

Martin Glinz Harald Gall  
**Software Engineering**

Kapitel 16

# Software-Aufwandschätzung



Universität Zürich  
Institut für Informatik

# 16.1 Allgemeines

---

16.2 Empirische Schätzverfahren

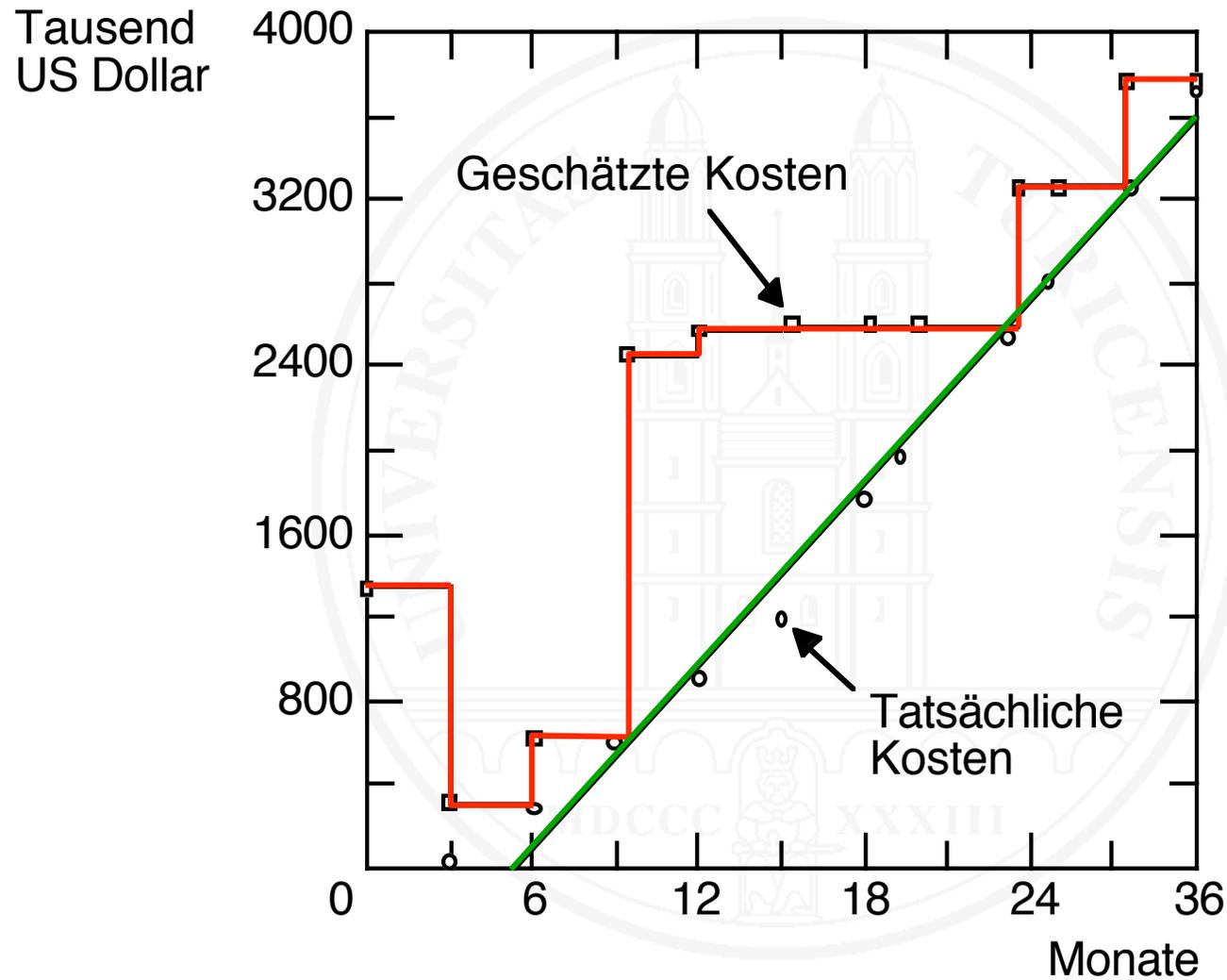
16.3 Algorithmische Schätzverfahren

16.4 Sonstige Verfahren

16.5 Schätzung von Pflegeaufwand

16.6 Einfluss der Schätzung auf den Aufwand

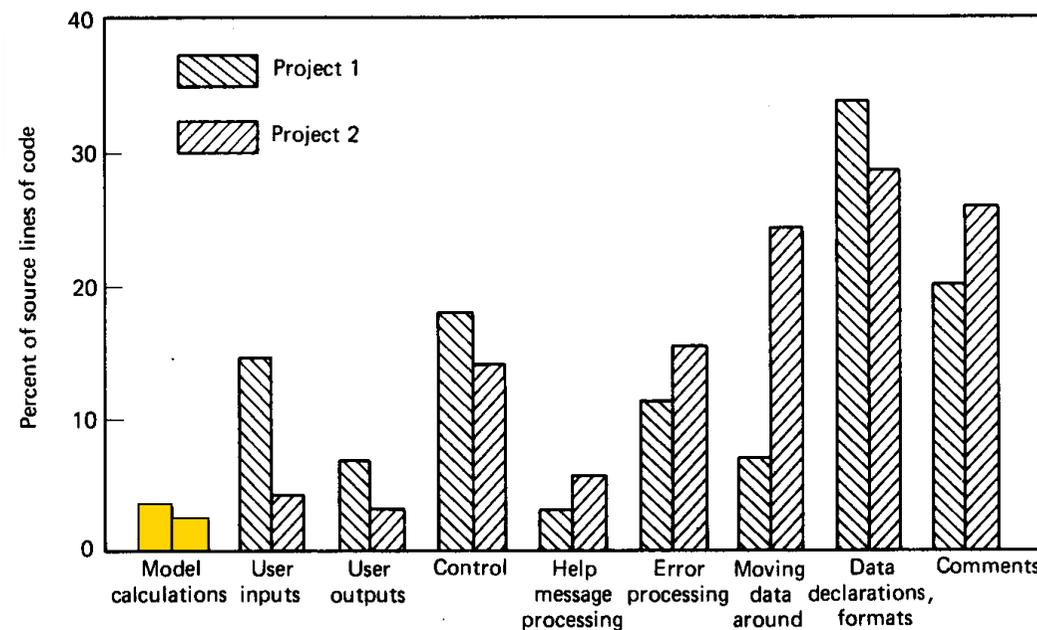
# Wie man es nicht machen sollte



# Probleme der Aufwandschätzung

---

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



16.1 Allgemeines

**16.2 Empirische Schätzverfahren**

---

16.3 Algorithmische Schätzverfahren

16.4 Sonstige Verfahren

16.5 Schätzung von Pflegeaufwand

16.6 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 abgewickelterm 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**

16.1 Allgemeines

16.2 Empirische Schätzverfahren

**16.3 Algorithmische Schätzverfahren**

---

16.4 Sonstige Verfahren

16.5 Schätzung von Pflegeaufwand

16.6 Einfluss der Schätzung auf den Aufwand

# Algorithmische Schätzverfahren

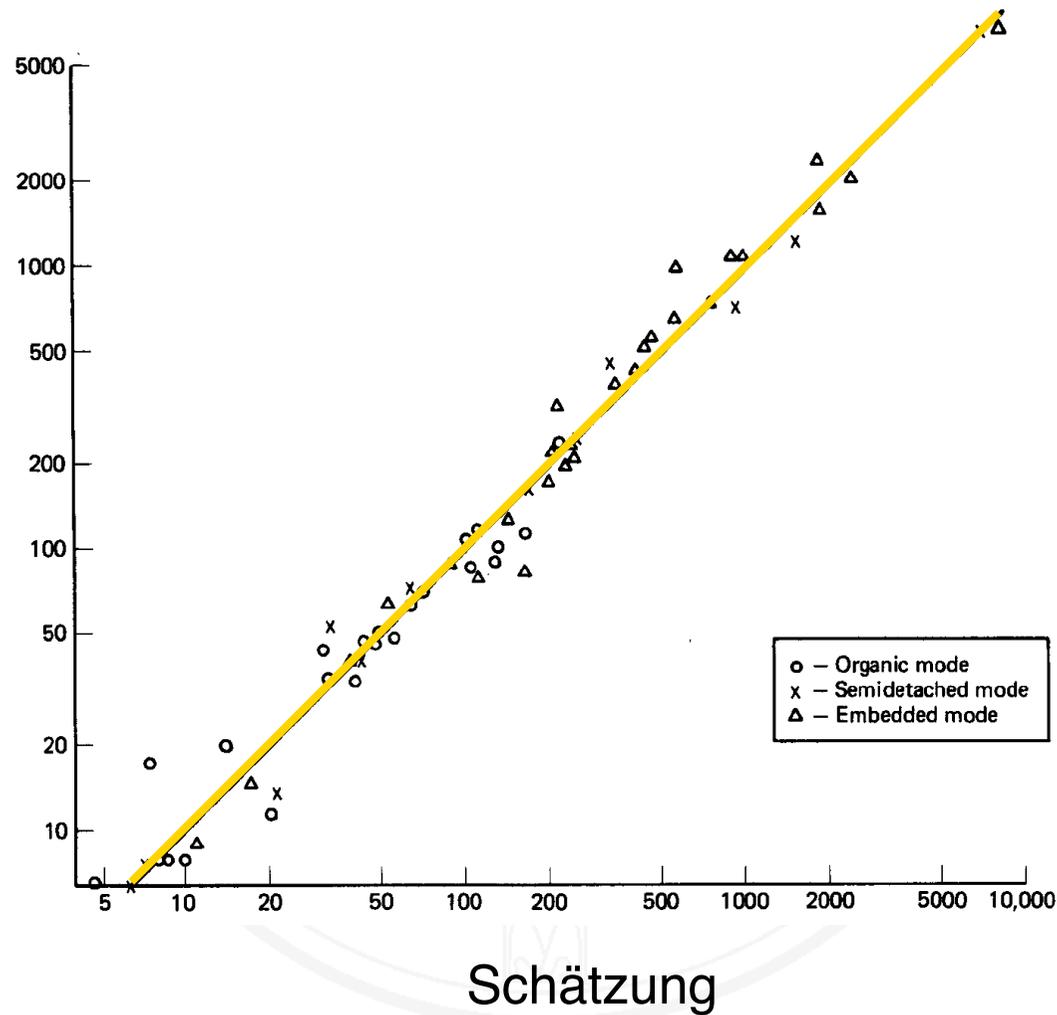
---

## 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



# COCOMO (*Constructive Cost Model*)

---

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

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

$$TDEV = 2.5 MM^{0.38}$$

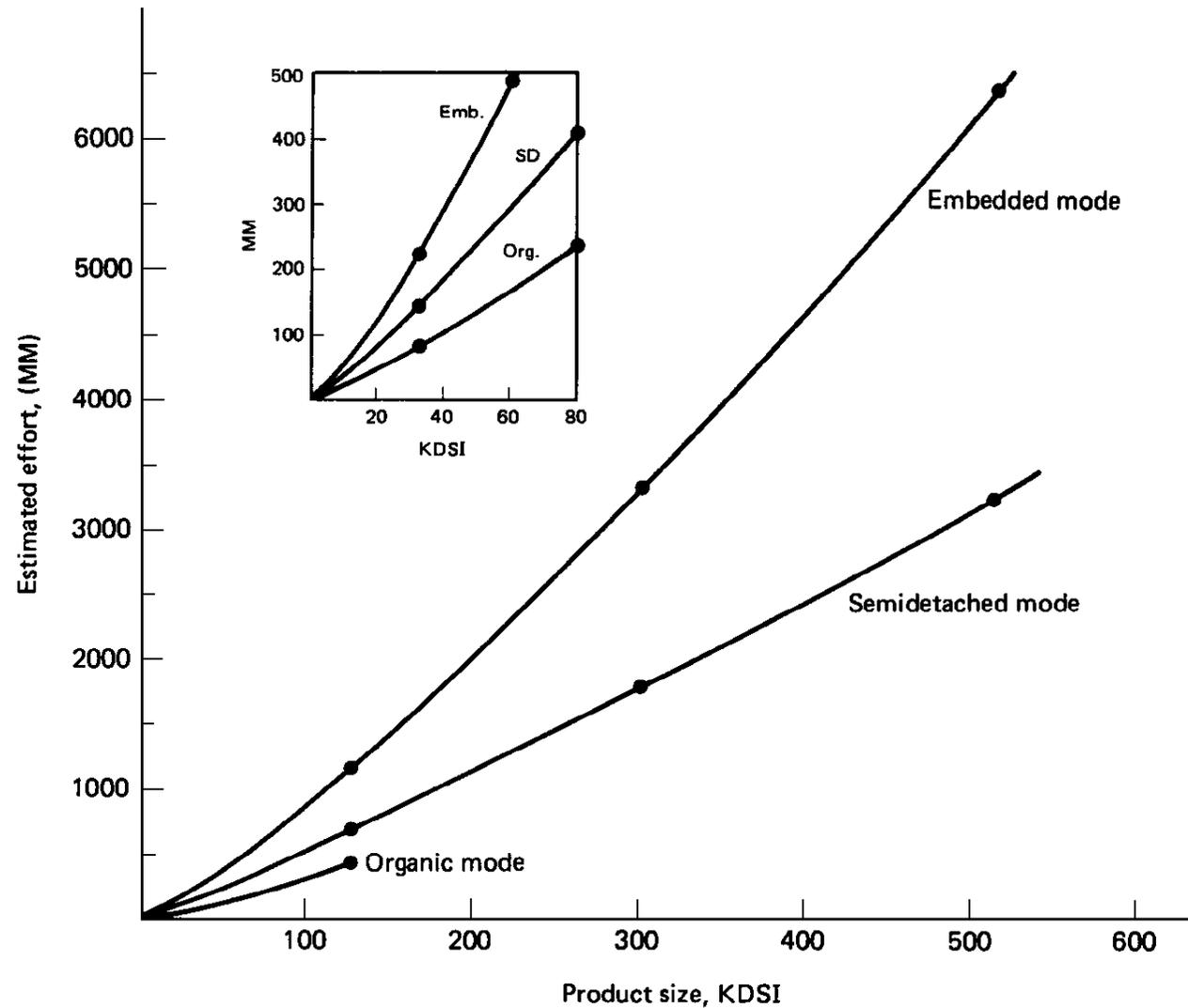
KDSI: Kilo delivered source instructions (Anzahl ausgelieferte Codezeilen in 1000)

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)

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

- **Eingebettete Systeme** (embedded mode)

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

# COCOMO: Präzisierung der Schätzung

---

Durch Berücksichtigung unternehmensspezifischer und projektspezifischer Kostenfaktoren (cost drivers)

- ① Bestimmung des **Nominalwerts** für den Aufwand
- ② Bestimmung der **Kostenfaktoren**
- ③ **Multiplikation** des Nominalwerts mit dem Produkt der Kostenfaktoren:

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

# COCOMO: Kostenfaktoren

Cost Drivers	Ratings					
	Very Low	Low	Nominal	High	Very High	Extra High
<b>Product Attributes</b>						
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
<b>Computer Attributes</b>						
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 <sup>a</sup>		.87	1.00	1.15	1.30	
TURN Computer turnaround time		.87	1.00	1.07	1.15	
<b>Personnel Attributes</b>						
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 <sup>a</sup>	1.21	1.10	1.00	.90		
LEXP Programming language experience	1.14	1.07	1.00	.95		
<b>Project Attributes</b>						
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 16.1 (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

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

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

KSLOC: Kilo Source Lines of Code

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

SF<sub>i</sub> sind insgesamt fünf Skalierungsfaktoren (scaling factors)

EM<sub>i</sub> 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			Summe
	einfach	mittel	komplex	
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** =  $0,65 + 0,01 \times \text{TDI}$
- ③ **FP** =  $\text{UFP} \times \text{VAF}$

DI      Degree of influence

TDI     Total degree of influence

UFP     Unadjusted function points

VAF     Value adjustment factor

## Mini-Übung 16.2

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 und 14 als sehr hoch bewertet werden und der Faktor 9 keinen Einfluss hat. Die übrigen Faktoren sollen durchschnittlichen Einfluss haben.

**AGP** Absolut Gute Produkte

**Willkommen in unserem Webshop!**

Ich bin ein neuer Kunde

Ich bin bereits Kunde

Name

Kundenummer

Passwort

▾

# Function Points zur Aufwandschätzung

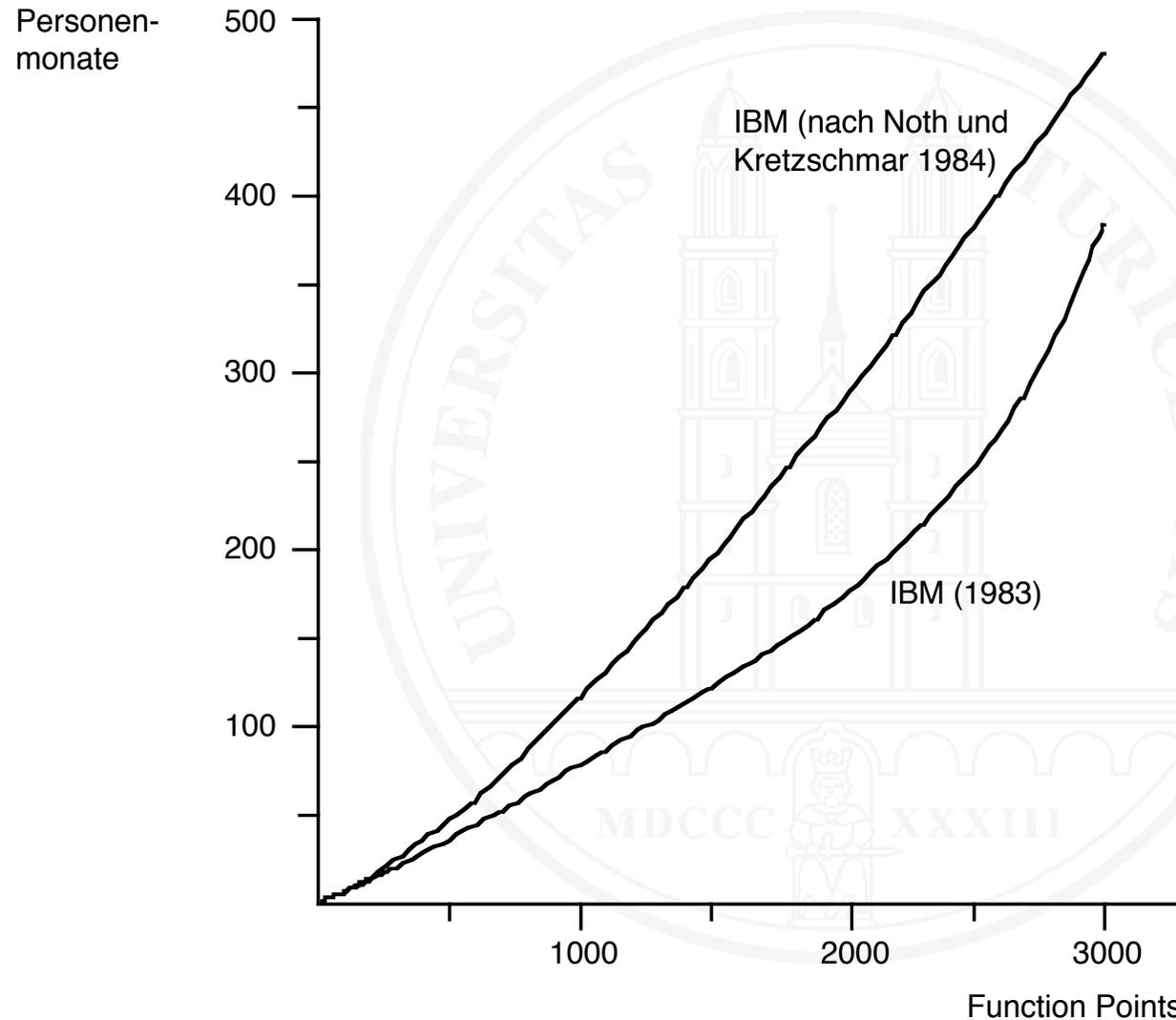
---

- 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** =  $Durchlaufzeit \times Anzahl\ Mitarbeiter = FP^{0.4} \times FP / 150$

# 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

16.1 Allgemeines

16.2 Empirische Schätzverfahren

16.3 Algorithmische Schätzverfahren

**16.4 Sonstige Verfahren**

---

16.5 Schätzung von Pflegeaufwand

16.6 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

16.1 Allgemeines

16.2 Empirische Schätzverfahren

16.3 Algorithmische Schätzverfahren

16.4 Sonstige Verfahren

**16.5 Schätzung von Pflegeaufwand**

---

16.6 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) <sub>M</sub>
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<sub>M</sub>
- ⇒ Pro 20 KDSI wird eine Person (Vollzeit) für die Pflege benötigt

16.1 Allgemeines

16.2 Empirische Schätzverfahren

16.3 Algorithmische Schätzverfahren

16.4 Sonstige Verfahren

16.5 Schätzung von Pflegeaufwand

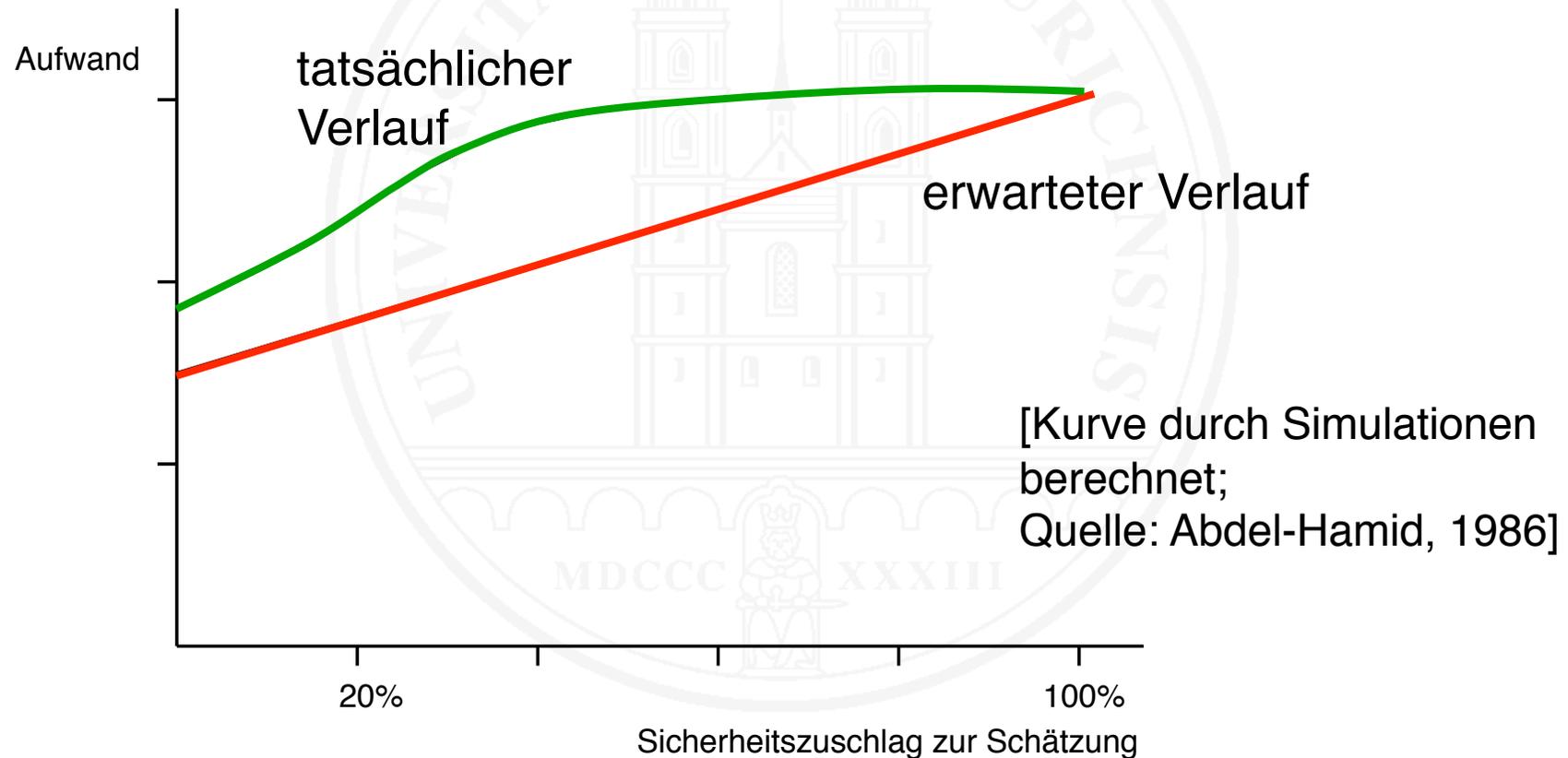
**16.6 Einfluss der Schätzung auf den Aufwand**

---

# Einfluss der Schätzung auf den Aufwand

---

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



# Literatur

---

Siehe Literaturverweise im Kapitel 5 des Skripts.

Im Skript [M. Glinz (2005). *Software Engineering*. Vorlesungsskript, Universität Zürich] lesen Sie bitte Kapitel 5.

Im Begleittext zur Vorlesung [S.L. Pfleeger, J. Atlee (2006). *Software Engineering: Theory and Practice*, 3rd edition. Upper Saddle River, N.J.: Pearson Education International] lesen Sie bitte Kapitel 3.3: Effort Estimation sowie die Seiten 514-518 im Kapitel 11 über Maintenance Cost.