Vorlesung "Software-Engineering"

Prof. Ralf Möller, TUHH, Arbeitsbereich STS

- Vorige Vorlesung
  - Fortsetzung Projektphasen und Vorgehensmodelle
  - Lastenheft
  - Einfache Verfahren zur Aufwandsschätzung
- Heute:
  - Fortsetzung: Verfahren zur Aufwandsschätzung
  - Kombination von Schätzverfahren

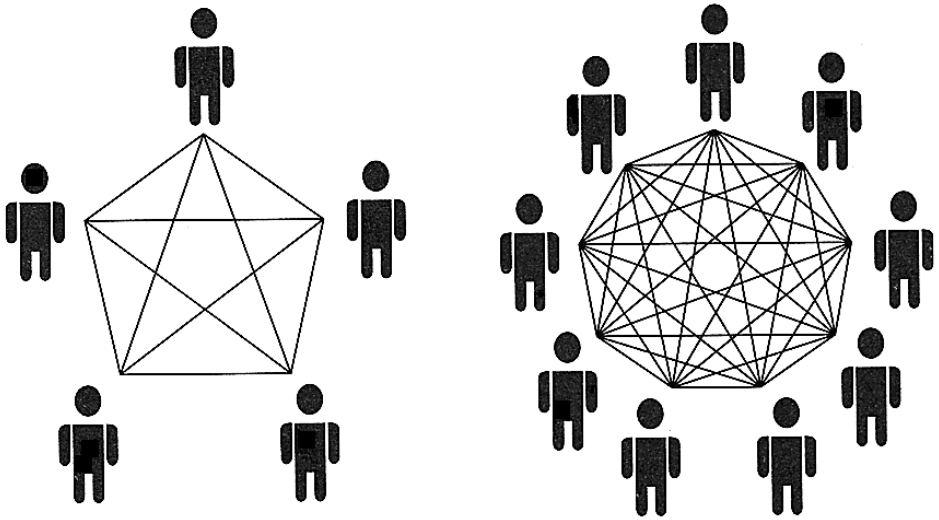
Methoden zur Kosten- und Terminschätzung

- Beispiel:
  - Es soll ein Software-Produkt mit geschätzten 21.000 LOC realisiert werden
  - Durchschnittliche Produktivität pro Mitarbeiter: 3.500 LOC/Jahr [HP, Grady 92]
  - ➡ 6 Mitarbeiterjahre werden benötigt
  - ➡ Arbeiten 3 Mitarbeiter im Team zusammen, so werden 2 Jahre bis zur Fertigstellung benötigt.

- **Faustregeln**
  - Eine durchschnittliche Software-Entwicklung liefert ungefähr 350 Quellcodezeilen (ohne Kommentare) pro Ingenieurmonat.
  - Dabei umfasst die Ingenieurzeit alle Phasen von der Definition bis zur Implementierung.

Einflussfaktoren der Aufwandsschätzung (3)

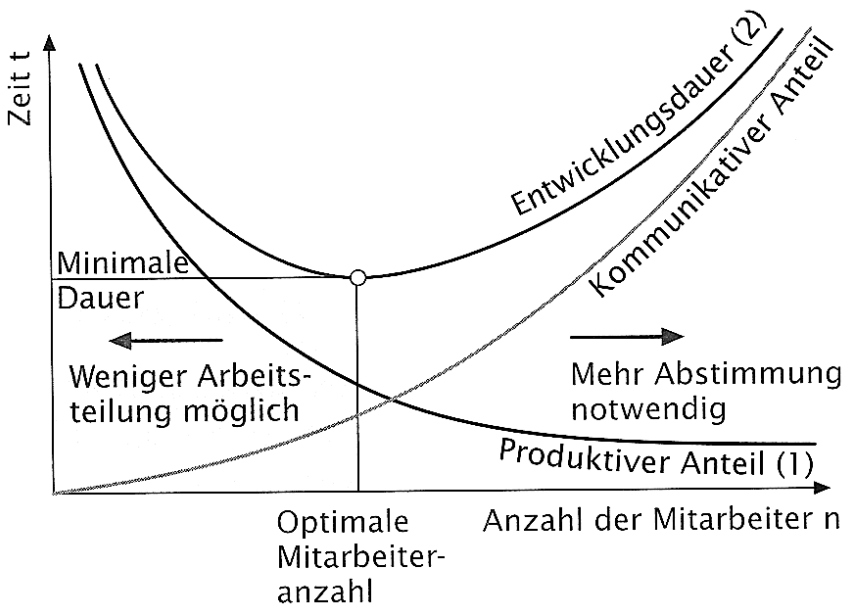
- Zusätzlicher Faktor: **Produktivität**
  - Wird von vielen verschiedenen Faktoren beeinflusst
  - Die **Lernfähigkeit** und **Motivation** der Mitarbeiter ist entscheidend.



- **Brooksches Gesetz:** „*Adding manpower to a late software project makes it later*“

Einflussfaktoren der Aufwandsschätzung (4)

- **Entwicklungsdauer**
  - Soll die Zeit verkürzt werden, dann werden mehr Mitarbeiter benötigt.
  - Mehr Mitarbeiter erhöhen den Kommunikationsaufwand im Entwicklungsteam.
  - Der höhere Kommunikationsanteil reduziert die Produktivität.
  - Kann die Entwicklungsdauer verlängert werden, so werden weniger Mitarbeiter benötigt.



Aufwandsschätzung: Analogiemethode (2)

- Bei hoher Übereinstimmung kann der bekannte Aufwand unverändert übernommen werden
- Faustregel:
  - Software-Entwicklung mit weitgehender Übernahme von existierender Software benötigen ungefähr 1/4 der Zeit von Neuentwicklungen
- Nachteile der Analogiemethode
  - intuitive, sehr globale Schätzung auf der Basis individueller Erfahrungen
  - keine Nachvollziehbarkeit der Schätzergebnisse

Analogiemethode (2)

- Beispiel: Analogiemethode
  - abgeschlossenes Produkt: Pascal-Compiler: 20 MM
  - zu entwickelndes Produkt: Modula-2-Compiler?
    - 20% neue Konstrukte
    - 50% des Codes wiederverwendbar
    - 50% müssen überarbeitet werden
  - Schätzung
    - 50% leicht modifiziert: 1/4 von 10 MM = 2,5 MM
    - 50% völlige Überarbeitung: 10 MM
    - 20% zusätzliche Neuentwicklung hoher Komplexität:
      4 MM * 1,5 (Komplexitätszuschlag) = 6 MM
    - Schätzung Modula-2: 18,5 MM.

Aufwandsschätzung: Relationsmethode (1)

- Das zu schätzende Produkt wird direkt mit ähnlichen Entwicklungen verglichen.
- Aufwandsanpassung erfolgt im Rahmen einer formalisierten Vorgehensweise.
- Für die Aufwandsanpassung stehen Faktorenlisten und Richtlinien zur Verfügung.
- Beispiel:

Programmiersprache
PL/1 = 100
COBOL = 120
ASSEMBLER = 140

Programmiererfahrung
5 Jahre = 80
3 Jahre = 100
1 Jahr = 140

Dateiorganisation
sequentiell = 80
indexsequentiell = 120

- Werte geben an, in welcher Richtung und wie stark die einzelnen Faktoren den Aufwand beeinflussen.

Relationsmethode (2)

- Beispiel (Fortsetzung):
  - Ein neues Produkt soll in PL/1 realisiert werden
    - Das Entwicklungsteam hat im Durchschnitt 3 Jahre Programmiererfahrung
    - Es ist eine indexsequentielle Dateiorganisation zu verwenden.
  - Zum Vergleich: Entwicklung...
    - die im Assembler programmiert wurde
    - eine sequentielle Dateiorganisation verwendete
    - von einem Team mit 5 Jahren Programmiererfahrung erstellt wurde
  - Geht man davon aus, dass alle 3 Faktoren den Aufwand gleichgewichtig beeinflussen, dann ergibt sich folgende Kalkulation:
    - Assembler zu PL/1: 140 zu 100 = 40 Punkte Einsparung
    - 5 Jahre zu 3 Jahre: 80 zu 100 = 20 Punkte Mehraufwand
    - sequentiell zu indexsequentiell: 80 zu 120 = 40 Punkte Mehraufwand
  - Es ergibt sich ein Mehraufwand von 20 Punkten.

Aufwandsschätzung: Multiplikatormethode (1)

- Das zu entwickelnde System wird soweit in Teilprodukte zerlegt, bis jedem Teilprodukt ein bereits feststehender Aufwand zugeordnet werden kann (z.B. in LOC).
- Der Aufwand pro Teilprodukt wird meist durch Analyse vorhandener Produkte ermittelt.
- Oft werden auch die Teilprodukte bestimmten Kategorien zugeordnet wie
  - Steuerprogramme
  - E/A-Programme
  - Datenverwaltungsroutinen
  - Algorithmen usw.
- Die Anzahl der Teilprodukte, die einer Kategorie zugeordnet sind, wird mit dem Aufwand dieser Kategorie multipliziert.
- Die erhaltenen Werte für eine Kategorie werden dann addiert, um den Gesamtaufwand zu erhalten.
- Auch „Aufwand-pro-Einheit-Methode“ genannt.

Aufwandsschätzung: Multiplikatormethode (2)

- Zunächst werden Faktoren festgelegt, die für die Schätzung relevant sind.
- Sie sind subjektiv (z.B. Qualifikation des Personals) oder objektiv (z.B. verwendete Programmiersprache) zu bewerten.
- Den Faktorausprägungen sind Werte zugeordnet.
- Die Werte aller Faktoren werden nach einer vorgegebenen mathematischen Formel verknüpft und ergeben dann den Gesamtaufwand.

Aufwandsschätzung: Multiplikatormethode (3)

- Durch Korrelationsanalysen wird ermittelt, welche Faktoren welchen wertmäßigen Einfluss auf den Gesamtaufwand haben.
- Solche Analysen müssen mit einer großen Anzahl von abgeschlossenen Entwicklungen und einer Vielzahl von Faktoren durchgeführt werden.
- Die Faktoren, die die höchste Korrelation besitzen, werden zu einer Gleichung zusammengefasst.
- Der zu jedem Faktor gehörende Koeffizient repräsentiert die Stärke des Einflusses auf den Gesamtaufwand.
- Der Aufwandsfaktor repräsentiert den Einfluss des jeweiligen Faktors auf den Gesamtaufwand.
- Als parametrische Gleichung würde sich ergeben:
  - $LOC_{bewertet} = LOC_{Steuerprogramme} * 1{,}8 + LOC_{E/A\text{-}Programme} * 1{,}5 + LOC_{Datenverwaltung} * 1{,}0 + LOC_{Algorithmen} * 2.$

Aufwandsschätzung: Multiplikatormethode (4)

- Beispiel:
- Die Aufteilung eines zu schätzenden Produkts in Teilprodukte hat folgendes ergeben:

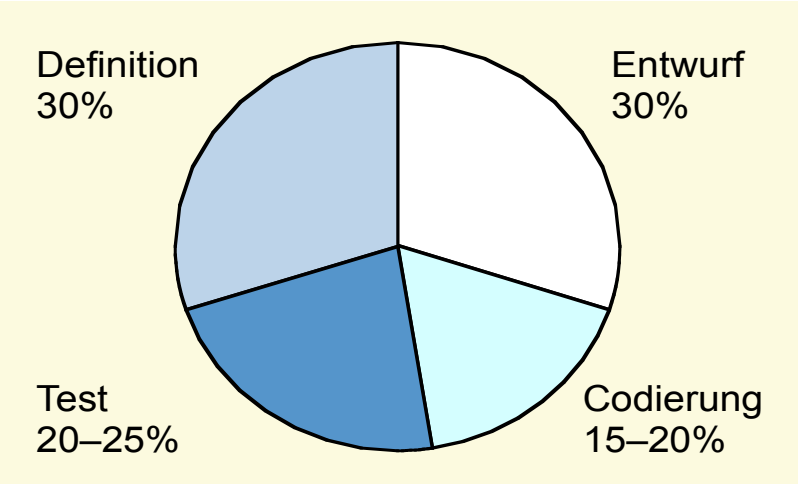
Kategorie	**Teil-produkte**	**Summe LOC**	**Aufwands-faktor**	**LOC bewertet**
Steuerprogramm	1*500 LOC	500	1,8	900
E/A-Programme	1*700+2*500	1700	1,5	2550
Datenverwaltung	1*800+2*250	1300	1,0	1300
Algorithmen	1*300+5*100	800	2,0	1600
Summe				**6350**

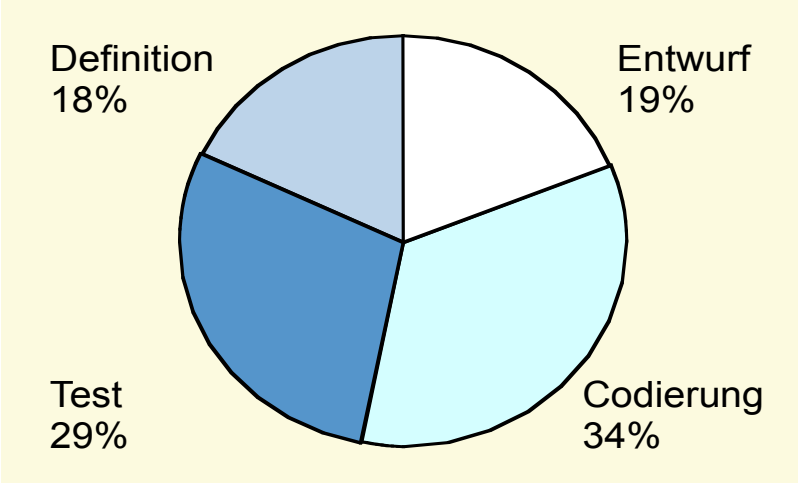
Aufwandsschätzung: Multiplikatormethode (5)

- **Bewertung**
  - Es ist eine umfangreiche, empirische Datensammlung und -auswertung erforderlich, um die zu berücksichtigenden Faktoren unternehmensspezifisch zu bewerten.
  - Die Koeffizienten müssen permanent überprüft werden, um den technischen Fortschritt zu berücksichtigen.

Aufwandsschätzung: Prozentsatzmethode

- Aus abgeschlossenen Entwicklungen wird ermittelt, wie der Aufwand sich auf die einzelnen Entwicklungsphasen verteilt hat.
- Bei neuen Entwicklungen schließt man entweder eine Phase zunächst vollständig ab und ermittelt aus dem Ist-Aufwand dann anhand der Aufwandsverteilung den Soll-Aufwand für die restlichen Phasen,
- oder man führt eine detaillierte Schätzung einer Phase durch und schließt hieraus dann auf den Gesamtaufwand.
- Kann bereits frühzeitig eingesetzt werden, wenn der Aufwand für mindestens eine Phase durch den Einsatz einer anderen Methode bestimmt wurde.





Bewertung

- Keine der aufgeführten Basismethoden allein ist ausreichend.
- Je nach Zeitpunkt und Kenntnis von aufwandsrelevanten Daten sollte die eine oder andere Methode eingesetzt werden.
- Für frühzeitige, grobe Schätzungen müssen die
  - Analogie-
  - Relations- und
  - Prozentsatzmethode eingesetzt werden.
- Sind die Einflussfaktoren während der Entwicklung dann genauer bekannt, dann sollten die genaueren Methoden, wie die
  - Multiplikatormethode Verwendung finden.

Aufwandsschätzung: COCOMO-Methode (1)

- COnstructive COst MOdel von B. Boehm entwickelte Sammlung von Schätzmodellen
- Modell 1 (Basisversion):
- Modell 2 (Zwischenversion):
  - zusätzliche Berücksichtigung von kostenbeeinflussenden Faktoren
- Modell 3 (Detailversion):
  - zusätzliche Berücksichtigung der unterschiedlichen Projektphasen, Verteilung des Aufwandes auf die Projektphasen

Aufwandsschätzung: COCOMO-Methode (2)

- Unterscheidung von 3 Projektkategorien zur Anpassung der Kennzahlen:
  - Einfache Projekte
    - (vertraute Systemumgebung, große Erfahrung, wenige Schnittstellen)
  - Mittelschwere Projekte
  - Komplexe Projekte
    - (enge Verzahnung mit Systemumgebung, zahlreiche Schnittstellen, geringe Erfahrung)

COCOMO-Methode: Basisversion (1)

- Berechnung des Aufwandes:

$$A = C * KLOC^{B}$$

mit
A: Entwicklungsaufwand in MM
B,C: Konstanten gemäß Tabelle

Projekt	C	B
Einfach	2,4	1,05
Mittel	3,0	1,12
Komplex	3,6	1,20

COCOMO-Methode: Basisversion (2)

- Berechnung der Entwicklungszeit:

$$T = D * A^E$$

mit
T: Entwicklungszeit
D,E : Konstanten gemäß Tabelle

Projekt	D	E
Einfach	2,5	0,38
Mittel	2,5	0,35
Komplex	2,5	0,32

Aufwandsabschätzung - Aufgabe

Aufgabe:
Es soll eine einfache Online-Anwendung erstellt werden.
Für die abgeschlossene Definitions- und Entwurfsphase wurden
15 MM benötigt.

Erfahrungswerte:

Definitionsphase	18%
Entwurfsphase	19%
Realisierung	53%
Einführungsphase	10%

- **Fragen:**
- Aufwand der gesamten Entwicklung in MM?
  -
- Restaufwand /-dauer?
  -
- Benötigte Teamgröße ?

Aufwandsabschätzung - Lösung

Aufgabe:
Es soll eine einfache Online-Anwendung erstellt werden.
Für die abgeschlossene Definitions- und Entwurfsphase wurden
15 MM benötigt.

Erfahrungswerte:

Definitionsphase	18%
Entwurfsphase	19%
Realisierung	53%
Einführungsphase	10%

- **Fragen:**
- Aufwand der gesamten Entwicklung in MM?
  - (15 MM * 100) /37 = 40,54 MM
- Restaufwand /-dauer?
  - Gesamtaufwand – Aufwand für Planung und Entwurf
    (40,54 MM – 15 MM) = 25,54 MM
    opt. Dauer = $2,5 * 25.54^{0,35}$ gleich ca. 8 Monate
- Benötigte Teamgröße ?
  - 25,54 / 8 = 3,2 gleich ca. 3 Mitarbeiter

COCOMO-Methode: Zwischenversion (1)

- Berechnung des Aufwandes:

$$A = C * KLOC^{B} * F$$

mit
A: Entwicklungsaufwand in MM
B,C: Konstanten gemäß Tabelle
F: Kosteneinflussfaktoren

Projekt	C	B
Einfach	3,2	1,05
Mittel	3,0	1,12
Komplex	2,8	1,20

COCOMO-Methode: Zwischenversion (2)

- 14 Kosteneinflussfaktoren
- Berücksichtigung von Produkt-, Rechner-, Personal- und Projektmerkmalen
- Einordnung in Kategorien 'sehr gering', 'gering', 'normal', 'hoch', 'sehr hoch' und 'extrem'
- Zuordnung von Faktorenwerten zu Kategorien (Tabelle)
- Multiplikative Verknüpfung
- Aktuelle Weiterentwicklung zu COCOMO II

Aufwandsschätzung: Function Point-Methode (1)

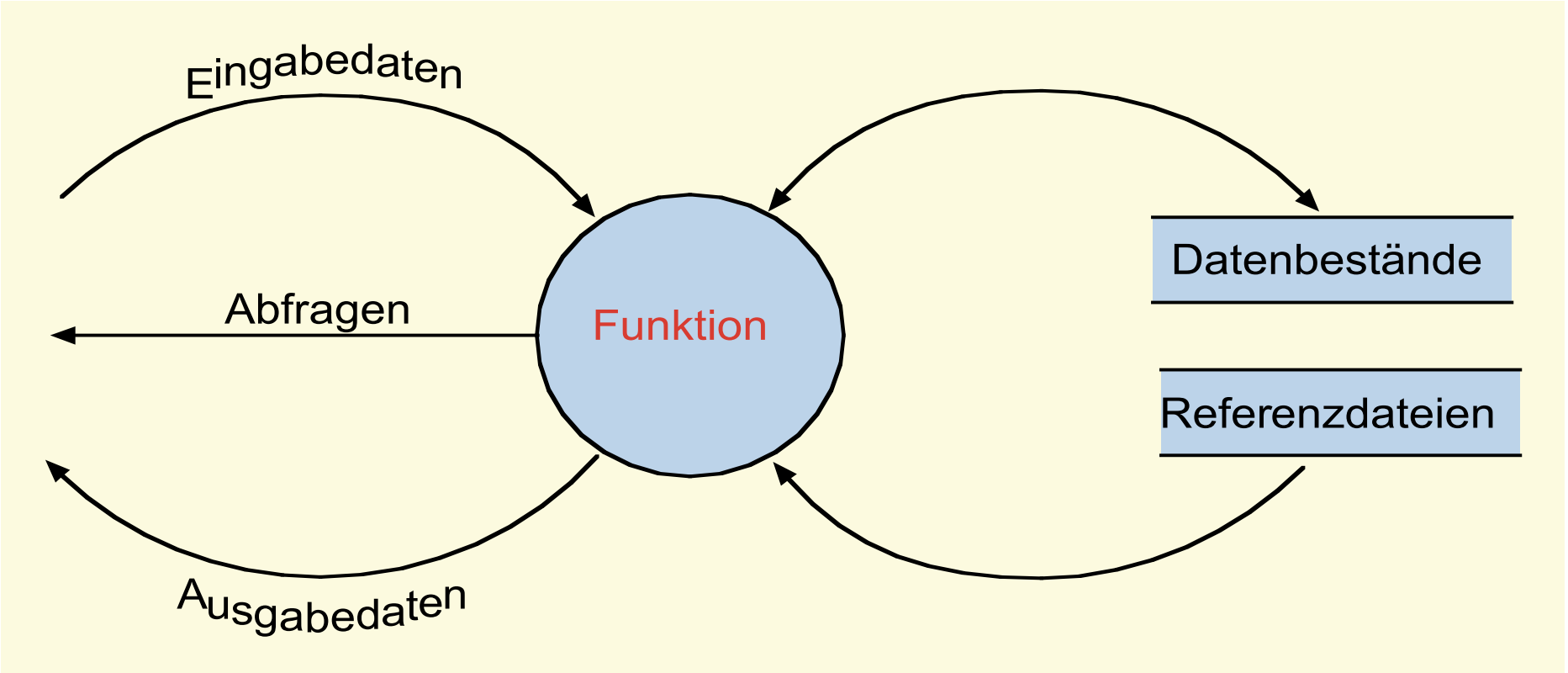
- Allen J. Albrecht (Ausarbeitung nach Balzert, 00)
- Ausgangspunkte:
  - Aufwand hängt vom Umfang und vom Schwierigkeitsgrad des neuen Produktes ab
  - Umfang wird nicht in Lines of Code (LOC) ausgedrückt, sondern direkt aus den Anforderungen abgeleitet
- Vorgehen
  - Zuordnung jeder Produktanforderung in eine von fünf Kategorien

Die 7 Schritte der *Function-Point* Methode

1. Kategorisierung jeder Produktanforderung
   Eingabedaten, Abfragen, Ausgabedaten, Datenbestände, Referenzdaten
2. Klassifizierung jeder Produktanforderung
   einfach, mittel, komplex
3. Eintrag in Berechnungsformular
4. Bewertung der Einflussfaktoren
5. Berechnung der bewerteten ***Function Points*** (**FP**)
6. Ermitteln des Personalaufwands aus einer **FP-PM** (Personenmonaten)-Kurve oder Tabelle
7. Aktualisierung der empirischen Daten als Schätzgrundlage für Folgeprojekt

1. Kategorisierung der Produktanforderungen (1)

Kategorien



- Ermittelt pro Funktion im Lastenheft
- Erfordert Identifikation und Bewertung der Einzelfunktionen

1. Kategorisierung der Produktanforderungen (2)

- Beispiel:

- **/LF 20/:**
  „Benachrichtigung der Kunden (Anmeldebestätigung, Abmeldebestätigung, Änderungsmitteilungen, Rechnung, Werbung)“
  - Diese Anforderung ist der Kategorie „Ausgabedaten“ zuzuordnen
  - Da es sich um 5 verschiedene Ausgaben handelt, wird im folgenden von 5 Ausgaben ausgegangen.

2. Klassifizierung der Produktanforderungen

- Einordnung der Anforderungen in eine der Klassen „einfach“, „mittel“ oder „komplex“

Hauptschwierigkeit!

- Beispiel: Klassifizierung der Datenbestände einer Funktion

Kriterium	**einfach**	**mittel**	**komplex**
Anzahl unterschiedl. Datenelemente	1-5	6-10	>10
Eingabeprüfung	formal logisch	formal logisch	formal DB-Zugriff
Ansprüche an die Bedienerführung	gering	normal	hoch

3. Eintrag in Berechnungsformular

Kategorie	Anzahl	Klassifizierung	Gewichtung	Zeilensumme
Eingabedaten		einfach	x 3	=
		mittel	x 4	=
		komplex	x 6	=
Abfragen		einfach	x 3	=
		mittel	x 4	=
		komplex	x 6	=
Ausgaben		einfach	x 4	=
		mittel	x 5	=
		komplex	x 7	=
Datenbestände		einfach	x 7	=
		mittel	x 10	=
		komplex	x 15	=
Referenzdaten		einfach	x 5	=
		mittel	x 7	=
		komplex	x 10	=
Summe			E1	=
Einflußfaktoren (ändern den Function Point-Wert um ± 30%)		1 Verflechtung mit anderen Anwendungssystemen (0–5)		=
		2 Dezentrale Daten, dezentrale Verarbeitung (0–5)		=
		3 Transaktionsrate (0–5)		=
		4 Verarbeitungslogik a Rechenoperationen (0–10) b Kontrollverfahren (0–5) c Ausnahmeregelungen (0–10) d Logik (0–5)		 = = = =
		5 Wiederverwendbarkeit (0–5)		=
		6 Datenbestands-Konvertierungen (0–5)		=
		7 Anpaßbarkeit (0–5)		=
Summe der 7 Einflüsse		E2		=
Faktor Einflußbewertung = E2 100 + 0,7 E3			=	
Bewertete Function Points: E1 * E3				=

IBM-Werte

- 3. Schritt
- 4. Schritt
- Berechnung der Gewichtung

E3 = E2 / 100 + 0.7

4. Bewertung der Einflussfaktoren

- Die Einflussfaktoren beziehen sich auf die Anwendung als Ganzes und nicht auf einzelne Funktionen oder Funktionspunkte.
- Es wird nicht nur das bloße Vorliegen eines Zustandes bewertet, sondern sein Einfluss auf die Entwicklung.

- **Alternative Ansätze für Bewertung der Einflussfaktoren**:

Ansatz	Anzahl der Faktoren	Bewertungs-spanne	Faktor Einflussbewertung
nach Albrecht	14 Faktoren	(0 ... 5)	(0 ... 70) / 1,64
nach IBM	7 Faktoren	(0 ... 5 / 0 ... 10)	(0 ... 60) / 100 + 0,7
nach IFPUG	14 Faktoren	(0 ... 5)	(0 ... 70) / 100 +0,65
nach Hürten	7 Faktoren	(-2,5% ... 2,5%) (-5% ... 5%)	-30% ... 30% (*)

(*) Auswirkung der Einflussfaktoren in Prozent der *Function Points*

5. Berechnung der bewerteten *Function Points*

- E1 = Summe der Kategorien
- E2 = Summe der 7 Einflüsse

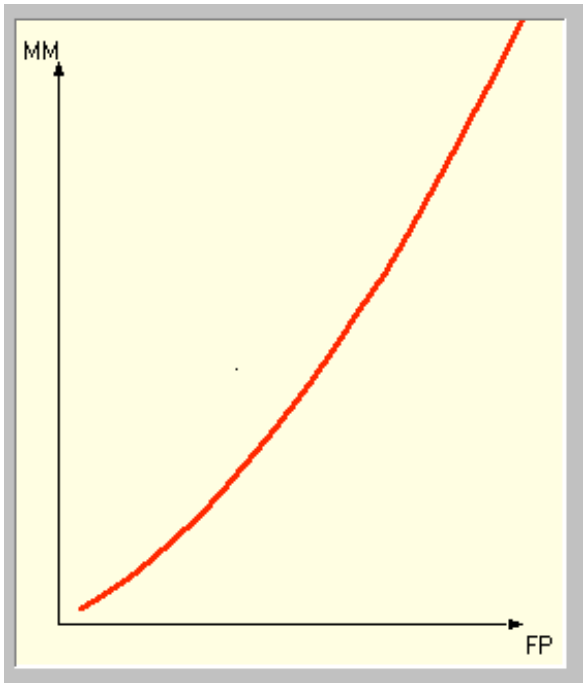
Bewertete *Function Points* = E1 * (E2 / 100 + 0,7)

- Die Summe der Einflussfaktoren (ein Wert zwischen 0 und 60) ändert den *Function Point*-Wert um +/- 30 %

6. Ablesen des Aufwands in MM

- Produktivität nimmt bei großen Projekten ab ➔ nicht-linearer Zusammenhang

Aufwand



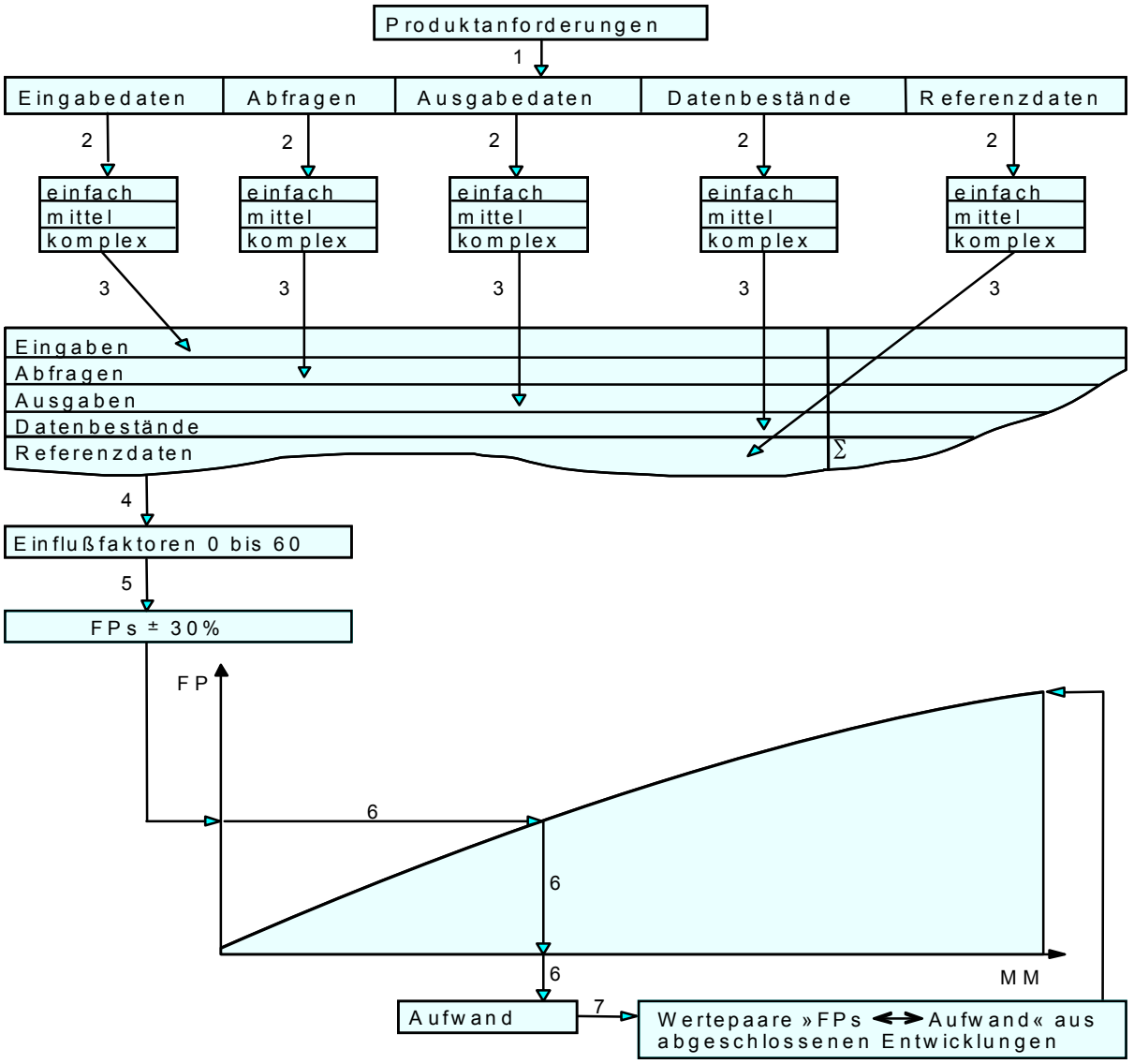
FP

Wertepaare (**FP**, **PM**) aus abgeschlossenen Entwicklungen des eigenen Unternehmens

7. Aktualisierung der empirischen Daten

- Nach der Beendigung einer mit der *Function Point*-Methode geschätzten Entwicklung ist das neue Wertepaar **FP** → tatsächliche **PM** zu verwenden, um die bestehende Kurve zu aktualisieren.

Zusammenfassung



1. Schritt: Kategorisierung für jede Anforderung

2. Schritt: Klassifizierung jeder Anforderung

3. Schritt: Eintrag der jeweiligen Anzahl in das Berechnungs-formular und Ermittlung der unbewerteten FPs

4. Schritt: Bewertung der Einflußfaktoren

5. Schritt: Berechnung der bewerteten FPs

6. Schritt: Ablesen des Aufwandes

7. Schritt: Aktualisierung der Wertepaare, Neu-berechnung der Aufwandskurve

Die *Function Point*-Methode: Voraussetzungen

- Eine Bewertung kann erst dann durchgeführt werden, wenn die Projektanforderungen bekannt sind.
- Eine Bewertung sollte von Mitarbeitern durchgeführt werden, die ein ausreichendes Wissen über die Anforderungen haben.
- Bei der Bewertung muss die gesamte Anwendung / Projektanforderung betrachtet werden.
- Die Projektanforderungen sollten nicht besonders minuziös zergliedert werden, sondern die gesamte Anwendung muss im Blickfeld stehen.
- Beim Einsatz dieser Methode ist sehr streng darauf zu achten, dass das Anwendungsprojekt aus Sicht des Benutzers betrachtet wird.
- Unternehmensspezifische Schulung und Vorgabe von Beispielen, damit die Wirkung individueller Schätzungen (Klassifizierung und Bewertung der Einflussfaktoren) minimiert werden.
- Der Ist-Aufwand muss für die Nachkalkulation ermittelbar sein.

Die *Function Point*-Methode: Vorteile (1)

- Produktanforderungen, nicht LOC als Ausgangspunkt
- Anpassbarkeit an verschiedene Anwendungsbereiche (Änderung der Kategorien)
- Anpassbarkeit an neue Techniken (Änderung der Einflussfaktoren und der Einflussbewertung)
- Anpassbarkeit an unternehmensspezifische Verhältnisse (Änderung der Einflussfaktoren, der Einflussbewertung und der Klassenfaktoren pro Klasse)

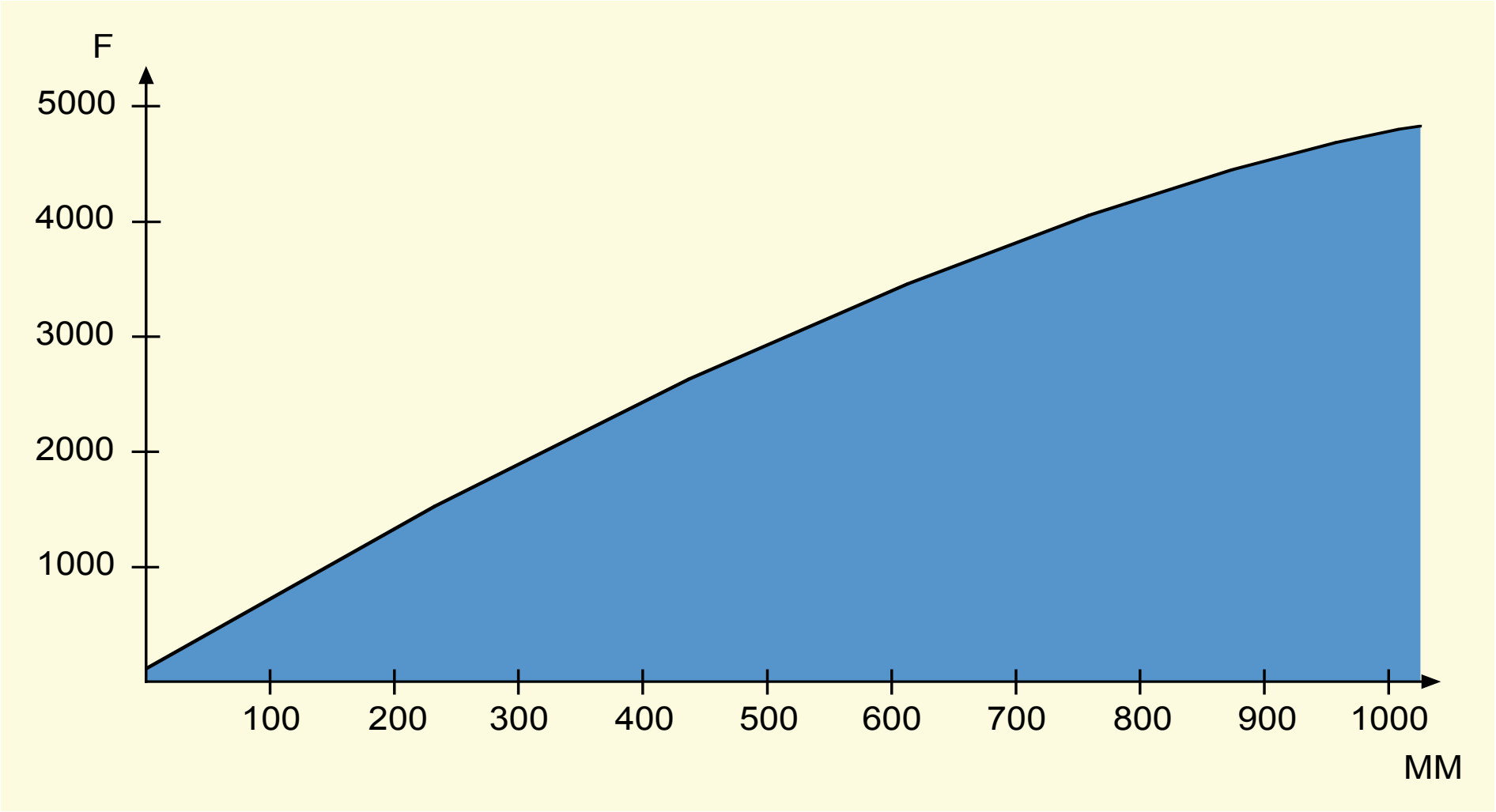
Die *Function Point*-Methode: Vorteile (2)

- Verfeinerung der Schätzung entsprechend dem Entwicklungsfortschritt (iterative Methode)
  - Beispiel
    1. Schätzung auf der Grundlage des Lastenheftes
    2. Schätzung auf der Grundlage des Pflichtenheftes
    3. Schätzung nach Erstellung des formalen Modells
- Erste Schätzung bereits zu einem sehr frühen Zeitpunkt möglich (Planungsphase)
- Festgelegte methodische Schritte
- Leicht erlernbar
- Benötigt nur einen geringen Zeitaufwand
- Gute Transparenz
- Gute Schätzgenauigkeit
- Werkzeugunterstützungen verfügbar

Die *Function Point*-Methode: Nachteile

- Es kann nur der Gesamtaufwand geschätzt werden. Eine Umrechnung auf einzelne Phasen muss mit der Prozentsatzmethode erfolgen.
- In der Originalform von Albrecht personalintensiv und nicht automatisierbar
- Zu stark funktionsbezogen
- Qualitätsanforderungen werden nicht berücksichtigt
- Mischung von Projekt- und Produkteigenschaften bei den Einflussfaktoren.

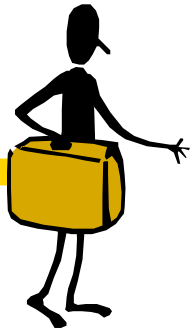
Anhang: Die IBM-Kurve: **FP** -> **MM**



Kernphasen der Software-Entwicklung

- Problemanalyse und Planung
- Systemspezifikation
- Entwurf
- Implementierung
- Integration und Test
- Wartung

Zusammenfassung, Kernpunkte



- Techniken zur Aufwandsabschätzung
- Einfache Methoden
- Kombination von einfachen Methoden
  - COCOMO
  - Function Point-Methode

Was kommt beim nächsten Mal?

- Fortsetzung der Diskussion der Phasen
- Systemspezifikation