

SEMIALGORITHMISCHE ZEITAUFWANDSSCHÄTZUNG
VON KONSTRUKTIONSAUFTRÄGEN

Nicht über den Daumen gepeilt

Schätzkataloge begünstigen es, dass man in der Regel den Zeitaufwand unterschätzt, da die Komplexität, die Projektgröße und die stochastischen Einflussfaktoren nicht berücksichtigt werden. Das semialgorithmische Zeitaufwandsschätzverfahren ist ein alternativer Lösungsweg.

EXPERTENSCHÄTZUNGEN. Unter Zeitaufwandsschätzung versteht man für gewöhnlich den geschätzten zeitlichen Aufwand, der bei der Bearbeitung eines Konstruktionsauftrags entstehen wird. Die Ergebnisse der Schätzung werden in Personenstunden bis zu Personenjahren angegeben. Zeitaufwandsschätzungen dienen beispielsweise dazu, die Kosten eines Konstruktionsauftrags zu kalkulieren, die benötigte Konstruktionskapazität zu planen oder Fertigstellungstermine zu bestimmen.

Expertenschätzungen sind dabei die häufigste Methode. Kritisch betrachtet sind ›Expertenschätzungen‹ eine euphemistische Bezeichnung für ›Schätzungen über den Daumen‹. Die Qualität der Schät-

zung steht und fällt mit der Erfahrung der Schätzenden. Das Dilemma der Zeitaufwandsschätzung ist, dass eine korrekt durchgeführte Schätzung keinen wirtschaftlichen Erfolg garantiert. So können betriebliche Defizite, welche sich in zwar hohen aber korrekten Bearbeitungszeiten einer Schätzung niederschlagen, zu einem Verlust eines potenziellen Auftrags führen.

Andererseits stellt eine schlechte und ungenaue Schätzung einen gleichermaßen gravierenden wirtschaftlichen Nachteil dar, wenn die vorkalkulierten Kosten nicht ausreichen. Zudem können bei einer zu geringen Schätzung Termine und Kosten in erheblichem Maße überschritten werden. Bei einer Zeitaufwandsschätzung ist es daher

wichtig, dass man möglichst exakt schätzt und dies in objektiver, nachvollziehbarer Weise tut.

Algorithmische Methoden

Alle Aufwandsschätzmethoden basieren auf Analogien. Bei den algorithmischen Methoden werden die Analogien lediglich mathematisch bestimmt. Algorithmische Methoden lassen sich zum Beispiel bei der Schätzung des Zeitaufwands von großen Softwareentwicklungsprojekten einsetzen. Der Zeitaufwand wird mithilfe einer Gleichung berechnet, die den funktionalen Zusammenhang der Projektgröße (Größe), der Komplexität (K), diverser Einflussfaktoren (EF), eines Größenfaktors (GF) und des daraus resultierenden Zeitaufwands (A) darstellt.

Am Beginn einer Aufwandsschätzung steht die Analyse der Anforderungen. Eine in der Praxis bewährte Methode ist es, das Projekt in Arbeitspakete aufzugliedern und diese mit den gleichen oder ähnlichen Arbeitspaketen von bereits realisierten Projekten zu vergleichen. Die Schätzung ist genauer, wenn die Arbeitspakete bereits wiederholt ausgeführt wurden (Anpassungs- und Variantenkonstruktionen) und Stundenschreibungen von vergleichbaren Projekten verfügbar sind. Neukonstruk-



DAS DILEMMA DER ZEITAUFWANDSSCHÄTZUNG IST, DASS EINE KORREKT DURCHFÜHRTE SCHÄTZUNG KEINEN WIRTSCHAFTLICHEN ERFOLG GARANTIERT.

ziehungsweise Projektgröße nicht linear ist, wird der einem Schätzkatalog entnommene Zeitaufwand systematisch unterschätzt. Bei Schätzkatalogen muss man daher einen Komplexitätsfaktor, als Summe der Zeitaufwandstreiber, einführen.

Der Komplexitäts- und der Größenfaktor werden in die Gleichung als Exponenten eingesetzt, um so dem mit der Projektgröße steigenden Aufwand Rechnung zu tragen.

Im Anlagenbau sind vor allem die in **Tabelle 1** aufgeführten Zeitaufwandstreiber wichtig. Die Metrik der Aufwandstreiber ist intuitiv und muss auf Basis weiterer ausgeführter Konstruktionsaufträge kalibriert werden.

Der Wertebereich des Komplexitätstreiberfaktors liegt also zwischen 1000 (alle Aufwandstreiber sehr gering) und 1030 (alle Aufwandstreiber extrem hoch).

Einflussfaktoren als Chancen und Risiken

Verursacht durch stochastische Einflussfaktoren treten eigendynamische Abweichungen auf, die die nominale Bearbeitungszeit für ein Arbeitspaket verlängern oder, seltener, auch verkürzen.

In **Tabelle 2** sind die auf den Konstruktionsprozess einwirkenden Einflussfaktorengruppen dargestellt. In dem neuen Verfahren dient eine Sensitivitätsanalyse da-

tionen schätzt man gesondert. Auf den so ermittelten nominalen Aufwand wirken Aufwandstreiber und Einflussfaktoren ein, die von Auftrag zu Auftrag variieren. **Bild 1** zeigt, wie sich die Methode der algorithmischen Zeitaufwandsschätzung auf die Konstruktion im Anlagenbau übertragen lässt. Der Kern des neuen semialgorithmischen Zeitaufwandsschätzverfahrens ist die im Zentrum der Abbildung stehende **Gleichung 1** zur Gewichtung des nominalen Zeitaufwands mit Aufwandstreibern, Einflussfaktoren und einem Größenfaktor.

$$Aufwand = (Größe^K \times \prod_{i=1}^n EF_i)^{GF}$$

Gleichung 1

Die Projektgröße wird anhand vergleichbarer Projekte geschätzt. Für vorhandene Varianten- und Anpassungskonstruktionen ist es nicht sinnvoll, immer wieder neu zu schätzen. Stattdessen sollte man den Zeitaufwand aus einem Schätzkatalog entnehmen. Neukonstruktionen werden mit einem geeigneten Modell gesondert geschätzt.

Zeitaufwandstreiber, Komplexitätsfaktor

Weil das Verhältnis von Zeitaufwand und Produktkomplexität be-

Aufwandstreiber (AT)	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch	extrem hoch
Komplexität des Produkts	0,0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0
fehlende Produktreife	0,0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0
Schnittstellen	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Automatisierungsgrad	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
Anteil Fremdvergaben	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5

Tabelle 1: Metrik der Aufwandstreiber.

Einflussfaktor (Chance oder Risiko)	Standard Bewertungsskala nach Vektor												Anpassung des Risikos								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	AT positiv	AT negativ	Produkt (AR/VR) %	Produkt (R) %	Risikozahl (Chance - Risiko)	Veränderungsfaktor	Veränderungsfaktor	gewichtete Multiplikation	Anpassung Einflussfaktor
1 Erfüllung des Konstruktionsauftrags	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2,7	14,1	49,2	8,7	0,30	0,90	1,25	1,81	8	
2 Kundenanforderungen	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	4,6	19,6	81,0	8,0	0,30	0,90	1,25	1,81	8	
3 Lieferantenmanagement	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	7,1	12,7	112,6	11,1	0,30	0,90	1,25	1,81	19	
4 Erfüllung der Kundenanforderungen	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	7,8	13,3	115,1	11,3	0,40	0,90	1,25	1,81	22	
5 Rahmenbedingungen	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	5,5	7,4	112,2	6,0	0,25	0,90	1,25	1,81	8	
6 Qualifikation der Mitarbeiter	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	10,1	2,9	36,3	3,8	0,25	0,90	1,25	1,81	3	
7 Qualifikation des Teams	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	10,1	2,8	37,7	3,7	0,25	0,90	1,30	1,81	11	
8 unterstützende Managementprozesse	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	12,6	1,4	154,5	10,2	0,30	0,90	1,30	1,81	29	
9 unterstützende IT-Werkzeuge	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	4,4	2,5	44,0	4,0	0,30	0,90	1,25	1,81	2	
10 Dienstleistungen der Konstruktion	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	7,8	4,6	58,0	4,0	0,30	0,90	1,30	1,81	11	
11 Kommunikation	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	10,8	7,8	101,8	14,5	0,40	0,90	1,25	1,81	21	
12 Zusammenarbeit der Stakeholder	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	12,6	12,6	102,2	14,0	0,30	0,90	1,25	1,81	29	
Summe	25	19	22	24	12	5	8	9	6	4	14	22	104	181	1.376	100	0,32	0,90	1,25	1,81	11

Tabelle 2: Sensitivitätsanalyse der Einflussfaktoren.

Der Komplexitätstreiberfaktor (K) als Summe der Aufwandstreiber (AT) wird nach **Gleichung 2** berechnet:

$$K = 1 + 0,001 \times \sum_{i=1}^i AT_i$$

Gleichung 2

zu, die Abhängigkeitsstruktur von Einflussfaktoren darzustellen sowie deren Auswirkungen qualitativ und quantitativ zu bewerten. Einflussfaktoren können als Chancen und Risiken bezeichnet werden. Für den Eintritt eines Risikos oder einer Chance ist eine Wahrscheinlichkeit

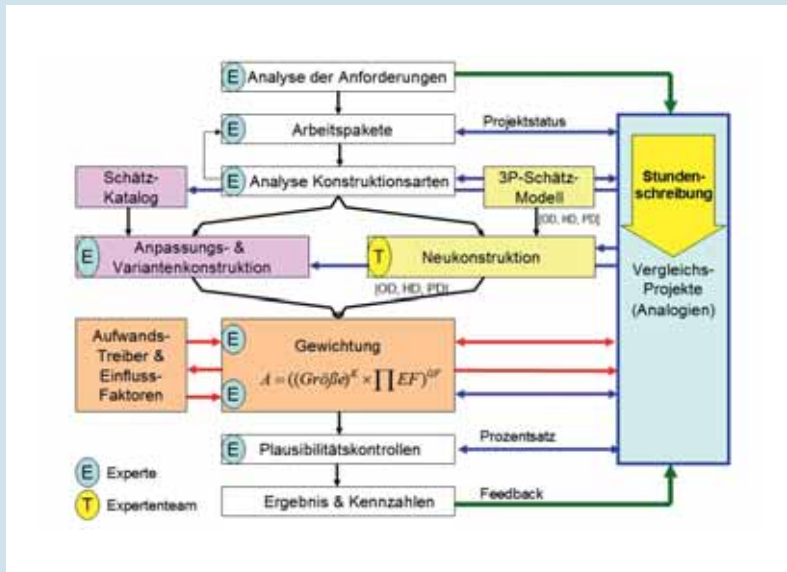


Bild 1: Semialgorithmisches Zeitaufwandsschätzverfahren für die Konstruktion.

deren, in der Vergangenheit verursachte Abweichungen zu erklären.

Der benötigte Zeitaufwand zur Bearbeitung eines Konstruktionsauftrags ist nicht linear zur Größe des Projekts. Bei zunehmender Projektgröße treten aufgrund des größeren Overheads und der mit der Projektgröße steigenden Komplexität negative Effekte auf. Soll die Konstruktionszeit verkürzt werden, werden mehr Mitarbeiter benötigt. Mehr Mitarbeiter erhöhen aber den Kommunikationsaufwand innerhalb des Teams. Der höhere Kommunikationsanteil reduziert wiederum die Produktivität.

Tabelle 3 bildet am Beispiel von fünf ausgeführten Konstruktionsaufträgen die Aufwandstreiber, Einflussfaktoren und den Projektgrößenfaktor ab. Dargestellt sind je Auftrag die gewählten Gewichtungsfaktoren und die mit diesen Faktoren berechneten Stundenabweichungen. Es zeigt sich, dass das neue Schätzverfahren praxisnah und einfach anwendbar ist. Die Schätzgenauigkeit verbesserte sich bei allen Praxisbeispielen deutlich.

Faktor	Auftrag 1		Auftrag 2		Auftrag 3		Auftrag 4		Auftrag 5	
	Faktor	Stunden	Faktor	Stunden	Faktor	Stunden	Faktor	Stunden	Faktor	Stunden
Summierte Zeitaufwand in Stunden	2.315		2.295		3.145		2.645		2.155	
Aufwandstreiber										
Komplexität des Produkts	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Sichere Produktivität	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Schrittzeiten	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Automatisierungsgrad	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Fremdbelastung	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Komplexitätsfaktor (K=1,001 * ZAT)	1,005	101	1,005	137	1,005	219	1,005	199	1,005	182
Einflussfaktoren	RK	RK	RK	RK	RK	RK	RK	RK	RK	RK
Erfüllung des Konstruktionsauftrags	0,25	-4	0,25	-4	0,40	94	0,30	33	0,25	-13
Methodischer Konstruktionsprozess	0,70	125	0,70	127	0,70	163	0,70	174	0,70	9
Leistungsmanagement	0,25	-35	0,25	-35	0,25	-36	0,40	-28	0,25	-34
Erfüllung der Kundenanforderungen	0,25	-4	0,25	-4	0,40	90	0,30	29	0,25	-30
Rahmenbedingungen	0,25	-8	0,25	-8	0,40	97	0,30	30	0,25	-10
Qualifikation der Mitarbeiter	0,25	-14	0,25	-14	0,25	-15	0,25	-17	0,25	-13
Qualifikation des Teams	0,25	17	0,25	17	0,25	23	0,25	21	0,25	16
Interdisziplinäre Managementprozesse	0,25	33	0,25	33	0,25	75	0,25	61	0,25	42
Unterstützende IT-Werkzeuge	0,30	18	0,30	18	0,30	21	0,30	18	0,30	-31
Dienstleistungen der Konstruktion	0,50	103	0,50	102	0,50	168	0,50	188	0,50	203
Kommunikation	0,30	8	0,30	8	0,30	36	0,30	22	0,30	8
Zusammenarbeit der Stakeholder	0,25	-8	0,25	-8	0,30	32	0,25	4	0,25	-4
Summe der Einflussfaktoren	201		199		720		553		168	
Projektgrößenfaktor	1,003	63	1,003	63	1,003	105	1,003	89	1,003	57
Summe Aufwandsschätzung	2.679		2.694		4.247		3.667		2.482	
Stundenabweichung	364		400		1102		1022		327	
Abweichung vorher in %	-14%		-11%		-25%		-21%		-12%	
Abweichung bei neuem Verfahren in %	-1%		1%		1%		2%		1%	

Tabelle 3: Berechnungsbeispiel.

maßgebend. Dies wird mit der Risikokennzahl (RK) zum Ausdruck gebracht. Somit lässt sich nach der Wahrscheinlichkeit die mögliche Abweichung direkt auf das Schätzergebnis umrechnen. Die berechnete Abweichung bewegt sich dabei innerhalb der Grenzen des Verbes-

serungsfaktors und des Verschlechterungsfaktors.

Ziel der Identifizierung der Einflussfaktoren und deren Wirkungsweise ist es, ein Prognosesystem aufzubauen, das es zum einen ermöglicht, Maßnahmen für zukünftige Ereignisse zu ergreifen, und zum an-

Hartmut Steck-Winter ist Fachbereichsleiter bei Aichelin Service.

Prof. Dr.-Ing. Dušan Šebo arbeitet am Lehrstuhl für Industrial Engineering an der TU Košice.