



Vorlesung Softwaretechnik I (SS 2024)

7. Aufwands- und Kostenschätzung

Prof. Dr. Jens Grabowski

Tel. 39 172022

grabowski@informatik.uni-goettingen.de



Inhalt

- Einführung
- Intuitive Schätzverfahren
 - Einfache Expertenschätzung
 - Analogieschätzung
 - Delphi Methode
 - Drei-Punkt-Schätzung
- Algorithmische Schätzverfahren
 - Function-Point-Verfahren
 - COCOMO II
- Lernziele



Einführung - Machbarkeitsstudie

- Prüfung auf
 - **ökonomische** Durchführbarkeit
 - **fachliche** Durchführbarkeit und
 - **personelle** Durchführbarkeitfür verschiedene Realisierungsalternativen (Risikoabschätzung).

- Zu unterscheiden: Produktion von Software für
 - **konkreten Auftraggeber:**
 - Es ist „nur“ zu klären, was der Auftraggeber genau will.
 - **anonymen Markt:**
 - Bedarf und Rentabilität muss auf der Basis von Trendstudien, Marktanalysen etc. durchgeführt werden.



Einführung – Bestandteile einer Machbarkeitsstudie

- Lastenheft

- ☐ Führt alle fachlichen Anforderungen grob auf, die Software aus Sicht des Auftraggebers erfüllen soll (es wird bei klassischer Vorgehensweise nicht festgelegt, wie sich die Anforderungen realisieren lassen).

- Projektkalkulation

- ☐ Der Umfang des gewünschten Software-Produktes wird geschätzt und es werden daraus die Entwicklungskosten abgeleitet.

- Projektplan

- ☐ Zeitplan für die Durchführung des Projektes mit Unterteilung in Phasen und Festlegung von Phasenergebnissen und Phasenverantwortlichen.



Einführung – Allgemeine Fragen

- Fragen:

- ☐ Wie lange wird eine Entwicklung dauern?
- ☐ Wie viele Leute werden benötigt?

- Beantwortung dieser Fragen ist notwendig für:

- ☐ Kalkulation und Angebotserstellung (Teil der Machbarkeitsstudie)
- ☐ Planung von Personal und (mittelfristige) Organisationsstruktur
- ☐ Vorbereitung einer Entscheidung „make or buy“
- ☐ (spätere) Nachkalkulation

Einführung – Beispiele für Fehlschätzungen

■ Fehlschätzungen Beispiele

□ Opernhaus Sydney

- Gesamtkosten 102 Mio Aus-\$
(statt 7 Mio Aus-\$)
- Baubeginn: 1959, Eröffnung: 1973
(statt wie geplant 1965)

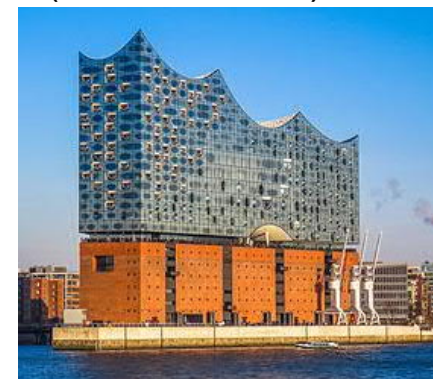


□ Grimmsches Wörterbuch (Deutsches Wörterbuch)

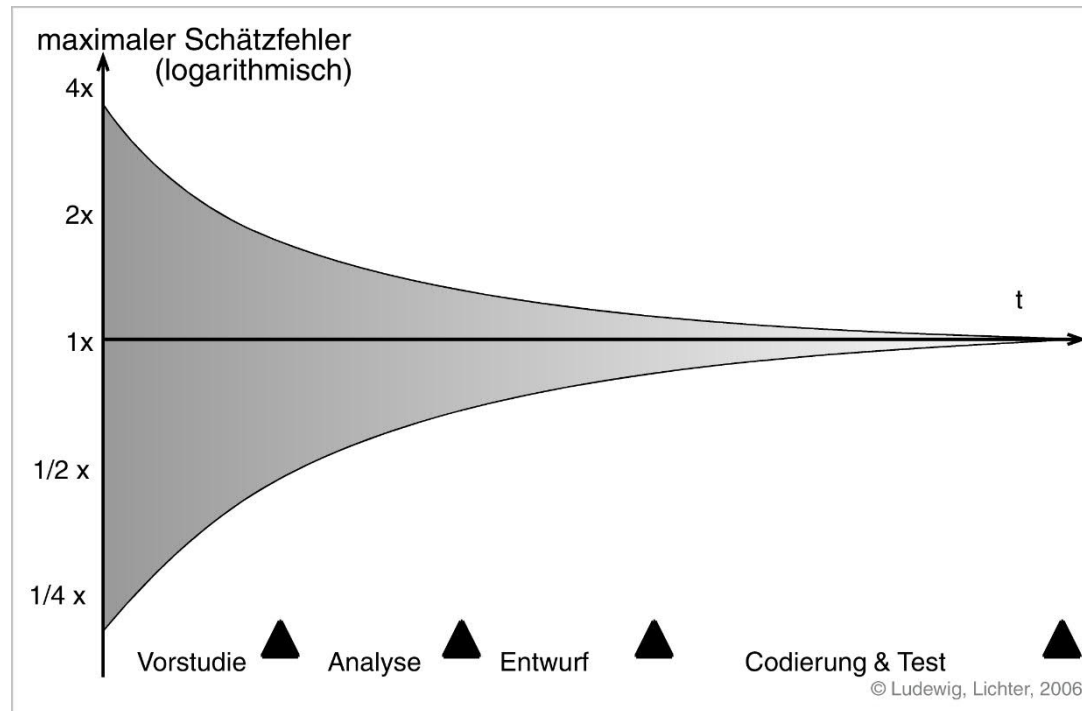
- Begonnen: 1838, Vollendet: 1960 (122 Jahre später)
- Geschätzte Zeit für Vollendung (ca. 10 Jahre)
- Wilhelm Grimm starb 1859, Jacob Grimm starb 1863 (Buchstabe: F)

□ Elbphilharmonie Hamburg

- Gesamtkosten (öffentliche Hand): 789 Mio Euro
(statt 77 Mio Euro)
- Baubeginn: 2007, Eröffnung: 2017 (statt 2010)
- Platz 12 der teuersten Gebäude der Welt (2016)



Einführung – Genauigkeit beim Schätzen



- Abnehmende Unsicherheit im Projektverlauf.
- Kleine Einheiten leichter zu schätzen als große.
- Schätzungen müssen regelmäßig wiederholt werden.



Inhalt

- Einführung
- Intuitive Schätzverfahren
 - **Einfache Expertenschätzung**
 - Analogieschätzung
 - Delphi Methode
 - Drei-Punkt-Schätzung
- Algorithmische Schätzverfahren
 - Function-Point-Verfahren
 - COCOMO II
- Lernziele



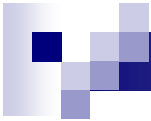
Intuitive Schätzverfahren – Einfache Expertenschätzung

- Verfahren: „Man fragt die erfahrensten Mitarbeiter!“
- Das am häufigsten eingesetzte Verfahren.
- Meist unsystematisch eingesetzt, sodass eine präzise Dokumentation der Daten und Schlussfolgerungen fehlt.
- Bei jeder (Experten-)Schätzung sollten daher Zeitpunkte, Voraussetzungen und Risiken nachvollziehbar dokumentiert werden.
- Schlüssel zum Erfolg:
 - Auswahl der am besten geeigneten Personen (Experten) für die Schätzung.



Inhalt


- Einführung
- **Intuitive Schätzverfahren**
 - Einfache Expertenschätzung
 - **Analogieschätzung**
 - Delphi Methode
 - Drei-Punkt-Schätzung
- Algorithmische Schätzverfahren
 - Function-Point-Verfahren
 - COCOMO II
- Lernziele



Intuitive Schätzverfahren – Analogieschätzung

- Über den geschätzter Aufwand für eine Phase (eine Tätigkeit) wird auf die Aufwendungen für alle Phasen (ein Arbeitspaket) geschlossen.

Phase/Tätigkeit	Aufwandsverteilung	Geschätzte Aufwendungen
	in % (Erfahrung)	in Personentage
Studie	6	53
Systementwurf	15	133
Programmentwurf	23	204
Kodierung/Modultest	35	310
Systemintegration/-test	21	186
Summe	100	858



Intuitive Schätzverfahren – Analogieschätzung

- Voraussetzungen für Analogieschätzung
 - Die Ziele des Projektes müssen definiert sein.
 - Das Unternehmen muss eine (aktuelle) Datenbank von abgeschlossenen Projekten führen.
 - Verwendeten Technologien und Infrastrukturen müssen für die Schätzung übereinstimmen.

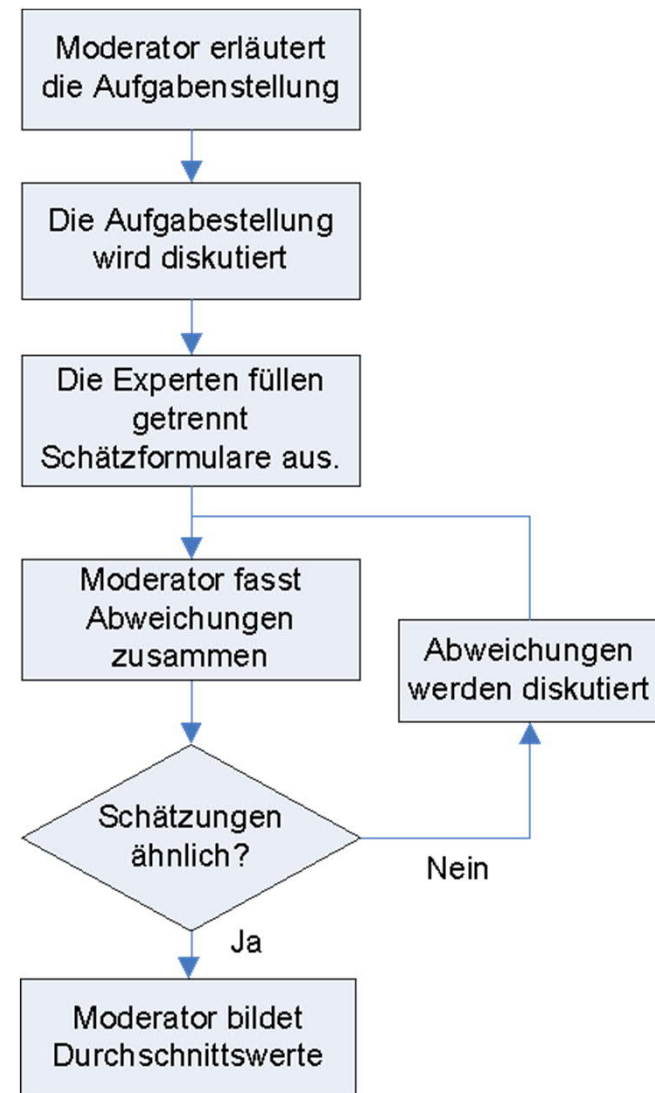


Inhalt

- Einführung
- Intuitive Schätzverfahren
 - Einfache Expertenschätzung
 - Analogieschätzung
 - **Delphi Methode**
 - Drei-Punkt-Schätzung
- Algorithmische Schätzverfahren
 - Function-Point-Verfahren
 - COCOMO II
- Lernziele

Intuitive Schätzverfahren – Delphi-Methode

- In den Sechziger-Jahren von der RAND Corporation entwickelt.
- Später dann verfeinert (Breitband-Delphimethode in der Grafik).
- Experten werden in einer moderierten Sitzung unabhängig voneinander befragt.
- Rückkopplung:
 - Ergebnisse der Befragung werden den Experten anonymisiert vorgestellt.
 - Experten können ihre Schätzungen begründen oder ggf. Abweichungen korrigieren.
- Gesamtergebnis
 - Mittelwert der Einzelschätzungen.
- Projektleiter muss die Schätzung akzeptieren oder nicht. Projektverantwortung bleibt beim Projektleiter.





Inhalt

- Einführung
- Intuitive Schätzverfahren
 - Einfache Expertenschätzung
 - Analogieschätzung
 - Delphi Methode
 - **Drei-Punkt-Schätzung**
- Algorithmische Schätzverfahren
 - Function-Point-Verfahren
 - COCOMO II
- Lernziele



Intuitive Schätzverfahren – Drei-Punkt Schätzung

- Beispiel für informelle Expertenschätzung.
- Für kleinere Projekte oder Teilaufgaben für die die Delphi-Methode zu aufwendig ist.
- Experten werden nach drei Schätzwerten gefragt:
 - Optimistische Schätzung (OS)
 - Realistische Schätzung (RS)
 - Pessimistische Schätzung (PS)
- Basierend auf diesen drei Werten werden der Schätzwert sowie die Unsicherheit der Schätzung ermittelt.

Intuitive Schätzverfahren – Drei-Punkt Schätzung

- Formeln:

$$\text{Gewichteter Schätzwert} = \frac{OS + 4 * RS + PS}{6}$$

$$\text{Standardabweichung}^* = \frac{PS - OS}{6}$$

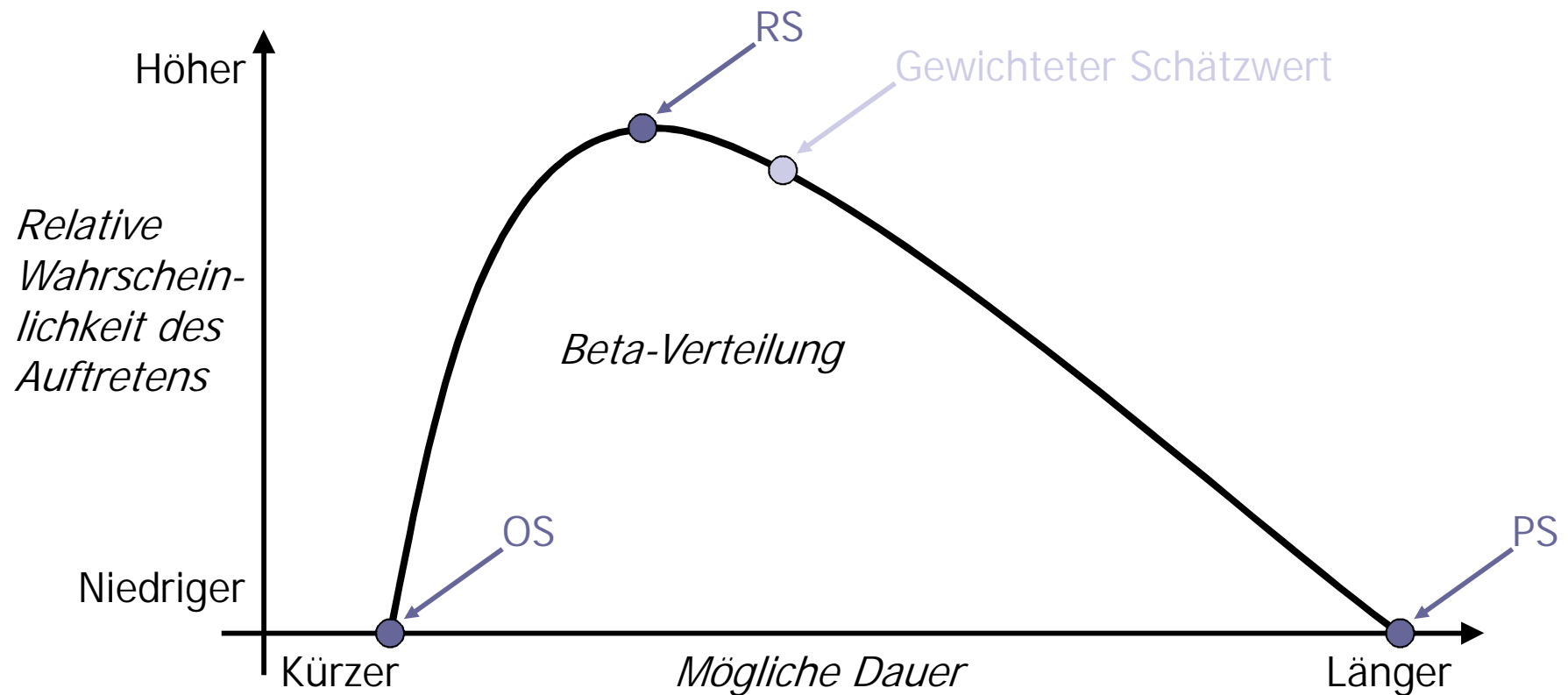
*für jeden Schätzwert

$$\text{Gesamtunsicherheit} = \sqrt{\sum (\text{Standardabweichung})^2}$$

- Formeln basieren auf

- ☐ Statistischen Erfahrungswerten
- ☐ Programm Evaluation and Review Technique (PERT)
 - PERT ist eine ereignisorientierte Netzplantechnik. Zeit in der ein Vorgang stattfinden kann wird über eine Beta-Wahrscheinlichkeitsverteilung modelliert.

Intuitive Schätzverfahren – Drei-Punkt Schätzung





Inhalt

- Einführung
- Intuitive Schätzverfahren
 - Einfache Expertenschätzung
 - Analogieschätzung
 - Delphi Methode
 - Drei-Punkt-Schätzung
- **Algorithmische Schätzverfahren**
 - **Function-Point-Verfahren**
 - COCOMO II
- Lernziele

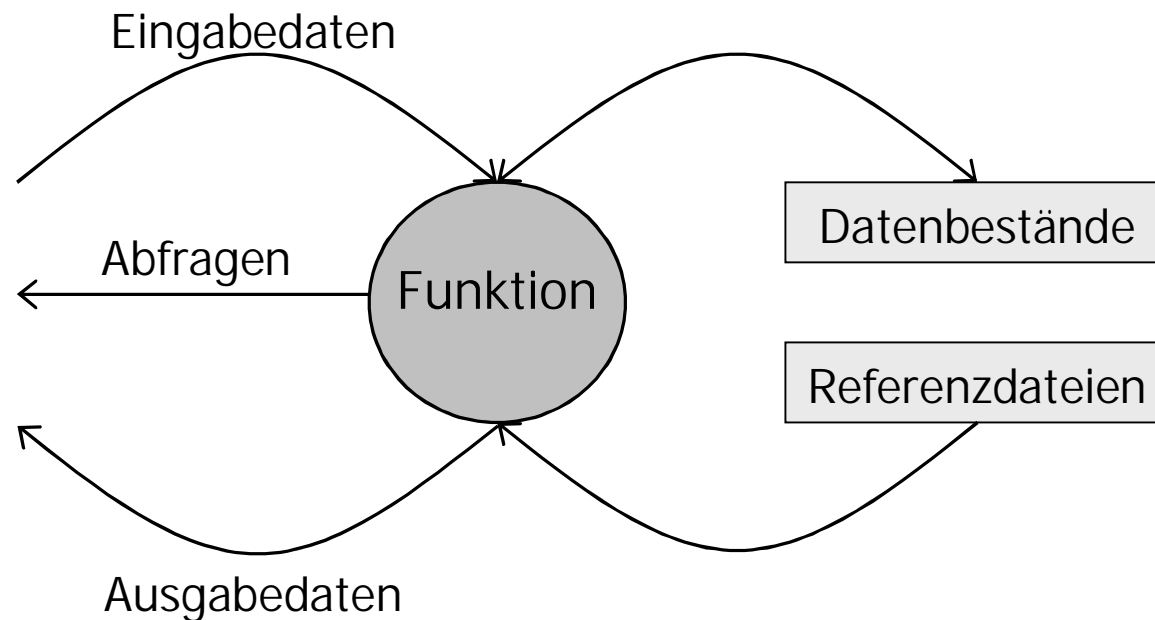


Algorithmische Schätzverfahren – Function-Point-Verfahren

- Verfahren wurde 1979 von A. Albrecht (IBM) veröffentlicht. Verfahren wurde dann von verschiedenen Autoren weiterentwickelt.
- Basiert nicht auf einer Schätzung der Lines of Code. Betrachtet die Software aus der Sicht des Benutzers, d.h. die Anforderungen.
- Vorgehen
 - Anforderungen identifizieren/klassifizieren
 - Funktionspunkte vergeben
 - Funktionspunkte justieren
 - Funktionspunkte in Aufwand umwandeln

Algorithmische Schätzverfahren – Function-Point-Verfahren

- Anforderungen identifizieren/klassifizieren





Algorithmische Schätzverfahren – Function-Point-Verfahren

- Anforderungen identifizieren/klassifizieren

Kategorie	Beispiel
Eingabedaten	Benutzereingaben, Daten anderer Anwendungen
Ausgabedaten (Ausgaben)	Fehlerdialog, Bedienungshinweise, Druckausgaben
Abfragen	Suchanfrage
Referenzdateien	Konfigurationsdateien, Read-Only-Dateien
Datenbestände	Anwenderdateien

- Eingabedaten, Ausgabedaten und Abfragen werden an Hand der Anforderungen (Funktionen im Lastenheft) gezählt. Daten, die mehrfach vorkommen, werden mehrfach gezählt. Bei Datenbeständen werden logische Dateien bzw. logische Datengruppen in Datenbanken gezählt (Produktdaten im Lastenheft).



Algorithmische Schätzverfahren – Function-Point-Verfahren

- Anforderungen identifizieren/klassifizieren (cont.)
 - Jede Eingabe, Ausgabe, Anfrage, Datum wird als „einfach“, „mittel“ oder „komplex“ bewertet.
 - Beispiel: Gewichtungskriterien für Ausgabedaten:

Kriterium	einfach	mittel	komplex
Anzahl Spalte	1-6	7-15	>15
Unterschiedliche Datenelemente	1-5	6-10	>10
Gruppenwechsel (logische Abfolge der Ausgabe von Listenelementen)	1	2-3	>3
Datenelemente Druckaufbereitung	keine	einige	viele

Algorithmische Schätzverfahren – Function-Point-Verfahren

■ Funktionspunkte vergeben:

Typ	Komplexität			
	einfach	mittel	komplex	Summe
Eingabedaten	___ * 3 =	___ * 4 =	___ * 6 =	
Ausgabe	___ * 4 =	___ * 5 =	___ * 7 =	
Abfrage	___ * 3 =	___ * 4 =	___ * 6 =	
Anwenderdaten	___ * 7 =	___ * 10 =	___ * 15 =	
Referenzdaten	___ * 5 =	___ * 7 =	___ * 10 =	
	Unadjusted Function Point (UFP)			
	Value Adjustment Factor (VAF)			
	Adjusted Function Points (UFP * VAF)			



Algorithmische Schätzverfahren – Function-Point-Verfahren

■ Funktionspunkte justieren

□ Value Adjustment Factor (VAF)

- $VAF = 0,65 + 0,01 * TDI$

- TDI ist der „Total Degree of Influence“ und berücksichtigt Einflussfaktoren wie z.B.

- Datenkommunikation
 - Verteilte Funktion
 - Leistungsanforderungen
 - usw. (siehe nächste Folie)

Algorithmische Schätzverfahren – Function-Point-Verfahren

Nr.	Faktor	Wert
1	Datenkommunikation	
2	Verteilte Funktionen	
3	Leistungsanforderungen	
4	Belastung der Hardware	
5	Verlangte Transaktionsrate	
6	Online Dateieingabe	
7	Effiziente Benutzerschnittstelle	
8	Online-Datenänderungen	
9	Komplexe Verarbeitungen	
10	Wiederverwendbarkeit	
11	Einfache Installation	
12	Einfache Benutzbarkeit	

Nr.	Faktor	Wert
13	Installation an mehreren Orten	
14	Änder- und Erweiterbarkeit	
Summe der Faktoren (TDI)		

Einzusetzen sind Werte zwischen 0 und 5:

- 0 - nicht vorhanden, kein Einfluss
- 1 - unbedeutender Einfluss
- 2 - mäßiger Einfluss
- 3 - durchschnittlicher Einfluss
- 4 - erheblicher Einfluss
- 5 - starker Einfluss

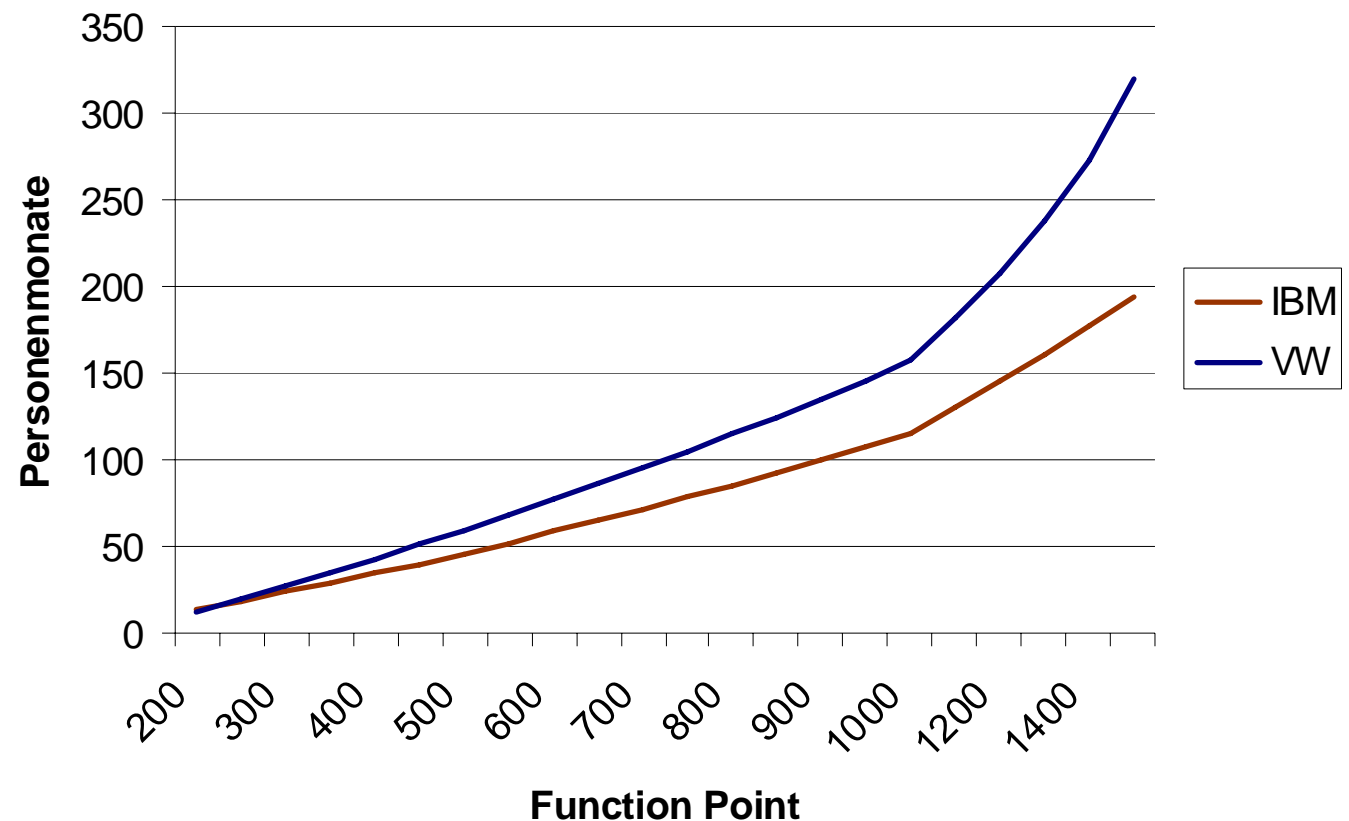
Algorithmische Schätzverfahren – Function-Point-Verfahren

■ Funktionspunkte in Aufwand umwandeln

Typ	Komplexität			
	niedrig	mittel	hoch	Summe
Eingabe	___ * 3 =	___ * 4 =	___ * 6 =	
Ausgabe	___ * 4 =	___ * 5 =	___ * 7 =	
Abfrage	___ * 3 =	___ * 4 =	___ * 6 =	
Anwenderdaten	___ * 7 =	___ * 10 =	___ * 15 =	
Referenzdaten	___ * 5 =	___ * 7 =	___ * 10 =	
	Unadjusted Function Point (UFP)			
	Value Adjustment Factor (VAF)			
	Adjusted Function Points (UFP * VAF)			

Algorithmische Schätzverfahren – Function-Point-Verfahren

- Funktionspunkte
in Aufwand
umwandeln





Algorithmische Schätzverfahren – Function-Point-Verfahren

- Umrechnung kann von Firma zu Firma stark variieren.
- Anwendung des Function-Point-Verfahrens erfordert eine ständige Aktualisierung der Umrechnungs-Kurve/Tabelle.
- Verschiedene Autoren/Organisationen beschreiben Varianten des Function-Point-Verfahrens die sich folgendermassen unterscheiden:
 - Zählregeln für Function Points
 - Gewichtungskriterien
 - Anzahl der Einflussfaktoren
 - Werte der Einflussfaktoren

Algorithmische Schätzverfahren – Function-Point-Verfahren

- Jones (1996) gibt Faustregeln zur Aufwandsberechnung mit Function-Points an und eine Abschätzung der Anzahl der Code-Zeilen pro Function Point:
 - Durchlaufzeit [in Monaten] = $FP^{0.4}$
 - Anzahl Mitarbeiter = $FP / 150$
 - Aufwand = Durchlaufzeit * Anzahl Mitarbeiter = $FP^{0.4} * FP / 150$

Sprache	Mittlere Anzahl Codezeilen		Sprache	Mittlere Anzahl Codezeilen
Assembler	320		C + +	53
C	128		Ada 95	49
FORTRAN	107		Smalltalk	21
COBOL	197		SQL	12
Pascal	91			



Algorithmische Schätzverfahren – Function-Point-Verfahren

■ Vorteile

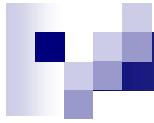
- Ausgangspunkt sind Produktanforderungen
 - Erste Schätzung bereits in der Planungsphase möglich
- Benötigt geringen Zeitaufwand
- Anpassbar (über Einflussfaktoren) an
 - verschiedene Anwendungsbereiche
 - neue Techniken
 - unternehmensspezifische Verhältnisse



Algorithmische Schätzverfahren – Function-Point-Verfahren

■ Nachteile

- Hoher Aufwand für das Erstellen und Aktualisieren der Erfahrungsstatistik
- Komplexität von Algorithmen bleibt unberücksichtigt (Schätzung basiert nur auf Daten)
- Öffentlich zugängliche Umrechnungstabellen sind meist veraltet und unternehmensspezifisch.
- Qualitätsanforderungen werden nicht berücksichtigt.
- Ursprüngliche Einflussfaktoren heute überholt (Veröffentlichung vor rund 40 Jahren).



Inhalt

- Einführung
- Intuitive Schätzverfahren
 - Einfache Expertenschätzung
 - Analogieschätzung
 - Delphi Methode
 - Drei-Punkt-Schätzung
- Algorithmische Schätzverfahren
 - Function-Point-Verfahren
 - **COCOMO II**
- Lernziele

COCOMO

1(5)

- COCOMO (COConstructive COSt MOdel)
 - Zwei Versionen: COCOMO 81 & COCOMO II
- Hauptinitiator: Barry W. Boehm
 - * 16.05.1935, † 20.08.2022
Santa Monica, Californien
 - Berater, Forscher u.a. für RAND
, Defense Advanced
ResearchCorporationh Projects Agency (DARPA),
TRW Automotive Inc.
 - Heute Prof. an University of Southern California (USC)
 - Bekannt für
 - Spiralmodell (Vorgehensmodell das eine Risikoabschätzung beinhaltet)
 - Wideband Delphi-Methode
 - COCOMO 81 und COCOMO II



(Wikipedia, B.W. Boehm 2006)

COCOMO II

2(5)

- COCOMO II – Berechnungen basieren auf einer geschätzten Programmgröße
 - **SLOC** = **Source Lines of Code (LOC)**
= **LOC ohne Leer- und Kommentarzeilen**
- Mit **Formeln** abgeleitet (von Boehm) aus großen Mengen von archivierten Projektdaten können dann
 - **Aufwand** und
 - **Entwicklungsdauer**errechnet werden.
- **Skalierungs- und Kostenfaktoren** ermöglichen es günstige und ungünstige Projektumstände (z.B. extreme Sicherheitsanforderungen, Erfahrung des Projektteams) zu berücksichtigen.



COCOMO II

3(5)

- Drei verschiedene Modelle zur Aufwandsabschätzung, die in unterschiedlichen Entwicklungssituationen und zu unterschiedlichen Zeitpunkten eingesetzt werden können.
 - **Application Composition Model**
 - Für Systeme, die mehr konfiguriert als programmiert werden (z.B. mit Hilfe eines GUI-Builders).
 - **Early Design Model**
 - Adaption des Function Point Verfahrens (da dieses bereits nach Klärung der Anforderungen eingesetzt werden kann).
 - **Post-Architecture Model**
 - Modernisierte Form von COCOMO 81.

COCOMO II


4(5)

Schätzung der Programmgröße

- COCOMO II basiert auf einer Schätzung der Programmgröße.

- Schätzung in SLOC

- Im Early-Design-Modell werden Function Points verwendet, die dann mittels einer Tabelle in SLOC umgerechnet werden.



Sprache	SLOC/FP
C	128
COBOL	95
C++	55
Java	53
Ada 95	49



COCOMO II

5(5)

■ Abschlussbemerkungen:

- COCOMO II bietet umfangreiches Rüstzeug für die Schätzung von Aufwand und Dauer von Projekten.
- COCOMO II lässt dem Anwender sehr viele Freiheiten. Ohne ausreichende Hintergrundkenntnisse und Erfahrungen kann diese Methode jedoch leicht zu völlig falschen Ergebnissen führen.
- Niemand möchte seinen Entwicklungsprozess offenlegen, daher existieren keine größeren wissenschaftliche Studien, die zeigen, wie gut die Modelle sind und in welchen Bereichen sie noch kalibriert werden müssen.



Inhalt

- Einführung
- Intuitive Schätzverfahren
 - Einfache Expertenschätzung
 - Analogieschätzung
 - Delphi Methode
 - Drei-Punkt-Schätzung
- Algorithmische Schätzverfahren
 - Function-Point-Verfahren
 - COCOMO II
- **Lernziele**



Lernziele

- Was ist eine Machbarkeitsstudie und aus welchen Teilen besteht sie?
- Was ist das Problem bei Schätzungen?
- Wie kann man Schätzverfahren klassifizieren und wie unterscheiden sich die (beiden) Klassen von Schätzverfahren?
- Intuitive Schätzverfahren:
 - Wie funktionieren intuitive Schätzungen?
 - Welche intuitiven Schätzverfahren gibt es und wie funktionieren sie?
- Algorithmische Schätzverfahren:
 - Wie funktionieren algorithmische Schätzverfahren?
 - Welche algorithmischen Schätzverfahren gibt es und wie funktionieren sie *prinzipiell*?
 - Wie funktioniert das Function Point-Verfahren?
 - Was ist Cocomo II und wie ist die Beziehung zum Function Point-Verfahren?
 - Was sind die Probleme von algorithmischen Schätzverfahren?