

Netzwerktheorie und Prozessoptimierung

Sie vergleichen zwei Flowcharts und fragen sich: Besitzen beide Arbeitsabläufe dieselbe Qualität und Sicherheit? Welcher Vorgang dauert länger, welcher ist teurer? Die Modelle der Netzwerktheorie bieten Lösungen für diese Fragen an. Dieser Beitrag zeigt, dass Prozesse, die sich in sogenannten „maßstabslosen“ Netzen organisieren, eine höhere Qualität und Sicherheit aufweisen können.

Von Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Höhl

Ein neuer Ansatz steht im Zentrum dieses Beitrags: die Anwendung der Netzwerktheorie auf Arbeitsprozesse. Es geht hier nicht um die strategische Prozessorganisation und schon gar nicht um die kontinuierliche Prozessoptimierung oder um Change Management. Auf diesen Gebieten gibt es bereits zahlreiche gute Untersuchungen und gebräuchliche Methoden und Konzepte, um Prozesse ganz allgemein zu untersuchen, zu reorganisieren, zu gliedern, zu gestalten und zu überwachen (z. B. Business Process Reengineering [BPR], Total Quality Management [TQM], Balanced Scorecard [BSC], Performance Measurement [PM], Kontinuierlicher Verbesserungsprozess [KVP] und Business Process Management

[BPM] etc.). Dieser Beitrag behandelt beispielhaft das Prozessmanagement im Architekturbüro bei der Durchführung einer speziellen computergestützten Planungsaufgabe. Auch die Auswirkungen der Prozessoptimierung auf die entsprechende Aufbauorganisation bleiben von dieser Untersuchung unberührt. Es gibt zur Zeit auch viele gute computergestützte Werkzeuge zur Prozessoptimierung (z. B. ADONIS, AENEIS, Agresso, ARIS, BONAPART, BPM Suite, CA ERWIN Process Modeller, ViFlow, Visio etc.). In diesem Beitrag wird kein neues Werkzeug entwickelt, sondern eine spezielle methodische Herangehensweise zur Verbesserung von Arbeitsabläufen untersucht und grafisch veranschaulicht. Zur Erstellung der

Tab. 1 | Kennzahlen von Netzwerken

Anzahl der Knoten	N	Knoten
Häufigste Anzahl der Verbindungslinien pro Knoten	k	Verbindungslinien pro Knoten
Durchschnittliche Anzahl von Verbindungslinien pro Knoten	k_d	Verbindungslinien pro Knoten
Grad der Verteilung	$P_{(k)}$	Anzahl der Knoten mit exakt k Verbindungslinien
Mittlerer Clustering Koeffizient	C_i	
Connectability (Durchschnittlicher Clustering-Koeffizient)	$C_{(k)}$	Verbindungslinien der Nachbarn von Knoten mit exakt k Verbindungslinien
Anzahl der Verbindungslinien gesamt	L	Verbindungslinien
Anzahl der Verbindungslinien am Knoten i	l_i	Verbindungslinien
Pfadlänge gesamt	l_g	Einheiten
Durchschnittliche Pfadlänge	l_d	Einheit
Navigability (mittlere Pfadlänge)	l_m	Einheit
Milgrams Gesetz	m	Zwischenknoten (Mittelwert)

Quelle: [11, S. 3 ff.]

nachfolgenden Flowcharts wurde die Open-Source-Software yEd benutzt.

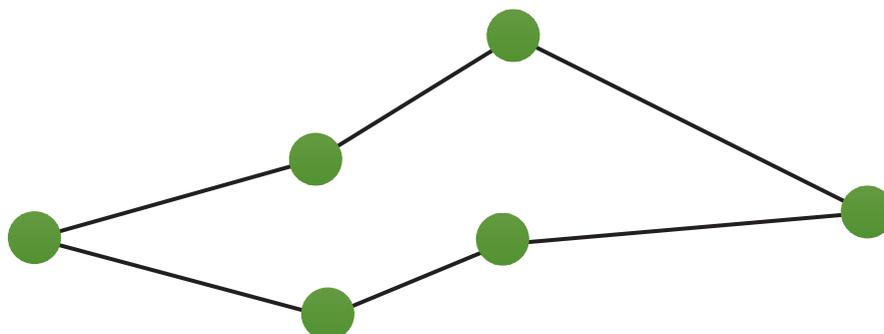
Allgemein anerkannt ist heute die Definition der Prozessorganisation als Summe aller Prozesse eines Unternehmens. Eine erfolgreiche Prozessoptimierung ist dabei immer wertschöpfend beziehungsweise wertsteigernd sowohl für den Kunden (Bauherrn) und das Unternehmen als auch für Umwelt und Gesellschaft. Ein optimierter Prozess wirkt sich daher immer positiv auf den Kundennutzen, die Effizienz des Unternehmens und einen nachhaltigen Umgang mit Ressourcen aus. Durch optimierte Planungsprozesse kann auch das letztendliche Produkt, das Bauwerk, im Hinblick auf den Nutzen des Bauherrn und des Architekten sowie hinsichtlich der Auswirkungen auf Umwelt und Gesellschaft verbessert werden. Die Prozessoptimierung kennt dabei immer die drei grundlegenden Kriterien Qualität, Zeit und Kosten. Nach diesen drei Kriterien kann die Effizienz eines Prozesses gemessen und optimiert werden. Diese drei Kri-

terien werden in der vorliegenden Untersuchung als Bewertungskriterien auf verschiedene Netzwerkmodelle angewendet.

Allgemeine Netzwerkeigenschaften

Die allgemeinen Netzwerkeigenschaften beschreiben strukturelle und formale Merkmale von Netzwerken. Generell gibt es gerichtete und ungerichtete Netzwerke. In gerichteten Netzwerken werden Vorgänger und Nachfolger voneinander unterschieden. Carnap differenziert überdies zwischen Eigenschaftsbeschreibung und Beziehungsbeschreibung [3, S. 7 und S. 11 f.]: „Die Eigenschaftsbeschreibung gibt an, welche Eigenschaften den einzelnen Gegenständen [...] zukommen; die Beziehungsbeschreibung gibt an, welche Beziehungen zwischen den Gegenständen bestehen, ohne über die einzelnen Gegenstände für sich etwas auszusagen. Die Eigenschaftsbeschreibung macht also individuelle, in gewissem Sinn absolute Aussagen, die Beziehungsbe-

Abb. 1 | Zufälliges Netzwerk



schreibung relative Angaben.“ Er erläutert weiter, dass es grundsätzlich möglich ist, „alle wissenschaftlichen Aussagen in reine Strukturaussagen umzuformen. Ferner ist das Ziel jeder wissenschaftlichen Theorie, ihrem Inhalt nach zu einer reinen Beziehungsbeschreibung zu werden“, und bezeichnet die Strukturbeschreibung als eine besondere Art der Beziehungsbeschreibung: „In einer Strukturbeschreibung wird nur die Struktur der Beziehungen angegeben, d. h. ein Inbegriff aller ihrer formalen Eigenschaften.“ Carnap nennt zudem einige der wichtigsten formalen Eigenschaften von Netzwerken und ihre jeweiligen Ausprägungen:

- Symmetrie (symmetrisch, nicht symmetrisch und asymmetrisch)
- Reflexivität (reflexiv, nicht reflexiv und irreflexiv)
- Transitivität (nicht transitiv und intransitiv)
- Kohärenz (zusammenhängend)
- Reihe (irreflexiv, transitiv und zusammenhängend)
- Ähnlichkeit (symmetrisch und reflexiv)
- Gleichheit (symmetrisch, reflexiv und transitiv)

Den Fragen nach dem Zusammenhang zwischen Form, Struktur und Funktion von Netzwerken widmet sich die Netzwerktheorie; sie unterscheidet verschiedene Netzwerkmodelle und ordnet diesen Netzwerktypen bestimmte Kennzahlen zu.

Netzwerk Kennzahlen und Netzwerkmodelle

Wuchty/Ravasz/Barabási nennen folgende Kennzahlen eines Netzwerks (siehe Tabelle 1 auf Seite 25):

Sie definieren die mittlere Pfadlänge als:

$$l_m = 2 / N (N - 1) \sum_{i=1}^N l_{ij}$$

Die durchschnittliche Anzahl der Verbindungslinien pro Knoten k_d wird in dieser Arbeit festgelegt als:

$$k_d = 2L / N$$

$P_{(k)}$ ist dabei definiert als die Anzahl der Knoten mit exakt k Verbindungslinien. Für den durchschnittlichen Clustering-Koeffizienten C gilt:

$$C = 1 / N \sum_{i=1}^N C_i$$

$C_{(k)}$ gilt dabei als der durchschnittliche Clustering-Koeffizient von allen Knoten mit genau k Verbindungen. Der mittlere Clustering-Koeffizient wird festgelegt als:

$$C_i = 2l_i / k_i (k_i - 1)$$

Aufgrund der vorgenannten Netzwerkeigenschaften unterscheiden Wuchty et al. überdies drei verschiedene Netzwerkmodelle (Arten von Netzwerken) [11, S. 3 ff.]: zufällige Netzwerke (Random Networks), maßstabslose Netzwerke (Scale-Free Networks) und hierarchische Netzwerke (Hierarchical Networks).

Bei zufälligen Netzwerken (siehe Abbildung 1 auf Seite 25) weisen alle Knoten dieselbe Anzahl von Verbindungen auf, und die durchschnittliche Pfadlänge ist proportional zur Größe des Netzwerks [11, S. 3 ff.].

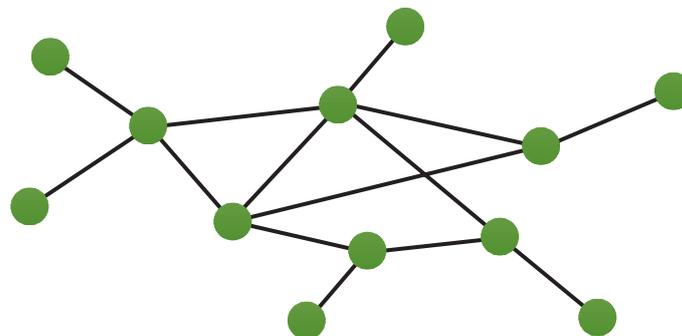
Viele biologische und soziale Netzwerke entsprechen dem Modell eines maßstabslosen Netzwerks (siehe Abbildung 2). Maßstabslose Netzwerke folgen den Gesetzmäßigkeiten $P_{(k)} \sim k^{-3}$ [1, S. 509 ff.; 2, S. 173 ff.] und $k \gg k_d$. Das heißt, das Erscheinungsbild des Netzwerks wird geprägt von einer „relativ kleinen Anzahl von gut miteinander verbundenen Knoten“.

Hierarchische Netzwerke sind immer modular aufgebaut (siehe Abbildung 3) [11, S. 3 ff.] und folgen der Gesetzmäßigkeit $C_{(k)} \sim k^{-1}$. Insbesondere technische Systeme können in hierarchischen Netzen gut abgebildet werden. Beispielsweise sorgt eine hierarchische Raumorganisation oder Erschließung in der Architektur für kurze Wege und wenig Verkehrsfläche. In homogenen Netzen ist $C_{(k)}$ weitgehend unabhängig von k_d [11, S. 3 ff.].

Netzwerke und Netzpläne – Elemente und Kennzahlen

Um Netzwerke hinsichtlich der Bewertungsaspekte Qualität, Kosten und Zeit beurteilen zu können, sollte die Methode der Netzplantechnik herangezogen werden. Diese dient der Gliederung

Abb. 2 | Maßstabsloses Netzwerk



Tab. 2 | Zuordnung der Bewertungskriterien zu den Netzwerkkennzahlen

Bewertungskriterien	Kennzahlen eines Netzwerkes		
Zeit/Dauer	Anzahl der Knoten	N	Knoten
	Häufigste Anzahl der Verbindungslinien pro Knoten	k	Verbindungslinien pro Knoten
	Durchschnittliche Anzahl von Verbindungslinien pro Knoten	k_d	Verbindungslinien pro Knoten
	Grad der Verteilung	$P_{(k)}$	Anzahl der Knoten mit exakt k Verbindungslinien
Qualität/Sicherheit	Mittlerer Clustering-Koeffizient	C_i	
	Connectability (Durchschnittlicher Clustering-Koeffizient)	$C_{(k)}$	Verbindungslinien der Nachbarn von Knoten mit exakt k Verbindungslinien
Kosten	Anzahl der Verbindungslinien gesamt	L	Verbindungslinien
	Anzahl der Verbindungslinien am Knoten i	I_i	Verbindungslinien
	Pfadlänge gesamt	I_g	Einheiten
	Durchschnittliche Pfadlänge	I_d	Einheit
	Navigability (mittlere Pfadlänge)	I_m	Einheit
	Milgrams Gesetz	m	Zwischenknoten (Mittelwert)

derung und Strukturierung von Projekten. Elemente eines Netzplans sind: Tätigkeiten (Vorgänge), Zustände eines Produkts, Ereignisse und Entscheidungen (sogenannte Meilensteine, z. B. Beginn und Fertigstellung eines Vorganges). Es gibt bereits eine Menge herkömmlicher und guter Instrumente zur Projektorganisation, zur Projektüberwachung und zum Zeitmanagement in der Netzplantechnik. Diese werden hier nur genannt, sie werden aber nicht in der gesamten Tiefe beleuchtet (Critical Path Method [CPM], Program Evaluation and Review Technique [PERT], Metra-Potenzial-Methode [MPM]).

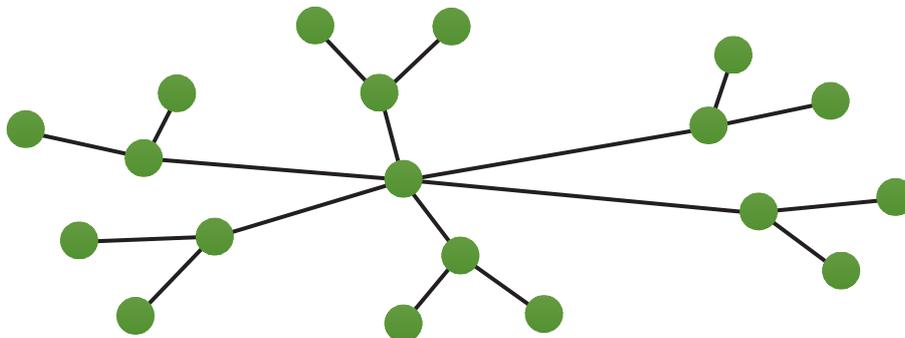
Grundsätzlich gibt es drei Arten von Netzplänen: (1) Vorgangspfeilnetze, (2) Vorgangsknotennetze und (3) Ereignisknotennetze. Während bei den ersteren der Vorgang im Verbindungspfeil dargestellt ist, wird bei den anderen der Vorgang beziehungsweise das Ereignis im Knoten dargestellt. In dieser

Arbeit wird der Vorgang beziehungsweise das Ereignis im Knoten dargestellt. Es werden also Vorgangs- und Ereignisknotennetze verwendet. Das erlaubt eine saubere Trennung der Bewertungskriterien von Qualität, Kosten und Zeit.

Netzwerkkennzahlen – Qualität, Kosten und Zeit

Diesen allgemeinen Elementen eines Netzplans können wir nun unsere Bewertungskriterien (Qualität, Kosten und Zeit) zuordnen. Dem Vorgang selbst wird üblicherweise eine Dauer zugeordnet. Daher wird den Vorgangsknoten das Kriterium Zeit zugeordnet. Qualität und Sicherheit eines Produktes sind üblicherweise abhängig von redundanten Optimierungsschleifen zur Qualitätsprüfung und Evaluierung im Produktionsprozess. Redundante Schleifen erhöhen den

Abb. 3 | Hierarchisches Netzwerk



Tab. 3 | Idealer Workflow und Netzwerkennzahlen

Bewertungskriterien	Kennzahlen des Netzwerkes		„Idealer Workflow“
Zeit/Dauer	Anzahl der Knoten (N)	6	Knoten
	Häufigste Anzahl der Verbindungslinien pro Knoten (k)	3	Verbindungslinien pro Knoten
	Durchschnittliche Anzahl von Verbindungslinien pro Knoten (k_d)	2	Verbindungslinien pro Knoten
	Grad der Verteilung ($P_{(k)}$)	3	Anzahl der Knoten mit exakt k Verbindungslinien
Qualität/Sicherheit	Mittlerer Clustering-Koeffizient (C_i)	0.5	
	Connectability (Durchschnittlicher Clustering-Koeffizient) ($C_{(k)}$)	1	Verbindungslinien der Nachbarn von Knoten mit exakt k Verbindungslinien
Kosten	Anzahl der Verbindungslinien gesamt (L)	6	Verbindungslinien
	Pfadlänge gesamt (l_g)	6	Einheiten
	Durchschnittliche Pfadlänge (l_d)	1	Einheit
	Navigability (mittlere Pfadlänge) (l_m)	1	Einheit
	Milgrams Gesetz (m)	2	Zwischenknoten (Mittelwert)

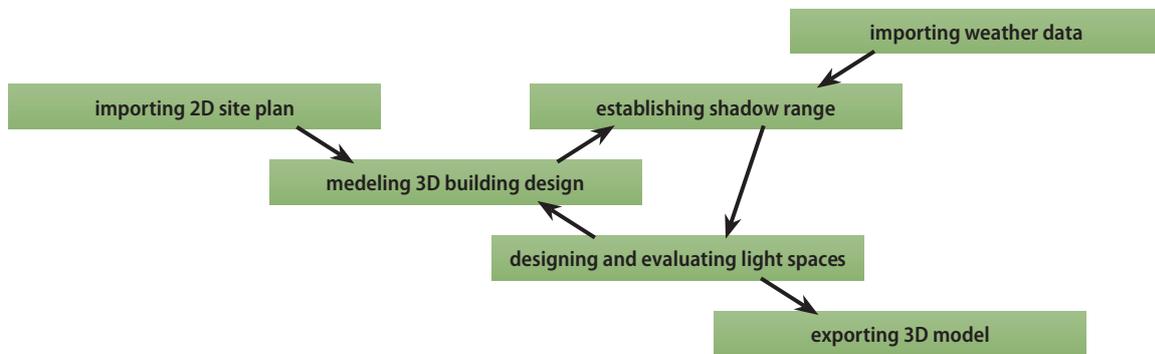
mittleren Clustering-Koeffizienten eines Netzwerkes. Daher können wir die Produktqualität direkt mit dem mittleren Clustering-Koeffizienten eines Netzwerkes in Verbindung bringen. Die Kosten können direkt mit der Pfadlänge eines Netzwerkes beziehungsweise mit der Navigability in Verbindung gebracht werden. Ausgehend von den vorgenannten Annahmen, ergibt sich die in Tabelle 2 auf Seite 27 dargestellte Zuordnung der Bewertungskriterien (Qualität, Kosten und Zeit) zu den Kennzahlen eines Netzwerkes:

Workflow im Architekturbüro – Solar Simulation Using EcoTect

Es gibt zahlreiche Prozesse im Architekturbüro. Grundlegend können alle diese Prozesse nach den neun üblichen Leistungsphasen der HOAI, der gültigen Honorarordnung für

Architekten und Ingenieure, gegliedert werden. Dabei kann man Prozesse in die folgenden neun Leistungsphasen unterscheiden: (1) Grundlagenermittlung, (2) Vorplanung mit Kostenschätzung, (3) Entwurfsplanung und Kostenberechnung, (4) Genehmigungsplanung, (5) Ausführungsplanung, (6) Vorbereitung der Vergabe, (7) Mitwirkung bei der Vergabe inklusive Kostenanschlag, (8) Bauüberwachung und Kostenfeststellung und (9) Objektbetreuung und Dokumentation. In dieser Auflistung sind Wettbewerbsbeiträge nicht explizit genannt. Sie stellen eine eigene Kategorie von Prozessen im Architekturbüro dar. Der computergestützte Architektorentwurf findet vorwiegend in den Phasen des Wettbewerbs und der Grundlagenermittlung sowie der Vor- und Entwurfsplanung statt. Computergestützte Simulationen sind in diesen Phasen essenziell, können aber auch in den Phasen 4 (Genehmigungsplanung) und 5 (Ausführungsplanung)

Abb. 4 | Idealer Workflow als reines Vorgangsknotennetz



Tab. 4 | Tatsächlicher Workflow und Netzwerkennzahlen

Bewertungskriterien	Kennzahlen des Netzwerkes:		„Tatsächlicher Workflow“
Zeit/Dauer	Anzahl der Knoten (N)	13	Knoten
	Häufigste Anzahl der Verbindungslinien pro Knoten (k)	2	Verbindungslinien pro Knoten
	Durchschnittliche Anzahl von Verbindungslinien pro Knoten(k_d)	2	Verbindungslinien pro Knoten
	Grad der Verteilung($P_{(k)}$)	7	Anzahl der Knoten mit exakt k Verbindungslinien
Qualität/Sicherheit	Mittlerer Clustering-Koeffizient (C_c)	0	
	Connectability (Durchschnittlicher Clustering-Koeffizient) ($C_{(k)}$)	0	Verbindungslinien der Nachbarn von Knoten mit exakt k Verbindungslinien
Kosten	Anzahl der Verbindungslinien gesamt (L)	13	Verbindungslinien
	Pfadlänge gesamt (l_g)	13	Einheiten
	Durchschnittliche Pfadlänge (l_d)	1	Einheit
	Navigability (mittlere Pfadlänge) (l_m)	1	Einheit
	Milgrams Gesetz (m)	2.23	Zwischenknoten (Mittelwert)

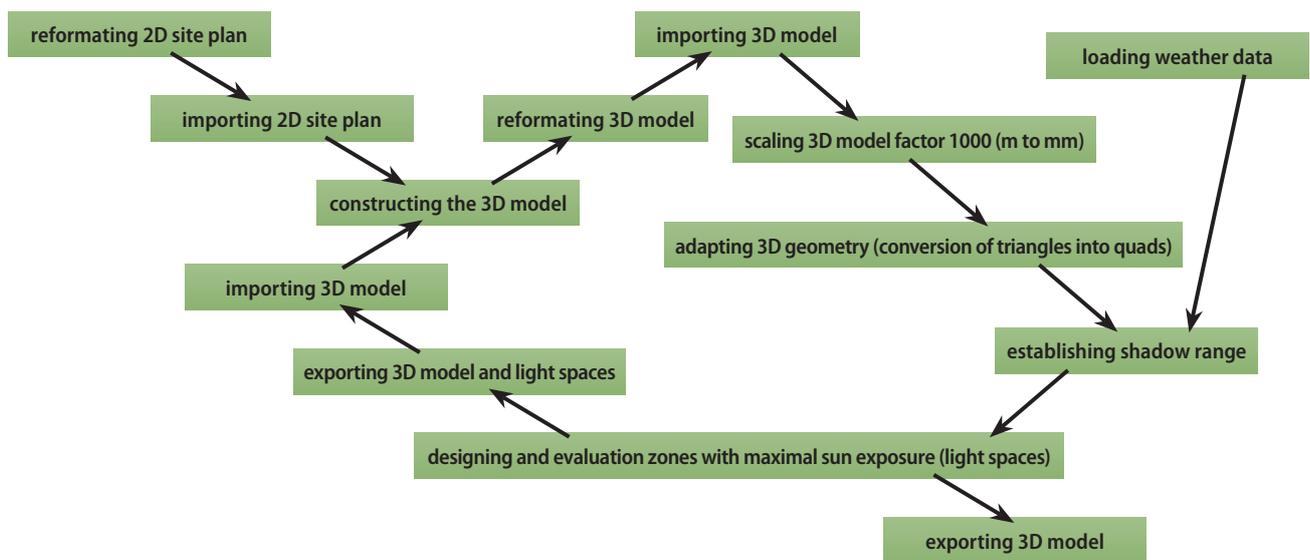
viele Prozesse unterstützen und verbessern [8; 9; 10]. Alle Prozesse orientieren sich dabei am Nutzen von Kunden und Partnern; das sind Bauherren, Investoren, Fachingenieure, Behörden sowie andere Architekten und Subunternehmer. Die hier vorliegende Bebauungsstudie entstand in den Phasen 1, 2 und 3 – Grundlagenermittlung, Vor- und Entwurfsplanung. Sie wurde erstellt, um die Bebaubarkeit von Grundstücken an der Grasbrunner Straße in München im Rahmen eines existierenden Bebauungsplans zu simulieren und nach der jeweiligen Verschattung zu optimieren. Die Herausforde-

rung bestand darin, eine neue Software zur Verschattungssimulation (EcoTect) in den üblichen Architekten-Arbeitsprozess der Phasen 1 bis 3 möglichst effizient zu integrieren.

Idealer und tatsächlicher Workflow

Der ideale Workflow wird in dieser Phase zunächst als kombinierter Netzplan (Vorgangsknotennetz mit speziellen Ereignisknoten) dargestellt. Im Vergleich zum tatsächlich vorhandenen Workflow bei der Arbeit mit den Software-

Abb. 5 | Tatsächlicher Workflow



Paketen AutoCAD, 3D Studio MAX und EcoTect, fällt sofort auf, dass die beiden Grafiken strukturell recht ähnlich sind. Der tatsächliche Workflow ist aber erheblich umfangreicher als der ideale Workflow und weist eine höhere Anzahl von Knoten auf. Noch deutlicher wird der Unterschied, wenn die Ereignisknoten entfernt und als Darstellungsart ein reines Vorgangsknotennetz gewählt wird. Diese Vorgangsknotennetze sind Gegenstand der nachfolgenden Betrachtungen.

Ideal Workflow – software-unabhängig

Abbildung 4 auf Seite 28 zeigt eine bereinigte Darstellung des „idealen“ Workflow als Vorgangsknotennetz:

Mit diesem Vorgangsknotennetz korrespondieren folgende Netzwerkennzahlen (siehe Tabelle 3 auf Seite 28).

Maßstabslose Netze erfüllen generell zwei Bedingungen: $P_{(k)} = k_d^{-3}$ und $k \gg k_d$. Auf das vorliegende Netzwerk trifft nur die Bedingung $k \gg k_d$ (k ist viel größer als k_d) zu. Wenn k viel größer als k_d ist, so entspricht das Modell einem sogenannten „maßstabslosen Netz“ (Scale-Free Network). Die andere Bedingung ($P_{(k)} = k_d^{-3}$) bleibt unerfüllt. Allerdings verhält sich $C_{(k)}$ unabhängig von k_d . Das ist ein Hinweis auf ein sogenanntes „homogenes Netz“ (Homogeneous Network). Das vorliegende Netzwerk des „idealen“ Workflow entspricht somit einem „unsauberen“ Modell eines „homogenen, maßstabslosen Netzwerks“. Abbildung 6 zeigt jetzt grafisch den „tatsächlichen“ Workflow und Tabelle 4 auf Seite 29 die resultierenden Netzwerkennzahlen.

Auf dieses Netzwerk treffen drei Parameter zu: $C_{(k)}$ ist unabhängig von k_d (homogenes Netz), $k \approx k_d$ und $l_d = \log_{(lg)}$ (Zufallsnetzwerk). Es handelt sich wiederum um ein sogenanntes „homogenes Netz“. Dabei ist k genau k_d . Das deutet auf ein Zufallsnetzwerk hin. Auffällig ist, dass l_d nicht exakt $\log_{(lg)}$ entspricht. Daher ist dieses Netz als „unsauberes“ homogenes Zufallsnetzwerk zu bewerten.

Optimal Workflow – AutoCAD and EcoTect

Es wird nun ein sogenannter „optimaler“ Workflow entworfen. Die überflüssigen Arbeitsschritte „reformatting 2D site plan“, „reformatting 3D model“ und „importing 3D model“ werden entfernt (siehe Abbildung 6).

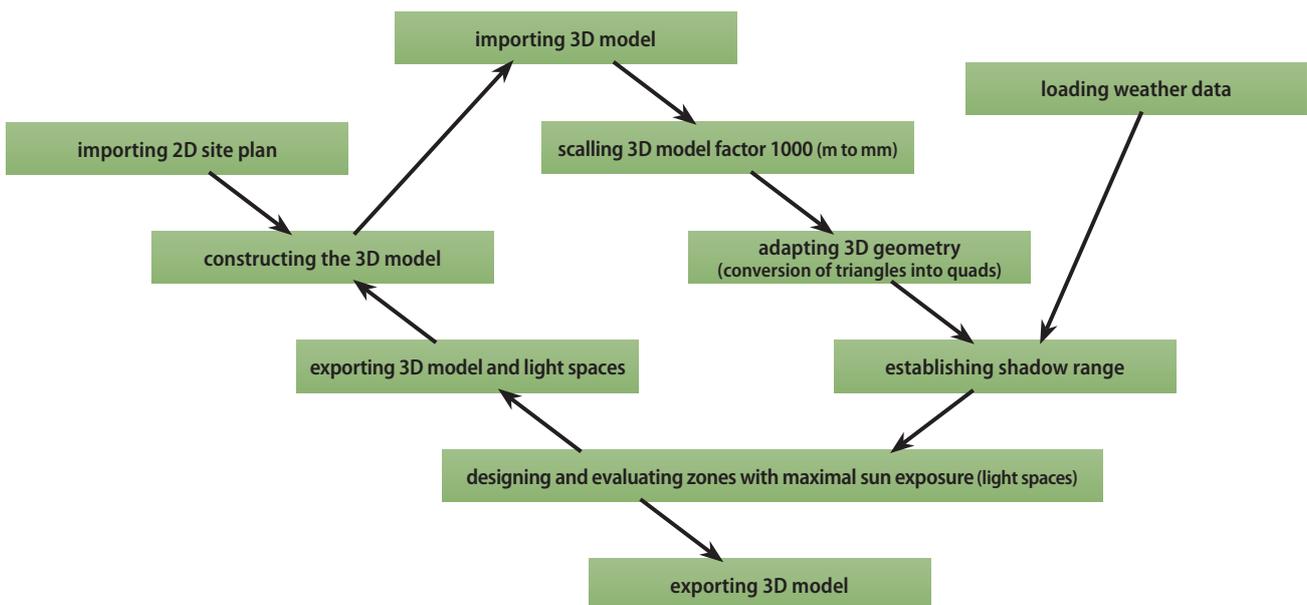
Es ergeben sich die in Tabelle 5 aufgeführten Netzwerkennzahlen:

Folgende drei Parameter treffen auf das vorgenannte Netzwerk zu: $C(k)$ ist unabhängig von k_d (homogenes Netz), $k \approx k_d$ und $l_d = \log_{(lg)}$ (Zufallsnetzwerk). Hier ist k exakt k_d , und l_d ist exakt $\log_{(lg)}$. Im Gegensatz zum „tatsächlichen“ Workflow entspricht der „optimale“ Workflow einem „sauberen“, homogenen Zufallsnetzwerk.

Besserer Workflow in maßstabslosen Netzen?

Bei den Netzwerken „actual“ und „optimal“ handelt es sich um homogene Zufallsnetzwerke (Homogeneous Random Networks); beim Netzwerk „ideal“ hingegen um ein homogenes,

Abb. 6 | Optimaler Workflow



Tab. 5 | Optimaler Workflow und Netzwerkennzahlen

Bewertungskriterien	Kennzahlen des Netzwerkes		„Optimaler Workflow“
Zeit/Dauer	Anzahl der Knoten (N)	10	Knoten
	Häufigste Anzahl der Verbindungslinien pro Knoten (k)	2	Verbindungslinien pro Knoten
	Durchschnittliche Anzahl von Verbindungslinien pro Knoten (k_d)	2	Verbindungslinien pro Knoten
	Grad der Verteilung ($P_{(k)}$)	4	Anzahl der Knoten mit exakt k Verbindungslinien
Qualität/Sicherheit	Mittlerer Clustering-Koeffizient (C_f)	0	
	Connectability (Durchschnittlicher Clustering-Koeffizient) ($C_{(k)}$)	0	Verbindungslinien der Nachbarn von Knoten mit exakt k Verbindungslinien
Kosten	Anzahl der Verbindungslinien gesamt (L)	10	Verbindungslinien
	Pfadlänge gesamt (l_g)	10	Einheiten
	Durchschnittliche Pfadlänge (l_d)	1	Einheit
	Navigability (mittlere Pfadlänge) (l_m)	1	Einheit
	Milgrams Gesetz (m)	2	Zwischenknoten (Mittelwert)

maßstabsloses Netzwerk (Homogeneous Scale-Free Network). Insofern sind die Netzwerke „actual“ und „optimal“ strukturell ähnlich, verhalten sich aber zum Netzwerk „ideal“ nicht ähnlich.

Das Ergebnis dieser Betrachtung lässt den Schluss zu, dass eine generelle Verbesserung des Arbeitsprozesses mit der strukturellen Umwandlung eines Zufallsnetzes in ein maßstabsloses Netz zusammenhängt. Diese Hypothese könnte in weiteren Untersuchungen bestätigt werden. Im Hinblick auf das Bewertungskriterium Zeit zeigt sich, dass das Verhältnis der Knotenanzahl von „actual“ zu „ideal“ 13/6 beträgt. Die Knotenanzahl im Netzwerk „actual“ ist um den Faktor 2,167 höher als im Netzwerk „ideal“. Das Verhältnis der Anzahl der

Knoten von „optimal“ zu „ideal“ beträgt 10/6. Die Knotenanzahl im Netzwerk „optimal“ ist nur noch um den Faktor 1,67 höher als im Netzwerk „ideal“.

Bezüglich der Kosten (Anzahl der Verbindungslinien, Navigability) ist zu konstatieren, dass die Anzahl der Verbindungslinien im Netzwerk „ideal“ bei 6, im Netzwerk „actual“ bei 13 und im Netzwerk „optimal“ bei 10 liegt. Die Anzahl der Verbindungslinien ist in allen Netzwerken gleich der Anzahl der Knoten. Die Verhältnisse sind gleich den oben genannten Verhältnissen. Die Pfadlängen l_g sind stark unterschiedlich (6, 13, 10). Die durchschnittliche Anzahl von Verbindungslinien pro Knoten k_d ist in allen Netzwerken gleich (2). Die Anzahl der

Specifics in European marketing



springer-gabler.de



Thomas Rudolph, Bodo B. Schlegelmilch, András Bauer, Josep Franch, Jan Niklas Meise

Diversity in European Marketing

Text and Cases

2012. XII, 264 pp. with 62 Fig. and 29 Tab. Soft cover € (D) 53,45
ISBN 978-3-8349-3931-9

Springer Gabler

Order your copy now: SpringerDE-service@springer.com
Telephone +49 (0)6221 / 345 – 4301

Subject to change. Available in bookshops or at the publisher.

Lessons Learned

- Prozesse können als Netzwerke dargestellt werden.
- Es gibt zufällige, maßstabslose und hierarchische Netzwerke.
- Die Parameter von Kosten, Zeit und Qualität lassen sich mit der Netzwerkstruktur in Korrelation bringen und gemeinsam abbilden.
- Kosten und Knotenanzahl stehen in direkter Korrelation.
- Die Pfadlänge gibt Hinweise auf die Dauer eines Prozesses.
- Qualität und Sicherheit entsprechen dem Clustering-Koeffizienten.
- Maßstabslose Netzwerke können Prozesse mit höherer Qualität und Sicherheit abbilden.

Verbindungen pro Knoten k ist nur in den Netzwerken „actual“ und „optimal“ gleich (2), zum Netzwerk „ideal“ aber unterschiedlich (3). Der Grad der Verteilung $P_{(k)}$ ist 7 im „actual“, 3 im „idealen“ und 4 im „optimalen“ Workflow. Die durchschnittliche Pfadlänge l_d ist in allen Netzwerken gleich.

Abschließend ist noch das Bewertungskriterium Qualität und Sicherheit zu beurteilen (mittlerer und durchschnittlicher Clustering-Koeffizient). Der mittlere Clustering-Koeffizient (C_i) ist in den Netzwerken „actual“ und „optimal“ gleich (0), im Netzwerk „ideal“ beträgt er (0,5). Die Connectivity, der durchschnittliche Clustering-Koeffizient ($C_{(k)}$), ist für die Netzwerke „actual“ und „optimal“ gleich (0), im Netzwerk „ideal“ beträgt er 1. Navigability und Milgrams Gesetz liegen in allen Netzwerken nah beieinander.

Fazit

Durch Schnittstellenoptimierung (Wegfall von drei Arbeitsschritten) und die Umformung des „tatsächlichen“ in den „optimalen“ Workflow konnte der Wert des Verteilungsgrads $P_{(k)}$ verbessert werden. Der Wert im „optimalen“ Workflow (4) kommt nun dem Wert im „idealen“ Workflow (3) wesentlich näher als im tatsächlichen Workflow (7). Dieser Sachverhalt ist auch sehr einfach und intuitiv über eine Verkürzung der Dauer des Gesamtprozesses einsichtig. Die Anzahl der

Knoten im „optimalen Workflow“ wird von 13 auf 10 reduziert. Dies entspricht einer weiteren Kürzung der Dauer des Gesamtprozesses. Die Pfadlänge l_g wird im Vergleich vom „optimalen“ zum „tatsächlichen“ Workflow von 13 auf 10 verkürzt. Dies ist leicht auch als Kostenreduktion erkennbar. Allein der durchschnittliche Clustering-Koeffizient $C_{(k)}$ des „idealen“ Workflow (1) konnte weder vom „tatsächlichen“ noch vom „optimalen“ Workflow erreicht werden. Nach der leitenden Hypothese dieser Untersuchung können daraus Schlüsse auf Qualität und Sicherheit der Arbeitsprozesse gezogen werden. Arbeitsprozesse, die sich in maßstabslosen Netzen organisieren, können somit eine höhere Qualität und Sicherheit aufweisen.

Links und Literatur

- [1] Barabási, A.-L./Albert, R. (1999): Emergence of Scaling in Random Networks, in: Science, 286. Jg. (1999), Oktober, S. 509–512.
- [2] Barabási, A.-L./Albert, R./Jeong, H. (1999): Mean-Field Theory For Scale-Free Random Networks, in: Physica A, 272. Jg. (1999), o. Nr., S. 173–178.
- [3] Carnap, R. (1998): Der logische Aufbau der Welt, Hamburg.
- [4] Fischermanns, G. (2008): Praxishandbuch Prozessmanagement, Gießen.
- [5] Freund, J./Rücker, B. (2010): Praxishandbuch BPMN 2.0, 2. Auflage, München/Wien.
- [6] Heininger, T. (2007): Prozessoptimierung mittels Workflowmanagement, unveröffentlichte Diplomarbeit an der Fachhochschule München, München.
- [7] Hirzel, M./Kühn, F./Gaida, I. (2008): Prozessmanagement in der Praxis, 2. Auflage, Wiesbaden.
- [8] Höhl, W. (2009a): Generative Solar Design – Lichträume, Schattenkörper und Sonnenstandssimulation, in: Computer Spezial, o. Jg. (2009), Nr. 2, S. 13–19.
- [9] Höhl, W. (2009b): Interaktive Ambiente mit Open-Source-Software – 3D-Walk-Throughs und Augmented Reality für Architekten mit Blender 2.43, DART 3.0 und ARToolKit 2.72, Wien/NewYork.
- [10] Höhl, W./Zeile, P. (2009): Die ‚Innere Logik‘ der Form – Neues vom Design Modelling Symposium 2009, in: db – deutsche bauzeitung, o. Jg. (2009), Nr. 12, S. 76–78.
- [11] Wuchty, S./Ravasz, E./Barabási, A.-L. (2003): The Architecture of Biological Networks, Notre Dame (USA).

Autor

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Höhl

ist Professor für Computeranimation an der Macromedia Hochschule für Medien und Kommunikation in München. Er unterrichtet zudem 3D-Visualisierung an der Ludwig-Maximilians-Universität in München, an der FH JOANNEUM in Graz (Österreich) und an der Hochschule für angewandte Wissenschaften – Fachhochschule München.

E-Mail: wolfgang.hoehl@fh-joanneum.at