Universität Zürich[UZH]

Institut für Informatik

Martin Glinz Thomas Fritz

Software Engineering

Kapitel 15

Software-Aufwandschätzung

15.1 Allgemeines

15.2 Empirische Schätzverfahren

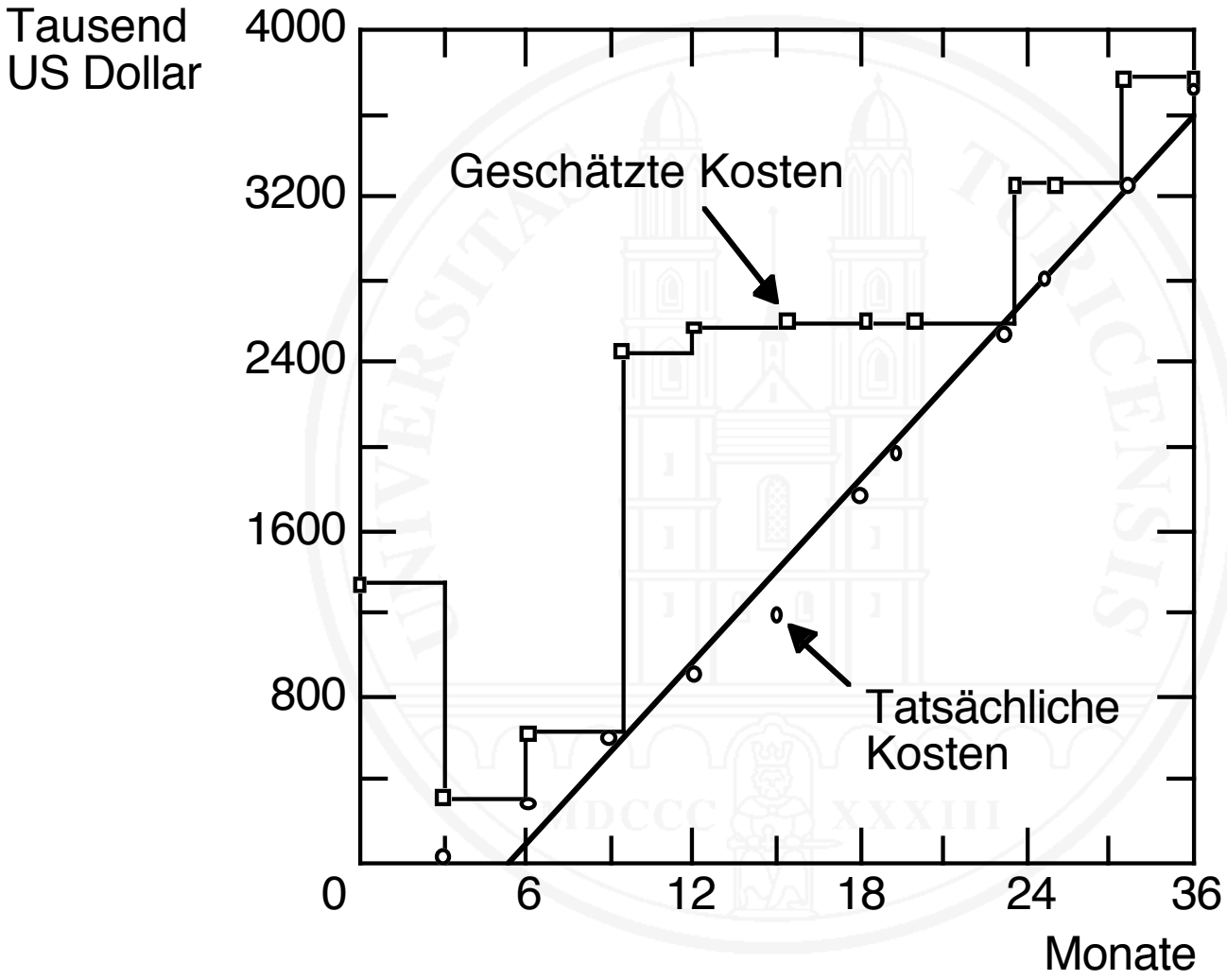
15.3 Algorithmische Schätzverfahren

15.4 Sonstige Verfahren

15.5 Schätzung von Pflegeaufwand

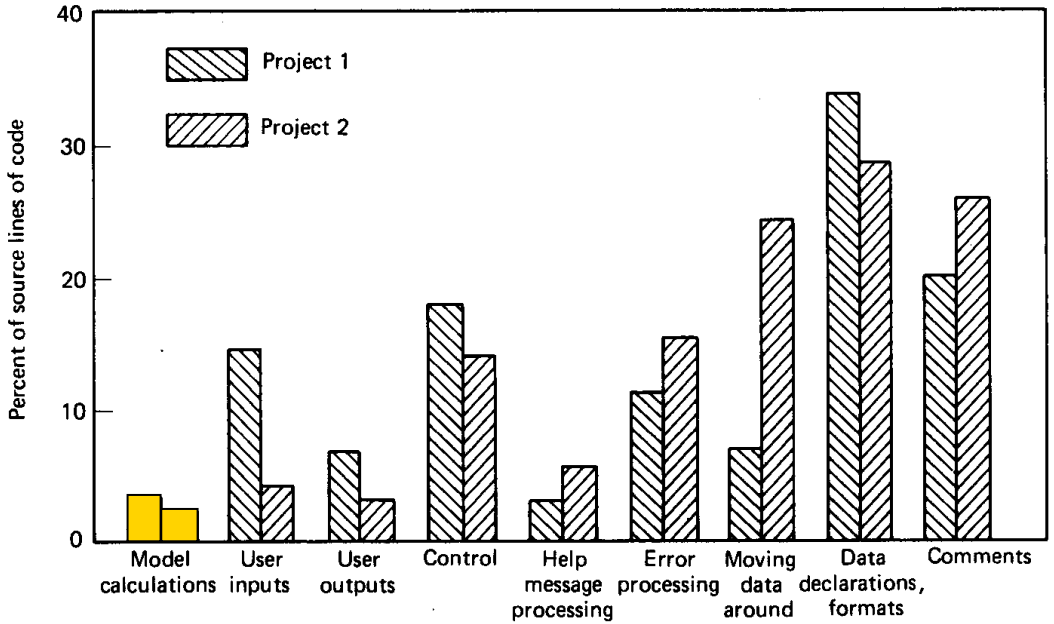
15.6 Einfluss der Schätzung auf den Aufwand

Wie man es nicht machen sollte



Probleme der Aufwandschätzung

- Software-Entwicklung ist Kopfarbeit
- Kernfunktionen werden mit dem Produkt verwechselt
- Erfahrungen aus Kleinprojekten werden linear extrapoliert
- Programmierer programmieren nicht zu 100%



15.1 Allgemeines

15.2 Empirische Schätzverfahren

15.3 Algorithmische Schätzverfahren

15.4 Sonstige Verfahren

15.5 Schätzung von Pflegeaufwand

15.6 Einfluss der Schätzung auf den Aufwand

Empirische Schätzverfahren

- Schätzung basiert auf
  - Erfahrung der Schätzenden
  - Vergleich mit abgewickelten Projekten
- Expertenschätzung
  - Gut bei genug Erfahrung mit gleichartigen Projekten
  - Krasse Fehler möglich
  - Einfach und billig
- Delphi-Methode
  - Schätzung mit mehreren unabhängigen Experten
  - Mehrere Runden
  - Konvergiert (hoffentlich); eliminiert Ausreißer
  - Nachteil: Aufwand

Techniken für die Expertenschätzung

- Direkte Analogieschätzung
  - Vergleich mit möglichst ähnlichem abgewickeltem Projekt
  - Abschätzung der Mehr- bzw. Minderaufwendungen
- Schätzung durch Zerlegung
  - Zerlegung in Teilaufgaben oder Teilschritte
  - Schätzung der Teile
  - Achtung: Einzelaufwendungen nicht einfach addierbar!
  - Vorteil: Ableitung von Meilensteinen möglich
- Zu beachten:
  - Einfluss der Produktivität der Projektbeteiligten
  - Geschätzte Werte sind faktisch statistische Verteilungen

15.1 Allgemeines

15.2 Empirische Schätzverfahren

15.3 Algorithmische Schätzverfahren

15.4 Sonstige Verfahren

15.5 Schätzung von Pflegeaufwand

15.6 Einfluss der Schätzung auf den Aufwand

Algorithmische Schätzverfahren

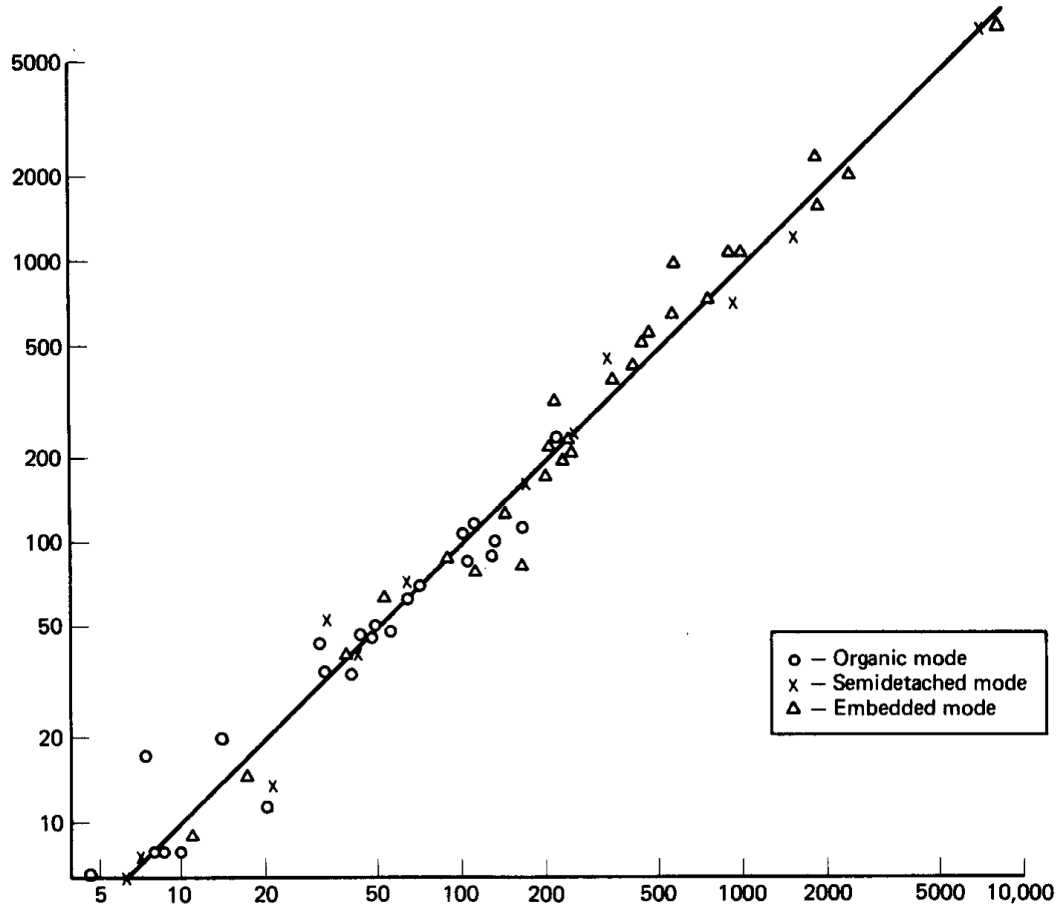
Berechnung von Kosten- und Durchlaufzeit-Funktionen

- Eingangsvariablen müssen zutreffend geschätzt werden
- Modell muss kalibriert werden
- Liefert bei richtiger Kalibrierung die besten Prognosen
- ➪ Ohne Maßzahlen über abgewickelte Projekte keine zuverlässigen Prognosen!

- Zwei bekannte Verfahren:
  - COCOMO
  - Function Point

Was mit algorithmischen Verfahren möglich ist

tatsäch-
licher
Aufwand



Schätzung

COCOMO (*Co*nstructive *Co*st *Mo*del)

- Bekanntes algorithmisches Schätzverfahren
- Geht von der Schätzung der Produktgröße aus

Grundgleichungen: $MM = 2.4\ KDSI^{1.05}$

$TDEV = 2.5\ MM^{0.38}$

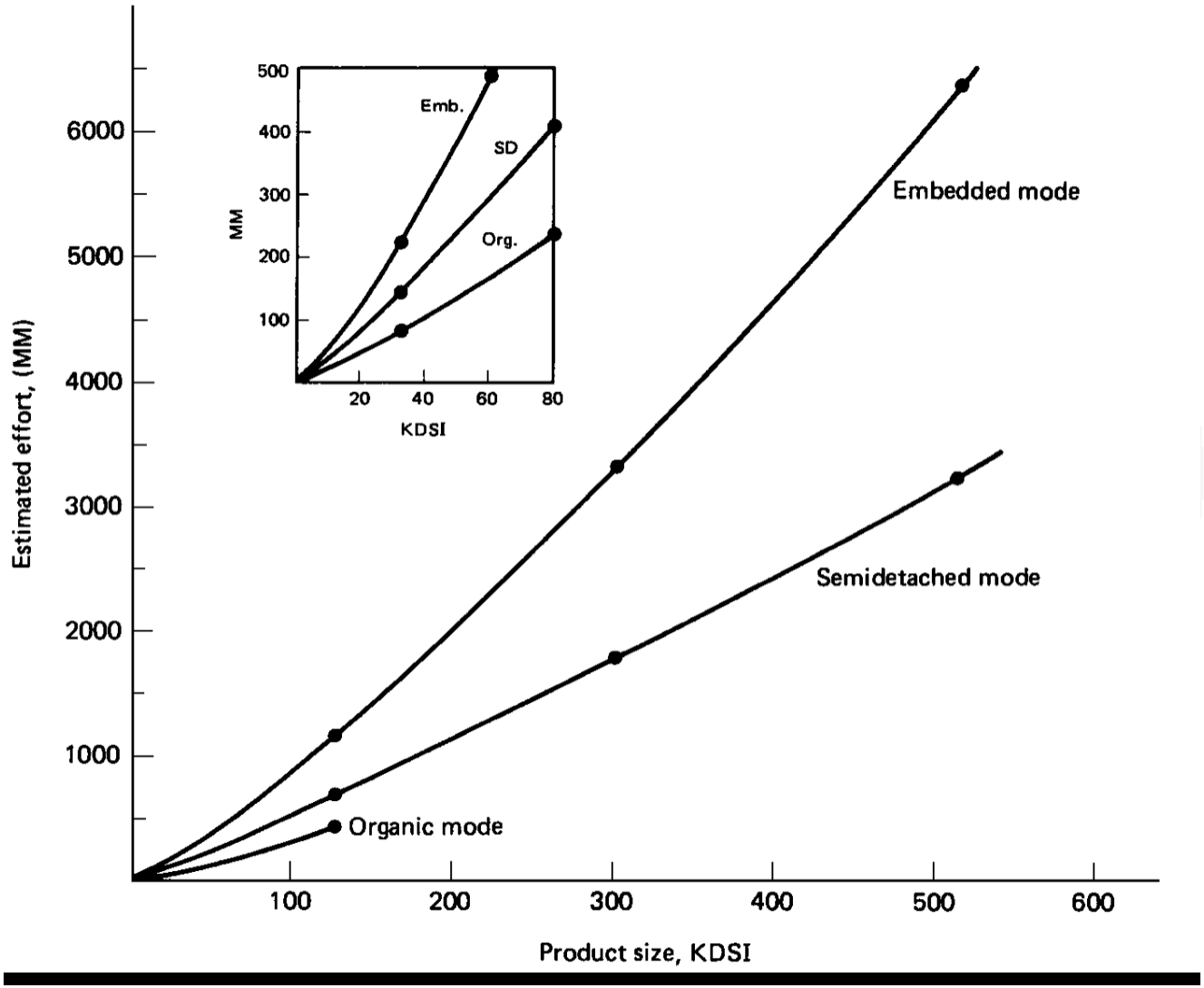
KDSI: Kilo delivered source instructions (Anzahl ausgelieferte Codezeilen in 1000)

MM: Man month (Personenmonat)

TDEV: Time to develop (Durchlaufzeit)

- Gilt für einfache Anwendungssoftware (organic mode) ...
- ... in einer stabilen Umgebung

COCOMO: Größe vs. Aufwand



COCOMO: Berechnungsgrundlagen

Randbedingungen

- Schätzungen schließen den Aufwand für die Anforderungsdefinition nicht mit ein
- Gleichungen müssen unternehmensspezifisch kalibriert werden

Grundgleichungen für andere Software

- Programmsysteme (semi-detached mode)

  $MM = 3.0\ KDSI^{1.12}$ $TDEV = 2.5\ MM^{0.35}$

- Eingebettete Systeme (embedded mode)

  $MM = 3.6\ KDSI^{1.2}$ $TDEV = 2.5\ MM^{0.32}$

COCOMO: Präzisierung der Schätzung

Durch Berücksichtigung unternehmensspezifischer und projekt-spezifischer Kostenfaktoren (cost drivers)

① Bestimmung des Nominalwerts für den Aufwand

② Bestimmung der Kostenfaktoren

③ Multiplikation des Nominalwerts mit dem Produkt der Kostenfaktoren:

$$MM_{Korr} = \text{Produkt der Kostenfaktoren} \times MM_{nominal}$$

COCOMO: Kostenfaktoren

Cost Drivers	Ratings					
	Very Low	Low	Nominal	High	Very High	Extra High
Product Attributes						
RELY Required software reliability	.75	.88	1.00	1.15	1.40	
DATA Data base size		.94	1.00	1.08	1.16	
CPLX Product complexity	.70	.85	1.00	1.15	1.30	1.65
Computer Attributes						
TIME Execution time constraint			1.00	1.11	1.30	1.66
STOR Main storage constraint			1.00	1.06	1.21	1.56
VIRT Virtual machine volatility[a]		.87	1.00	1.15	1.30	
TURN Computer turnaround time		.87	1.00	1.07	1.15	
Personnel Attributes						
ACAP Analyst capability	1.46	1.19	1.00	.86	.71	
AEXP Applications experience	1.29	1.13	1.00	.91	.82	
PCAP Programmer capability	1.42	1.17	1.00	.86	.70	
VEXP Virtual machine experience[a]	1.21	1.10	1.00	.90		
LEXP Programming language experience	1.14	1.07	1.00	.95		
Project Attributes						
MODP Use of modern programming practices	1.24	1.10	1.00	.91	.82	
TOOL Use of software tools	1.24	1.10	1.00	.91	.83	
SCED Required development schedule	1.23	1.08	1.00	1.04	1.10	

Mini-Übung 15.1 (Aufgabe 5.1 im Skript)

Sie sind Mitarbeiter(in) in der Informatikabteilung eines Unternehmens. Im Rahmen des unternehmensweiten Qualitätsmanagementsystems nehmen Sie in Ihrer Abteilung die Rolle des Qualitätsbeauftragten ein.

Ihr Chef hat auf einer Konferenz von COCOMO gehört. Da es mit der Aufwandschätzung in Ihrer Abteilung im Argen liegt, hat er beschlossen, das Gehörte in die Tat umzusetzen und ab sofort alle den Aufwand für alle neuen Projekte mit COCOMO schätzen zu lassen. Bevor er seinen Entschluss verkündet, fragt er Sie als Qualitätsbeauftragte(n) noch um Ihre Meinung. Was raten Sie ihm?

COCOMO II

- Weiterentwicklung von COCOMO (Boehm et al. 2000)
- Neue universelle Grundgleichungen

$$\text{Aufwand} = 2{,}45 \cdot \text{KSLOC}^{B} \cdot \prod_{i=1}^{17} EM_i$$

$$\text{Durchlaufzeit} = 2{,}66 \cdot \text{Aufwand}^{0{,}33 + 0{,}2 \cdot (B - 1{,}01)}$$

KSLOC: Kilo Source Lines of Code

Wachstumsfaktor $B = 1{,}01 + 0{,}01 \sum_{i=1}^{5} SF_i$

SF_i sind insgesamt fünf Skalierungsfaktoren (scaling factors)

EM_i sind insgesamt 17 Kostenfaktoren (effort multipliers)

COCOMO II: Skalierungsfaktoren (scaling factors)

Faktor	Sehr gering	Gering	Nominal	Hoch	Sehr hoch	Extra hoch
Präzedenz	4,05	3,24	2,43	1,62	0,81	0
Flexibilität	6,07	4,86	3,64	2,43	1,21	0
Risiko-Umgang	4,22	3,38	2,53	1,69	0,84	0
Zusammenarbeit	4,94	3,95	2,97	1,98	0,99	0
Prozessreife	4,54	3,64	2,73	1,82	0,91	0

- Präzedenz: Vertrautheit des Entwicklungsteams mit dem Produkt
- Flexibilität bezüglich der Einhaltung von Anforderungen / Vorgaben
- Risiko-Umgang: Qualität des Risikomanagements
- Güte der Zusammenarbeit zwischen allen Projektbeteiligten
- Reife des Entwicklungsprozesses

COCOMO II: Kostenfaktoren (effort multipliers)

Factor	Very low	Low	Nominal	High	Very High	Extra high
Reliability required	0.75	0.88	1.00	1.15	1.39	
Database size	0.93	1.00	1.09	1.19		
Product complexity	0.75	0.88	1.00	1.15	1.30	1.66
Reuse required	0.91	1.00	1.14	1.29	1.49	
Documentation required	0.89	0.95	1.00	1.06	1.13	
Execution time constraint			1.00	1.11	1.31	1.67
Storage constraint			1.00	1.06	1.21	1.57
Platform volatility		0.87	1.00	1.15	1.30	
Analyst capability	1.50	1.22	1.00	0.83	0.67	
Programmer capability	1.37	1.16	1.00	0.87	0.74	
Personnel continuity (turnover)	1.24	1.10	1.00	0.92	0.84	
Application experience	1.22	1.10	1.00	0.89	0.81	
Platform experience	1.25	1.12	1.00	0.88	0.81	
Language and tool experience	1.22	1.10	1.00	0.91	0.84	
Use of software tools	1.24	1.12	1.00	0.86	0.72	
Team co-location and communications support	1.25	1.10	1.00	0.92	0.84	0.78
Required development schedule	1.29	1.10	1.00	1.00	1.00	

Das Function-Point-Verfahren

- Relatives Maß zur Bewertung der Funktionalität
- Von A. Albrecht 1979 bei IBM entwickelt
- Falls Erfahrungszahlen (Kosten pro Function Point) vorhanden
  ➪ Kostenschätzung möglich
- Anwendung primär für Informationssysteme

- Idee: Zähle in geeigneter Weise
  - Dateneingaben (External input)
  - Datenausgaben (External output)
  - Anfragen (External inquiry)
  - Schnittstellen zu externen Datenbeständen (External interface file)
  - Interne Datenbestände (Logical internal file)

Zählung und Gewichtung der Function Points

- Eingaben, Ausgaben, Anfragen:
  - Zählen anhand der logischen Transaktionen des Systems
  - Gleiche Daten in verschiedenen Transaktionen werden mehrmals gezählt
- Externe / interne Datenbestände: logische Dateien bzw. Datengruppen in Datenbanken (Gegenstandstypen oder Relationen) zählen
- Zählung ist in der Anforderungsspezifikation möglich
- Werte werden gewichtet:
  - Schwierigkeitsgrad pro Element: einfach – mittel – komplex
  - Gewichtung der Summe mit dem Wertkorrekturfaktor VAF
- Es gibt unterschiedliche Zählverfahren für Function Points

  Hier: Verfahren der International Function Point Users Group (IFPUG)

Beispiel: Gewichtung für Dateneingaben

Anzahl bearbeiteter Datenbestände	Anzahl unterscheidbarer Datenelemente in der Eingabe		
	1–4	5–15	>15
0–1	einfach	einfach	mittel
2	einfach	mittel	komplex
>2	mittel	komplex	komplex

gemäß IFPUG (1994)

Zählschema für Function Point

Element	Schwierigkeitsgrad			
	einfach	mittel	komplex	Summe
Dateneingaben	_____ x 3 = _____	_____ x 4 = _____	_____ x 6 = _____	_____
Datenausgaben	_____ x 4 = _____	_____ x 5 = _____	_____ x 7 = _____	_____
Anfragen	_____ x 3 = _____	_____ x 4 = _____	_____ x 6 = _____	_____
Ext. Schnittstellen	_____ x 5 = _____	_____ x 7 = _____	_____ x10 = _____	_____
Int. Datenbestände	_____ x 7 = _____	_____ x10 = _____	_____ x15 = _____	_____
			Function Point Rohwert (UFP)	

gemäß IFPUG (1994)

Anpassung – 1: Der Gesamt-Einflussfaktor TDI

Nr.	Faktor	Wert	Einzusetzen sind Werte zwischen 0 und 5
1	Datenkommunikation		
2	Verteilte Funktionen		0 nicht vorhanden, kein Einfluss
3	Leistungsanforderungen		1 unbedeutender Einfluss
4	Belastung der Hardware		2 mäßiger Einfluss
5	Verlangte Transaktionsrate		3 durchschnittlicher Einfluss
6	Online-Dateneingabe		4 erheblicher Einfluss
7	Effiziente Benutzerschnittstelle		5 starker Einfluss
8	Online-Datenänderungen		
9	Komplexe Verarbeitungen		
10	Wiederverwendbarkeit		
11	Einfache Installation		
12	Einfache Benutzbarkeit		
13	Installation an mehreren Orten		
14	Änder- und Erweiterbarkeit		
	Summe der Faktoren (TDI)		

Anpassung – 2: Berechnung des Korrekturfaktors

① Berechnung des Gesamt-Einflussfaktors TDI

② VAF = 0,65 + 0,01 x TDI

③ FP = UFP x VAF

DI	Degree of influence
TDI	Total degree of influence
UFP	Unadjusted function points
VAF	Value adjustment factor

Mini-Übung 15.2

Berechnen Sie die Function Points der folgenden Eingabemaske. Gehen Sie davon aus, dass beim Einloggen auf zwei als „einfach“ zu bewertende externe Datenbestände (Kunde und Kundenlog) zugegriffen wird.

Gehen Sie bei den Einflussfaktoren davon aus, dass die Faktoren 7, 10, 12 und14 als sehr hoch bewertet werden und der Faktor 9 keinen Einfluss hat. Die übrigen Faktoren sollen durchschnittlichen Einfluss haben.

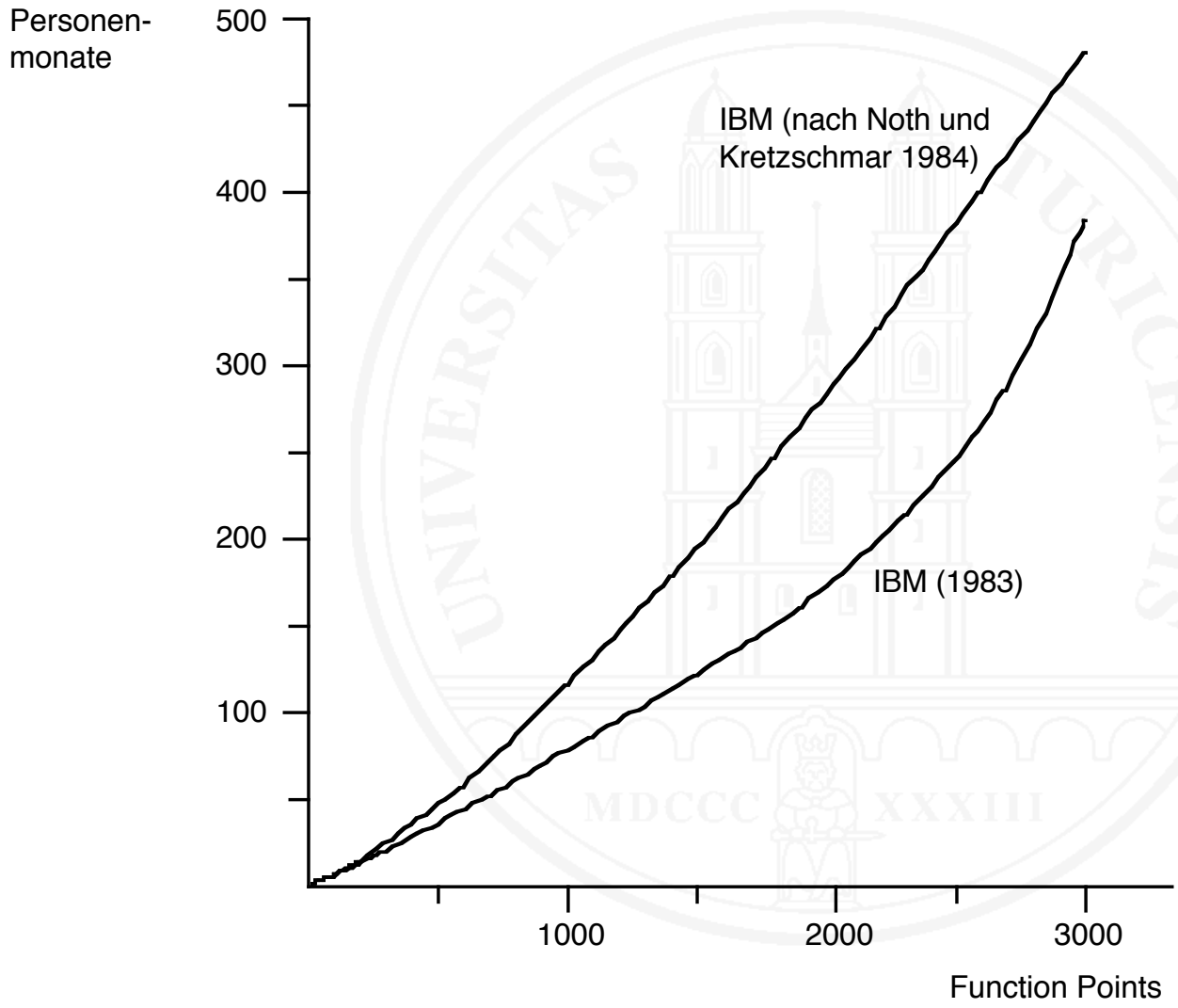
Function Points zur Aufwandschätzung

- Mittlerer Aufwand pro Function Point muss bekannt sein
- Umrechnungsfaktoren müssen unternehmensspezifisch kalibriert und projektspezifisch angepasst werden
- Umrechnungstabellen und Faustregeln sind mit Vorsicht anzuwenden

Faustregeln von Jones:

- Durchlaufzeit [in Monaten] = $FP^{0.4}$
- Anzahl Mitarbeiter = FP / 150
- Aufwand = Durchlaufzeit x Anzahl Mitarbeiter = $FP^{0.4}$ x FP / 150

Bestimmung des Aufwand aus den Function Points



Function Point vs. Codezeilen

+ Eingangsgrößen für Function Points genauer bestimmbar als Programmgröße in Codezeilen schätzbar
– Function Points sind nicht additiv

Umrechnung abhängig von Programmiersprache:

Sprache	Mittlere Anzahl Codezeilen pro Function Point
Assembler	320
C	128
FORTRAN	107
COBOL	197
Pascal	91
C++	53
Java	35
Smalltalk	21
SQL	12

15.1 Allgemeines

15.2 Empirische Schätzverfahren

15.3 Algorithmische Schätzverfahren

15.4 Sonstige Verfahren

15.5 Schätzung von Pflegeaufwand

15.6 Einfluss der Schätzung auf den Aufwand

Sonstige Methoden zur Aufwandschätzung

- «Koste es, was es wolle»-Schätzung
  - So tief schätzen, dass man auf jeden Fall den Zuschlag für ein Projekt bekommt
- Schmerzschwellen-Schätzung
  - Abtasten, wie viel der Auftraggeber bereit ist zu zahlen und die Schätzung danach ausrichten
- Schätzung nach dem Parkinson'schen Gesetz
  - Der Aufwand passt sich der vorhandenen Kapazität an

15.1 Allgemeines

15.2 Empirische Schätzverfahren

15.3 Algorithmische Schätzverfahren

15.4 Sonstige Verfahren

15.5 Schätzung von Pflegeaufwand

15.6 Einfluss der Schätzung auf den Aufwand

Schätzung von Pflegekosten

- Kostenverhältnis Entwicklung zu Pflege:

  etwa 40:60 bis (bestenfalls) 50:50

- Faustregel für die Kostenverteilung von Pflegekosten:
  - 60% Verbesserungen
  - 20% Anpassungen
  - 20% Fehlerbehebung

- Faustregel von C. Jones für den Pflegeaufwand:

  Benötigtes Pflegepersonal = FP / 500

  oder = KDSI / 50

- KDSI/Person-Raten aus verschiedenen Projekten sehr unterschiedlich

Pflegekosten: Einige Zahlen

Zeile/Person-Raten in der Software-Pflege

Source	Application Type	$(KDSI/FSP)_M$
COCOMO, lowest		3
[Wolverton, 1980]	Aerospace	8
[Ferens–Harris, 1979]	Aerospace	10
COCOMO, 25th percentile		10
[Daly, 1977]	Real-time	10–30
[Griffin, 1980]	Real-time	12
[Elliott, 1977]	Business	20
[Graver and others, 1977]	Business, HOL	20
[Graver and others, 1977]	Business, MOL	22
COCOMO, median		25
[Lientz–Swanson, 1980]	Business, 487 installations	32
COCOMO, 75th percentile		36
[Daly, 1977]	Support software	30–120
COCOMO, highest		132

Quelle: Boehm (1981)

- Medianwert liegt bei etwa 20 $KDSI/FSP_M$

⇨ Pro 20 KDSI wird eine Person (Vollzeit) für die Pflege benötigt

15.1 Allgemeines

15.2 Empirische Schätzverfahren

15.3 Algorithmische Schätzverfahren

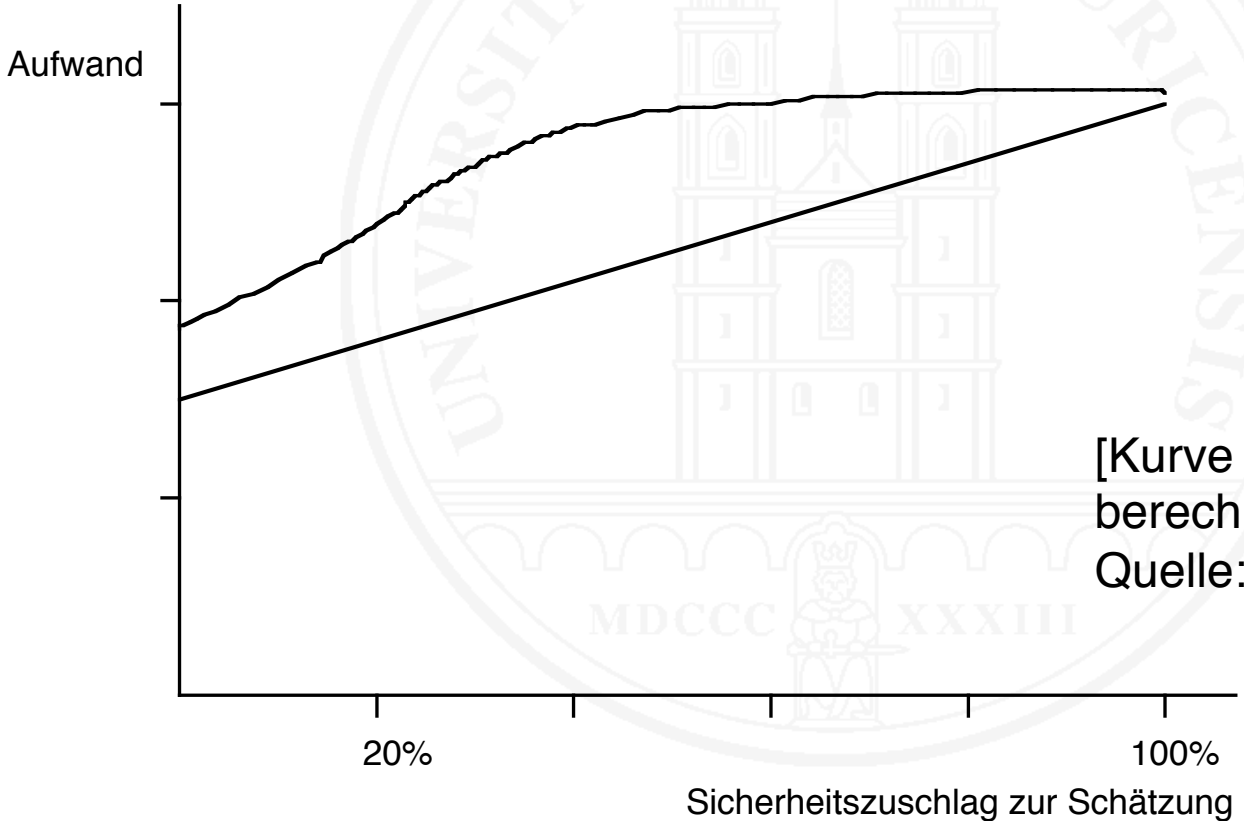
15.4 Sonstige Verfahren

15.5 Schätzung von Pflegeaufwand

15.6 Einfluss der Schätzung auf den Aufwand

Einfluss der Schätzung auf den Aufwand

- Schätzung und tatsächlicher Aufwand nicht voneinander unabhängig
- Parkinson-Effekt: Korrelation von geschätztem und effektivem Aufwand:



[Kurve durch Simulationen berechnet;
Quelle: Abdel-Hamid, 1986]

Literatur

T.K. Abdel-Hamid, S.E. Madnick (1986). Impact of Schedule Estimation on Software Project Behavior. *IEEE Software* **3**(4):70–75.

A.J. Albrecht (1979). Measuring Application Development Productivity. *Proceedings Guide/Share Application Development Symposium* (Oct. 1979). 83–92.

B. Boehm (1981). *Software Engineering Economics*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.

B. Boehm, C. Abts, A. Brown, S. Chulani, B. Clark, E. Horowitz, R. Madachi, D. Reifer, B. Steerce (2000). *Software Cost Estimation with Cocomo II*. Pearson Education.

IBM (1983). *Die Function Point-Methode: Eine Schätzmethode für IS-Anwendungs-Projekte*. Broschüre GE 12-1618-0. IBM Deutschland GmbH.

IFPUG (1994). *Function Point Counting Practices Manual*, Release 4.0. International Function Point Users Group. Westerville, Ohio (USA).

D. Garmus, D. Herron (2000). *Function Point Analysis: Measurement Practices for Successful Software Projects*. Reading, Mass.: Addison-Wesley.

T.C. Jones (1995). Backfiring. Converting Lines of Code to Function Points. *IEEE Computer* **28**(11):87–88.

T.C. Jones (1996). Software Estimating Rules of Thumb. IEEE Computer 29(3):116–118.

T.C. Jones (1998). *Estimating Software Costs*. New York: McGraw-Hill.

H.-D. Knöll, J. Busse (1991). *Aufwandschätzung von Software-Projekten in der Praxis*. Reihe Angewandte Informatik Band 8, Mannheim, Wien Zürich: BI-Wissenschaftsverlag.

Literatur – 2

K. Moløkken, M. Jørgensen (2003). A Review of Surveys on Software Effort Estimation. *IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering (ISESE'03)*. 223–230.

T. Noth, M. Kretzschmar (1984). *Aufwandschätzung von DV-Projekten*. Berlin, etc.: Sprin-ger.

D. Seibt (1987). Die Function-Point-Methode: Vorgehensweise, Einsatzbedingungen und An-wendungserfahrungen. **Angewandte Informatik** 1/1987. 3–11

C.R. Symons (1988). Function Point Analysis: Difficulties and Improvements. IEEE Transactions on Software Engineering 14(1):2–11.

F. Wellman (1992). *Software Costing*. Hemel Hempstead: Prentice Hall International (UK).