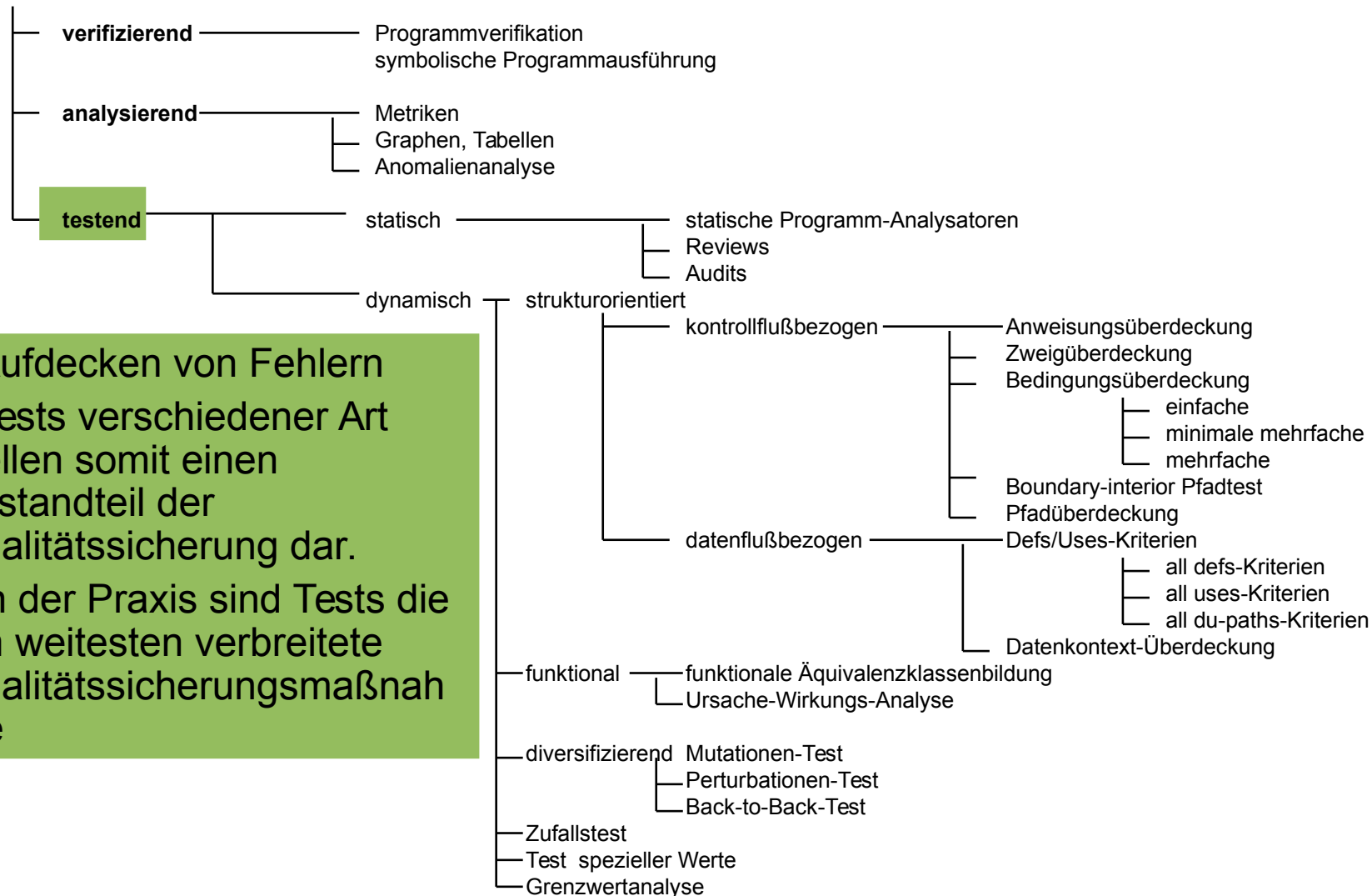
Beweis der Korrektheit eines Programms (Hinweis: Korrektheit wird gegen Anforderungsdokument und Spezifikation geprüft!)

Übersicht Prüfverfahren



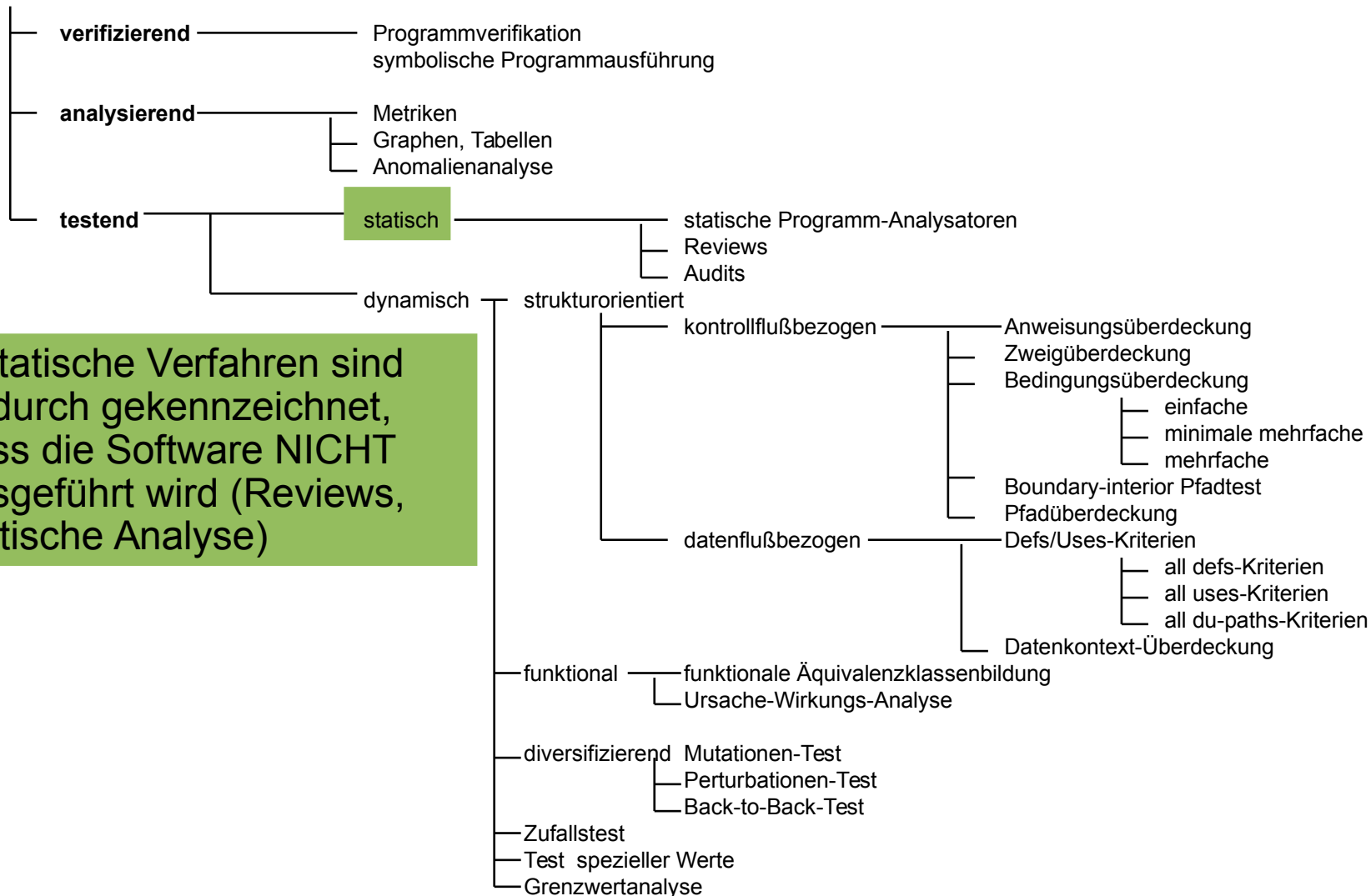
- Quantifikation bestimmter Eigenschaften (Bsp: Speicherplatzbedarf von Programmen, Anzahl Operationen pro Klasse, etc.).
- Typische analysierende Verfahren: Berechnung der zyklomatischen Zahlen und Anwendung der Halstead-Metriken.

Übersicht Prüfverfahren:



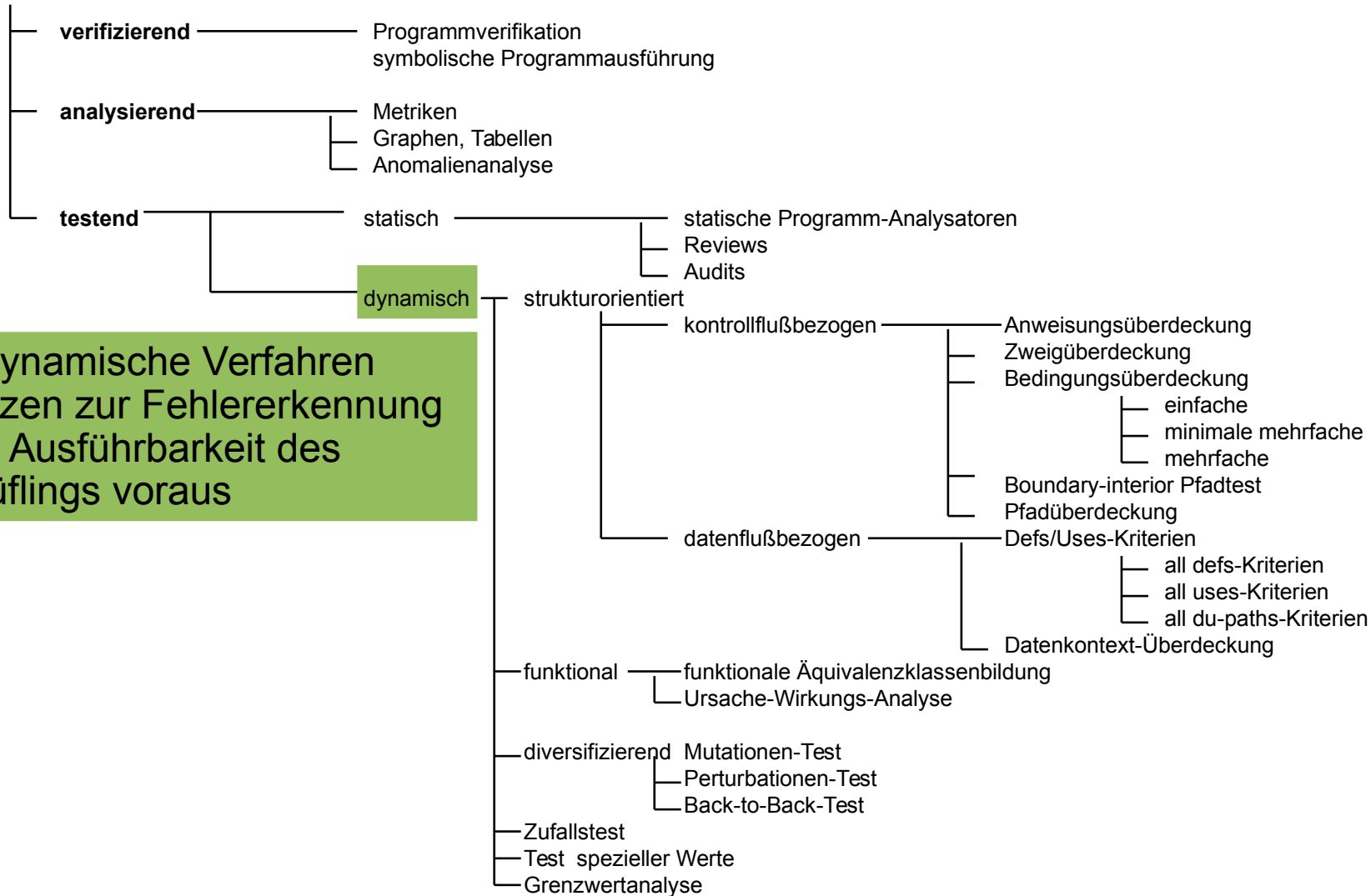
- Aufdecken von Fehlern
- Tests verschiedener Art stellen somit einen Bestandteil der Qualitätssicherung dar.
- In der Praxis sind Tests die am weitesten verbreitete Qualitätssicherungsmaßnahme

Übersicht Prüfverfahren:



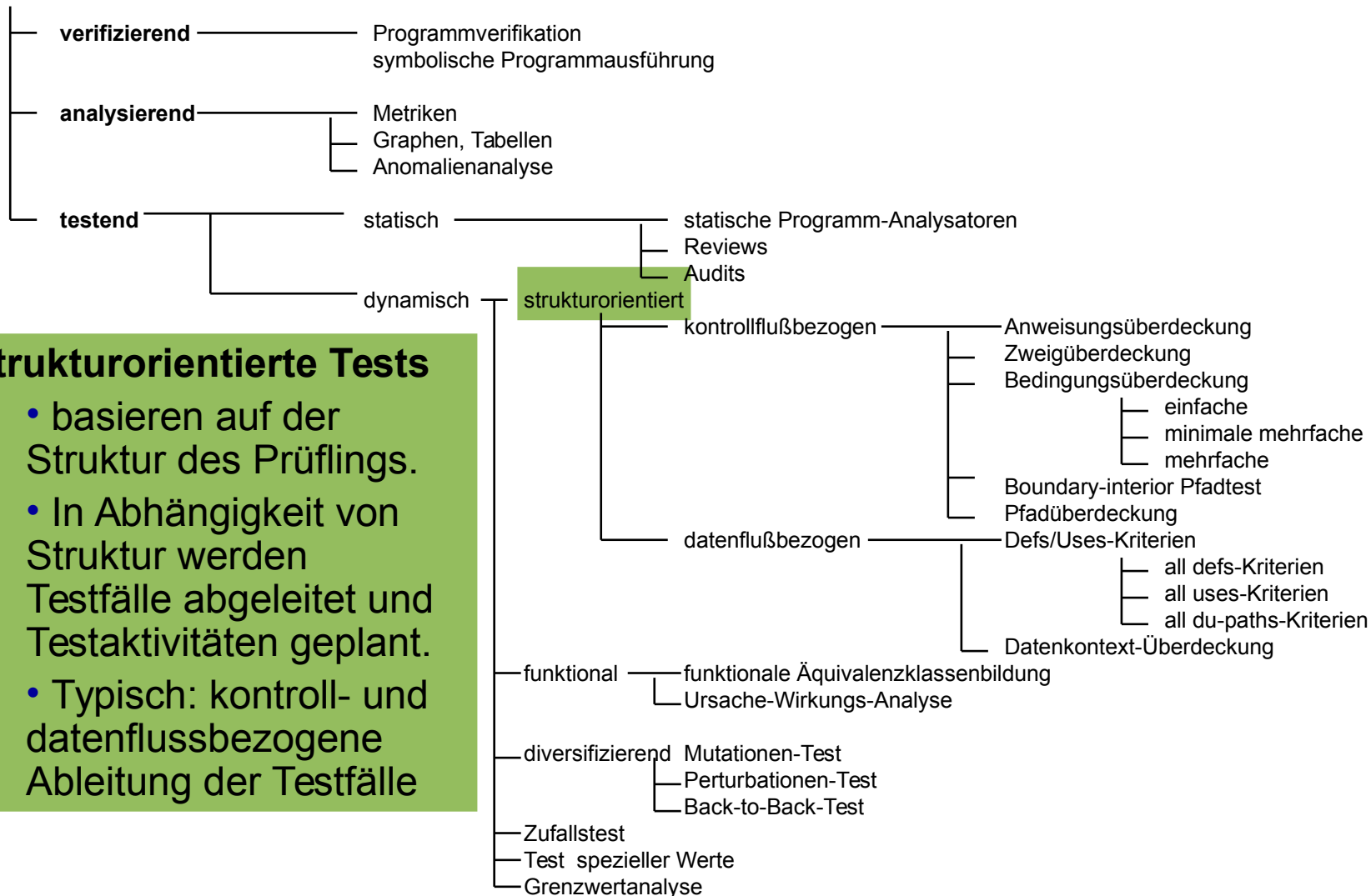
• Statische Verfahren sind dadurch gekennzeichnet, dass die Software NICHT ausgeführt wird (Reviews, statische Analyse)

Übersicht Prüfverfahren:



• Dynamische Verfahren setzen zur Fehlererkennung die Ausführbarkeit des Prüflings voraus

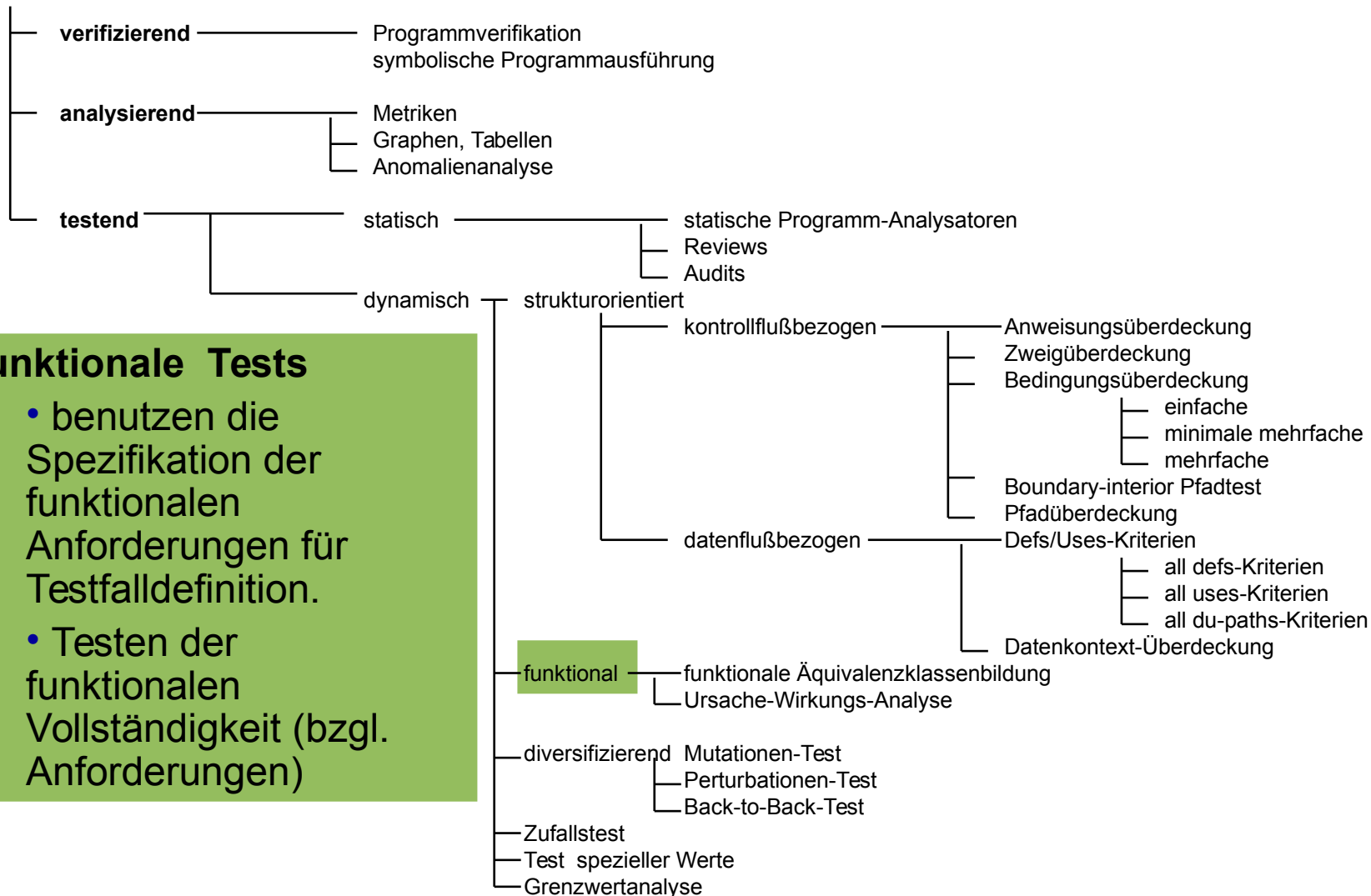
Übersicht Prüfverfahren:



• strukturorientierte Tests

- basieren auf der Struktur des Prüflings.
- In Abhängigkeit von Struktur werden Testfälle abgeleitet und Testaktivitäten geplant.
- Typisch: kontroll- und datenflussbezogene Ableitung der Testfälle

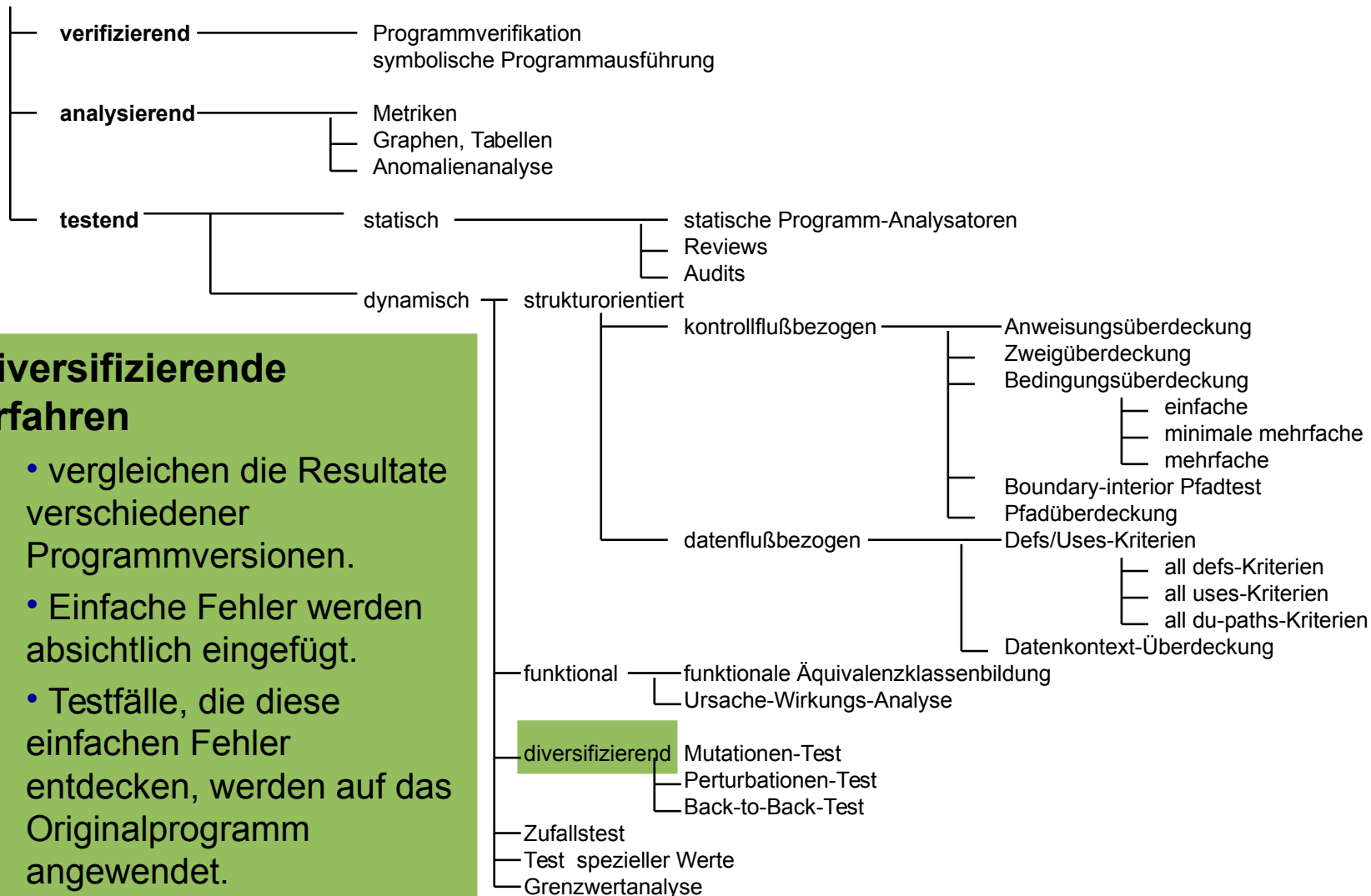
Übersicht Prüfverfahren:



• funktionale Tests

- benutzen die Spezifikation der funktionalen Anforderungen für Testfalldefinition.
- Testen der funktionalen Vollständigkeit (bzgl. Anforderungen)

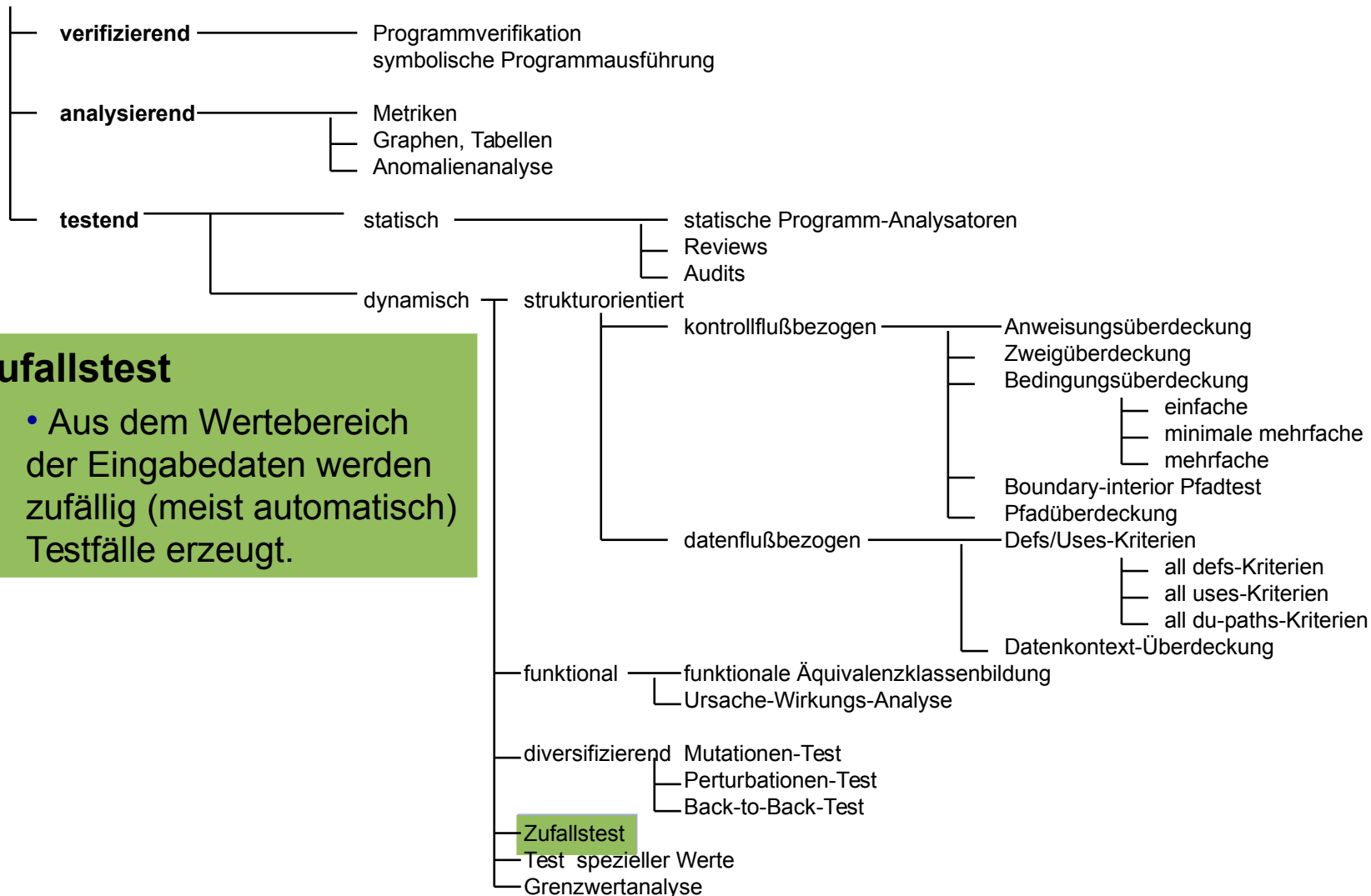
Übersicht Prüfverfahren:



diversifizierende Verfahren

- vergleichen die Resultate verschiedener Programmversionen.
- Einfache Fehler werden absichtlich eingefügt.
- Testfälle, die diese einfachen Fehler entdecken, werden auf das Originalprogramm angewendet.

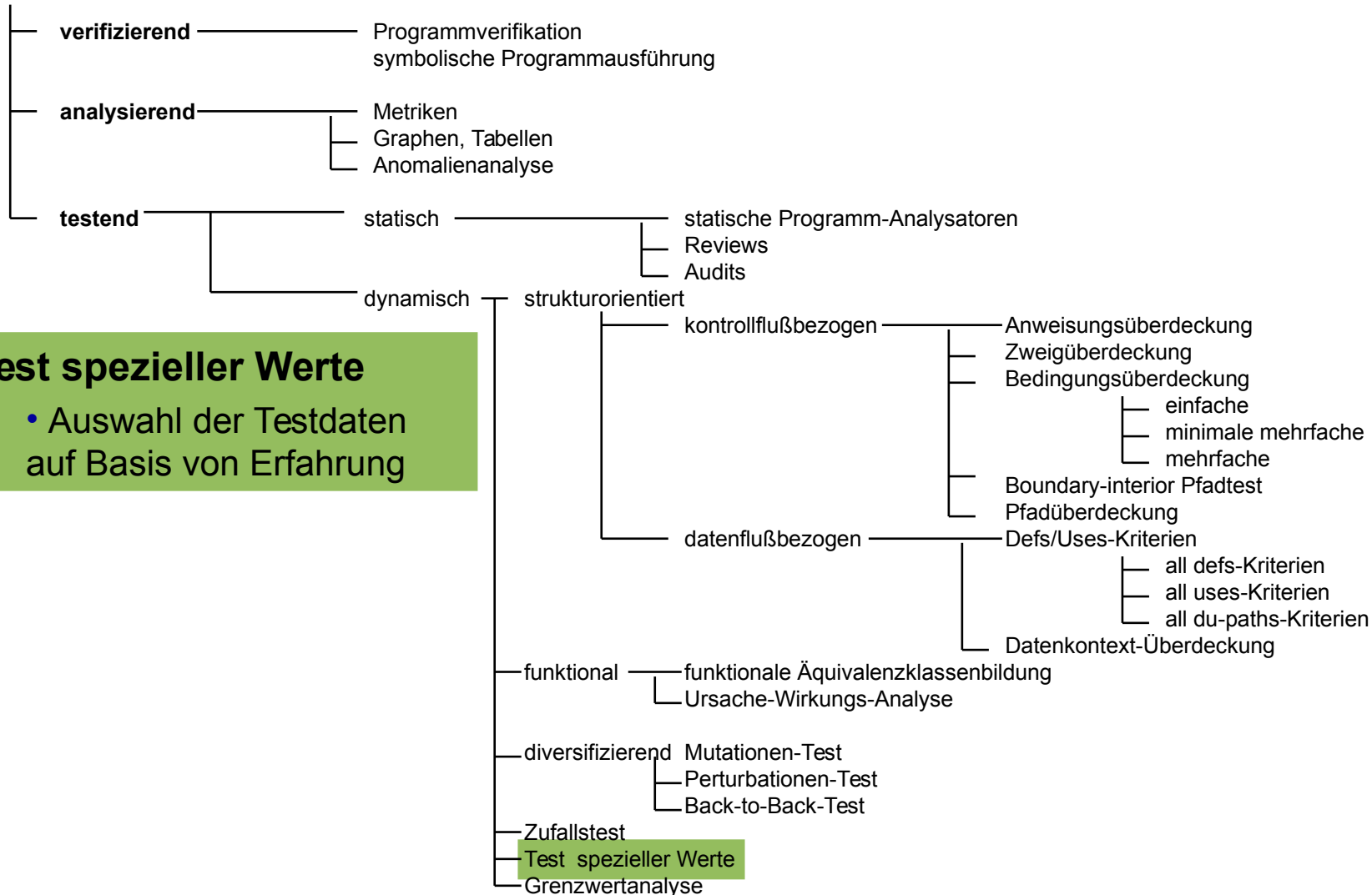
Übersicht Prüfverfahren:



• Zufallstest

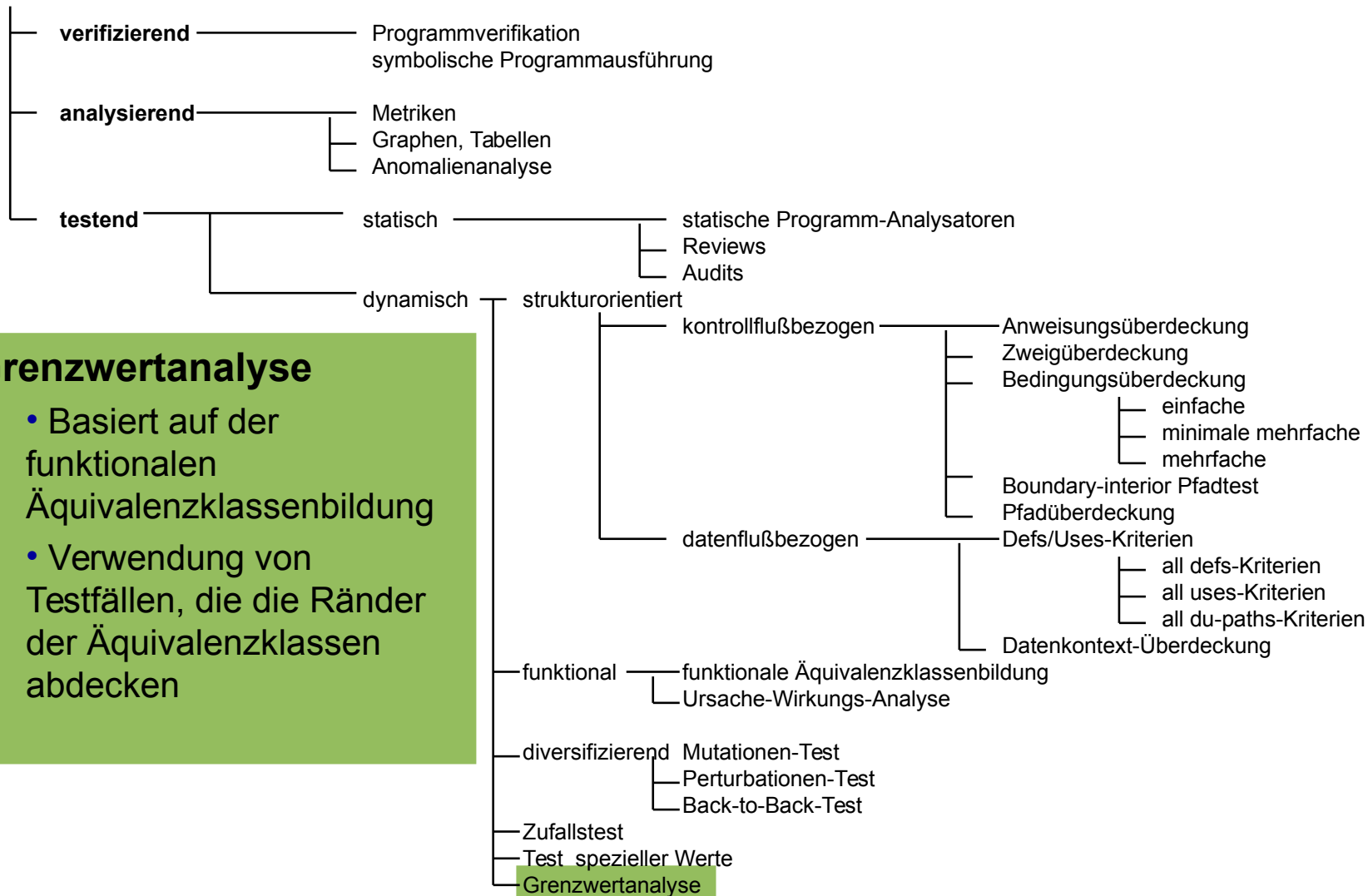
- Aus dem Wertebereich der Eingabedaten werden zufällig (meist automatisch) Testfälle erzeugt.

Übersicht Prüfverfahren:



- **Test spezieller Werte**
 - Auswahl der Testdaten auf Basis von Erfahrung

Übersicht Prüfverfahren:



• Grenzwertanalyse

- Basiert auf der funktionalen Äquivalenzklassenbildung
- Verwendung von Testfällen, die die Ränder der Äquivalenzklassen abdecken

- Legt **Mindestanforderungen** an Qualitätsmanagementsystem fest, die Organisation erfüllen muss.
- Um Produkte und Dienstleistungen bereitstellen zu können, die **Kundenerwartungen** und behördliche Anforderungen erfüllen.
- ISO 9001 wird insbesondere herangezogen, um Softwareprodukte entwerfen, entwickeln und pflegen.
 - Beschreibung von allgemeinen **Qualitätsmerkmalen** und Qualität von Abläufen.
 - Darlegung von organisatorischen und prozeduralen Normen, die definiert und in einem **Qualitätshandbuch** niedergeschrieben werden sollten.

- **Beschreibt Modelle** zur Darlegung der Qualitätssicherung in Entwicklung, Produktion, Montage und Kundendienst.
- Legt
 - kein **Vorgehensmodell** (Phasenmodell) fest.
 - einmalig oder periodisch im Unternehmen durchzuführende und pro Projekt durchzuführende **Maßnahmen** fest.
- Verlangt
 - **Darlegung** der Phasen, Ergebnisse und der jeweiligen Qualitätssicherungsmaßnahmen (Verifizierung).
 - Maßnahmen zur Dokumentation der Projektabläufe.
- **Erfüllung der Vorgaben** durch Audits unabhängiger Zertifizierungsstelle.
- Regelmäßige **Überwachungs- bzw. Wiederholungsaudits**.
- ISO IEC 90003 (früher ISO 9000-3):
 - Richtlinie für Anwendung von ISO 9001 auf Entwicklung und Wartung von Software.

Produktentwicklungs- prozess

Geschäfts-
Akquisition

Design und
Entwicklung

Test

Produktion
und Auslieferung

Service und
Support

Unterstützende Prozesse

Unternehmens-
Management

Einkaufs-
Management

Inventur-
Management

Konfigurations-
Management