

Das World Wide Web der Dienste: Beiträge zur betriebswirtschaftlich fundierten Gestaltung und Nutzung von Web-basierten Anwendungen

Bettina Friedl

Angaben zur Veröffentlichung / Publication details:

Friedl, Bettina. 2011. "Das World Wide Web der Dienste: Beiträge zur betriebswirtschaftlich fundierten Gestaltung und Nutzung von Web-basierten Anwendungen." Augsburg: Universität Augsburg.

Nutzungsbedingungen / Terms of use:

licgercopyright

Dieses Dokument wird unter folgenden Bedingungen zur Verfügung gestellt: / This document is made available under these conditions:

Deutsches Urheberrecht

Weitere Informationen finden Sie unter: / For more information see:

<https://www.uni-augsburg.de/de/organisation/bibliothek/publizieren-zitieren-archivieren/publiz/>



Das World Wide Web der Dienste

**Beiträge zur betriebswirtschaftlich fundierten
Gestaltung und Nutzung von Web-basierten Anwendungen**

Dissertation

der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät

der Universität Augsburg

zur Erlangung des Grades eines Doktors

der Wirtschaftswissenschaften

(Dr. rer. pol.)

vorgelegt

von

Bettina Friedl

(Diplom-Mathematikerin Univ.)

Augsburg, Januar 2011

Erstgutachter:

Prof. Dr. Hans Ulrich Buhl

Zweitgutachter:

Prof. Dr. Robert Klein

Vorsitzender der mündlichen Prüfung:

Prof. Dr. Marco Christian Meier

Datum der mündlichen Prüfung:

09. Februar 2011

„Darin besteht das Wesen der Wissenschaft.
Zuerst denkt man an etwas, das wahr sein könnte.
Dann sieht man nach, ob es der Fall ist
und im Allgemeinen ist es nicht der Fall.“

Bertrand Russell (1872-1970)

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Beiträge

I Einleitung

- 1 Zielsetzung und Aufbau dieser Dissertationsschrift
- 2 Fachliche Einordnung und fokussierte Forschungsfragen

II Zur ökonomisch optimalen Gestaltung von IT-Services

- 1 Beitrag: „Zur optimalen Granularität von IT-Services – eine Analyse relevanter ökonomischer Einflussfaktoren“
- 2 Beitrag: „Towards a Financially Optimal Design of IT Services“

III Zur betriebswirtschaftlichen Nutzung von Web-basierten sozialen Netzwerken (Beitrag: „Eine kritische Analyse von Vernetzungsmaßen in sozialen Netzwerken“)

IV Fazit und Ausblick

- 1 Fazit
- 2 Ausblick

Anmerkung: Eine fortlaufende Seitennummerierung wird pro Kapitel bzw. pro Unterkapitel des jeweiligen Beitrags vorgenommen. Ein Literaturverzeichnis sowie die Anhänge werden jeweils am Ende eines jeden Beitrags aufgeführt.

Verzeichnis der Beiträge

In dieser Dissertation werden die folgenden veröffentlichten und zur Veröffentlichung angenommenen Beiträge vorgestellt:

- B.1 Friedl, B. 2011. Zur optimalen Granularität von IT-Services – eine Analyse relevanter ökonomischer Einflussfaktoren.
Erscheint in: Bernstein, A. und Schwabe, G., Eds., *Tagungsbände der Wirtschaftsinformatik 2011* (Zürich, Schweiz, Februar 2011).
VHB-JOURQUAL2: 6,73 Punkte (Kategorie C);
WKWI-Orientierungsliste: Kategorie A
- B.2 Braunwarth, K.S. und Friedl, B. 2010. Towards a Financially Optimal Design of IT Services.
In: *Proceedings of the 31st International Conference on Information Systems* (St. Louis, MO, USA, Dezember 2010).
VHB-JOURQUAL2: 8,48 Punkte (Kategorie A);
WKWI-Orientierungsliste: Kategorie A
- B.3 Landherr, A., Friedl, B. und Heidemann, J. 2010. Eine kritische Analyse von Vernetzungsmaßen in sozialen Netzwerken.
In: *Wirtschaftsinformatik* 52, 6, 367-382.
VHB-JOURQUAL2: 7,29 Punkte (Kategorie B);
WKWI-Orientierungsliste: Kategorie A

I Einleitung

Die Erfindung des Internets¹ stellt vermutlich die größte Zäsur in der Geschichte der Informationsverarbeitung und -verbreitung seit der Erfindung des modernen Buchdrucks durch Johannes Gutenberg im 15. Jahrhundert dar (Tanenbaum, 2003). Der Zusammenschluss weltweit verteilter Rechnernetzwerke ermöglicht den Datenaustausch über verschiedene Standorte hinweg und erleichtert u. a. die Kommunikation und Interaktion von Individuen und Unternehmen, für welche die physische Präsenz der Akteure oftmals nicht zwingend erforderlich ist. In seinen Anfängen wurde das Internet allerdings lediglich von einigen wenigen Experten aus Wissenschaft und Forschung genutzt (Tanenbaum, 2003; Wilde, 1999). Erst die Entwicklung auf dieser Basistechnologie aufbauender Dienste wie bspw. E-Mail in den 1990er Jahren ermöglichte die Nutzung des Internets durch die breite Masse. Eine zentrale Rolle spielte dabei insbesondere *eine* heute im privaten wie geschäftlichen Bereich vielfach genutzte Internet-basierte Anwendung: das World Wide Web (WWW), im Folgenden auch kurz „das Web“ genannt (vgl. Tanenbaum (2003); Wilde (1999)). Dieses „Hypermedia-System“ besteht i. W. aus elektronischen Dokumenten, die durch sogenannte Hyperlinks miteinander verknüpft sind, und stellt eine bedeutende Ursache für die zunehmende globale Vernetzung und die resultierenden gesellschaftlichen wie wirtschaftlichen Veränderungen dar (Berners-Lee, 2000; Wilde, 1999).

Gleichwohl unterliegt auch die Nutzung des WWW einem beständigen Wandel. Während das Web in seinen Anfängen hauptsächlich der statischen Bereitstellung von Information mittels Web-Seiten diente und der Nutzer dabei vornehmlich als passiver Informationskonsument fungierte, ist es mittlerweile durch einen wechselseitigen Austausch der Akteure gekennzeichnet. Nutzer betätigen sich zunehmend als Informationsanbieter und gestalten die Inhalte des Web durch die Bereitstellung eigener Web-Seiten und Dienste oder die Interaktion z. B. in Weblogs aktiv mit, ein Phänomen, das für gewöhnlich unter dem Schlagwort Web 2.0 zusammengefasst wird (Cormode und Krishnamurthy, 2008). Diese Wandlung des Nutzers vom reinen Informationskonsumenten hin zu einem Informationsproduzenten und -konsumenten (= Prosument) wurde von Alvin Toffler bereits in den 1980er Jahren als eine der großen Chancen des 21. Jahrhunderts proklamiert (Toffler, 1988).

¹ Für eine Definition und Abgrenzung des Begriffs Internet vgl. z. B. Wilde (1999).

Vor diesem Hintergrund ist es nicht verwunderlich, dass Web-basierte Dienste wie z. B. Wikis oder Online Communitys einen enormen Zulauf verzeichnen. So agiert mittlerweile bspw. ein beträchtlicher Anteil der Weltbevölkerung in Web-basierten sozialen Netzwerken: Allein www.facebook.com hatte 2010 ca. 500 Mio. Mitglieder, von denen etwa die Hälfte das Netzwerk täglich besuchte (Facebook, 2010). Damit konnte dieses Netzwerk insbesondere den Suchmaschinenriesen www.google.com als meistbesuchte US-Web-Seite ablösen (Dougherty, 2010). Auch die gegenwärtigen Aktivitäten von WikiLeaks-Sympathisanten zeugen von der Reichweite des WWW: konzertierte Aktionen gegen große Unternehmen wie z. B. MasterCard, Visa oder Amazon werden über verschiedene Foren und Communitys im Web organisiert und erreichen dadurch eine im Vergleich zu klassischen Kommunikationskanälen unvorstellbar große Schlagkraft.

Ansatzpunkte für die Nutzung Web-basierter Dienste bieten sich allerdings nicht nur im privaten Bereich, sondern gleichermaßen auf unterschiedlichen Ebenen betrieblicher Informations- und Kommunikationssysteme (IKS) (vgl. Abb. I-1 in Anlehnung an Krcmar (2005) sowie Buhl und Kamprath (2010)).

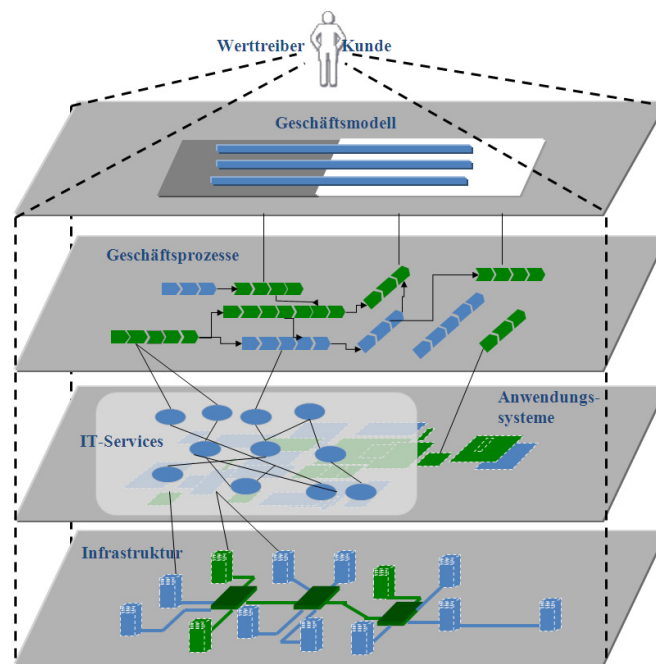


Abb. I-1 Informations- und Kommunikationssystem (IKS)
(in Anlehnung an Krcmar (2005) sowie Buhl und Kamprath (2010))

Die erfolgreiche Integration des Web in das Geschäftsmodell von Unternehmen ist dabei insbesondere im Dienstleistungssektor häufig zu beobachten: So konnte in Deutschland im Jahre 2009 bspw. alleine der Online-Handel einen Gesamtumsatz von 15,4 Mrd. Euro verzeichnen (eSales4U, 2010). Über alle Branchen hinweg stieg der über das Web erzielte Umsatzanteil von 11% im Jahr 2008 auf 16% im Jahr 2009 (Statistisches Bundesamt, 2010). Angesichts der gestiegenen Bedeutung des WWW im privaten Bereich stellen Unternehmen ferner zunehmend Überlegungen dahingehend an, wie sie Web-basierte soziale Netzwerke in ihr Geschäftsmodell integrieren können (Heidemann et al., 2010). Darüber hinaus ist das Web mittlerweile in nahezu allen Branchen als zusätzlicher Kommunikations- und Vertriebskanal etabliert, welcher oftmals eine schnellere Abwicklung erfolgskritischer Geschäftsvorgänge ermöglicht als herkömmliche Kanäle. Im Idealfall kann ein Geschäftsprozess durch die Nutzung Web-basierter Dienste wie z. B. Web-Services etc. entlang der gesamten Wertschöpfungskette medienbruchfrei ablaufen. In diesem Zusammenhang haben sich auf Ebene der Anwendungssysteme in den letzten Jahren insbesondere Service-orientierte Architekturen (SOA) etabliert. Anders als bei großen monolithischen Anwendungen kapseln hier Web-gestützte IT-Services einzelne Funktionalitäten und ermöglichen so neben einer höheren Prozessflexibilität (Gebauer und Schober, 2006) die einfache und kostengünstige Integration neuer Funktionalitäten (Hagel, 2002). Daraus ergeben sich u. a. neue Möglichkeiten des IT-Sourcing: Unternehmen können über Dienste-Verzeichnisse im Web IT-Services unterschiedlicher Anbieter zur Laufzeit auswählen und einbinden. Dies bietet insbesondere das Potential, Abhängigkeitsverhältnisse zwischen Unternehmen und ihren IT-Providern umzukehren (Braunwarth, 2009). In diesen Kontext ist auch das Konzept von Software as a Service (SaaS) einzuordnen, bei dem die Installation, der Betrieb und die Wartung betrieblicher Software komplett durch externe Dienstleister bewerkstelligt werden. Dadurch können Unternehmen Standardsoftware zu weit geringeren Kosten integrieren als bei herkömmlichen Distributions- und Lizenzierungskonzepten (vgl. Buxmann et al. (2008)).

Angesichts einer enormen Fülle an verschiedenen Web-basierten Anwendungen und vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten sehen sich Unternehmen allerdings zunehmend mit der Frage konfrontiert, *welche* Web-basierten Dienste sie *wie* nutzen wollen. Diese Auswahlentscheidung im Hinblick auf die Nutzung Web-basierter Dienste wird dadurch erschwert, dass das Web für Unternehmen nicht nur Chancen bietet. Vielmehr ist die Einbindung Web-basierter Dienste auf unterschiedlichen IKS-Ebenen mit z. T. erheblichen

Risiken verbunden. Bspw. kann ein Web-basiertes Geschäftsmodell, bedingt durch den i. d. R. sehr eingeschränkten persönlichen Kontakt zu den Kunden, große Herausforderungen im Bereich der Kundenbindung mit sich bringen. So stellen ein niedriger Preis und die Verfügbarkeit vor Ort nicht mehr vorhandener Produkte die Hauptbeweggründe für einen Einkauf im Web dar (Czajka und Mohr, 2010). Damit wählen Kunden ihren Online-Händler primär nach diesen Kriterien aus, statt immer bei ein und demselben Anbieter zu kaufen. Weiterhin stellt die Integration von Geschäftsprozessen entlang der Wertschöpfungskette höhere Anforderungen an die Datensicherheit und birgt zudem das Risiko, dass Kunden und/oder Lieferanten einen unbeabsichtigt tiefen Einblick in die internen Abläufe eines Unternehmens erhalten. Im Extremfall forcieren Unternehmen damit ihre eigene Substituierbarkeit. Bei der Einbindung externer IT-Services oder der Nutzung von SaaS wiederum sehen sich Unternehmen neben Sicherheitsrisiken insbesondere mit der Gefahr eines Lock-in-Effekts konfrontiert (vgl. Buxmann et al. (2008)).

Diese Beispiele zeigen, dass Unternehmen im Hinblick auf die Einbindung Web-basierter Dienste in ihre Geschäftsabläufe sehr genau abwägen sollten, welche Nutzungspotentiale bestehen und welche Risiken damit einhergehen. Dies gilt sowohl für Grundsatzentscheidungen hinsichtlich des Geschäftsmodells, der Geschäftsprozesse, der Anwendungssysteme und der unterstützenden Infrastruktur, wie z. B. den Umbau der Unternehmens- und IT-Architektur in Richtung SOA, als auch für darauf aufbauende Einzelmaßnahmen, wie z. B. die Implementierung neuer IT-Services. Dabei stehen Unternehmen einerseits vor der Herausforderung, die erforderlichen Voraussetzungen für eine sinnvolle Nutzung Web-basierter Dienste zu schaffen. In diesem Zusammenhang gilt es sowohl Überlegungen hinsichtlich der notwendigen technischen Basis anzustellen als auch entsprechende Konzepte zu entwickeln, wie die Einbindung z. B. von Online Communitys oder IT-Services in der betrieblichen Praxis konkret vonstattengehen kann. Andererseits ist für eine effiziente Allokation finanzieller Ressourcen eine sorgfältige Abwägung der aus unterschiedlichen Gestaltungsmöglichkeiten für Web-basierte Anwendungen resultierenden Erträge, Aufwendungen und Risiken erforderlich. Eine Hilfestellung bietet hierbei das Paradigma der wertorientierten Unternehmensführung, das sich seit Anfang der 90er Jahre in Wissenschaft und Praxis als oberste Maxime der Unternehmenssteuerung etabliert hat (Coenenberg und Salfeld, 2007; Schultze und Hirsch, 2005). Vor dem Ziel einer nachhaltigen Unternehmenswertsteigerung sind hiernach alle betrieblichen Entscheidungen auf Basis definierter ökonomischer Zielgrößen zu treffen und nur solche

Investitionen zu tätigen, die langfristig einen positiven Beitrag zum Unternehmenswert aufweisen (Weber et al., 2004). Insbesondere ist von mehreren Investitionsalternativen diejenige ökonomisch optimal, die den größten positiven Beitrag zum Unternehmenswert leistet. In der Praxis jedoch fehlt es Stand heute in vielen Bereichen an Konzepten zur Konkretisierung und praktischen Umsetzung der wertorientierten Unternehmensführung (Arbeitskreis Internes Rechnungswesen der Schmalenbach-Gesellschaft, 2010). Dies gilt insbesondere für IT-Investitionen, die zwar zumeist an Hand ihrer Kosten evaluiert, aber nicht ausreichend im Hinblick auf ihre ökonomischen Chancen und Risiken bewertet werden (Verhoef, 2002, S. 6). Bei den noch relativ jungen, Web-basierten Diensten besteht zusätzlich das Problem, dass hier kaum Erfahrungswerte bestehen. Das birgt die Gefahr, dass Unternehmen getrieben von einer „me too“-Einstellung in Web-basierte Dienste investieren, ohne ausreichend reflektiert zu haben, welche Voraussetzungen für eine sinnvolle betriebswirtschaftliche Nutzung gegeben sein müssen, oder die ökonomischen Konsequenzen unterschiedlicher Gestaltungsalternativen genügend evaluiert zu haben.

In diesem Spannungsfeld möchte die vorliegende Arbeit einen Beitrag leisten. Aufgrund der Vielzahl existierender Web-basierter Dienste und Anwendungsfälle ist hierzu eine entsprechende Fokussierung notwendig, die im Folgenden detailliert erläutert wird. Dazu gliedert sich das verbleibende Kapitel wie folgt: In Abschnitt 1 werden die Zielsetzung und der Aufbau der Arbeit vorgestellt. In Abschnitt 2 werden die einzelnen Beiträge fachlich eingeordnet und die zentralen Forschungsfragen motiviert.

1 Zielsetzung und Aufbau dieser Dissertationsschrift

Ziel dieser Dissertationsschrift ist es, sowohl zur ökonomisch optimalen Gestaltung von Web-basierten Diensten als auch zur Schaffung der notwendigen Voraussetzungen für eine sinnvolle betriebswirtschaftliche Nutzung solcher Anwendungen beizutragen. Dabei erfolgt eine Fokussierung auf zwei zentrale Fragestellungen, nämlich einerseits auf die ökonomisch optimale Gestaltung von IT-Services und andererseits auf die Identifikation von zentralen Akteuren in Web-basierten sozialen Netzwerken als Ausgangsbasis für die Einbindung solcher Communitys in ausgewählte betriebswirtschaftliche Fragestellungen. Abb. I-2 gibt einen Überblick über den Aufbau der Arbeit und detailliert ihre Zielsetzung im Hinblick auf diese beiden Themenschwerpunkte.

I Einleitung	
Ziel I.1:	Darstellung der Zielsetzung und des Aufbaus der Arbeit
Ziel I.2:	Fachliche Einordnung und Motivation der zentralen Forschungsfragen
II Zur ökonomisch optimalen Gestaltung von IT-Services (B.1, B.2)	
Ziel II.1:	Identifikation relevanter Einflussfaktoren auf den optimalen Funktionsumfang von IT-Services und ihrer ökonomischen Wirkung
Ziel II.2:	Ableitung wesentlicher Herausforderungen für Wissenschaft und Praxis im Hinblick auf die praktische Realisierung des ökonomisch optimalen Funktionsumfangs von IT-Services
Ziel II.3:	Formalisierung der finanziellen Auswirkungen eines variierenden Funktionsumfangs von IT-Services unter Berücksichtigung ihrer Wiederverwendbarkeit
Ziel II.4:	Entwicklung eines quantitativen Entscheidungsmodells zur Festlegung der Aufteilung eines definierten Funktionsumfangs auf mehrere IT-Services
III Zur betriebswirtschaftlichen Nutzung von Web-basierten sozialen Netzwerken (Beitrag: „Eine kritische Analyse von Vernetzungsmaßen in sozialen Netzwerken“) (B.3)	
Ziel III.1:	Darlegung des aktuellen Standes der Forschung im Hinblick auf Vernetzungsmaße in sozialen Netzwerken
Ziel III.2:	Vorschlag eines Katalogs an Eigenschaften zur Evaluierung der Güte von Vernetzungsmaßen in sozialen Netzwerken
Ziel III.3:	Veranschaulichung der enormen Relevanz einer reflektierten Nutzung von existierenden Vernetzungsmaßen für Web-basierte soziale Netzwerke
IV Fazit und Ausblick	
Ziel V.1:	Zusammenfassung der zentralen Ergebnisse
Ziel V.2:	Aufzeigen künftigen Forschungsbedarfs

Abb. I-2 Aufbau und Ziele der Dissertationsschrift

Aufbauend auf diesem Überblick über den Aufbau der Arbeit und der Detaillierung der Zielsetzung werden im folgenden Abschnitt 2 die zugrundeliegenden Beiträge fachlich eingeordnet und die zentralen Forschungsfragen motiviert.

2 Fachliche Einordnung und fokussierte Forschungsfragen

2.1 Zur ökonomisch optimalen Gestaltung von IT-Services (B.1, B.2)

IT-Services bilden die zentralen Bausteine von SOA. Als Web-gestützte, software-technisch realisierte Artefakte haben sie eine Schnittstellenfunktion und dienen der Bereitstellung einer fachlich abgegrenzten Funktionalität zur (teil-)automatisierten Unterstützung von Geschäftsprozessen (vgl. Arsanjani et al., 2008; Buhl et al., 2008). Neben einer größeren Flexibilität von Geschäftsprozessen und IT-Applikationen (Gebauer und Schober, 2006) versprechen sich Unternehmen von ihrer Implementierung insbesondere:

1. die *Reduktion der Komplexität* von Geschäftsprozessen und IT Applikationen (Kohnke, et. al., 2008; Laartz, et. al., 2003)
2. die *Wiederverwendbarkeit* einmal implementierter IT-Services in anderen Geschäftsprozessen und damit langfristig *Kosteneinsparungen* (Aier, 2006).

Ob diese Vorteile von SOA und die daraus resultierenden Einsparpotentiale in der betrieblichen Praxis tatsächlich realisiert werden können, hängt wesentlich von der konkreten Gestaltung der einzelnen IT-Services ab. Eine wichtige Determinante für die mit der Implementierung, dem Betrieb und der Wartung von IT-Services einhergehenden Zahlungen ist der Funktionsumfang von IT-Services. Dabei bieten sowohl kleine, d. h. mit einem geringen Funktionsumfang ausgestattete, als auch große, d. h. mit einem hohen Funktionsumfang ausgestattete, IT-Services Vorteile: So sind kleinere IT-Services bspw. häufiger wiederverwendbar (Aier, 2006). Andererseits erhöht sich durch die Implementierung vieler kleiner IT-Services die Komplexität des Gesamt-Portfolios an IT-Services (Millard et al., 2009). Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, wie die ökonomischen Vor- und Nachteile von IT-Services mit unterschiedlichem Funktionsumfang sinnvoll gegeneinander abgewogen werden können und welcher Funktionsumfang für einen IT-Service aus ökonomischer Sicht optimal ist. Diesem Thema widmet sich Kapitel II mit dem Titel *Zur ökonomisch optimalen Gestaltung von IT-Services*.

Zur Beantwortung der Frage nach dem ökonomisch optimalen Funktionsumfang von IT-Services gilt es in einem ersten Schritt herauszufinden, welche weiteren Faktoren neben der Wiederverwendbarkeit und der Komplexität des Gesamtportfolios von IT-Services Einfluss auf die mit der Implementierung und dem Betrieb von IT-Services einhergehenden Zahlungen haben. In einem zweiten Schritt kann der aus ökonomischer Sicht optimale Funktionsumfang von IT-Services über einen Trade-Off der finanziellen Konsequenzen der unterschiedlichen Einflussfaktoren ermittelt werden. Das Kapitel gliedert sich dementsprechend in zwei Beiträge. Im ersten Beitrag werden aufbauend auf einer Literaturrecherche sowie der Analyse des Softwarelebenszyklus relevante Einflussfaktoren auf den Funktionsumfang von IT-Services erhoben und qualitativ in ihrer ökonomischen Wirkung analysiert. Darauf aufbauend werden wesentliche Herausforderungen für Wissenschaft und Praxis im Hinblick auf die Realisierung eines ökonomisch optimalen Funktionsumfangs qualitativ diskutiert. Im zweiten Beitrag werden auf dieser Basis zunächst die mit der Realisierung von IT-Services einhergehenden Zahlungsströme formalisiert und in ein quantitatives Entscheidungsmodell zur Bestimmung des ökonomisch optimalen Funktionsumfangs von IT-Services integriert. Anschließend wird ein erster Lösungsansatz für das resultierende Auswahlproblem vorgeschlagen. Es stehen insbesondere die folgenden Forschungsfragen im Mittelpunkt:

1. Was sind die wesentlichen Einflussfaktoren auf den Funktionsumfang von IT-Services und wie wirken sich diese ökonomisch aus?
2. Welche Herausforderungen gilt es in Wissenschaft und Praxis zu lösen, um die Identifikation und Realisierung von IT-Services mit ökonomisch optimalem Funktionsumfang künftig sicherstellen zu können?
3. Welche Zahlungen gehen mit der Realisierung eines bestimmten Funktionsumfangs von IT-Services einher? Wie kann man diese formalisieren?
4. Wie viele und welche IT-Services sollen unter Berücksichtigung der variierenden finanziellen Konsequenzen unterschiedlicher Gestaltungsalternativen zur Realisierung eines definierten Funktionsumfangs implementiert werden?

2.2 Zur betriebswirtschaftlichen Nutzung von Web-basierten sozialen Netzwerken (Beitrag: „Eine kritische Analyse von Vernetzungsmaßen in sozialen Netzwerken“) (B.3)

Im Kontext des Web 2.0 gehören soziale Netzwerke wie www.facebook.com, www.myspace.com oder www.xing.com mit zu den am schnellsten wachsenden Diensten. Während im Jahr 2008 weltweit ca. 580 Mio. Nutzer in solchen Communitys registriert waren (ComScore, 2008), kann im Jahr 2010 alleine www.facebook.com auf eine Gemeinschaft von über 500 Mio. Mitgliedern blicken (Facebook, 2010). Angesichts dieser Entwicklung ist es nicht verwunderlich, dass viele Unternehmen Überlegungen dahingehend anstellen, wie sie derartige Netzwerke gewinnbringend in ihre Geschäftstätigkeit einbinden können.

Der Hauptvorteil einer Integration Web-basierter sozialer Netzwerke in ausgewählte betriebswirtschaftliche Fragestellungen besteht für Unternehmen darin, dass ein Nutzer ein solchen Netzwerks i. d. R. nicht nur eine Vielzahl an Informationen über seine eigenen Präferenzen und sein Konsumverhalten preisgibt, sondern durch die kontinuierliche, z. T. sehr intensive Interaktion mit den anderen Mitgliedern des Netzwerks zusätzlich Zugang zu Informationen über eine Vielzahl weiterer Akteure (De Valck et al., 2009, S. 185) sowie Einfluss auf andere Nutzer (Hill et al., 2006) besitzt. Dieses Wissen um und der Einfluss auf die Präferenzen anderer Akteure kann für Unternehmen von großem Interesse sein: Gelingt es Unternehmen bspw. gut ins Netzwerk eingebundene Nutzer in eine frühe Phase der Produktentwicklung zu integrieren, so lassen sich Erzeugnisse besser auf die Bedürfnisse der Kunden abstimmen, was sich i. d. R. positiv auf das Absatzpotential eines Produkts bzw. einer Dienstleistung auswirkt. Auch bei Fragen der Marken- bzw. Imagebildung kann die Integration von Nutzern Web-basierter sozialer Netzwerke von enormer Bedeutung sein. Durch die gezielte Ansprache von Mitgliedern einer Online Community können indirekt weitere, mit diesen Nutzern verbundene Akteure auf eine neue Marke oder Kampagne bzw. ein neues Produkt aufmerksam gemacht werden. Inwiefern die Integration von Nutzern Web-basierter sozialer Netzwerke für die beispielhaft angeführten und ähnliche Maßnahmen von Vorteil ist, hängt wesentlich davon ab, welche Akteure einer Online-Community angesprochen werden. Vor dem Hintergrund von Zeit-, Ressourcen- und Budgetrestriktionen ist es in diesem Zusammenhang i. d. R. weder praktikabel noch wünschenswert, alle Nutzer eines Web-basierten sozialen Netzwerks gleichermaßen in betriebswirtschaftliche Fragestellungen

einzubinden. Vielmehr stehen Unternehmen im Hinblick auf die betriebswirtschaftlich erfolgreiche Nutzung von Web-basierten sozialen Netzwerken in einem ersten Schritt vor der Herausforderung, diejenigen Mitglieder zu identifizieren, die strukturell besonders gut eingebunden sind. Dieser Problematik widmet sich Kapitel III mit dem Titel *Zur betriebswirtschaftlichen Nutzung von Web-basierten sozialen Netzwerken (Beitrag: „Eine kritische Analyse von Vernetzungsmaßen in sozialen Netzwerken“)*.

Zur Identifikation der zentralen Nutzer eines Web-basierten sozialen Netzwerks bietet sich ein Rückgriff auf die Social Network Analysis an. Hier wurde bereits eine Vielzahl von Vernetzungsmaßen zur Quantifizierung der Vernetzung von Akteuren in sozialen Netzwerken entwickelt und diskutiert. Der vorgestellte Beitrag gibt daher zunächst einen Überblick über bestehende Konzepte zur Messung der Vernetzung von Akteuren in sozialen Netzwerken sowie über die Güte unterschiedlicher Vernetzungsmaße. Darauf aufbauend wird ein Katalog von drei einfachen allgemeinen Eigenschaften von Vernetzungsmaßen entwickelt, der zur Evaluierung der Güte unterschiedlicher Vernetzungsmaße herangezogen werden kann. Abschließend werden fünf aus der Social Network Analysis bekannte Vernetzungsmaße dahingehend diskutiert, ob sie diese Eigenschaften erfüllen. Es stehen u. a. die folgenden Forschungsfragen im Mittelpunkt:

1. Welche Konzepte von guter Vernetzung und Vernetzungsmaßen existieren in der Social Network Analysis?
2. Anhand welcher Kriterien kann die Güte unterschiedlicher Vernetzungsmaße evaluiert werden?
3. Inwiefern eignen sich bestehende Vernetzungsmaße zur Quantifizierung der Vernetzung von Akteuren in Web-basierten sozialen Netzwerken?

Abb. I-3 gibt einen zusammenfassenden Überblick über die Einordnung der vorgestellten Beiträge in die unterschiedlichen Ebenen eines IKS.

Nach der Einleitung und Motivation der Zielsetzung dieser Arbeit sowie der fachlichen Einordnung der einzelnen Beiträge in diesem Kapitel folgen nun in den Kapiteln II und III die einzelnen Beiträge. Im Anschluss werden in Kapitel IV die zentralen Ergebnisse zusammengefasst und Ansatzpunkte für künftige Forschungsaktivitäten aufgezeigt.

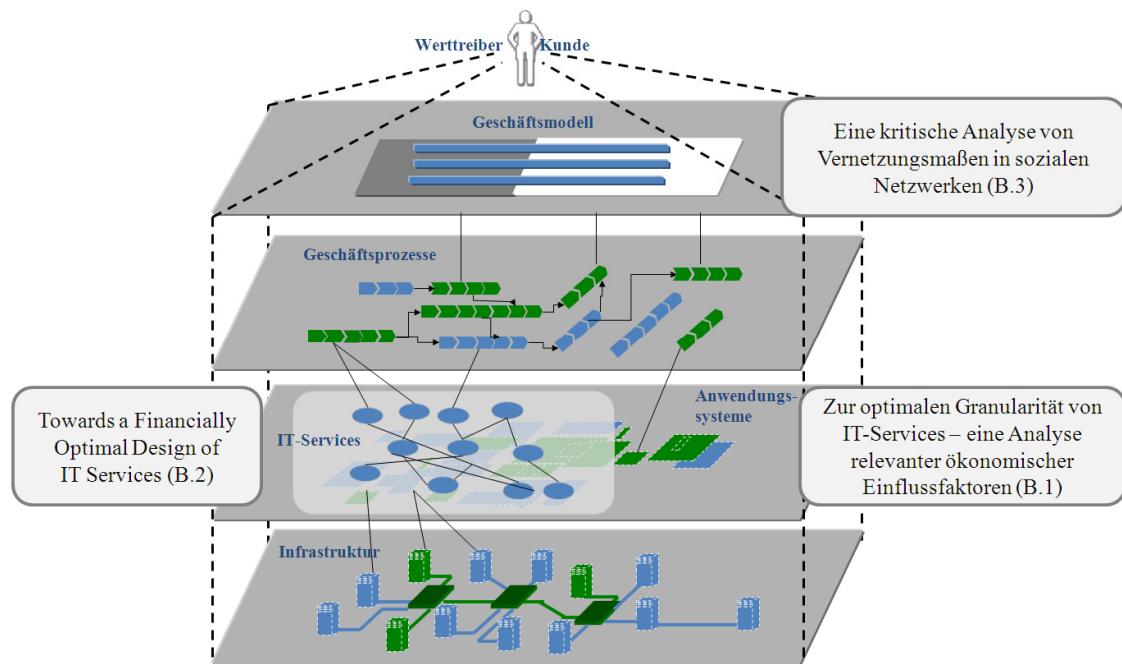


Abb. I-3 Fachliche Einordnung der Beiträge in die unterschiedlichen Ebenen eines IKS

Literatur (Kapitel I)

- Aier, S. 2006. How Clustering Enterprise Architectures Helps to Design Service Oriented Architectures. In: *Proceedings of the 2nd IEEE International Conference on Services Computing* (Chicago, IL, USA, September 2006), 269-272.
- Arbeitskreis Internes Rechnungswesen der Schmalenbach-Gesellschaft. 2010. Vergleich von Praxiskonzepten zur wertorientierten Unternehmenssteuerung. In: *Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung* 60, 11, 797-820.
- Arsanjani, A., Ghosh, S., Allam, A., Abdollah, T., Ganapathy, S. und Holley, K. 2008. SOMA: A method for developing service-oriented solutions. In: *IBM Systems Journal* 47, 3, 377-396.
- Berners-Lee, T. 2000. *Weaving the Web: The Original Design and Ultimate Destiny of the World Wide Web*. HarperCollins Publisher, New York, NJ.
- Braunwarth, K. 2009. Einbindung externer IT-Dienstleister in automatisierte Prozesse. In: *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik* 45, 270, 92-100.
- Buhl, H.U., Heinrich, B., Henneberger, M. und Krammer, A. 2008. Service Science. In: *Wirtschaftsinformatik* 50, 1, 60-65.

-
- Buhl, H.U. und Kamprath, N. 2010. Wertorientiertes Prozessmanagement – Vorlesungsunterlagen am Kernkompetenzzentrum Finanz- & Informationsmanagement, Stand 04/2010.
- Buxmann, P., Hess, T. und Lehmann, S. 2008. Software as a Service (WI-Schlagwort). In: *Wirtschaftsinformatik* 50, 6, 500-503.
- Coenenberg, A.G. und Salfeld, R. 2007. Wertorientierte Unternehmensführung – Vom Strategieentwurf zur Implementierung. 2. Auflage, Schäffer-Poeschel, Stuttgart.
- ComeScore. 2008. Social Networking Explodes Worldwide as Sites Increase their Focus on Cultural Relevance. DOI=<http://www.comscore.com/press/release.asp?press=2396>. Zugriff am 23.03.2009.
- Cormode, G. und Krishnamurthy, G. 2008. Key Differences between Web 1.0 and Web 2.0. In: *First Monday: Peer-reviewed Journal on the Internet* 13, 6. DOI=<http://www.uic.edu/htbin/cgiwrap/bin/ojs/index.php/fm/article/view/2125/1972>. Zugriff am 20.12.2010.
- Czajka, S. und Mohr, S. 2010. Einkäufe privater Haushalte über das Internet – E-Commerce im Jahr 2009. In: *Wirtschaft und Statistik* 61, 3, 282-289.
- De Valck, K., van Bruggen, G.H. und Wierenga, B. 2009. Virtual communities: A marketing perspective. In: *Decision Support Systems* 47, 3, 185-203.
- Dougherty, H. 2010. Facebook Reaches Top Ranking in US. DOI= http://weblogs.hitwise.com/heatherdougherty/2010/03/facebook_reaches_top_ranking_i.html. Zugriff am 12.04.2010.
- eSales4U. 2010. DOI=<http://www.esales4u.de/2009/ecommerce-entwicklung.php>. Zugriff am 16.12.2010
- Facebook. 2010. Statistiken. DOI=<http://www.facebook.com/press/info.php?statistics>. Zugriff am 15.12.2010.
- Gebauer, J. und Schober, F. 2006. Information System Flexibility and the Cost Efficiency of Business Processes. In: *Journal of the Association for Information Systems* 7, 3, 122-147.
- Hagel, J. 2002. Edging into Web Services. In: *McKinsey Quarterly* 4, 4, 29-37.

-
- Heidemann, J., Kamprath, N. und Müller, A.-L. 2010. Kundenintegration in Geschäftsprozesse von Finanzdienstleistungsunternehmen. Diskussionspapier WI-326 am Kernkompetenzzentrum Finanz- & Informationsmanagement, Stand 11/2010.
- Hill, S., Provost, F. und Volinsky, C. 2006. Network-Based Marketing: Identifying Likely Adopters via Consumer Networks. In: *Statistical Science* 21, 2, 256–276.
- Kohnke, O., Scheffler, T. und Hock, C. 2008. SOA-Governance – Ein Ansatz zum Management serviceorientierter Architekturen (WI-Schlagwort). In: *Wirtschaftsinformatik* 50, 5, 408-412.
- Krcmar, H. 2005. Informationsmanagement. Springer, Berlin.
- Laartz, J., Monnoyer, E. und Scherdin, A. 2003. Designing IT for business. In: *McKinsey Quarterly* o. Jg., 3, 77–84.
- Millard, D.E., Howard, Y., Abbas, N., Davis, H.C., Gilbert, L., Wills, G.B. und Walters, R.J. 2009. Pragmatic web service design: An agile approach with the service responsibility and interaction design method. In: *Computer Science – Research and Development* 24, 4, 173-184.
- Schultze, W. und Hirsch, C. 2005. Unternehmenswertsteigerung durch wertorientiertes Controlling. Vahlen, München.
- Statistisches Bundesamt. 2010. Pressemitteilung Nr.399 vom 03.11.2010. DOI= <http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Statistiken/Informationsgesellschaft/Unternehmen/Aktuell.psml>. Zugriff am 20.12.2010.
- Tanenbaum, A.S. 2003. Computernetzwerke. 4. Auflage, Pearson Studium, München.
- Toffler, A. 1988. Die dritte Welle. Zukunftschance. Perspektiven für die Gesellschaft des 21. Jahrhunderts. Goldmann, München.
- Verhoef, C. 2002. Quantitative IT portfolio management. In: *Science of Computer Programming* 45, 1, 1-96.
- Weber, J., Bramseman, U., Heinecke, C. und Hirsch, B. 2004. Wertorientierte Unternehmenssteuerung: Konzepte – Implementierung – Praxisstatements. Gabler, Wiesbaden.
- Wilde, E. 1999. World Wide Web: Technische Grundlagen. Springer, Berlin Heidelberg.

II Zur ökonomisch optimalen Gestaltung von IT-Services

In diesem Kapitel steht eine mittlerweile relativ weit verbreitete Kategorie von Web-basierten Diensten im Mittelpunkt der Betrachtung, nämlich IT-Services. Unternehmen erhoffen sich von ihrem Einsatz eine stärkere Standardisierung, Automatisierung und Flexibilisierung von Geschäftsprozessen und deren IT-Unterstützung. Vor dem Hintergrund einer steigenden weltweiten Vernetzung von Wertschöpfungsprozessen, einer zunehmenden Wettbewerbsintensität und sich dynamisch ändernder Kundenbedürfnisse stellt die Konzeption und Implementierung geeigneter IT-Services eine kontinuierliche Herausforderung dar, da jede Änderung eines Geschäftsprozesses eine Überprüfung und ggf. Neugestaltung der zugehörigen IT-Services erfordert. Um eine möglichst effiziente Allokation knapper finanzieller Ressourcen sicherzustellen, sind nicht nur bei der grundsätzlichen Entscheidung über die Weiterentwicklung der IT-Architektur in Richtung Service-Orientierung, sondern auch bei der Gestaltung jedes einzelnen IT-Service die ökonomischen Auswirkungen verschiedener Realisierungsalternativen zu berücksichtigen. Vor diesem Hintergrund werden im vorliegenden Kapitel zwei Beiträge zur ökonomisch optimalen Gestaltung von IT-Services vorgestellt. Dabei fokussieren beide Arbeiten den Funktionsumfang bzw. die Granularität als eine wesentliche Gestaltungsdimension von IT-Services.

Der Beitrag „Zur optimalen Granularität von IT-Services – eine Analyse relevanter ökonomischer Einflussfaktoren“ (Abschnitt 1) liefert eine qualitative Analyse relevanter Einflussfaktoren auf die ökonomisch optimale Granularität von IT-Services. Darauf aufbauend werden wesentliche Herausforderungen für Wissenschaft und Praxis abgeleitet, die es hinsichtlich der künftigen Realisierung von IT-Services mit ökonomisch optimaler Granularität zu lösen gilt.

Der Beitrag „Towards a Financially Optimal Design of IT Services“ (Abschnitt 2) erweitert den ersten Beitrag um die quantitative Formalisierung der mit der Implementierung, dem Betrieb und der Wiederverwendung von IT-Services einhergehenden Zahlungsströme und ihre Integration in eine Zielfunktion, so dass die aus ökonomischer Sicht optimale Anzahl und Gestaltung von IT-Services zur Realisierung eines bestimmten Funktionsumfangs ermittelt werden kann.

1 Beitrag: „Zur optimalen Granularität von IT-Services – eine Analyse relevanter ökonomischer Einflussfaktoren“

Autoren:	Bettina Friedl Kernkompetenzzentrum Finanz- & Informationsmanagement, Lehrstuhl für BWL, Wirtschaftsinformatik, Informations- & Finanzmanagement (Prof. Dr. Hans Ulrich Buhl) Universität Augsburg, D-86135 Augsburg bettina.friedl@wiwi.uni-augsburg.de
Erscheint in:	Bernstein, A. und Schwabe, G., Eds., <i>Tagungsbände der Wirtschaftsinformatik 2011</i> (Zürich, Schweiz, Februar 2011).

Zusammenfassung:

Service-orientierte Architekturen (SOA) haben in den letzten Jahren in vielen Branchen enorm an Bedeutung gewonnen. Unternehmen versprechen sich davon u. a. eine höhere Agilität der IT und daraus resultierend eine einfache und kostengünstige Integration neuer Funktionalitäten. Damit diese Vorteile einer SOA in der Praxis tatsächlich eintreten, müssen bei der Realisierung von IT-Services insbesondere die ökonomischen Konsequenzen unterschiedlicher Gestaltungsalternativen berücksichtigt werden. Vor diesem Hintergrund fokussiert der Beitrag die Granularität von IT-Services, d. h. ihren Funktionsumfang, als eine wichtige Determinante für die Kosten und Ertragspotenziale aus dem Betrieb von IT-Services. Dabei werden einerseits wesentliche Einflussfaktoren auf die Granularität von IT-Services identifiziert und ihre ökonomische Wirkung diskutiert. Andererseits leitet der Beitrag konkrete Herausforderungen für Wissenschaft und Praxis ab, die es hinsichtlich der künftigen Realisierung von IT-Services mit einer ökonomisch optimalen Granularität zu lösen gilt.

1.1 Einleitung

Business process improvement, *cost reduction* und *analytics* sind laut einer aktuellen Studie von Gartner Inc. in vielen Branchen die zentralen CIO-Themen der vergangenen Jahre (Gartner, 2010). Im Prozessmanagement sind dabei bislang insbesondere eine mangelnde Qualität vieler Geschäftsprozesse, ein zu hoher Koordinationsaufwand und unnötig hohe Prozesskosten beobachtbar (Loehe und Legner, 2010). Diese Probleme und die gleichzeitig steigenden Anforderungen an die Flexibilität von Prozessen forcieren deren Automatisierung und Modularisierung (Capgemini, 2009) und – daraus resultierend – einen wachsenden Bedarf an IT-Unterstützung. In diesem Zusammenhang haben sich vor allem Service-orientierte Architekturen (SOA) etabliert, bei denen lose gekoppelte IT-Services einzelne Funktionalitäten kapseln und in immer neuen Zusammensetzungen interagieren. SOA bewirken eine im Gegensatz zu großen monolithischen IT-Anwendungen deutlich höhere Agilität der unternehmensinternen IT (Choi et al., 2010) und ermöglichen so eine einfache und kostengünstige Integration neuer Funktionalitäten (Choi et al., 2010; Hagel, 2002). Daher ist die Weiterentwicklung ihrer IT-Architektur in Richtung SOA eines der zentralen Themen im IT-Management vieler Unternehmen (Capgemini, 2009): Während im Jahr 2008 bereits 52 von 260 durch accenture weltweit befragte Unternehmen SOA nutzten, planten weitere 38% deren Einführung (accenture, 2008).

In diesen Aufwärtstrend der SOA fiel in den vergangenen Jahren die weltweite Wirtschaftskrise, in deren Folge IT-Budgets angesichts weitreichender Spar- und Konsolidierungszwänge oftmals drastisch gekürzt wurden (Capgemini, 2009). Dabei wurden sowohl anstehende Projekte verschoben als auch weitere Maßnahmen zur Einsparung von Implementierungs-, Wartungs- und Lizenzkosten ergriffen (Capgemini, 2009). Dementsprechend besteht in vielen Unternehmen ein erheblicher Nachholbedarf im Hinblick auf IT-Investitionen. Um die mittlerweile wieder leicht ansteigenden IT-Budgets zielgerichtet einsetzen zu können (Capgemini, 2010), müssen Unternehmen die ökonomischen Konsequenzen unterschiedlicher Alternativen für die Realisierung von IT-Investitionen sorgfältig prüfen. Dies gilt insbesondere für die Realisierung einer neuen Funktionalität im Rahmen einer SOA, wo i. d. R. erhebliche Spielräume hinsichtlich der Gestaltung der zugehörigen IT-Services bestehen.

Eine wesentliche Frage ist in diesem Zusammenhang die nach der richtigen Granularität von IT-Services. So konstatieren z. B. Patig und Wesenberg (2009): “[...] identifying

stable application services at the right granularity before software development starts is even more important as identifying the wrong services can lead to extensive rework“ (Patig und Wesenberg; 2009). In der Literatur findet sich dementsprechend eine Vielzahl an Ansätzen zur Identifikation und Gestaltung von IT-Services, die u. a. auch Empfehlungen zur Granularität von IT-Services beinhalten (Aier 2006; Millard et al. 2009; Papazoglou und van den Heuvel, 2006; Winkler, 2007). Diese konzentrieren sich allerdings auf die Diskussion der Vor- und Nachteile unterschiedlicher Granularitäten. So betont Aier (2006) die bessere Wiederverwendbarkeit kleinerer IT-Services, während Millard et al. (2009) vor einem Over-Engineering hinsichtlich der Granularität von IT-Services und den damit einhergehenden Performanceeinbußen warnen. Die ökonomischen Auswirkungen unterschiedlicher Granularitäten von IT-Services in Form von möglicherweise stark variierenden Kosten für die Implementierung und den Betrieb oder stark abweichenden Einsparpotenzialen aus der Wiederverwendung werden hingegen bislang weder in der Wissenschaft noch in der Praxis ausreichend thematisiert. Dieser Mangel an Transparenz bzgl. der ökonomischen Auswirkungen unterschiedlicher Granularitäten führt dazu, dass die Güte einer Realisierung von IT-Services zur Integration einer neuen Funktionalität im Wesentlichen von den Erfahrungen und Fähigkeiten des zuständigen Entscheiders abhängt und damit faktisch vielfach zu ökonomisch sub-optimalen Entscheidungen.

Ziel des Beitrags ist es daher, 1) wesentliche Einflussfaktoren auf die optimale Granularität von IT-Services zu identifizieren und 2) diese jeweils hinsichtlich ihrer ökonomischen Wirkung zu untersuchen. Darauf aufbauend diskutiert der Beitrag wesentliche Herausforderungen für Wissenschaft und Praxis, die es zu bewältigen gilt, um bei der Integration einer neuen Funktionalität im Rahmen einer SOA das Ziel einer ökonomisch optimalen Granularität der IT-Services künftig besser zu erreichen.

Da in der Literatur bisher sehr unterschiedliche, z. T. abweichende Definitionen der Begriffe IT-Service und Granularität vorliegen, ist für diesen Beitrag zunächst eine entsprechende Präzisierung beider Begriffe erforderlich. Um die Wahrscheinlichkeit, relevante Einflussfaktoren zu vernachlässigen, möglichst gering zu halten, wird bei der Identifikation der Einflussfaktoren ein hybrides Vorgehen gewählt. Einerseits werden bestehende Arbeiten zur Gestaltung von IT-Services daraufhin untersucht, ob sie Einflussfaktoren auf die Granularität thematisieren. Andererseits werden die einzelnen Phasen des Softwareentwicklungsprozesses dahingehend analysiert, ob und, wenn ja, wie

sich unterschiedliche Granularitäten von IT-Services hier auswirken. Durch dieses Vorgehen ist zum einen sichergestellt, dass der gesamte Lebenszyklus eines IT-Services in die Betrachtung einbezogen wird. Zum anderen wird dem Umstand Rechnung getragen, dass sich fachliche oder technische Vor- bzw. Nachteile unterschiedlicher Granularitäten auch ökonomisch auswirken können. Aufbauend auf diesen Vorarbeiten wird anschließend argumentativ die ökonomische Wirkung der einzelnen Einflussfaktoren hergeleitet sowie wesentliche Herausforderungen für Wissenschaft und Praxis diskutiert (vgl. Wilde und Hess (2007)).

Der verbleibende Beitrag gliedert sich wie folgt: In Kapitel 1.2 werden bestehende Beiträge zur Gestaltung von IT-Services analysiert, während in Kapitel 1.3 wesentliche Einflussfaktoren auf die Granularität von IT-Services identifiziert und in ihrer ökonomischen Wirkung diskutiert werden. In Kapitel 1.4 werden zentrale Herausforderungen für Wissenschaft und Praxis aufgearbeitet, wohingegen in Kapitel 1.5 die wesentlichen Ergebnisse zusammengefasst werden und weiterer Forschungsbedarf aufgezeigt wird.

1.2 Bisherige Arbeiten zur Granularität von IT-Services

In der bestehenden wissenschaftlichen Literatur findet sich eine Vielzahl an Ansätzen zur Definition und Auslegung des Service-Begriffs (Arsanjani et al., 2008; Buhl et al., 2008; Schelp und Winter, 2007). Während in einer rein betriebswirtschaftlichen Sicht unter einem Service jede beliebige Dienstleistung subsummiert werden kann, handelt es sich aus technologischer Sicht bei einem Service i. d. R. um ein Software-Artefakt (Buhl et al., 2008). Aufgrund dieser Differenzen bzgl. der Interpretation eines Services ist eine Konkretisierung des zugrundeliegenden Serviceverständnisses notwendig. In Anlehnung an Arsanjani et al. (2008), Buhl et al. (2008) und Heutschi et al. (2006) gilt daher für diesen Beitrag:

Ein IT-Service ist ein softwaretechnisch realisiertes Artefakt, wie z. B. ein Web Service, das einen bestimmten fachlichen Funktionsumfang – kurz Funktionalität – kapselt und in einem oder mehreren Geschäftsprozessen zur Bündelung und (teil-) automatisierten Abwicklung einer Folge von Aktivitäten Verwendung findet.

Diese Definition verbindet die fachliche (Klose et al., 2007; Schelp und Winter, 2007) und die technische (Albani et al., 2003; Zhang et al., 2005) Perspektive auf IT-Services, so dass im Verständnis dieses Beitrags ein IT-Service eine fachlich relevante Funktionalität und ihre softwaretechnische Unterstützung kapselt. Ein IT-Service weist dabei insbe-

sondere eine Servicebeschreibung und eine standardisierte Schnittstelle auf (Arsanjani et al., 2008).

In den letzten 15 Jahren war die Identifikation und Gestaltung von IT-Services in Wissenschaft und Praxis Gegenstand intensiver Diskussionen. Nach Papazoglou und van den Heuvel (2006) stehen Entscheidungsträger in diesem Zusammenhang insbesondere vor der Herausforderung “[... of] identifying the right services, organizing them in a manageable hierarchy of composite services [...and,] choreographing them together for supporting a business process” (Papazoglou und van den Heuvel, 2006). Hilfestellung bietet hierbei eine Reihe von Designprinzipien für IT-Services (vgl. z. B. Erl (2008); Heutschi et al. (2006); Krafzig et al. (2007)), die in die vier Kategorien *Schnittstellenorientierung*, *Bedarfsorientierung*, *Autonomie & Modularisierung* und *Interoperabilität* einteilbar sind (Beverungen et al., 2008; Heutschi et al., 2006). Dabei besteht insbesondere Einigkeit dahingehend, dass IT-Services so gestaltet werden müssen, dass ihre Wiederverwendbarkeit sichergestellt ist (Erl, 2008; Legner und Heutschi, 2007). Hierbei spielt u. a. die Granularität der IT-Services eine wesentliche Rolle (Aier, 2006; Erradi et al., 2006). Tab. II-1 gibt einen Überblick über das Vorgehen und den Fokus bestehender Ansätze zur Gestaltung von IT-Services. Zudem wird kurz darauf eingegangen, ob diese Beiträge konkrete Vorgaben zur Granularität von IT-Services machen. Der Aufbau der Tabelle ist dabei an den der Tabelle in Krammer et al. (2008) angelehnt. Die Identifikation relevanter Beiträge erfolgte mittels iterativer Rückwärtssuche in den Literaturverzeichnissen der einschlägigen Arbeiten in der Zeitschrift Wirtschaftsinformatik zwischen 1996 und 2010 sowie mittels Datenbanksuche mit den Stichwörtern IT-Service Design oder IT-Service Gestaltung in Titel oder Abstract. Aus der Fülle an bereits existierenden Arbeiten wurde angesichts des begrenzten Umfangs des vorliegenden Beitrags für Tab. II-1 lediglich ein kleiner Querschnitt an Zeitschriften- und Konferenzbeiträgen ausgewählt (vgl. z. B. Beverungen et al. (2008); Boerner und Goeken (2009); Krammer et al. (2008) für eine ähnliche Fokussierung). Die Auswahl erfolgte dabei nach der Maßgabe, dass einerseits möglichst unterschiedliche Vorgehensweisen für die Identifikation und Gestaltung von IT-Services und andererseits möglichst viele Arbeiten, die die Granularität von IT-Services diskutieren, einbezogen werden sollten.

Tab. II-1 Überblick über Vorgaben zur Granularität von IT-Services in bisherigen Ansätzen zur Gestaltung von IT-Services (in Anlehnung an Krammer et al. (2008))

Autor	Inhalt	Vorgehensweise	Vorgaben zur Granularität	Fokus
Aier (2006)	Auf der Graphentheorie basierendes Verfahren zur Identifikation von IT-Services	Top-Down Ansatz: Automatisiertes Clustering der Elemente eines Enterprise Modells = Graph aller Geschäftsprozesse und IT Systeme sowie der zugehörigen Interaktionen	Granularität ist abhängig von der gewählten Parametrisierung	Fachlich
Arsanjani (2004) Arsanjani et al. (2008)	SOMA-Ansatz zum Design und zur softwaretechnischen Umsetzung einer SOA	Top-Down und Bottom-Up: Analyse von Geschäftszielen bzw. Geschäftsdomänen sowie bestehender IT-Applikationen	Keine konkreten Vorgaben	Fachlich, z. T. technisch
Erradi et al. (2006)	Framework zum Design und zur softwaretechnischen Umsetzung einer SOA	Top-Down und Bottom-Up: Dekomposition des Unternehmens in Produkte, Kanäle, Geschäftsprozesse und -aktivitäten und Use-Cases sowie Analyse bestehender IT-Applikationen	- Granularität ist so zu wählen, dass die Wiederverwendung der einzelnen Services maximal ist - Vorgabe von Designprinzipien zur Sicherstellung einer passenden Granularität von IT-Services	Fachlich, z. T. technisch
Klose et al. (2007)	Verfahren zur Identifikation von IT-Services	Top-Down Ansatz: Bewertung von Funktionen auf Basis ihres Outsourcing-Potentials und der Sichtbarkeit durch den Kunden	- Keine konkreten Vorgaben - Granularität im Ausblick als offene Forschungsfrage genannt	Fachlich
Millard et al. (2009)	Use-Cases-basiertes Verfahren zur Identifikation von Web-Services	Top-Down Ansatz: Ableitung von Service Responsibility und Collaboration Beschreibungen aus Szenario-basierten Use-Cases	- Diskussion der Vor- und Nachteile unterschiedlicher Granularität - Warnung vor einem zu feingranularem Design von IT-Services	Fachlich
Offermann (2008)	Service-orientierte Konzeption von Software	Top-Down und Bottom-Up: Systematische Analyse der Anforderungen des Unternehmens und bestehender IT-Applikationen	Keine konkreten Vorgaben	Fachlich

Papazoglou und van den Heuvel (2006)	Gesamtlebenszyklus für Service-orientiertes Design und Entwicklung von Prozessen und IT-Services	Top-Down und Bottom-Up: Analyse des Geschäftsmodells und bestehender IT-Applikationen	• Diskussion der Vor- und Nachteile unterschiedlicher Granularität • Empfehlung zur Realisierung grobgranularer IT-Services, die den gesamten Geschäftsprozess umfassen	Fachlich, z. T. technisch
Quartel et al. (2004)	Verfahren zum Service-orientierten Design auf Basis der Interaction System Design Language	Top-Down Ansatz: Analyse von Geschäftsprozessen	Keine konkreten Vorgaben	Fachlich
Schelp und Winter (2008)	Untersuchung der Übertragbarkeit der Entwurfsprinzipien konventioneller Anwendungssysteme auf Enterprise Services	Bottom-Up Ansatz: Analyse und Gruppierung der Beziehungen zwischen Kernleistungsprozessen, Datenobjekten und Funktionen	Keine konkreten Vorgaben	Fachlich
Winkler (2007)	Verfahren zur Identifikation und zum Design sowie zur softwaretechnischen Umsetzung von IT-Services	Top-Down Ansatz: Schrittweise Zerlegung von Aktivitätsdiagrammen und Analyse der Verwendungshäufigkeiten von Funktionalitäten	Granularität bestimmt sich aus der gewählten Zerlegungstiefe	Fachlich
Zhang et al. (2005)	Verfahren zur Umwandlung bestehender Softwarekomponenten in Web-Services	Top-Down und Bottom-Up: Analyse bestehender IT-Applikationen und der Anforderungen einer Anwendungsdomäne	Durchführung von Rationalisierungs- und Konsolidierungsmaßnahmen um grobgranulare, unabhängige Web-Services zu erhalten	Technisch, z. T. fachlich

Wie Tab. II-1 zeigt wählen die meisten Autoren eine Kombination von Top-Down und Bottom-Up-Elementen, um so durch systematische Dekomposition von Geschäftsprozessen bzw. anderen Geschäftsobjekten geeignete IT-Services zu identifizieren und gleichzeitig mit bestehenden IT-Applikationen abzugleichen. Dabei besteht überwiegend ein fachlicher und z. T. ein technischer Fokus, während ökonomische Aspekte bislang nicht betrachtet werden. Dementsprechend ist auch die Granularität von IT-Services – wenn überhaupt explizit thematisiert – i. d. R. fachlich motiviert. Bei Top-Down Ansätzen ergibt sich die Granularität oftmals implizit in Abhängigkeit der gewählten Zerlegungstiefe. Je nachdem, wie weit der Entscheider bei der Dekomposition der

betrachteten Geschäftsobjekte detailliert, resultieren eher grob- oder feingranulare IT-Services (Schelp und Winter, 2008). Eine explizite Diskussion der Vor- und Nachteile unterschiedlicher Granularitäten von IT-Services erfolgt hingegen nur in wenigen Arbeiten (Aier, 2006; Erradi et al., 2006; Millard et al., 2009; Papazoglou und van den Heuvel, 2006). Dabei sieht Aier (2006) den wesentlichen Vorteil eines feingranularen Designs in der höheren Wiederverwendbarkeit der einzelnen IT-Services. Allerdings steigt damit gleichzeitig die Komplexität des unternehmensinternen Portfolios an IT-Services. Dies kann im Extremfall dazu führen, dass zwar wiederverwendbare IT-Services existieren, diese aber nicht auffindbar sind (Aier, 2006). Darüber hinaus attestieren Papazoglou und van den Heuvel (2006) feingranularen IT-Services eine geringe „business-process usefulness“ (Papazoglou und van den Heuvel, 2006) und betonen die damit einhergehenden Nachteile im Hinblick auf die Performance und die Fehlerbehebung: Bei einem feingranularen Design von IT-Services müssen zur Realisierung eines bestimmten Funktionsumfangs relativ viele IT-Services komponiert werden. Dies resultiert in einem hohen Datenaufkommen, selbst wenn pro Schnittstelle jeweils nur wenige Daten ausgetauscht werden müssen. Daher empfehlen die Autoren grobgranulare IT-Services, so dass im Idealfall eine eins-zu-eins-Beziehung zwischen Geschäftsprozessen und den zugehörigen IT-Services besteht (Papazoglou und van den Heuvel, 2006). Millard et al. (2009) warnen ebenfalls vor einem Over-Engineering im Hinblick auf die Granularität von IT-Services und den damit einhergehenden Performanceeinbußen. Sie sehen zudem das Problem, dass bei einem zu feingranularen Design von IT-Services erwartete Nutzenpotenziale in Form einer höheren Wiederverwendung und einer leichteren Erweiterbarkeit von IT-Services aufgrund einer oftmals zu starken Kopplung vieler kleiner IT-Services nicht realisiert werden können (Millard et al., 2009). Für Erradi et al. (2006) hingegen ist die Maximierung der Wiederverwendung oberste Leitlinie bei der Festlegung der Granularität von IT-Services. Sie geben dem Entscheider daher in ihrem Beitrag eine Reihe von qualitativen Designprinzipien an die Hand, die eine hierfür optimale Granularität sicherstellen sollen (Erradi et al., 2006).

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass nur ein Teil der bisher existierenden Beiträge zur Gestaltung von IT-Services das Problem der Bestimmung der optimalen Granularität von IT-Services expliziert. Allerdings diskutieren diese Arbeiten die Vor- und Nachteile unterschiedlicher Granularitäten von IT-Services im Hinblick auf die Schnittstellenkomplexität, den Kompositionsaufwand, die Performance, die Wiederver-

wendbarkeit und die Fehlerbehebung ausnahmslos aus fachlicher bzw. technischer Perspektive. Eine Analyse der ökonomischen Auswirkungen unterschiedlicher Granularitäten wird bisher nach Kenntnis des Autors nicht vorgenommen. Diese ist aber notwendig, um eine effiziente Allokation knapper finanzieller Mittel langfristig sicherzustellen. Vor diesem Hintergrund stellen sich im vorliegenden Beitrag die folgenden Forschungsfragen:

Was sind die wesentlichen Einflussfaktoren auf die Granularität von IT-Services und wie wirken sich diese ökonomisch aus?

Welche Herausforderungen gilt es in Wissenschaft und Praxis zu lösen, um die Identifikation und Realisierung von IT-Services mit ökonomisch optimaler Granularität künftig sicherstellen zu können?

Die Beantwortung dieser Fragen erfolgt argumentativ-deduktiv (Wilde und Hess, 2007). Dabei beschränkt sich der Beitrag allerdings auf eine interne Sichtweise und unterstellt, dass es sich bei Provider und Nutzer eines IT-Services um ein und dasselbe Unternehmen handelt.

1.3 Zur ökonomisch optimalen Granularität von IT-Services

1.3.1 Definition des Begriffs Granularität

Die Wahl der „richtigen“ Granularität wird vielfach als eine der zentralen Fragen bei der Gestaltung von IT-Services angesehen. Dabei liegt in der Mehrzahl der existierenden Arbeiten zum Design von IT-Services implizit die Vorstellung zu Grunde, dass ein feingranularer IT-Service einen verhältnismäßig geringen Funktionsumfang umfasst, während ein grobgranularer IT-Service einen verhältnismäßig großen Funktionsumfang bündelt (Papazoglou und van den Heuvel, 2006). Erradi et al. (2006) erweitern dieses Verständnis von Granularität um die Aktivitäten an der Schnittstelle zwischen IT-Services und definieren die Granularität von IT-Services als „a combination of (1) the number of components that are invoked through a given operation on a service interface and (2) the number of resources' state changes like the number of database tables updated“ (Erradi et al., 2006). Allerdings verzichten die Autoren auf eine weitere Konkretisierung ihrer Definition. Griffel (1998) unterscheidet die drei Maße *Anteil an der Anwendungssemantik*, *Umfang der Schnittstelle* und *Größe des einsatzfähigen Codes* für die Granularität von Komponenten. Angelehnt an diese Überlegungen gilt daher für diesen Beitrag in Übereinstimmung z. B. mit Boerner und Goeken (2009):

Die Granularität stellt ein relatives Maß für den Funktionsumfang eines IT-Services dar. Sie ermöglicht einen Vergleich zweier IT-Services dahingehend, dass der feingranularere (grobgranularere) von zwei IT-Services einen geringeren (höheren) Funktionsumfang aufweist.

Diese Definition der Granularität eines IT-Services wird wie folgt konkretisiert (vgl. Braunwarth und Friedl (2010)): Ein IT-Service im Verständnis dieses Beitrags dient der Bereitstellung einer definierten Funktionalität zur Bündelung und (teil-)automatisierten Abwicklung von Aktivitäten eines Geschäftsprozesses. Diese Aktivitäten können dabei in mehrere, nicht weiter teilbare Aktionen (inkl. der zugehörigen Kontroll- und Datenflüsse) zerlegt werden (OMG, 2005; OMG, 2006). In Analogie dazu kann auch eine definierte Funktionalität F in mehrere, aus fachlicher Sicht nicht weiter sinnvoll teilbare, *elementare Funktionalitäten* $F_1, \dots, F_G$ ($G \in \mathbb{N}$) zerlegt werden (vgl. Schelp und Winter (2007)).

Abb. II-1 illustriert diese Analogie zwischen Aktionen und elementaren Funktionalitäten bzw. Aktivitäten und IT-Services.

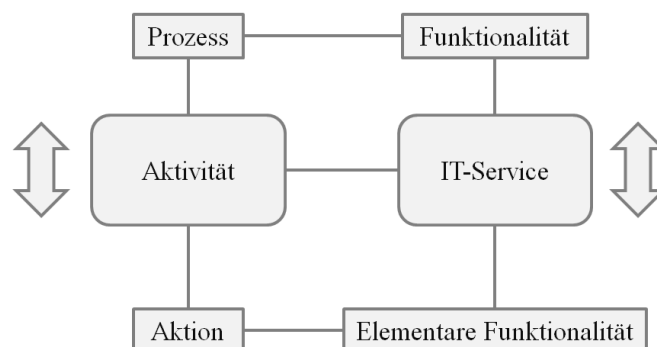


Abb. II-1 Analogie zwischen Aktivitäten und IT-Services (vgl. Braunwarth und Friedl (2010))

Bei der Gestaltung von IT-Services zur Realisierung einer definierten Funktionalität F gilt es daher, eine Entscheidung dahingehend zu treffen, wie viele und welche IT-Services $S_1, \dots, S_g$ ($g \in \{1, \dots, G\}$) zur Realisierung einer Funktionalität F implementiert werden sollen bzw. dual formuliert, wie viele und welche elementaren Funktionalitäten in einem IT-Service zusammengefasst werden sollen. Dabei besteht der eine Extremfall darin, für jede elementare Funktionalität F_j ($j \in \{1, \dots, G\}$) einen eigenen IT-Service S_j ($j \in \{1, \dots, G\}$) und damit insgesamt G IT-Services zu realisieren. Der andere Extremfall besteht darin, lediglich einen IT-Service S_1 zu realisieren, der die gesamte Funktionalität F bündelt. Im Folgenden wird eine konkrete Implementierung $S_1, \dots, S_g$ ($g \in \{1, \dots, G\}$)

von IT-Services zur Realisierung einer definierten Funktionalität F auch als *Zuschnitt von IT-Services* bezeichnet.

Als Hilfsgröße für die Granularität eines IT-Services S_i kann im vorgestellten Bezugsrahmen die Anzahl $a_i \in \{1, \dots, G\}$ der in S_i zusammengefassten elementaren Funktionalitäten $F_{i_1}, \dots, F_{i_{a_i}}$ dienen. Dabei ist ein IT-Service S_i umso feingranularer, je weniger elementare Funktionalitäten er enthält, d. h. je kleiner a_i ist. Vergleicht man zwei verschiedene IT-Services S_1 und S_2 auf dieser Basis, so ist S_1 genau dann feingranularer (grobgranularer) als S_2 , wenn gilt: $a_1 < a_2$ ($a_1 > a_2$). Im Folgenden werden auch ganze Zuschnitte $S_1, \dots, S_g$ ($g \in \{1, \dots, G\}$) von IT-Services hinsichtlich ihrer Granularität verglichen. Dem liegt folgende Überlegung zu Grunde: Je mehr IT-Services ein Zuschnitt enthält, desto kleiner ist tendenziell der Funktionsumfang jedes einzelnen IT-Services. Dies liegt darin begründet, dass ein Zuschnitt der Realisierung einer definierten Funktionalität F dient und daher alle elementaren Funktionalitäten in genau einem IT-Service enthalten sein müssen. Damit kann die Anzahl $g \in \{1, \dots, G\}$ der IT-Services in einem Zuschnitt $S_1, \dots, S_g$ als Indikator für die Granularität herangezogen werden. Vergleicht man zwei Zuschnitte $S_1, \dots, S_{g_S}$ und $T_1, \dots, T_{g_T}$ so ist $S_1, \dots, S_{g_S}$ genau dann feingranularer (grobgranularer) als $T_1, \dots, T_{g_T}$, wenn gilt: $g_S > g_T$ ($g_S < g_T$).

Für die weitere Argumentation ist Folgendes zu beachten: Bei den Attributen feingranular und grobgranular handelt es sich nicht um eine absolute Klassifikation von IT-Services oder Zuschnitten sondern vielmehr um eine relative Einordnung zum Vergleich unterschiedlicher IT-Services oder Zuschnitte. Diese wird in Abschnitt 1.3.2 verwendet, um die Wirkung der verschiedenen Einflussfaktoren auf die mit der Implementierung und dem Betrieb von IT-Services einhergehenden Ein- und Auszahlungen zu ermitteln. In diesem Zusammenhang ist bspw. die Aussage, dass ein Einflussfaktor einen feingranularen (grobgranularen) Zuschnitt von IT-Services begünstigt, folgendermaßen zu interpretieren: Vergleicht ein Entscheider zwei verschiedene Zuschnitte von IT-Services, so wird er bei einer Entscheidung auf Basis des betrachteten Einflussfaktors den Zuschnitt mit der größeren (geringeren) Anzahl an IT-Services wählen.

1.3.2 Einflussfaktoren auf die ökonomisch optimale Granularität von IT-Services

Zur Identifikation der wesentlichen Einflussfaktoren auf die Granularität von IT-Services wird ein hybrides Vorgehen gewählt. Einerseits ergeben sich bereits aus der Diskussion in

Kapitel 1.2 eine Reihe von Faktoren, welche die Festlegung der Granularität von IT-Services aus fachlicher oder technischer Sicht beeinflussen, und daher im Hinblick auf ihre ökonomische Wirkung untersucht werden sollten. Dies sind die Komplexität der Schnittstelle von IT-Services, der Aufwand für ihre Komposition, die Performance von IT-Services, die Wiederverwendbarkeit von IT-Services und der Aufwand zur Behebung von Fehlern in IT-Services. Andererseits spielt die Granularität von IT-Services in fast allen Phasen des Softwarelebenszyklus (vgl. Abb. II-2) eine wichtige Rolle. Alleine die Anforderungsdefinition kann unabhängig von der Granularität der IT-Services vorgenommen werden. In allen anderen Phasen ist die Granularität dagegen insofern relevant als dass bei unterschiedlicher Granularität zur Realisierung einer bestimmten Funktionalität F unterschiedlich viele IT-Services konzipiert, implementiert, getestet und gewartet werden müssen. Dies hat Auswirkungen auf die damit einhergehenden Kosten. Im laufenden Betrieb spielt in diesem Zusammenhang neben der Wartung und Fehlerbehebung insbesondere auch die Anpassung bestehender IT-Services aufgrund sich ändernder Anforderungen an die Funktionalität F eine wichtige Rolle. Nicht entscheidungsrelevant sind hingegen einmalige Auszahlungen für die Einrichtung der notwendigen Infrastruktur zur Realisierung einer SOA (wie z. B. den Enterprise Service Bus, ein Service-Verzeichnis oder die notwendige Entwicklungsumgebung, etc.) sowie für den Aufbau des erforderlichen internen Know-hows (wie z. B. das Einarbeiten in Schnittstellenstandards, etc.), da diese Zahlungen unabhängig von der Granularität der IT-Services anfallen.

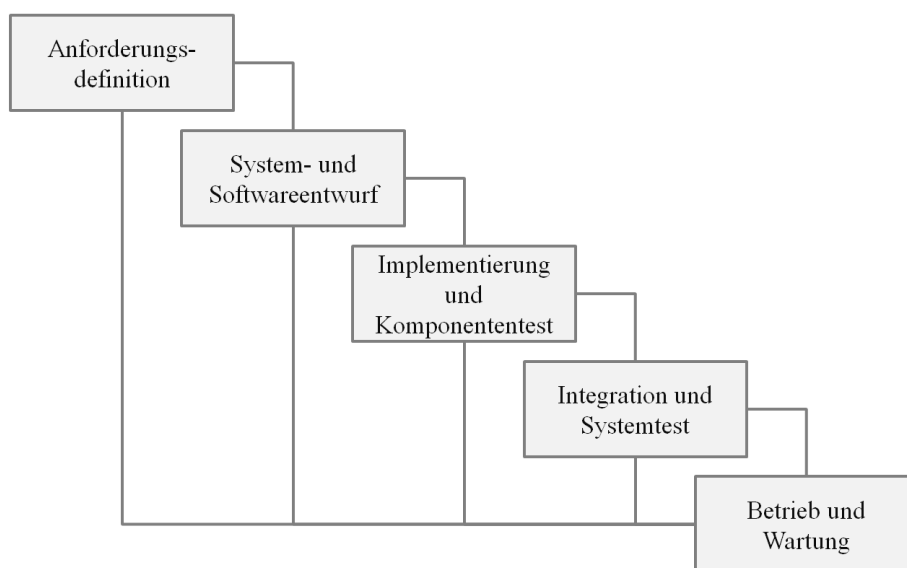


Abb. II-2 Der Softwarelebenszyklus im Wasserfallmodell (vgl. Sommerville (2007), S. 97)

Die nun folgenden Ausführungen haben das Ziel, die identifizierten Einflussfaktoren auf die optimale Granularität von IT-Services in ihrer ökonomischen Wirkung zu diskutieren. Allerdings kann die Frage nach der optimalen Granularität von IT-Services nicht pauschal beantwortet werden. Bezugspunkt ist vielmehr stets die Realisierung einer neuen Funktionalität F (vgl. Griffel (1998)). Dies bildet auch den Ausgangspunkt der folgenden Diskussion.

1.3.2.1 Konzeptions- und Implementierungsaufwand

Die Kosten für die Konzeption, Implementierung und den Test eines Zuschnitts $S_1, \dots, S_g$ ($g \in \{1, \dots, G\}$) von IT-Services zur Realisierung einer definierten Funktionalität F umfassen zwei Bestandteile: Zum einen fallen diese Kosten unabhängig vom konkreten Zuschnitt für die Funktionalität F als solche an. Zum anderen ist zusätzlich für jeden IT-Service die Konzeption, Implementierung und das Testen einer entsprechenden Schnittstelle erforderlich. Dementsprechend steigen diese Kosten für einen Zuschnitt $S_1, \dots, S_g$ ($g \in \{1, \dots, G\}$) von IT-Services mit der Anzahl g der realisierten IT-Services an. Damit ist ein Zuschnitt $S_1, \dots, S_g$ ($g \in \{1, \dots, G\}$) hinsichtlich des Konzeptions- und Implementierungsaufwands umso besser, je weniger IT-Services $g \in \{1, \dots, G\}$ er umfasst.

1.3.2.2 Schnittstellenkomplexität

Die Komplexität einer Schnittstelle und damit die Kosten für ihren Betrieb und ihre Wartung hängen u. a. davon ab, wie viel Information über eine Schnittstelle ausgetauscht wird. Hierfür gilt tendenziell der Zusammenhang „je mehr Funktionalität ein IT-Service zur Verfügung stellt, desto mehr Daten müssen ausgetauscht werden“ (Schelp und Winter, 2007). Zwar tragen SOA zusätzlich zu einer Standardisierung von Schnittstellen zwischen IT-Applikationen im Vergleich zu individuell implementierten Punkt-zu-Punkt-Koppelungen bei. Allerdings ist diese Stärkung der Standardisierung von Schnittstellen unabhängig von der Granularität der realisierten IT-Services. Insgesamt gilt es im Hinblick auf die Schnittstellenkomplexität daher IT-Services S_i mit einem möglichst geringen Funktionsumfang a_i zu implementieren, da dies ökonomische Vorteile verspricht.

1.3.2.3 Kompositionsaufwand

Neben der Konzeption und Implementierung kann auch die Dokumentation und Bereitstellung von IT-Services in einem entsprechenden Service-Verzeichnis sowie ihre Komposition mittels standardisierter Sprachen wie z. B. WS-BPEL (Web Services-Business Process Execution Language) oder WS-CDL (Web Services-Choreography Description Language) erhebliche Kosten verursachen. Dabei sind aus ökonomischer Sicht sowohl der Aufwand für die Erstellung der notwendigen Dateien und Protokolle als auch der Aufwand für die Überwachung des reibungsfreien Ablaufs einer Komposition zu berücksichtigen. Für die Realisierung einer definierten Funktionalität F steigen diese Kosten mit der Anzahl g der implementierten IT-Services $S_1, \dots, S_g$ ($g \in \{1, \dots, G\}$) an, da mehr IT-Services bereitgestellt und komponiert werden müssen. Im Gegensatz zur Schnittstellenkomplexität wirkt sich daher beim Kompositionsaufwand eine größere Anzahl g von IT-Services aus ökonomischer Sicht i. d. R. nachteilig aus.

1.3.2.4 Netzwerkauslastung / Performance

Für den Betrieb von IT-Services ist eine technische Infrastruktur erforderlich, welche die Ausführung und Kommunikation der einzelnen IT-Services ermöglicht. Während die Infrastruktur als solche unabhängig von der Granularität der implementierten IT-Services vorgehalten werden muss, ist die bereitzustellende Netzwerk- und Serverkapazität durchaus vom gewählten Zuschnitt $S_1, \dots, S_g$ ($g \in \{1, \dots, G\}$) der IT-Services abhängig. Mit einer größeren Anzahl g an realisierten IT-Services ist auch eine größere Anzahl an Service-Aufrufen zur Realisierung einer definierten Funktionalität F erforderlich. Dies kann bei unzureichender Kapazität der unterstützenden IT-Infrastruktur zu einer merklichen Performanceverschlechterung führen (Millard et al., 2009). Insbesondere bei zeitkritischen Anwendungen wie z. B. Trading-Systemen von Banken wirken sich solche Performanceprobleme i. d. R. negativ auf die Zufriedenheit der Nutzer eines IT-Services aus. Daraus resultieren bei kundennahen Anwendungen wie z. B. internetbasierten Customer-Self-Services oder den Beratungsapplikationen eines Finanzdienstleisters im Extremfall sowohl steigende Auszahlungen für das Beschwerdemanagement als auch sinkende Einzahlungen aus der weiteren Kundenbeziehung (Hirschmann, 1990; Maxham und, 2003; McCollough, 2000). Um derartige Negativeffekte aufgrund unzureichender Netzwerk- und Serverkapazitäten zu vermeiden sind entsprechende Investitionen in die eigene IT-Infrastruktur oder On-Demand-Lösungen erforderlich, die eine akzeptable

Performance der IT-Infrastruktur sicherstellen. Insgesamt bietet ähnlich wie beim Kompositionsaufwand ein Zuschnitt $S_1, \dots, S_g$ ($g \in \{1, \dots, G\}$) von IT-Services mit einer möglichst geringen Anzahl g an IT-Services aus ökonomischer Sicht Vorteile im Hinblick auf die Netzwerkauslastung und die resultierende Performance der IT-Services.

1.3.2.5 Wiederverwendbarkeit

Die Wiederverwendbarkeit von IT-Services stellt die zentrale Stärke einer SOA dar. Kann eine neu angeforderte Funktionalität F ganz oder in Teilen aus bereits existierenden IT-Services komponiert werden, dann können kosten- und zeitintensive Entwicklungsprojekte in ihrem Umfang mitunter drastisch reduziert werden. Dadurch können personelle wie technische Ressourcen, die angesichts enger IT-Budgets ohnehin rar sind (Capgemini, 2010), eingespart oder anderweitig eingesetzt werden. Pro Zeit- und Ressourceneinheit lässt sich damit eine größere Anzahl an IT-Projekten zur Unterstützung weiterer Geschäftsprozesse realisieren. Dies wirkt sich i. d. R. wiederum positiv auf die Einzahlungen aus diesen Prozessen aus, da Fehler aus einer manuellen Bearbeitung sowie unnötig lange Wartezeiten vermieden werden können. Ob Einsparpotenziale und Einnahmesteigerungen in der Praxis allerdings tatsächlich realisiert werden können, hängt wesentlich von zwei Faktoren ab. Zum einen muss bei anderen Geschäftsprozessen oder -bereichen ein Bedarf nach einer bereits realisierten Funktionalität bestehen. Zum anderen muss sichergestellt sein, dass einmal implementierte IT-Services für andere Geschäftsprozesse oder -bereiche auffindbar und zugänglich sind. Hinsichtlich beider Faktoren hat die Granularität der IT-Services einen wesentlichen Einfluss. So ist das Wiederverwendungspotenzial eines IT-Services S_i i. d. R. umso größer, je kleiner sein Funktionsumfang a_i ist, da damit die Wahrscheinlichkeit steigt, dass er genau die von einem anderen Geschäftsprozess benötigte Funktionalität bereitstellt (Aier, 2006). Allerdings steigt mit sinkendem Funktionsumfang pro IT-Service auch die Anzahl g der IT-Services, die zur Realisierung einer definierten Funktionalität F erforderlich sind, und damit die Komplexität des unternehmensweiten Portfolios an IT-Services (Aier, 2006; Schelp und Winter, 2007). Damit wächst die Gefahr, dass zwar geeignete IT-Services existieren, diese aber nicht auffindbar sind (Aier, 2006). Insbesondere besteht nur dann ein Anreiz, bereits implementierte IT-Services einzubinden, wenn die Kosten für das Suchen und Einbinden bestehender IT-Services geringer sind als die Kosten für eine Neuimplementierung. Damit ist die These „die Wiederverwendung eines IT-Services ist umso größer, je kleiner sein Funktionsumfang ist“ zu kurz gegriffen. Vielmehr wird die tatsächliche

Wiederverwendung eines IT-Services mit abnehmendem Funktionsumfang zwar zunächst ansteigen, ab einem bestimmten Punkt allerdings aufgrund eines stark steigenden Aufwands für das Auffinden und Einbinden bestehender IT-Services wieder abnehmen. Dies hat Auswirkungen auf die mit der Wiederverwendung von IT-Services einhergehenden Einsparungen und muss bei der Gestaltung von IT-Services zwingend berücksichtigt werden.

1.3.2.6 Änderung von bestehenden IT-Services

Eng verbunden mit der Wiederverwendung von IT-Services ist die Problematik der Änderung einer implementierten Funktionalität, welche in der Praxis aufgrund sich dynamisch ändernder Marktanforderungen relativ häufig auftritt. In diesem Zusammenhang bietet die Realisierung von IT-Services mit einem eher kleinen Funktionsumfang aus ökonomischer Sicht wesentliche Vorteile. So sind die Kosten für die Umsetzung von Änderungen an bestehenden IT-Services bei Vorliegen vieler kleiner IT-Services tendenziell geringer. Statt einen großen IT-Service mit eher viel und ggf. unübersichtlichem Code zu ändern, ist es ausreichend, einen oder wenige kleine IT-Services anzupassen. Dadurch lassen sich die Implementierung und der Test der geänderten Funktionalität i. d. R. relativ aufwandsarm gestalten. Oftmals reicht es bei kleinen IT-Services im Falle einer Änderungsanforderung sogar aus, bestehende IT-Services in einer anderen Reihenfolge zu kombinieren (Schelp und Winter, 2007). Allerdings kann ähnlich wie bei der Wiederverwendung von IT-Services die Implementierung von zu kleinen IT-Services ökonomisch auch nachteilig sein. Da kleine IT-Services tendenziell öfter wiederverwendet werden, können hier im Falle einer Änderung enorme Abhängigkeiten zu anderen Geschäftsprozessen oder -bereichen auftreten. Dies resultiert vielfach in Zusatzkosten für die Beseitigung unerwünschter „Nebenwirkungen“ von Änderungen (Schelp und Winter, 2007).

1.3.2.7 Fehlerbehebung

Im Rahmen der Softwareentwicklung werden sowohl bei der Neuentwicklung von Softwarekomponenten wie auch bei jeder Änderung umfangreiche Tests durchgeführt, um die Funktionsfähigkeit der entwickelten Software weitestgehend sicherzustellen. Dennoch treten in der Praxis vielfach Fehler im laufenden Betrieb auf, die im Rahmen von

Nacharbeiten behoben werden müssen.¹ Ähnlich wie bei der Wiederverwendung von IT-Services ergibt sich auch hier ein differenziertes Bild inwiefern der Funktionsumfang eines IT-Services die Höhe der mit der Fehlerbehebung verbundenen Kosten beeinflusst: So sind im Hinblick auf die Lokalisierung des Fehlers IT-Services mit einem vergleichsweise großen Funktionsumfang von Vorteil. Hier sind nur wenige IT-Service zur Realisierung einer bestimmten Funktionalität F nötig. Damit ist das Zusammenspiel zwischen den einzelnen IT-Services und dem betrachteten Geschäftsprozess i. d. R. unmittelbar klar (Papazoglou und van den Heuvel, 2006). Dadurch kann die Fehlerquelle leichter identifiziert werden als bei einer Vielzahl vergleichsweise kleiner IT-Services. Zur Beseitigung des Fehlers ist die Änderung eines oder mehrerer IT-Services notwendig. Hier sind – wie in Abschnitt 1.3.2.6 diskutiert – IT-Services mit einem kleineren Funktionsumfang aus ökonomischer Sicht tendenziell vorteilhaft.

Tab. II-2 Einflussfaktoren auf die ökonomisch optimale Granularität von IT-Services

Einflussfaktor	Spricht für...
Konzeptions- und Implementierungsaufwand	... grobgranulare IT-Services
Schnittstellenkomplexität	... feingranulare IT-Services
Kompositionsaufwand	... grobgranulare IT-Services
Netzwerkauslastung / Performance	... grobgranulare IT-Services
Wiederverwendbarkeit	... tendenziell feingranulare IT-Services, aber nur bis zu einer bestimmten Grenze
Änderung von bestehenden IT-Services	... tendenziell feingranulare IT-Services, aber abhängig von deren Wiederverwendung
Fehlerbehebung - Fehleridentifikation - Fehlerbeseitigung	... grobgranulare IT-Services ... feingranulare IT-Services

¹ Dieser Abschnitt fokussiert auf die Fehlerbehebung im laufenden Betrieb. Die Fehlerbehebung bei der Neuimplementierung oder Änderung von IT-Services während der regulären Testphasen vor der Freigabe einer Software ist in den Abschnitten 1.3.2.1 und 1.3.2.6 berücksichtigt.

Tab. II-2 gibt einen zusammenfassenden Überblick über alle in diesem Abschnitt diskutierten Einflussfaktoren auf die ökonomisch optimale Granularität von IT-Services. Dabei ist jeweils auch angegeben, ob der Einflussfaktor aus ökonomischer Sicht eher für eine grobgranulare oder feingranulare Gestaltung der IT-Services spricht. Insgesamt können die folgenden Erkenntnisse festhalten werden:

1. Es gibt sowohl Einflussfaktoren wie z. B. den Kompositions- und Implementierungsaufwand, die eher grobgranulare IT-Services nahelegen, als auch solche wie z. B. die Wiederverwendbarkeit, die eher feingranulare IT-Services anraten.
2. Pauschalaussagen im Hinblick auf die optimale Granularität von IT-Services greifen aus ökonomischer Sicht daher in jedem Fall zu kurz.
3. Vielmehr ist bei der Realisierung einer neuen Funktionalität im Rahmen einer SOA hinsichtlich der Granularität eine detaillierte Analyse dahingehend notwendig, welchen Einflussfaktoren im jeweils betrachteten Einzelfall aus ökonomischer Sicht ein größeres Gewicht zukommt.

Aufbauend auf diesen Überlegungen werden im nächsten Kapitel Herausforderungen für Wissenschaft und Praxis diskutiert, die es im Hinblick auf eine zukünftige Bestimmung und Realisierung von IT-Services mit einer ökonomisch optimalen Granularität zu lösen gilt.

1.4 Herausforderungen für Wissenschaft und Praxis

In Kapitel 1.3 wurde in einem ersten Schritt qualitativ diskutiert, wie sich unterschiedlich granulare Zuschnitte von IT-Services hinsichtlich einiger relevanter Einflussfaktoren ökonomisch auswirken. Dabei war es Ziel, grundsätzlich für die Problematik variierender Ein- und Auszahlungen unterschiedlicher Granularitäten von IT-Services zu sensibilisieren. In der Praxis werden allerdings nicht alle sieben Faktoren gleich großen Einfluss auf die mit der Implementierung von IT-Services einhergehenden Zahlungen haben. So sind die Kosten für den Ausbau der IT-Infrastruktur zur Verbesserung der Performance aufgrund der relativ geringen Hardwarekosten im Vergleich zu den in der Praxis oftmals extrem hohen Aufwänden für die Konzeption und Implementierung von IT-Services vermutlich vernachlässigbar. Ebenso dürften die Einsparpotenziale aus der Wiederverwendung von IT-Services die Zusatzkosten für die Komposition von mehr IT-Services deutlich übersteigen, während eine Reduktion der Komplexität einer einzelnen Schnittstelle diese Zusatzkosten i. d. R. nicht rechtfertigen wird. Um diese Abwägung, welche

Einflussfaktoren hinsichtlich der mit einem Zuschnitt einhergehenden Ein- und Auszahlungen mehr oder weniger relevant sind, grundlegend zu fundieren, ist aufbauend auf den Ergebnissen aus Kapitel 1.3 eine Quantifizierung der mit unterschiedlichen Granularitäten einhergehenden Zahlungen erforderlich. Neben der Erhebung der relevanten Zahlungen stehen Entscheidungsträger in der Praxis dabei insbesondere vor der Herausforderung einer gerechten Zurechnung von Zahlungen. Dabei sind die mit der Implementierung und dem Betrieb von IT-Services einhergehenden Kosten i. d. R. das geringere Problem. Hier kann entweder direkt das Verursachungsprinzip angewendet oder eine z. B. nach der Nutzungsintensität zentraler Ressourcen gewichtete Zurechnung vorgenommen werden. Einzahlungen hingegen resultieren oftmals nicht direkt aus einem IT-Service selbst, sondern aus den von ihm unterstützten Geschäftsprozessen. Künftige Forschungsarbeiten sollten sich daher intensiv mit der Frage beschäftigen, wie eine wechselseitig faire Aufteilung dieser Einzahlungen zwischen den unterstützenden IT-Services und der zugehörigen Fachfunktion aussehen kann.

Neben der Quantifizierung der ökonomischen Auswirkungen unterschiedlich granularer Zuschnitte von IT-Services bedarf es zudem der (Weiter-)Entwicklung von (existierenden) Ansätze zur Identifikation und Gestaltung von IT-Services dahingehend, dass die ökonomischen Auswirkungen auch tatsächlich in den Entscheidungsprozess einbezogen werden (Boerner und Goeken, 2009). Dabei ist zu beachten, dass bestehende Verfahren zur Identifikation und Gestaltung von IT-Services normalerweise nicht genau eine Empfehlung zur Realisierung einer neuen Funktionalität mittels IT-Services generieren, sondern i. d. R. mehrere fachlich und technisch sinnvolle Varianten ermitteln (Arsanjani et al., 2008; Millard et al., 2009). Daher kann die Integration der ökonomischen Auswirkungen unterschiedlicher Granularitäten im einfachsten Fall dadurch erreicht werden, dass die Erhebung der jeweiligen Zahlungswirkungen als zusätzlicher Schritt an bestehende Methoden zum Design von IT-Services angeschlossen wird. Hierbei können bekannte Verfahren der Investitionsrechnung (Copeland et al., 2002; Kruschwitz und Husmann, 2009) zum Einsatz kommen wie ein erster Ansatz von vom Brocke et al. (2009) zeigt. Die Autoren bewerten unterschiedliche Alternativen zur Realisierung einer neuen Funktionalität mittels IT-Services auf Basis der damit einhergehenden Ein- und Auszahlungen auf der Aktivitätsebene, der Infrastrukturebene und der Serviceebene. Allerdings erfolgt weder eine Differenzierung im Hinblick auf die Granularität der einzelnen IT-Services noch die Berücksichtigung der ökonomischen Potenziale aus der

Wiederverwendung von IT-Services, welche aber – wie in Kapitel 1.3 diskutiert – ein wesentlicher Einflussfaktor im Hinblick auf die ökonomisch optimale Granularität von IT-Services sind. Diese naheliegende Angliederung der ökonomischen Bewertung unterschiedlicher Varianten zur Realisierung einer Funktionalität als weiteren Schritt an bestehende Methoden zur Identifikation und Gestaltung von IT-Services hat zudem den Nachteil, dass im Rahmen der fachlichen und technischen Vorselektion ökonomisch effiziente Varianten mitunter bereits vorab ausgeschlossen werden. Insofern sollten sich weitere Forschungsarbeiten der Entwicklung von Methoden und Vorgehensmodellen widmen, welche die ökonomische Dimension zu einem früheren Zeitpunkt in die Identifikation und Gestaltung von IT-Services integrieren. Zwar ist, wie z. B. von Braunwarth und Friedl (2010) vorgeschlagen, ein all-possible-subset-Verfahren das alle technisch möglichen Zuschnitte von IT-Services auf ihre ökonomischen Auswirkungen hin analysiert, aus Aufwandsgründen auch nicht unbedingt erstrebenswert. Da eine frühzeitige Integration ökonomischer Überlegungen mitunter allerdings zu anderen, fachlich bzw. technisch sinnvollen Varianten führen kann, sollten künftige Forschungsarbeiten weitere Ansatzpunkte hierfür entwickeln.

Neben den bereits diskutierten Herausforderungen einer quantitativen Bewertung unterschiedlicher Granularitäten von IT-Services sowie der Integration dieser Bewertung in Methoden zur Identifikation und Gestaltung von IT-Services ergeben sich zwei weitere Probleme im Hinblick auf die Realisierung der ökonomisch optimalen Granularität von IT-Services. Einerseits fallen in der Praxis die Auszahlungen für die Konzeption und Implementierung von IT-Services und die Ein- und Auszahlungen aus ihrem Betrieb und ihrer Wiederverwendung zeitlich oftmals erheblich auseinander. Andererseits besteht zusätzlich mitunter die Problematik, dass es sich bei der Instanz, welche die erstmalige Realisierung einer Funktionalität beauftragt, und der Instanz, die von der Wiederverwendung von IT-Services finanziell profitiert, um unterschiedliche Abteilungen oder Bereiche handelt. Beide Herausforderungen gilt es zu lösen, um die ökonomisch optimale Granularität nicht nur theoretisch ermitteln, sondern auch praktisch realisieren zu können. Sie werden daher im Folgenden näher beleuchtet:

IT-Investitionen zeichnen sich vielfach dadurch aus, dass sie kurzfristig hohe Auszahlungen erfordern, während Kosteneinspar- und Ertragspotentiale erst mittel- oder langfristig realisiert werden können (Brynjolfsson und Hitt, 1996; Kivijärvi und Saarinen, 1995). Dies trifft oftmals auch auf die IT-Services einer SOA zu und hat damit insbesondere

Einfluss auf die Entscheidung über die Granularität von IT-Services. So fallen bei einer kurzfristig orientierten Bewertung der ökonomischen Auswirkungen unterschiedlicher Zuschnitte von IT-Services hauptsächlich die Kosten für die Konzeption und Implementierung ins Gewicht. Um diese Auszahlungen zu minimieren bietet sich ein grobgranularer Zuschnitt von IT-Services an. Allerdings ergeben sich daraus wie in Kapitel 1.3 diskutiert Nachteile im Hinblick auf die Wiederverwendung von IT-Services. Im Extremfall kann ein grobgranularer Zuschnitt von IT-Services zudem eine ähnliche Granularität aufweisen wie monolithische IT-Anwendungen. Dies wirkt sich nachteilig auf die Agilität und Erweiterbarkeit der Anwendung aus und kann daher auf längere Sicht mit ökonomischen Nachteilen verbunden sein. Zur Beseitigung dieser Nachteile sollten sich künftige Forschungsarbeiten mit der Entwicklungen von Methoden zur langfristigen Bewertung von IT-Investitionen unter Berücksichtigung kurzfristiger Kosten beschäftigen.

Aus dem Umstand, dass es sich beim Auftraggeber für neue IT-Services und der Instanz, die von der späteren Wiederverwendung profitieren, vielfach um verschiedene Abteilungen oder Bereiche handelt, kann die folgende Anreiz-Problematik resultieren: Werden IT-Leistungen an den Auftraggeber verrechnet, so hat dieser aus ökonomischer Sicht häufig keinen Anreiz, IT-Services auf ihre künftige Wiederverwendbarkeit hin zu optimieren. Während ihm nämlich die Mehrkosten für kleinere – und damit leichter wiederverwendbare – IT-Services belastet werden, profitieren andere Abteilungen von der finanziellen Entlastung durch die Wiederverwendung bereits bestehender IT-Services. Zur Vermeidung derartiger Fehlanreize und der daraus resultierenden Nachteile für das Gesamtunternehmen, stehen Unternehmen vielfach vor der Herausforderung, Mechanismen für die faire Allokation von Einsparpotenzialen zu etablieren. Eine Möglichkeit hierfür besteht in der Einrichtung eines unternehmensinternen Marktplatzes für IT-Services, auf dem Abteilungen ihre IT-Services zur Wiederverwendung für andere Abteilungen anbieten können (Boerner und Goeken, 2009). Der Vorteil des Anbieters besteht in der teilweisen Refinanzierung seiner Kosten für die Implementierung und den Betrieb der zur Wiederverwendung bereitgestellten IT-Services. Der Vorteil des Nachfragers besteht hingegen darin, dass er durch die Wiederverwendungen bereits bestehender IT-Services zeit- und kostenintensive Neuimplementierungen auf das unbedingt notwendige Maß reduzieren kann. Die Etablierung derartiger dezentraler Ausgleichsmechanismen ist je nach Unternehmenskultur jedoch oft mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden. Daher

besteht eine andere Möglichkeit zur Beseitigung der dargestellten Anreiz-Problematik in der Schaffung eines zentralen Ausgleichs für die Implementierung wiederverwendbarer IT-Services.

Zusammenfassend kann man festhalten, dass Wissenschaft und Praxis noch einige Herausforderungen bewältigen müssen, um bei der Gestaltung von IT-Services die im jeweiligen Einzelfall aus ökonomischer Sicht optimale Granularität sowohl bestimmen als auch in der betrieblichen Praxis umsetzen zu können.

1.5 Zusammenfassung

Ziel des Beitrags war es, wesentliche Einflussfaktoren auf die optimale Granularität von IT-Services zu identifizieren und jeweils hinsichtlich ihrer ökonomischen Wirkung zu untersuchen. Dabei wurde für die Identifikation der Einflussfaktoren ein hybrides Vorgehen gewählt: Einerseits wurden bestehende Ansätze zur Gestaltung von IT-Services daraufhin untersucht, ob sie Vorgaben zur Granularität von IT-Services machen. Andererseits wurde der Softwarelebenszyklus daraufhin untersucht, in welchen Phasen die Granularität von IT-Services eine Rolle spielt. Auf diese Weise konnten insgesamt sieben Einflussfaktoren auf die Granularität von IT-Services identifiziert werden. Die anschließende Diskussion der ökonomischen Auswirkungen unterschiedlicher Granularitäten lieferte ein differenziertes Ergebnis: Während der Konzeptions-, Implementierungs- und Kompositionsaufwand sowie die Sicherung einer angemessenen Performance und Fehleridentifikation aus ökonomischer Sicht ein eher grobgranulares Design von IT-Services nahelegen, sprechen die Einsparpotenziale aus der Wiederverwendung sowie hinsichtlich der Schnittstellenkomplexität und der Aufwände für Änderungen und Fehlerbeseitigungen eher für ein feingranulares Design von IT-Services. Damit kann keine Pauschalaussage hinsichtlich der ökonomisch optimalen Granularität von IT-Services getroffen werden. Vielmehr gilt es genau zu analysieren, welche der diskutierten Einflussfaktoren im Einzelfall überwiegen. Aufbauend auf dieser Analyse thematisiert der Beitrag zusätzlich wesentliche Herausforderungen für Wissenschaft und Praxis, die es im Hinblick auf die Realisierung einer ökonomisch optimalen Granularität zu bewältigen gilt.

Der vorliegende Beitrag weist folgende Limitationen auf, die in künftigen Forschungsarbeiten adressiert werden sollten:

1. Der Beitrag versucht durch ein hybrides Vorgehen die Wahrscheinlichkeit, relevante Einflussfaktoren zu vernachlässigen, möglichst gering zu halten, kann dies aber nicht vollständig ausschließen. Inhalt weiterführender Forschungsarbeiten sollte es daher sein, entweder fehlende Einflussfaktoren zu identifizieren oder Vollständigkeit hinsichtlich der diskutierten Einflussfaktoren nachzuweisen.
2. Die ökonomischen Auswirkungen unterschiedlich granularer IT-Services im Zusammenspiel mit den identifizierten Einflussfaktoren werden bisher rein argumentativ abgeleitet. Künftige Forschungsarbeiten sollten daher die Validität der entwickelten Wirkzusammenhänge mit Hilfe von Interviews, Fallstudien u. a. grundlegend überprüfen.
3. Die praktische Realisierung von IT-Services mit einer ökonomisch optimalen Granularität erfordert neben der Quantifizierung der relevanten Zahlungen insbesondere die Entwicklung von Steuerungsmechanismen zur Lösung potentieller Fehlanreize aus einer dezentralen Organisationsstruktur. Künftige Forschungsarbeiten sollten sich daher insbesondere mit der Ausgestaltung von Verrechnungsmechanismen für die Wiederverwendung von IT-Services und mit der kurz- und langfristig integrierten Bewertung von IT-Investitionen befassen.

Abschließend bleibt festzuhalten, dass der vorliegende Beitrag trotz des diskutierten Verbesserungspotenzials eine valide Ausgangsbasis darstellt, um der theoretischen Bestimmung und der praktischen Realisierung einer ökonomisch optimalen Granularität künftig einen Schritt näher zu kommen.

Literatur (Kapitel II.1)

accenture. 2008. High Performance IT 2008: There's No Substitute for Substitution.

accenture Deutschland, Kronberg.

Aier, S. 2006. How Clustering Enterprise Architectures Helps to Design Service Oriented Architectures. In: *Proceedings of the 2nd IEEE International Conference on Services Computing* (Chicago, IL, USA, September 2006), 269-272.

Albani, A., Keiblinger, A., Turowski, K. und Winnewisser, C. 2003. Identification and Modelling of Web Services for Inter-enterprise Collaboration Exemplified for the Domain of Strategic Supply Chain Development. In: *Lecture Notes in Computer Science: On The Move to Meaningful Internet Systems 2003: CoopIS, DOA, and*

- ODBASE, R. Meersman, Z. Tari und D.C. Schmidt, Eds., Springer, Berlin Heidelberg, 74-92.
- Arsanjani, A. 2004. Service-oriented modeling and architecture. DOI=<http://www.ibm.com/developerworks/library/ws-soa-design1>. Zugriff am 05.12.2010.
- Arsanjani, A., Ghosh, S., Allam, A., Abdollah, T., Ganapathy, S. und Holley, K. 2008. SOMA: A method for developing service-oriented solutions. In: *IBM Systems Journal* 47, 3, 377-396.
- Beverungen, D., Knackstedt, R. und Müller, O. 2008. Entwicklung Serviceorientierter Architekturen zur Integration von Produktion und Dienstleistung – Eine Konzeptionsmethode und ihre Anwendung am Beispiel des Recyclings elektronischer Geräte. In: *Wirtschaftsinformatik* 50, 3, 220-234.
- Boerner, R. und Goeken, M. 2009. Identification of Business Services – Literature Review and Lessons Learned. In: *Proceedings of the 15th Americas Conference on Information Systems* (St. Francisco, CA, USA, August 2009).
- Braunwarth, K.S. und Friedl, B. 2010. Towards a Financially Optimal Design of IT Services. In: *Proceedings of the 31th International Conference on Information Systems* (St. Louis, MO, USA, Dezember 2010).
- Brynjolfsson, E. und Hitt, L. 1996. Paradox Lost? Firm-level Evidence on the Returns to Information Systems. In: *Management Science* 42, 4, 541-558.
- Buhl, H.U., Heinrich, B., Henneberger, M. und Krammer, A. 2008. Service Science. In: *Wirtschaftsinformatik* 50, 1, 60-65.
- Capgemini 2009. Studie IT-Trends 2009. Capgemini Deutschland, Berlin Frankfurt.
- Capgemini 2010. Studie IT-Trends 2010. Capgemini Deutschland, Berlin Frankfurt.
- Choi, J., Nazareth, D.L. und Jain, H.K. 2010. Implementing Service-Oriented Architectures in Organizations. In: *Journal of Management Information Systems* 26, 4, 253-286.
- Copeland, T.E., Koller, T. und Murrin, J. 2002. Unternehmenswert – Methoden und Strategien für eine Wertorientierte Unternehmensführung. 3. Auflage, Campus Fachbuch, Frankfurt.
- Erl, T. 2008. Service-Oriented Architectures – Concepts, Technology, and Design. 7. Auflage, Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ.

-
- Erradi, A., Anand, S. und Kulkarni, N. 2006. SOAF: An Architectural Framework for Service Definition and Realization. In: *Proceedings of the 2nd IEEE International Conference on Services Computing* (Chicago, IL, USA, September 2006), 151-158.
- Gartner. 2010. Leading in Times of Transition: The 2010 CIO Agenda. Gartner Inc., Stamford, CT.
- Griffel, F. 1998. Componentware: Konzepte und Techniken eines Softwareparadigmas. dpunkt, Heidelberg.
- Hagel, J. 2002. Edging into Web Services. In: *McKinsey Quarterly* 4, 4, 29-37.
- Heutschi, R., Legner, C. und Österle, H. 2006. Serviceorientierte Architekturen: Vom Konzept zum Einsatz in der Praxis. In: *Lecture Notes in Informatics: Integration, Informationslogistik und Architektur*, J. Schelp, R. Winter, U. Frank, B. Rieger und K. Turowski, Eds., Köllen Verlag, Bonn.
- Hirschman, A.O. 1990. Exit, Voice and Loyalty: Responses to Decline in Firms, Organizations and States. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Kivijärvi, H. und Saarinen, T. 1995. SOS - Investment in information systems and the financial performance of the firm. In: *Information & Management* 28, 2, 143-163.
- Klose, K., Knackstedt, R. und Beverungen, D. 2007. Identification of Services – A Stakeholder-Based Approach to SOA Development and Its Application in the Area of Production Planning. In: *Proceedings of the 15th European Conference on Information Systems* (St. Gallen, Schweiz, Juni 2007).
- Krafzig, D., Banke, K. und Slama, D. 2007. Enterprise SOA – Service-Oriented Architecture Best Practices. 7. Auflage, Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Krammer, A., Heinrich, B., Henneberger, M. und Lautenbacher, F. 2008. Granularität von Services - Eine ökonomische Analyse. Diskussionspapier WI-245 am Kernkompetenzzentrum Finanz- & Informationsmanagement, Stand 08/2008.
- Kruschwitz, L. und Husmann, S. 2009. Finanzierung und Investition. 6. Auflage, Oldenbourg Verlag, München.
- Legner, C. und Heutschi, R. 2007. SOA Adoption in Practice - Findings from Early SOA Implementations. In: *Proceedings of the 15th European Conference on Information Systems* (St. Gallen, Schweiz, Juni 2007).

- Loeche, J. und Legner, C. 2010. SOA Adoption in Business Networks – Does SOA live up to High Expectations? In: *Proceedings of the 18th European Conference on Information Systems* (Pretoria, Südafrika, Juni 2010).
- Maxham, J.G. und Netemeyer, R.G. 2003. Firms reap what they sow: The effects of shared values and perceived organizational justice on customers' evaluations of complaint handling. In: *Journal of Marketing* 67, 1, 46-62.
- Millard, D.E., Howard, Y., Abbas, N., Davis, H.C., Gilbert, L., Wills, G.B. und Walters, R.J. 2009. Pragmatic web service design: An agile approach with the service responsibility and interaction design method. In: *Computer Science – Research and Development* 24, 4, 173-184.
- McCollough, M.A., Berry L.L. und Yadav, M.S. 2000. An Empirical Investigation of Customer Satisfaction after Service Failure and Recovery. In: *Journal of Service Research* 3, 2, 121-137.
- Object Management Group 2005. *Unified Modeling Language: Superstructure*. DOI=<http://www.omg.org/spec/UML/2.3/Superstructure/PDF>. Zugriff am 15.08.2010.
- Object Management Group 2006. *Unified Modeling Language: Infrastructure*. DOI=<http://www.omg.org/spec/UML/2.3/Infrastructure/PDF>, Zugriff am 15.08.2010.
- Offermann, P. 2008. SOAM – Eine Methode zur Konzeption betrieblicher Software mit einer Serviceorientierten Architektur. In: *Wirtschaftsinformatik* 50, 6, 461-471.
- Papazoglou, M.P. und van den Heuvel, W.-J. 2006. Service-Oriented Design and Development Methodology. In: *International Journal of Web Engineering and Technology* 2, 4, 412-442.
- Pating, S. und Wesenberg, H. 2009. Role of Process Modeling in Software Service Design. In: *Lecture Notes in Computer Science: Service-Oriented Computing: Agents, Semantics, and Engineering*, R. Kowalczyk, Q.B. Vo, Z. Maamar und M. Huhns, Eds., Springer, Berlin Heidelberg, 420-428.
- Quartel, D., Dijkman, R. und van Sinderen, M. 2004. Methodological Support for Service-oriented Design with ISDL. In: *Proceedings of 2nd International Conference on Service Oriented Computing* (New York, NJ, USA, November 2004).

-
- Schelp, J. und Winter, R. 2007. Towards a Methodology for Service Construction.
In: *Proceedings of 40th Hawaii International Conference on System Sciences* (Hawaii, USA, Januar 2007).
- Schelp, J. und Winter, R. 2008. Entwurf von Anwendungssystemen und Entwurf von Enterprise Services – Ähnlichkeiten und Unterschiede. In: *Wirtschaftsinformatik* 50, 1, 6-15.
- Sommerville, I. 2007. Software Engineering. 8. Auflage, Pearson Studium, München.
- vom Brocke, J., Sonnenberg, C. und Simons, A. 2009. Value-oriented Information Systems Design: The Concept of Potentials Modeling and its Application to Service-oriented Architectures. In: *Business & Information Systems Engineering* 1, 3, 223-233.
- Wilde, T. und Hess, T. 2007. Forschungsmethodik der Wirtschaftsinformatik.
In: *Wirtschaftsinformatik* 49, 4, 280-287.
- Winkler, V. 2007. Identifikation und Gestaltung von Services. Vorgehen und beispielhafte Anwendung im Finanzdienstleistungsbereich. In: *Wirtschaftsinformatik* 49, 4, 257-266.
- Zhang, Z., Liu, R. und Yang, H. 2005. Service Identification and Packaging in Service Oriented Reengineering. In: *Proceedings of the 17th International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering* (Taipei, Taiwan, Volksrepublik China, Juli 2005).

2 Beitrag: „Towards a Financially Optimal Design of IT Services“

Autor:	Dr. Kathrin S. Braunwarth Allianz Deutschland AG Königinstraße 28, D-80802 München kathrin.braunwarth@allianz.de Bettina Friedl Kernkompetenzzentrum Finanz- & Informationsmanagement, Lehrstuhl für BWL, Wirtschaftsinformatik, Informations- & Finanzmanagement (Prof. Dr. Hans Ulrich Buhl) Universität Augsburg, D-86135 Augsburg bettina.friedl@wiwi.uni-augsburg.de
Erschienen in:	<i>Proceedings of the 31st International Conference on Information Systems</i> (St. Louis, MO, USA, Dezember 2010).

Abstract:

The current financial crisis forces companies to allocate IT budgets more effectively and thus increases the demand for suitable methods to evaluate the financial impact of IT investments. This especially applies to service-orientation, a design paradigm which facilitates the standardisation and flexibilisation of business processes and IT applications, topics that currently are very much in vogue in science and practice. This paper focuses on the realisation of a new functionality by IT services and presents a methodology to determine their financially optimal functional scope on the continuum between realising just one IT service providing the whole functionality and realising many IT services each providing only a small share of functionality. This approach allows for a multi-period financial valuation of an uncertain demand for the new functionality, as well as of an uncertain company-wide reuse of the corresponding IT services. Finally, the methodology is evaluated by an example from a financial services provider.

2.1 Introduction

In recent years, the top business priorities for CIOs in many industries have been geared towards the improvement of business processes (Gartner, 2010). This area has a distinct growing need for IT aligned and automated business processes, which is caused by a lack of quality in many processes, relatively high coordination efforts and unnecessarily high process costs (Loehe and Legner, 2010). In this context, service-oriented architectures (SOA), where loosely coupled IT services encapsulate some reusable business aligned functionality to support business processes, have become well-established. Compared to large monolithic IT applications SOA provides, among other things, a higher level of agility for the company-wide IT landscape (Choi et al., 2010) as well as convenient and cost saving integration of new functionality (Hagel, 2002). Therefore, IT executives in many companies focus on developing their IT architecture towards SOA: in 2008 SOA was already utilised by 20% of 260 companies that participated in a worldwide survey conducted by accenture and another 38% were planning SOA implementations (accenture, 2008). However, this boom in implementing SOA was stopped in its track by the worldwide financial crisis where many companies had to radically cut their IT budgets. In 2009 alone, 82% of CIOs in the private sector had to undertake cost reduction measures of 15% on average (Capgemini, 2009b). As a result, many companies show a serious backlog of IT investments and are thus faced with the challenge to allocate still tight IT budgets effectively. Consequently, the development and application of adequate valuation methods for the financial impact of IT investments have attained extreme importance in order to achieve an effective use of information (Watson et al., 1996), which in turn is essential for the return of revenue that plunged dramatically during the crisis. This, among other things, especially applies to service-oriented design which must also be driven by its financial impact.

When deciding on how many and which IT services should be implemented to realise an additionally required range of functionality, companies have to trade-off financial advantages of IT services with varying functional scope: on the one hand, the reuse of IT services, a main SOA advantage, considerably increases with a decrease in functional scope as IT services with a small functional scope are more likely to fit into other business processes (Aier, 2006). This reuse of IT services cuts down cost intensive and time-consuming future realisations of additional functionality. It also contributes to a

higher degree of company-wide process standardisation which will have a positive impact on the costs for IT support in the long run. On the other hand, costs of realising and operating a new functionality rises considerably with the number of additionally launched IT services as this is accompanied by an increase in interfaces and a higher complexity of the company's IT service portfolio (Schelp and Winter, 2007). As a result, companies today tend to implement relatively large IT services in order to minimise specification, implementation, and operational costs for the realisation of an additional required functionality. In doing so, they completely neglect the financial benefits of future reuse. One explanation for this may be the lack of suitable decision models.

The objective of this paper is to contribute to the closure of this research gap. Therefore we adopt the perspective of a single business unit (BU) and develop an optimisation approach to determine the financially optimal functional scope of IT services. During this process, we analyse and integrate the uncertain cash flows resulting from the specification, implementation, and operation of IT services by the BU itself, as well as the uncertain cash inflows resulting from a company-internal offset from the reuse of the IT services by other BUs.

The paper is structured as follows: in the next section we substantiate the research gap by discussing several factors of influence for the financially optimal functional scope of IT services and examining whether existing literature addresses these factors. Based on this the model is presented in the section thereafter. The practical use of this model is illustrated by an example taken from the financial services sector in the subsequent section. The paper concludes with a short summary, a discussion of the limitations, and perspectives for further research in the last section.

2.2 Substantiation of the Research Gap

In recent years, service-orientation has become the major paradigm for the design of both enterprise architectures and IT applications (we refer to Erl (2008); Krafzig et al. (2007); Papazoglou and Georgakopoulos (2003) for an in-depth analysis). Current information systems research and practice therefore provide a variety of definitions and different interpretations of the service concept. However, most authors either adopt a business perspective on services (as in Klose et al. (2007); Schelp and Winter (2007)) where a service is “a well-defined, encapsulated, reusable, business-aligned capability” (Arsanjani et al., 2008), or a technological one (as in Albani et al. (2003); Zhang et al. (2005)) where

a service is “a discoverable, invokable software resource that has a service description and interface [such as a Web service]” (Arsanjani et al., 2008). In view of this pluralism, we are required to specify the service perception this research is based on. We aim to establish a connection between business and technological aspects by utilising the following definition of an IT service:

In this article we think of an IT service as a software-technically realised artefact such as a Web service that encapsulates a certain range of business functions – which will now be referred to as functionality – and is used as a module in one or multiple business processes for the (partly) automated execution of selected activities.

The design of such IT services requires “decisions [...] about how to divide a problem [e.g. a newly required functionality] into logical [IT] services” (Millard et al. 2009). According to the established definition of IT services, we confine our considerations to functionalities that require some kind of software support. When considering their business processes, companies have to decide which activities should be rendered by IT services. In order to avoid any confusion about the nature of an activity, for this paper we draw on the widespread standard UML 2.0, where an activity is defined as a major task that can be decomposed in a set of indivisible atomic actions (OMG, 2005; OMG, 2006).

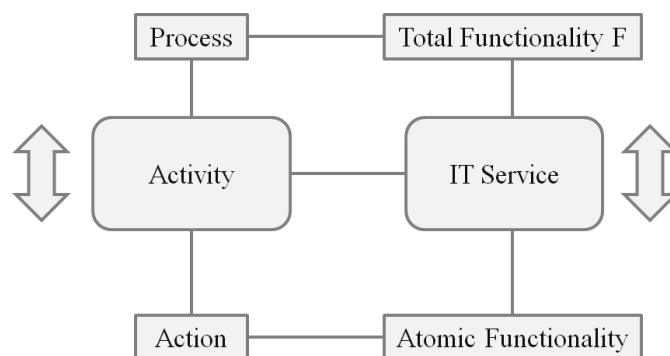


Abb. II-3 Analogy of Process and Functionality

Analogously, a total functionality F also comprises multiple, indivisible *atomic functionalities* $F_1, \dots, F_G$. When designing IT services, companies thus have to decide, how to bundle these atomic functionalities in IT services or, in other words, where to place an IT service on the continuum between “the IT service provides just one atomic

functionality F_i ” versus “the IT service provides the total functionality F ”. This analogy between business processes and the related total functionality F , which requires some kind of software support, is illustrated by Abb. II-3 and Abb. II-4.

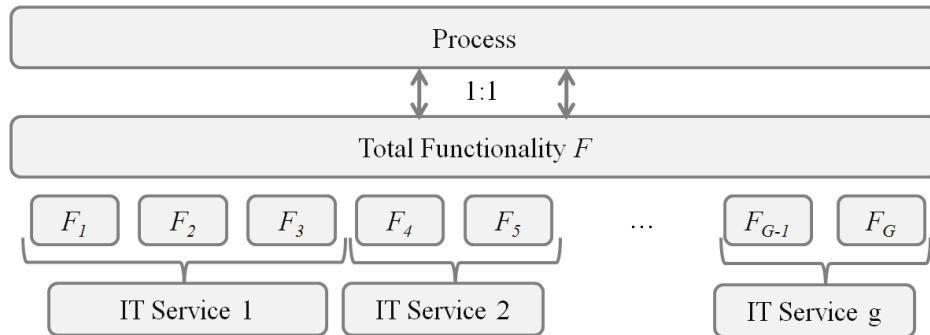


Abb. II-4 Allocation of Functionalities to IT Services

In order to reach a close alignment of technical possibilities and economic interests, a BU that requires an additional or renewed functionality F for one of its business processes has to decide on how to bundle the atomic functionalities in IT services, among other things, from a financial point of view. As illustrated by Abb. II-3, the implementation of a single IT service providing the total functionality F and the implementation of a distinct IT service per atomic functionality F_i are the extreme solutions of the raised question. In practice, every intermediate scope where several atomic functionalities are bundled into one IT service can be chosen. In this paper, we will compare IT services by means of the amount of provided atomic functionalities, which is sometimes also called the granularity of IT services (Aier, 2006). We distinguish between small IT services that provide one or only a few atomic functionalities F_i and large IT services that provide many atomic functionalities (see Aier (2006) or Papazoglou and van den Heuvel (2006) for a similar attribution of IT services). However, we have to admit that we do not distinguish exactly between the two attributions. Instead, they seamlessly blend into each other. As a consequence, we mostly use the term relatively to indicate this fuzziness. As this paper starts from a predefined demand for an additional or renewable total functionality F , the implementation of relatively small IT services with each providing only a few atomic functionalities stringently results in a high number of IT services for realising the total functionality F , whereas the implementation of relatively large IT services with each providing many atomic functionalities stringently results in a small number of IT services.

2.2.1 Key Drivers for the Financially Optimal Design of IT Services

From a financial point of view there are several factors, henceforth referred to as *key drivers*, which essentially influence the optimal functional scope of IT services (see Aier, 2006; Boerner and Goeken, 2009; Erradi et al., 2006; Millard et al., 2009). In this subsection, we will briefly discuss these key drivers and evaluate whether a key driver favours the realisation of relatively small and many or relatively large and few IT services.

Specification, implementation, and operational costs: for an additional or renewable total functionality F these costs are made up of two components: the specification, implementation, and operational costs for the new functionality itself (these costs can be thought of as those occurring if the company implements just one IT service for the whole total functionality F) and the specification, implementation, and operational costs for the required interfaces. While the first component is independent from the number of additionally launched IT services, the second is highly dependent on this number, as specification, implementation, and operational costs considerably increase with the number of interfaces (Boerner and Goeken, 2009). In addition, the complexity of a company's overall IT service portfolio also increases with the number of additionally launched IT services. This leads to increasing efforts for the composition and monitoring of IT services (Schelp and Winter, 2007) and to high network traffic (Papazoglou and van den Heuvel, 2006). Depending on a company's IT infrastructure capacity, a rising demand for network and server resources can result in poor performance of IT applications which directly impacts the level of user satisfaction. With regard to customer-oriented IT applications such as customer self services or the IT support of the consultation and sales process of a financial services provider (FSP), decreasing user satisfaction may be reflected in additional costs for complaint solutions and shrinking revenues from prospective customer contacts (Hirschman, 1990; McCollough et al., 2000). In order to avoid such negative effects and increase network efficiency, companies sometimes have to undertake extensive IT infrastructure investments. Hence, from a financial point of view, few relatively large IT services are more beneficial with regard to specification, implementation, and operational costs of a new functionality and of the required interfaces.

Reuse: the possibility of subsequently reusing IT services once implemented is the main advantage of service-oriented design. This reuse of already existing IT services cuts down cost intensive and time-consuming future implementations of additional functionality and holds great potential for enormous cost savings. Besides, human and technical resources, which are scarce due to tight IT budgets, can be used elsewhere. This allows companies to conduct more IT projects per unit of time and resource and consequently to increase the IT support and standardisation of business processes since more business processes will use the same implementation of a specific functionality. As a result, cash inflows from these business processes tend to increase as errors due to manual execution can diminish significantly. In this context, the reuse frequency of an IT service tends to increase in correlation with a decrease in functional scope, as relatively small IT services are more likely to fit within other business processes (Aier, 2006). However, implementing too small IT services may affect reuse adversely due to potentially tight coupling of data models or high dependency on a particular order of interaction (Millard et al., 2009). Furthermore, identifying appropriate IT services becomes more complex with an increasing complexity of the company's IT service portfolio (Aier, 2006). In summary, from a financial standpoint many relatively small IT services have a beneficial tendency in connection with reuse. However, the hypothesis “the smaller the IT services, the higher their reuse and thus the resulting cost savings potential” does not apply universally.

Modifications of existing IT services: functional change requests for the total functionality F occur frequently in business practice due to dynamically changing requirements. However, these change requests usually affect just one or a few atomic functionalities. As a result, the costs of modifying the supporting IT services are usually lower for relatively small IT services as just one or a few IT services with a relatively clear code have to be modified and not a large and complex IT service where it is harder to find the affected atomic functionalities. In some cases it is even sufficient to simply re-compose already existing IT services to realise a change request (Schelp and Winter, 2007). If companies moreover follow fundamental SOA design principles such as high internal cohesion and loosely coupling of IT services (Erl, 2008) and if they use appropriate interface standards (such as the Web Services Description Language (WSDL)), relatively small IT services have a considerably lower interface complexity as only little information has to be interchanged (Schelp and Winter, 2007). For that reason, interface modifications are also feasible with justifiable expenditure. Similar to reuse,

there are, however, also drawbacks from too small IT services: extensive reuse of IT services, which is facilitated by relatively small IT services, may cause considerable dependencies between business processes. In this case, a rather simple modification of a single IT service may have a high impact on many other business processes and therefore induce additional cash outflows to manage unintended side effects (Schelp and Winter, 2007). In summary, from a financial standpoint many relatively small IT services have a beneficial tendency in connection with modification costs. However too small IT services may cause higher modification costs due to unplanned dependencies.

Error handling in the production system: companies have to consider two conflicting effects when dealing with error handling in the production system. On the one hand, it is much easier to detect the source of an error in the production system when a total functionality F is bundled in only a few IT services as in this case, companies have a clear idea of the connection between business processes and the supporting IT services (Papazoglou and van den Heuvel, 2006). On the other hand, modifying existing IT services and fixing errors is a lot easier when dealing with relatively small IT services as each has a rather clear code (see previous paragraph). So, from a financial standpoint, there is no clear preference to the functional scope of IT services when addressing error handling in the production system as both relatively small and relatively large IT services present advantages that can be leveraged.

To summarise the financial aspect, there are various key drivers that essentially influence the optimal functional scope of IT services. If companies neglect the financial impact of reuse, they tend to realise few relatively large IT services as this minimises specification, implementation, and operational costs. However, this involves the risk of multiple realisations of the very same functionality and often leads to huge follow-up costs, which could have been avoidable. Consequently, companies should integrate the financial impact of future reuse in today's design of IT services. However, in this case, there is no clear indication whether implementing many relatively small or few relatively large IT services is the dominant strategy. Instead, both options bear specific financial advantages and disadvantages so that companies are faced with a trade-off situation. This should be considered during the determination of the functional scope of IT services in order to achieve a good business/IT alignment (Chan and Reich, 2007). In the next subsection, we examine existing approaches to the identification and design of IT services and analyse to

what extent they consider the financial advantages and disadvantages of different functional scopes of IT services.

2.2.2 Related Work

When applying service-oriented design, companies are faced with the challenge of “identifying the right [IT] services, organizing them in a manageable hierarchy of composite [IT] services [...and], choreographing them together for supporting a business process” (Papazoglou and van den Heuvel, 2006). To tackle this challenge as good as possible, companies can draw on a plethora of design principles for IT services (see Erl, 2008), which are often grouped into the four categories *interoperability*, *interface orientation*, *autonomy & modularity* and *business orientation* (see Klose et al. (2007)). These design principles can serve as basic guideline for the identification and design of IT services. Looking at them closely, *high cohesion* within an IT service, *weak logical coupling* between IT services, and the design of IT services for *reusability* are the most important design principles in the determination of the functional scope of IT services (see Erl (2008); Papazoglou and van den Heuvel (2006)).

Based on these fundamental design principles there is a lot of current research within computer science and information systems which addresses the identification and design of IT services and provides frameworks, step-by-step approaches, and procedure models for the design of IT services. In this context, we can distinguish between approaches dealing with the whole service-oriented design and development lifecycle (see Arsanjani et al. (2008); Papazoglou and van den Heuvel (2006); Quartel et al. (2004)) and research confining itself solely to the design of IT services (see Aier (2006); Erradi et al. (2006); Winkler (2007)). Furthermore, we can identify research addressing the design of Web services as one specific technology for the realisation of IT services (see Albani et al. (2003); Millard et al. (2009); Zhang et al. (2005)) and approaches mainly focusing on business aspects of IT services without implying a certain technology (see e.g. Klose et al. (2007); Kohlmann and Alt (2007); Schelp and Winter (2007)).

However, determining the functional scope of IT services is an issue that is usually not addressed explicitly, but solved implicitly by the design of the single approaches. There are for example various bottom-up approaches which focus on legacy systems and derive IT services by wrapping existing IT applications (see Zhang et al. (2005)). In this context, the functional scope of IT services is determined in a natural way by the functional scope

of the already existing IT applications. So-called top-down approaches (see Patig and Wesenberg (2009)) in contrast draw on a range of tools such as business process modelling, process decomposition, domain decomposition, asset analysis and portfolio management to systematically break down a certain piece of business information such as business goals or processes to gain potential IT service candidates (see Kohlmann and Alt (2007)). In this context, the functional scope of IT services normally results from the chosen decomposition level. We can observe approaches that provide a rather coarse decomposition and consequently generate relatively large IT service (see Arsanjani et al. (2008); Boehmann and Krcmar (2005)), and approaches that provide a very fine decomposition and consequently generate relatively small IT services (see Winkler (2007)). In general, there are only a few authors that explicitly address the determination of the functional scope of IT services (see Aier (2006); Boerner and Goeken (2009); Erradi et al. (2006); Millard et al. (2009); Papazoglou und van den Heuvel (2006)). Based on a rough classification of IT services according to their granularity, these existing papers normally discuss the advantages and disadvantages of relatively large or small IT services qualitatively. Although, most authors agree on the thesis that relatively small IT services are accompanied by a higher reusability, they often attach more weight to the drawbacks of a high number of IT services and recommend a rather coarse-granular design of IT services with each IT service providing a relatively large amount of functionality. However, they do not formalise and offset the financial consequences of the varying reusability of different functional scopes and the financial drawbacks of a high number of IT services.

The first beginnings of the valuation of costs and benefits of the varying reusability of software artefacts with different functional scopes can be found in the area of component identification. Wang et al. (2006a, 2006b) for example integrate reuse costs and reuse efficiency in their stability based component identification method. They propose a top-down domain analysis and create a tree structure that provides a step-by-step decomposition of functionality. Although they formalise the financial impact of different decompositions, they, however, do not conduct a financial optimisation of the functional scope of components.

To sum up, we achieve the following findings: although there is lot of research dealing with the identification and design of IT service, only a small part of this research

explicitly addresses the problem of determining the functional scope of IT services. And when doing so, authors usually balance advantages and disadvantages of different functional scopes of IT services qualitatively and deduce on this basis general recommendations for the optimal functional scope of IT services, whereas a quantitative formalisation and trade-off has been missing until now. Furthermore, reuse is most often addressed as an abstract design principle, but often fails to occur in business practice (Heinrich et al., 2009). One explanation for this may be the lack of methods for the evaluation of IT service candidates with regard to their reuse potential. The quantitative analysis of the financial consequences of different possibilities for the functional scope of IT services, and in particular, the integration of the financial impact of future reuse would however be necessary in order to achieve an effective allocation of tight IT budgets and to reduce the current backlog of IT investments.

The objective of this paper is to contribute to closure of this research gap. However, like most of the previously mentioned approaches to the design of IT services, our model does not consider the problem in its entirety. Instead, the focus is sharpened in three ways: first of all, we take a company-internal viewpoint and restrict the analysis to IT services which are implemented and operated by a large company's own IT department. This is justifiable insofar as there are only a few large companies that can satisfy their demand for IT services by commercial supply while the vast majority of large companies have to develop its IT services proprietarily to a large extent (Capgemini, 2009a). Secondly, the optimisation model is derived from the perspective of a single BU that requires an additional or renewed functionality for one of its business processes. This can be justified as due to tight IT budgets the realisation of new functionality is mostly initiated by a single BU itself instead of a central IT department. However, within a decentralised decision-making and paying structure the charging BU has per se no financial incentive to integrate future reuse in today's determination of the functional scope of IT services. While it would have to bear the extra costs of realising many IT services each with a small functional scope, other BUs would draw the benefits of cost savings due to the reuse of already existing IT services. If companies wish to support reuse within decentralised decision-making and paying structures, they have to implement internal offset mechanisms. Therefore, we thirdly assume that there are company-internal offset mechanisms for the reuse of existing IT services so that a BU can refinance part of its

costs for the specification, implementation, and operation of IT services. In summary, we will address the following research question:

Which design of IT services should a BU that requires additional or renewed IT support for one of its business processes choose if it takes into consideration both, the uncertain cash flows for the specification, implementation, and operation of the IT services by the BU itself, as well as the cash inflows from the company-internal offset derived from the reuse of these IT services?

2.3 An Optimisation Model for the Financially Optimal Design of IT Services

To clarify our model, we first will introduce the general setting and formalize the different components of the total cash flow that accompany the specification, implementation, and operation of IT services. Subsequently, we will present a two-stage approach for solving the optimisation problem.

2.3.1 General Setting

The starting point of the model is that a single BU requires an additional or renewed total functionality F for one of its business processes. Using the analogy between business processes and functionalities established in the last section (see Abb. II-3 and Abb. II-4), this total functionality F is decomposable into $G \in \mathbb{N}$ atomic functionalities $F_1, \dots, F_G$ with each F_i ($i = 1, \dots, G$) representing one atomic action of the business process. The BU has to decide how many and which IT services should be realised to bundle these atomic functionalities. According to the software lifecycle, the BU usually has a planning horizon of several periods $t = 0, \dots, T$. First of all, we state the following assumption with regard to the allocation of atomic functionalities to IT services:

Assumption 1: *The allocation of atomic functionalities to IT services is determined at the beginning of the planning horizon ($t = 0$) and will not be modified during the rest of the planning horizon $t = 1, \dots, T$.*

As a consequence of assumption 1, a specific realisation of the total functionality F makes itself out to be a set $\{S_1, \dots, S_g\}$ of IT services ($g \in \{1, \dots, G\}$), with each S_j ($j = 1, \dots, g$) encapsulating some atomic functionalities (see Abb. II-4 for an example). We shortly refer to a specific implementation $\{S_1, \dots, S_g\}$ of IT services also as a *cut of IT services*. In reality, changes to IT services frequently occur. This makes assumption 1 seem rather

restrictive at the first instance. However, only the allocation of atomic functionalities to IT services is fixed, whereas modifications of atomic functionalities are possible at any time, but are not further considered in this paper. If the BU even wants to change the allocation of atomic functionalities to IT services, this can also be modelled by simulating a new implementation of IT services for the realisation of the total functionality F .

SOA is a greater design paradigm for enterprise architectures as a whole (see Erl (2008)), whereas this paper focuses on the implementation of a single total functionality F on BU level. That is why we start from the premise that a SOA platform and its necessary IT infrastructure (e.g. the enterprise service bus) are already implemented and available within the company. Following common service-oriented design principles, a successful IT service design requires business and technical standardisation, the use of open, widely applied industry standards and comprehensive, uniform service specifications as well as stably managed service contracts (Erl, 2008; Legner and Heutschi, 2007). In this context various standards and meta languages were developed in recent years. WSDL for example provides a standard for the configuration, communication and design of interfaces. The automated detection of syntactic and semantic marked IT services (e.g. using standards such as Semantic Annotations for WSDL (SAWSDL), Web Ontology Language for Web Services (OWL-S) or Lightweight Semantic Descriptions for IT services on the Web (WSMO-Lite)) can furthermore be supported via the standard UDDI (Universal Description, Discovery and Integration), which is used in many intranets. Standardised communication can be assured using SOAP (Simple Object Access Protocol) or REST (Representational State Transfer). Based on this, we make the following assumption on the preparation of the company for service-oriented design:

Assumption 2: *The groundwork for service-oriented design and development is already in place within the company. In particular, there is a SOA platform and the necessary supporting IT infrastructure as well as a central repository for the company's IT services. Furthermore, the company applies standards for the specification of IT services and the corresponding interfaces.*

Assumption 2 assures the existence of a company-internal integration platform for IT services (see Widjaja and Buxmann (2009)) and the compatibility of different IT services using comprehensive service specifications and uniform interface descriptions. This is fundamental to guarantee a smooth interaction of different IT services and to form the

basis for their reusability (Albani et al., 2003; Kohlmann and Alt, 2007). Otherwise, the retrieval of IT services for reuse is more complex and the costs of embedding new IT services are needlessly high.

2.3.2 Formalisation of the Different Cash Flow Components

As this paper aims to determine the financially optimal functional scope of IT services from a single BU's point of view, we have to analyse the financial consequences that are associated by the specification, implementation, and operation of a specific cut $\{S_1, \dots, S_g\}$ of IT services. For their formalisation, we utilise the total cash flow as this provides a summary of all cash flows resulting from the realisation of a specific cut $\{S_1, \dots, S_g\}$ of IT services and of their distribution over time. This procedure facilitates a multi-period planning and ensures the independency from accounting or tax interests. When deciding on the cut $\{S_1, \dots, S_g\}$ of IT services in $t = 0$, it is hardly possible to estimate future cash flows for the following periods $t = 1, \dots, T$ exactly as they usually depend on various company-internal and external factors such as the development of the market and, consequently, are often highly volatile. We have to take into account this uncertainty in order to reach a realistic estimation of the financial consequences of different cuts $\{S_1, \dots, S_g\}$ of IT services. Considering the key drivers for a financially optimal functional scope of IT services discussed in the last section, we restrict our considerations to the specification, implementation, and operational costs and the company-internal reuse of IT services as these key drivers usually have a significantly higher impact in comparison to modification and error handling. Our model thus takes into account:

- 1) the specification and implementation costs for IT services in period $t = 0$ as these considerably depend on the number of IT services that have to be specified and implemented,
- 2) the cash inflows and cash outflows of the “*internal*” use of IT services by the BU itself in the periods $t = 1, \dots, T$, as these also considerably depend on the number of IT services that have to be operated, and
- 3) the cash inflows of the company-internal offset of the “*external*” reuse of IT services by other BUs in the periods $t = 1, \dots, T$, as the frequency of this

external reuse (FEU) considerably depends on the functional scope of the single IT services within a specific cut $\{S_1, \dots, S_g\}$.

2.3.2.1 Specification and Implementation of IT Services

The specification and implementation costs for the new functionality F , which occur in period $t = 0$, usually contain two components: first of all specifying and implementing the total functionality F itself generates cash outflows O_{basic} , which are independent from the realised cut of IT services. These costs can be thought of as those occurring if the BU implements just one IT service for the whole total functionality F . In addition, the specification and implementation of each interface generates additional cash outflows O_{int} . As each IT service S_j requires a corresponding interface, we obtain the following cash outflows O_0 in period $t = 0$ for the specification and implementation of a specific cut $\{S_1, \dots, S_g\}$ with g IT services:

$$O_0 = O_{basic} + g \cdot O_{int}$$

Based on its experience with software development projects, the BU usually provides a fixed budget for the specification and implementation of the required IT services. Therefore, we can start with the premise that the cash outflows from the specification and implementation of IT services are deterministic.

2.3.2.2 Internal Use of IT Services by the BU Itself

Regarding the internal use of IT services by the BU itself, the total functionality F is potentially required for every interaction with the BU as this constitutes a potential demand for the execution of the corresponding business process. This frequency of internal use (FIU) of the total functionality F during the periods $t = 1, \dots, T$ is uncertain and can be modelled as a discrete random variable $\tilde{N}_t$. It is accompanied by an uncertain cash inflow $\tilde{I}_t^I$ which results from the fact that the BU ascribes part of the total cash inflow of the business processes to the total functionality F . This cash inflow is independent of the specific cut of IT services as with one process execution all IT services have to be executed in order to provide the total functionality F . If we denote by R_1 the mean expected cash inflow per execution of the business process, which is ascribed to the total functionality F and can be determined by means of a business case, we can formalise $\tilde{I}_t^I$ as

$$\tilde{I}_t^I = R_1 \cdot \tilde{N}_t$$

The internal use of the total functionality F also generates cash outflows $\tilde{O}_t^I$ for the operation and maintenance of the corresponding IT services as well as for the use of central resources (e.g. network and server capacity) during the periods $t = 1, \dots, T$. These cash outflows are uncertain due to indeterminate FIUs and depend on the specific cut $\{S_1, \dots, S_g\}$ of IT services as some of the incorporated costs depend on the number of IT services. If we denote by C the mean expected cash outflow per use of an IT service, which can be determined by means of the company's internal experience with the operation and maintenance of IT services, the expected cash outflow per process execution for a cut $\{S_1, \dots, S_g\}$ with g IT services will at least add up to $g \cdot C$. As the complexity of the company-wide IT service portfolio considerably increases with an increasing number of IT services (Aier, 2006; Papazoglou and van den Heuvel, 2006; Schelp and Winter, 2007), we precautionary provide the opportunity to model even disproportionately increasing operational and maintenance costs, integrate a complexity parameter $k \in [1; \infty[$, and formalise the cash outflows $\tilde{O}_t^I$ for each period $t = 1, \dots, T$ as

$$\tilde{O}_t^I = g^k \cdot C \cdot \tilde{N}_t$$

2.3.2.3 External Reuse of IT Services by Other BUs

The BU is supposed to offer its IT services at the company's internal repository for IT services. Since the underpinning assumption of this paper is, that there are company-wide offset mechanisms for the reuse of IT services, the BU can refinance parts of its specification, implementation, and operational costs for the realisation of the total functionality F . Conversely, consumers of IT services can save costs of a new specification and implementation of a similar functionality by reusing already existing IT services from another BU. Naturally, BUs will only have an incentive to reuse already existing IT services if the costs for reusing IT services are lower than those for a new implementation of the required functionalities. In accordance to the *pay-per-use principle* we take the premise that there is a company-wide mean expected fee R_2 per reuse of an IT service which can be extrapolated from historical data. The FEUs of an already existing IT service S_j during the periods $t = 1, \dots, T$ are also uncertain and can thus be modelled as a discrete random variable $\tilde{N}_t^j$. Attention should be paid because in contrast

to the FIU we normally have a different FEU for each IT service S_j of a specific cut $\{S_1, \dots, S_g\}$ and each period $t = 1, \dots, T$. This results from the fact that there is usually a different need for the single atomic functionalities that are encapsulated in a specific IT service S_j . The offset from the reuse of IT services by other BUs generates additional cash inflows $\tilde{I}_t^E$, which are uncertain due to indeterminate FEUs, and can be formalised as

$$\tilde{I}_t^E = R_2 \cdot \sum_{j=1}^g \tilde{N}_t^j$$

The additional cash outflows for the operation and maintenance of IT services as well as for the use of central resources (e.g. network and server capacity) are normally attributed to the BU reusing IT services and thus, will not be considered any further.

To sum up, implementing a new functionality F , the charging BU obtains a total cash flow $\tilde{C} = (\tilde{C}_0, \dots, \tilde{C}_T)$ that reflects both cash inflows and cash outflows of the specification, implementation, and internal use of the corresponding IT services, as well as cash inflows of the external reuse. Assembling the different components, we obtain the following cash flows per period $t = 0, \dots, T$ and per cut $\{S_1, \dots, S_g\}$ of IT services:

$$\begin{aligned} \tilde{C}_0 &= -O_{basic} - g \cdot O_{int} \quad (t = 0) \text{ and} \\ \tilde{C}_t &= \tilde{I}_t^I - \tilde{O}_t^I + \tilde{I}_t^E = (R_1 - g^k \cdot C) \cdot \tilde{N}_t + R_2 \cdot \sum_{j=1}^g \tilde{N}_t^j \quad \text{otherwise } (t \geq 0) \end{aligned}$$

2.3.3 Determination of the Financially Optimal Cut of IT Services

The objective of this paper is to determine the financially optimal cut of IT services. Therefore, we are faced with the challenge to value the uncertain total cash flow resulting from a specific cut of IT services in order to enable the comparison of different possible cuts. Following common methods of investment analysis and consolidating all cash flows to the point of decision making $t = 0$ by determining their net present value (NPV), we obtain

$$NPV(\tilde{C}) = -O_{basic} - g \cdot O_{int} + (R_1 - g^k \cdot C) \cdot \sum_{t=1}^T \frac{\tilde{N}_t}{(1+r)^t} + R_2 \cdot \sum_{t=1}^T \frac{\sum_{j=1}^g \tilde{N}_t^j}{(1+r)^t}$$

This NPV is uncertain since the adopted FIUs $\tilde{N}_t$ and the FEUs $\tilde{N}_t^j$ of the IT services are uncertain. A design decision solely based on the NPV's expectation may have serious

negative consequences as the cut $\{S_1, \dots, S_g\}$ with the highest expected NPV can simultaneously be characterised by heavily fluctuating FIUs and FEUs. We therefore also have to integrate the corresponding risk of the NPV and propose to use the following risk adjusted NPV (raNPV) to value the different cuts:

Assumption 3: *The raNPV of a cut $\{S_1, \dots, S_g\}$ of IT services is determined using the well-known preference function $\mu - \alpha \cdot \sigma^2$ with μ denoting the cut's expected NPV, σ denoting the NPV's standard deviation and $\alpha > 0$ denoting the BU's risk aversion.*

This raNPV corresponds to a preference function that is developed according to established methods of decision theory and is especially consistent with the Bernoulli-principle (see Bernoulli (1954)) which requires decision-makers to choose the alternative with the highest expected utility. A similar preference function has been developed by Freund (1956) and was applied to other IT investment decisions over the last decades for instance by Hanink (1985) and Zimmermann et al. (2008). The higher the value of α , the more risk-averse is the BU.

When applying this raNPV, we have to estimate both, the expected value and the standard deviation of the FIUs $\tilde{N}_t$ and the FEUs $\tilde{N}_t^j$, to form the basis for the valuation of different possible cuts $\{S_1, \dots, S_g\}$ of IT services. In doing so, we first of all have to determine the underlying distribution of these random variables. Drawing on common stochastic we can model each interaction with the BU during period t as a Bernoulli distributed event with either executing the business process and therefore requiring the total functionality F or not (= relevant for the determination of the distribution of $\tilde{N}_t$) or with either requiring a certain already existing IT service for reuse or not (= relevant for the determination of the distribution of $\tilde{N}_t^j$). Starting with the premise that there is a high number of independent interactions with the BU per period t we benefit from the fact that the number of successful events i.e. the number of internal process executions $\tilde{N}_t$ or external reuses $\tilde{N}_t^j$ of an IT service during period t is approximately Poisson-distributed (see Chao and Scott (2000) and Elhedhli (2006) for a similar distribution assumption in the field of service systems or queuing systems design). We therefore can state the following assumption:

Assumption 4: *The FIU $\tilde{N}_t$ of the total functionality F during period t is approximately Poisson-distributed with expected value λ_t . Analogous, the FEU $\tilde{N}_t^j$ of an IT service S_j during period t is approximately Poisson-distributed with expected value λ_t^j .*

The Poisson-distribution is frequently applied for similar problems such as the number of customer requests or order transactions. As its variance coincides with its expected value, we can reduce the problem of determining the expected value and the standard deviation of the FIUs and the FEUs to the problem of just determining their expected values. This is a comparatively easy task for the FIUs as the BU normally justifies the requirement of an additional or renewable functionality F by a business case and thus usually has a valid estimation of the expected FIUs. In contrast, the estimation of the expected FEUs is rather difficult in practice and, if at all, only possible with extremely high time and resource effort as the BU has to estimate how often its IT services will be reused by other BUs. This reuse of already existing IT services depends on both the reuse potential of each atomic functionality $F_1, \dots, F_G$ and the specific cut of IT services as this defines the bundling of the atomic functionalities. The BU thus has to estimate how far a certain bundling matches the demand of other BUs. As a BU is hardly able to estimate the demand of other BUs for a specific IT service S_j for several future periods accurately, we instead suggest to estimate for every IT service S_j solely a mean expected FEU λ^j over all periods $t = 1, \dots, T$ and state the following assumption:

Assumption 5: *The BU applies for every IT service S_j a mean expected FEU λ^j , i.e. we have $\lambda_1^j = \dots = \lambda_T^j = \lambda^j$.*

We suggest the following procedure to estimate this mean expected FEU λ^j : starting with the company-wide process map (see Heinrich et al. (2009)), which provides an overview of a company's business processes as a whole and the actions used in it, we analyse which other business processes require the atomic functionalities $F_1, \dots, F_G$. Based on this, we group atomic functionalities with a similar reuse potential into a cluster A_k and extrapolate in this way $K \in \{1, \dots, G\}$ clusters $A_1, \dots, A_K$ of atomic functionalities (for example this can be a classification as is “low FEU”, “middle FEU”, and “high FEU”). Next, we estimate a mean expected FEU μ_k for each of these clusters A_k , $k = 1, \dots, K$. We make a fairly conservative estimation as we would like to avoid an over-estimation of the reuse

potential. Finally, we use this mean expected FEU μ_k for the estimation of the mean expected FEU λ^j of an IT service S_j and state the following assumption:

Assumption 6: *The mean expected FEU λ^j of an IT service S_j is determined by means of the company-wide process map as the minimum of the mean expected FEUs of the atomic functionalities F_i which are bundled in the IT service S_j . Thereby, the mean expected FEU of a single atomic functionality F_i is given by the mean expected FEU μ_k of the cluster which the atomic functionality is contained in.*

Regarding assumption 5 we can determine the mean expected FEU λ^j of an IT service S_j by means of the following formula:

$$\lambda^j = \min_{i \text{ mit } F_i \in S_j} \{\mu_k: F_i \text{ is contained in the cluster } A_k\}$$

We now have determined the expected values of all the FIUs $\tilde{N}_t$ and FEUs $\tilde{N}_t^j$. This provides the basis for the determination of the raNPV of every possible cut $\{S_1, \dots, S_g\}$ of IT services. For that we require the expected value of a cut's NPV as well as the NPV's variance (see assumption 3). While the expected NPV of a cut $\{S_1, \dots, S_g\}$ of IT services is the sum of the weighted expected FIUs and FEUs (as the expected value in general has the feature of linearity) and thus easily determinable, such an aggregation does not hold true for the corresponding variance. Instead, in addition to the stand-alone variance of the single FIUs and FEUs, we require also their pairwise correlations. Starting from the premise that the company's IT infrastructure capacity is big enough, experience, however, shows that the FEUs of IT services usually are far more dependent on the specific cut of IT services and the underlying bundling of the atomic functionalities as well as its matching with other business processes than on the FIUs. Besides, both the FIUs $\tilde{N}_t$ and the FEUs $\tilde{N}_t^j$ at a period t essentially depend on a (now and then heavily) fluctuating customer demand and a market environment that is usually characterised by tight competition and global integration of markets. In comparison, there is, if any, mostly only a small dependency on the FIUs and the FEUs at other periods. In the financial services sector for instance, the demand for consultation is typically many times higher in the last quarter of the year than in the preceding three quarters so that correlations between the FIUs and the FEUs of different quarters would hardly be determinable. Hence, pairwise

correlations between the different FIUs and FEUs as well as between FIUs or FEUs at different periods are most often negligible and we therefore assume:

Assumption 7: *No correlations exist between the different FIUs $\tilde{N}_t$ and the FEUs $\tilde{N}_t^j$ at all.*

Summarising all these deliberations, determining the financially optimal cut $\{S_1, \dots, S_g\}$ of IT services is then equivalent to maximising the following raNPV:

$$\begin{aligned} raNPV(S_1, \dots, S_g) = & -O_{basic} - g \cdot O_{int} + (R_1 - g^k \cdot C) \cdot \sum_{t=1}^T \frac{\lambda_t}{(1+r)^t} \\ & + R_2 \cdot \sum_{t=1}^T \frac{\sum_{k=1}^K g_k \cdot \mu_k}{(1+r)^t} - \alpha \cdot \left[(R_1 - g^k \cdot C)^2 \cdot \sum_{t=1}^T \frac{\lambda_t}{(1+r)^{2t}} + R_2^2 \cdot \sum_{t=1}^T \frac{\sum_{k=1}^K g_k \cdot \mu_k}{(1+r)^{2t}} \right] \end{aligned}$$

where $g_k \in \{0, \dots, g\}$ denotes the number of IT services which are used with mean expected frequency μ_k .

This raNPV is a function of the number g of IT services of a certain cut $\{S_1, \dots, S_g\}$. Hence, the determination of the financially optimal cut of IT services constitutes a one dimensional, non linear optimisation problem within this variable g . A possible solution is to calculate the raNPV of all possible cuts $\{S_1, \dots, S_g\}$ of IT services and to select afterwards the cut with the highest raNPV. However, this approach is very elaborate for a huge number of atomic functionalities $F_1, \dots, F_G$. To reduce this complexity, we suggest a two-stage approach for solving the optimisation problem. This approach requires a significantly smaller expense and can be executed partly or completely automated. In the following, both stages will be explicitly explained:

2.3.3.1 1st Stage: Determination of Feasible Cuts of IT Services

Considering the NPV and raNPV defined above, we can observe that most of the summands, which contribute to the raNPV, only depend on the number g of IT services of a regarded cut $\{S_1, \dots, S_g\}$ and not on the specific allocation of atomic functionalities to IT services. Only the cash inflows from the external reuse of IT services can differ depending on the mean expected FEU of the single IT services S_j . So we can first focus

on this part of the raNPV and thereby reduce the possibly huge number of cuts $\{S_1, \dots, S_g\}$ with g IT services by applying the following heuristic for each $g = 1, \dots, G$: we first determine for every possible cut $\{S_1, \dots, S_g\}$ with g IT services a vector $(g_1, \dots, g_K)$ where the k^{th} entry g_k indicates the number of IT services within the regarded cut $\{S_1, \dots, S_g\}$ that are reused with mean expected FEU μ_k . Consequently, one has $g_k \geq 0$ for all $k = 1, \dots, K$ and $g_1 + \dots + g_K = g$. Then, we conduct a vector multiplication of this vector $(g_1, \dots, g_K)$ and the vector $(\mu_1, \dots, \mu_K)$ that contains all possible mean expected FEU μ_k to obtain the overall expected FEU $g_1 \cdot \mu_1 + \dots + g_K \cdot \mu_K$ for this cut $\{S_1, \dots, S_g\}$. Finally, we choose the cut $\{S_1, \dots, S_g\}$ with the highest value of this overall expected FEU and call this cut $\{S_1, \dots, S_g\}$ the *feasible cut* with g IT services. Compared with a combinatorial determination of the raNPV for all possible cuts, this step generates only a small expense, which furthermore would arise anyway during a combinatorial procedure.

2.3.3.2 2nd Stage: Determination of the raNPV for All Feasible Cuts of IT Services

As a result of the first stage, we get a feasible cut $\{S_1, \dots, S_g\}$ of IT services for each $g = 1, \dots, G$. This feasible cut generates the highest raNPV of all cuts containing g IT services as it achieves the highest overall expected FEU. To be able to proceed algorithmically, we arrange all feasible cuts lexicographically in the form $C_1, \dots, C_G$, where the cut C_g denotes the feasible cut containing g IT services. Using the vector $(g_1, \dots, g_K)$, with its k^{th} entry indicating the number of IT services within C_g , which are reused with mean expected FEU μ_k , once more, the financially optimal cut of IT services can be determined by means of the algorithm that is illustrated in Abb. II-5.

This algorithm determines the cut with the highest overall raNPV and therefore constitutes the financially optimal solution of the design problem addressed in this paper. It has a complexity of $O(G)$ which is significantly lower than the complexity of a fully combinatorial solution. Hence, the BU can determine the financially optimal cut with a justifiable expense and come to a better decision about the design of their IT services from a financial point of view. We will demonstrate this by applying our approach to an exemplary context in the next section.

```

TempraNPV = raNPV(C1); TempC = 1;
for(g = 2; g ≤ G; g++)
{
    raNPV(Cg) = -Obasic - g · Oint + (R1 - gk · C) · Σt=1T  $\frac{\lambda_t}{(1+r)^t}$ 
    + R2 · Σt=1T  $\frac{\sum_{k=1}^K g_k \cdot \mu_k}{(1+r)^t}$  - α ·  $\left[ (R_1 - g^k \cdot C)^2 \cdot \sum_{t=1}^T \frac{\lambda_t}{(1+r)^{2t}} + R_2^2 \cdot \sum_{t=1}^T \frac{\sum_{k=1}^K g_k \cdot \mu_k}{(1+r)^{2t}} \right]$ ;
    if(TempraNPV < raNPV(Cg))
        {TempraNPV = raNPV(Cg); TempC = g;}
}
return TempC;

```

Abb. II-5 Algorithm for the Determination of the Financially Optimal Cut

2.4 Operationalization of the Approach

Financially sound IT service design has not yet made its way into business practice. Instead IT service design decisions are mostly affected by functional and technical aspects. If reuse of already existing IT services is considered at all, companies usually make a basic estimation of the frequency of company-internal reuse without analysing its financial impact. To mitigate this shortcoming, we will now illustrate how the model presented in the previous section may be operationalized by taking an example from the financial services sector. In this context, we will focus on the IT support of the consultation and sales process of the retirement arrangements department (RAD) of a German financial services provider (FSP). The RAD requires reengineering of the IT support of its consultation and sales process. As the company is currently developing its IT architecture towards SOA, this new IT support should be realised by IT services. Therefore, the RAD has to decide how many and which IT services should be implemented for realising the new IT support. As both the SOA platform and the required IT infrastructure are already available the RAD can focus on the implementation of the IT services for the process in question. Furthermore, the company has already established a central repository for IT services as well as company-wide offset mechanisms in order

to facilitate the reuse of once implemented IT services. As financial budgets are relatively tight, the RAD considers the provision of its IT services within this repository to reach the best possible refinancing of the implementation and maintenance cost of its new IT support. In order to apply the model presented in the previous section the RAD has to divide its consultation and sales process into suitable atomic actions, which can be mapped to atomic functionalities forming the required total functionality F . For this purpose, it draws on company-internal and external expertise and obtains the twelve actions that are shown in Abb. II-6. When estimating the model's input parameters, the RAD is faced with the following major challenges:

1. How can the cash outflows and cash inflows of the internal use of the new IT support by the RAD itself be estimated with high precision?
2. How can the mean expected FEU of the new IT services by other BUs and the resulting cash inflows be estimated with high precision?
3. How can all other input parameters such as the complexity parameter k or the risk aversion parameter α be determined?

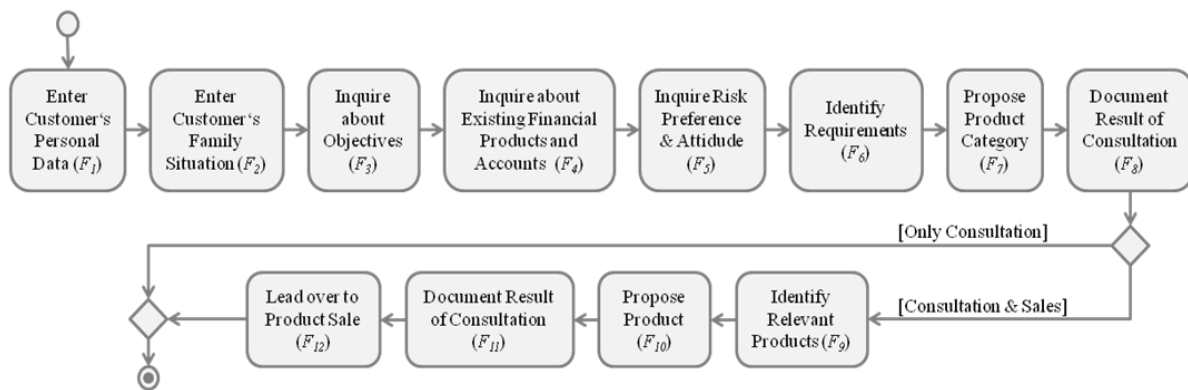


Abb. II-6 Financial Services Consultation and Sales Process

To estimate the cash outflows and cash inflows of the internal use of the new IT support by the RAD itself, the RAD has made up a business case that is grounded on the RAD's long experience in retirement arrangements and different scenarios relating to the future development of both the market for retirement arrangements as a whole and the RAD's market share. Concerning cost estimations, the RAD also includes the company's internal experience with IT development projects in the context of SOA and external benchmarks from similar projects in the financial services sector. The planning horizon runs up to ten

years. Altogether, the RAD gets the following results for the cash outflows and cash inflows resulting from the department's internal utilisation of the new IT support:

The cash outflows for the specification and implementation of the new functionality which are independent from the cut of the corresponding IT services comes to a total of 1,000,000 €. Additionally, the RAD estimates cash outflows of 1,000 € for each implemented IT service that cover the costs of specifying, implementing, and testing an additional interface. Regarding the operation of once implemented IT services, the RAD estimates average cash outflows of 3 € per IT service for the IT support of a consultation, which leads to the recommendation of a specific product group but not to a product closure. The recommendation of specific products, in contrast, occasions twice as high average cash outflows of 6 € per IT service for the IT support of the whole consultation and sales process. Concerning the cash inflows, the RAD receives a fee of 120 € per hour for a consultation in retirement arrangements that leads to the recommendation of a specific product group but not to a product closure. As 22 € of this hourly fee can be attributed to the IT support and as consultation in retirement arrangements on average takes 1.5 hours, the RAD attributes 33 € to the IT support of a consultation. If the customer additionally closes a contract on a financial product after the consultation process, the consultation fee is dropped. Instead, a proportion of 20% of the surpluses generated by the product closure is attributed to the IT support of the consultation process. Since the average revenue for all retirement arrangement products is 250 €, the RAD in this case attributes 50 € to the IT support. Finally, for the first period, which equates one year in this example, the retirement arrangements department expects 1.3 million consultation sessions. This number is estimated to increase by 5% p.a. in each of the consecutive periods. On average, there will be a product closure in 30% of all consultation sessions.

As a basis for estimating the mean expected FEU of the new IT services, the RAD first has to estimate the mean expected FEU of any atomic functionality. Following the approach presented in the previous section, the RAD first determines the potential reuse of each of the twelve actions within its consultation and sales process by using the company's process map. Second, the RAD verifies these basic estimations through employing expert interviews. Third, for reasons of simplification, the RAD maps these verified estimations to three different classes of potential reuses, namely 600,000 reuses,

1 Mio reuses and 1.3 Mio reuses p.a. This classification has been determined by clustering the verified estimations. The result of this classification is summarised in Tab. II-3:

Tab. II-3 Expected FEU of the Atomic Functionalities (in millions)

Atomic Functionality	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7	F_8	F_9	F_{10}	F_{11}	F_{12}
Expected FEU	1.0	1.3	1.3	1.0	1.0	0.6	0.6	1.3	1.0	0.6	1.3	1.0

Finally, before applying the optimisation model the RAD also has to determine the company's risk-aversion α , its risk-free interest rate r and the complexity parameter k as well as the mean expected income per reuse of an IT service. While the first two parameters are predefined for the whole company by central controlling, the RAD has to analyse the company's internal experience with IT service development projects and the price structure on the company's central repository to gain the second two parameters. Altogether, the RAD obtains $\alpha = 0.02$, $r = 4\%$ and $k = 1$ as well as an average price for reusing an IT service of 1 €. Tab. II-4 provides an overview that summarises the required data and where it can be retrieved within the company.

Now, we are ready to apply the proposed two-stage optimisation approach presented in the previous section. In doing so, we restrict our considerations to cuts where the corresponding IT services encapsulate a sequence of successive atomic functionalities and thus have to analyse $2^{11} = 2048$ different possible cuts of IT services. We first determine for each possible number $g = 1, \dots, 12$ of IT services the cut with the maximum total expected FEU by other BUs. Of course this is easy with $g = 1$ or $g = 12$ as there is only one cut of IT services. However, it can be rather elaborate with other values of g as – even with our limited basic population – there are many potential cuts of IT services. As a result, we get for each $g = 1, \dots, 12$ one cut of IT services maximising the expected FEU. Secondly, we calculated the raNPV for these twelve feasible cuts of IT services. Tab. II-5 provides the maximum total expected FEU and the corresponding raNPV for each possible number $g = 1, \dots, 12$ of IT services.

Tab. II-4 Necessary Parameters and Data Origin

Necessary Parameter	Value of the Parameter	Exemplary Data Origin
Cash outflows for the specification and implementation of the new functionality	1,000,000 €	Business case
Average cash outflow for the operation of a single new IT service	3 € for consultation, 6 € for consultation and sales	Experience from other SOA projects within the company
Average cash inflow of the use of the new functionality by the RAD itself	33 € for consultation, 50 € for consultation and sales	Experience from the existing consultation and sales process
Average cash inflow of the reuse of a single IT service within the company	1 € per reuse	Experience from the internal repository for IT services
Risk-free interest rate r	4%	Predefined for the whole company by central controlling
Parameter of risk aversion α	0.02	Predefined for the whole company by central controlling
Complexity parameter k	1	Experience from other SOA projects within the company
Planning horizon T	10	Business case

The results are quite different: on the one hand, a cut with one IT service per atomic functionality ($g = 12$) results in approximately 20 times the reuse of a cut with one IT service that encapsulates the whole functionality ($g = 1$). On the other hand, however, the raNPV initially increases with the number of IT services, but decreases from four IT services onward. The raNPV ranges from 219.6 Mio. € achieved when implementing three IT services to -34.8 Mio. € achieved when implementing twelve IT services. If the RAD decided intuitively on the cut of its IT services on the basis of the maximum expected FEU it would implement twelve IT services and end up with the financially worst solution with a negative raNPV. If the RAD makes a decision based on the raNPV as proposed by the approach described in this paper, it will select a cut that consists of three IT services with F_1 and F_2 each implemented as a single IT service and F_3 to F_{12} implemented in a third IT service. Realizing this cut the RAD implements significantly

less IT services and achieves only 25% of the maximum expected FEU, but implements the financially best solution.

Tab. II-5 Maximum Total Expected FEU and the Associated raNPV (in Millions) for each $g = 1, \dots, 12$

g	1	2	3	4	5	6
Maximum Total Expected FEU	0.6	1.6	2.9	4.2	5.2	6.5
raNPV [Mio. €]	203.3 €	213.5 €	219.6 €	219.4 €	210.3 €	197.1 €
g	7	8	9	10	11	12
Maximum Total Expected FEU	7.5	8.5	9.4	10.4	11.4	12
raNPV [Mio. €]	175.2 €	146.8 €	111.2 €	70.0 €	22.4 €	-34.8 €

Therefore, we can finally state that the decision on the design of IT services based on the expected FEU, as it is intuitively done today in the majority of cases, frequently leads to false investment decisions and a suboptimal overall IT service portfolio. That is why it is not sufficient to focus on the pure number of reuses, but essential to take into account the financial consequences of different possibilities to design IT services as this can make an important difference when implementing IT services in the context of SOA. However, this would mean a tremendous change in today's practice.

2.5 Practical Implications, Limitations, and Conclusion

Service-oriented design and development are intensively discussed in research and practice. However, so far there is still little research available regarding the valuation of the financial consequences of different functional scopes of IT services. The objective of this paper is the formalisation and valuation of the total cash flows that accompany different possibilities to realise a new functionality by means of IT services. We therefore focus on the perspective of a single BU and develop an optimisation model for the determination of the financially optimal functional scope of IT services. This approach simultaneously integrates the cash flows from the implementation and operation of the IT services by the BU itself as well as cash inflows resulting from the offset of the company-internal reuse of once implemented IT service by other BUs. The underpinning assumption is that the company supports the reuse of IT services by providing a central

repository, where BUs can offer their IT services and thus refinance parts of their specification, implementation and operational costs for an additional or renewable functionality. Finally, the applicability of the approach is illustrated by an example showing a typical decision situation of a FSP.

Although designing IT services for reusability is seen as one of the major advantages of SOA in science and practice, appropriate methods for evaluating the financial value of a certain design of IT services for reusability has often been absent until now. Based on a number of assumptions, we found that the consideration of the financial consequences of different design possibilities for IT services leads to a better decision with regard to the corresponding risk adjusted net present value. Thus, companies are faced with the challenge to establish decision models (such as this presented within this paper) to support the financially optimal design of IT services in order to achieve a close business/IT alignment. Companies with a decentralised decision-making and paying structure additionally require suitable incentives for a single BU, such as internal marketplaces for IT services or central offset mechanisms, to support the design of IT services considering their company-wide reuse potential.

Certainly, the interpretation of the results of the model presented in this paper is restricted due to some limitations: first of all, this paper focuses exclusively on the financial impact of IT service design and neglects technical or functional aspects. This restriction seems, however, justifiable as a number of related articles already addressed these aspects. This paper, hence, complements existing research with an in-depth, quantitative analysis of the financial impact of IT services' design and can be applied as an additional step to improve existing service-oriented design and development methods. Secondly, we made some fairly restrictive assumptions with regard to the allocation of the atomic functionalities to IT services and the distribution of the FIUs and FEUs of IT services as well as the non-existence of correlations between these frequencies. These assumptions provide a starting point for further research in this area which should address these assumptions separately and analyse them more profoundly. Thirdly, the issue of determining the fee for the reuse of IT services by other processes or BUs within the same company is not broached, although this deeply affects the reuse potential of once implemented IT services. Additionally, the expected FEUs were estimated roughly by forming clusters of atomic functionalities and applying mean expected FEUs over different periods. This seems,

however, justifiable as the objective of the paper is to develop a first sound quantitative methodology for the determination of the financially optimal design of IT services realising a certain amount of additional or renewable functionality. Appropriate approaches for the determination of the required input data would be necessary and should be addressed by further research.

Summing up, despite the potential for improvement the optimisation model presented in this paper constitutes a valuable extension of existing approaches to the identification and design of IT services by providing a first basis for BUs to realise IT services with a financially optimal functional scope.

Literatur (Kapitel II.2)

accenture. 2008. High Performance IT 2008: There's No Substitute for Substitution.

accenture Deutschland, Kronberg.

Aier, S. 2006. How Clustering Enterprise Architectures helps to Design Service Oriented Architectures. In: *Proceedings of the 2nd IEEE International Conference on Services Computing* (Chicago, IL, USA, September 2006), 269-272.

Albani, A., Keiblinger, A., Turowski, K., and Winnewisser, C. 2003. Identification and Modelling of Web Services for Inter-enterprise Collaboration Exemplified for the Domain of Strategic Supply Chain Development. In: *Lecture Notes in Computer Science: On The Move to Meaningful Internet Systems 2003: CoopIS, DOA, and ODBASE*, R. Meersman, Z. Tari, and D.C. Schmidt, Eds., Springer, Berlin Heidelberg, 74-92.

Arsanjani, A., Ghosh, S., Allam, A., Abdollah, T., Ganapathy, S., and Holley, K. 2008. SOMA: A method for developing service-oriented solutions. In: *IBM Systems Journal* 47, 3, 377-396.

Bernoulli, D. 1954. Exposition of a New Theory on the Measurement of Risk.

In: *Econometrica* 22, 1, 23-36.

Boehmann, T. and Krcmar, H. 2005. Modularisierung: Grundlagen und Anwendungen bei IT Dienstleistungen. In: *Konzepte für das Service Engineering. Modularisierung*,

- Prozessgestaltung und Produktivitätsmanagement*, T. Herrmann, U. Kleinbeck, and H. Krcmar, Eds., Physica-Verlag, Heidelberg, 45-84.
- Boerner, R. and Goeken, M. 2009. Identification of Business Services – Literature Review and Lessons Learned. In: *Proceedings of the 15th Americas Conference on Information Systems* (St. Francisco, CA, USA, August 2009).
- Capgemini 2009a. Studie IT-Trends 2009. Capgemini Germany, Berlin Frankfurt.
- Capgemini. 2009b. Global CIO Report - Harnessing Information Value: Could you be a digital winner? Capgemini Germany, Berlin Frankfurt.
- Chan, Y.E. and Reich, B.H. 2007. IT alignment: what have we learned? In: *Journal of Information Technology* 22, 4, 297-315.
- Chao, X. and Scott, C. 2000. Several results on the design of queueing systems. In: *Operations Research* 48, 6, 965-970.
- Choi, J., Nazareth, D.L., and Jain, H.K. 2010. Implementing Service-Oriented Architectures in Organizations. In: *Journal of Management Information Systems* 26, 4, 253-286.
- Elhedhli, S. 2006. Service System Design with Immobile Servers, Stochastic Demand, and Congestion. In: *Manufacturing & Service Operations Management* 8, 1, 92-97.
- Erl, T. 2008. Service-Oriented Architectures – Concepts, Technology, and Design. 7th edition, Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Erradi, A., Anand, S., and Kulkarni, N. 2006. SOAF: An Architectural Framework for Service Definition and Realization. In: *Proceedings of the 2nd IEEE International Conference on Services Computing* (Chicago, IL, USA, September 2006), 151-158.
- Freund, R. J. 1956. The Introduction of Risk into a Programming Model. In: *Econometrica* 24, 3, 253-263.
- Gartner. 2010. Leading in Times of Transition: The 2010 CIO Agenda. Gartner Inc., Stamford, CT.
- Hagel, J. 2002. Edging into Web Services. In: *McKinsey Quarterly* 4, 4, 29-37.
- Hanink, D. M. 1985. A Mean-Variance Model of MNF Location Strategy. In: *Journal of International Business Studies* 16, 1, 165-170.

-
- Heinrich, B., Henneberger, M., Leist, S., and Zellner, G. 2009. The Process Map as an Instrument to Standardise Processes – Design and Application at a Financial Service Provider. In: *Information Systems and e-Business Management* 7, 1, 81-102.
- Hirschman, A.O. 1990. Exit, Voice and Loyalty: Responses to Decline in Firms, Organizations and States. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Klose, K., Knackstedt, R., and Beverungen, D. 2007. Identification of Services – A Stakeholder-Based Approach to SOA Development and Its Application in the Area of Production Planning. In: *Proceedings of the 15th European Conference on Information Systems* (St. Gallen, Switzerland, June 2007).
- Kohlmann, F. and Alt, R. 2007. Business-Driven Service Modeling – A Methodological Approach from the Finance Industry. In: *First International Working Conference on Business Process and Services Computing*, W. Abramowicz und L. Maciaszek, Eds., 180-193.
- Krafzig, D., Banke, K. and Slama, D. 2007. Enterprise SOA – Service-Oriented Architecture Best Practices. 7th edition, Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Legner, C. and Heutschi, R. 2007. SOA Adoption in Practice - Findings from Early SOA Implementations. In: *Proceedings of the 15th European Conference on Information Systems* (St. Gallen, Switzerland, June 2007).
- Loehe, J. and Legner, C. 2010. SOA Adoption in Business Networks – Does SOA live up to High Expectations? In: *Proceedings of the 18th European Conference on Information Systems* (Pretoria, South Africa, June 2010).
- Millard, D.E., Howard, Y., Abbas, N., Davis, H.C., Gilbert, L., Wills, G.B., and Walters, R.J. 2009. Pragmatic web service design: An agile approach with the service responsibility and interaction design method. In: *Computer Science – Research and Development* 24, 4, 173-184.
- McCollough, M.A., Berry L.L., and Yadav, M.S. 2000. An Empirical Investigation of Customer Satisfaction after Service Failure and Recovery. In: *Journal of Service Research* 3, 2, 121-137.
- Object Management Group 2005. *Unified Modeling Language: Superstructure*. DOI=<http://www.omg.org/spec/UML/2.3/Superstructure/PDF>. Accessed 2010-09-01.

-
- Object Management Group 2006. *Unified Modeling Language: Infrastructure*. DOI=<http://www.omg.org/spec/UML/2.3/Infrastructure/PDF>. Accessed 2010-09-01.
- Papazoglou, M.P. and Georgakopoulos, D. 2003. Service-oriented Computing. In: *Communications of the ACM* 46, 10, 25-28.
- Papazoglou, M.P. and van den Heuvel, W.-J. 2006. Service-Oriented Design and Development Methodology. In: *International Journal of Web Engineering and Technology* 2, 4, 412-442.
- Pating, S. and Wesenberg, H. 2009. Role of Process Modeling in Software Service Design. In: *Lecture Notes in Computer Science: Service-Oriented Computing: Agents, Semantics, and Engineering*, R. Kowalczyk, Q.B. Vo, Z. Maamar, and M. Huhns, Eds., Springer, Berlin Heidelberg, 420-428.
- Quartel, D., Dijkman, R., and van Sinderen, M. 2004. Methodological Support for Service-oriented Design with ISDL. In: *Proceedings of 2nd International Conference on Service Oriented Computing* (New York, NJ, USA, November 2004).
- Schelp, J. and Winter, R. 2007. Towards a Methodology for Service Construction. In: *Proceedings of 40th Hawaii International Conference on System Sciences* (Hawaii, USA, January 2007).
- Wang, Z., Xu, X., and Zhan, D. 2006a. A Survey of Business Component Identification Methods and Related Techniques. In: *International Journal of Information Technology* 2, 4, 229-238.
- Wang, Z.J., Zhan D.C., and Xu, X.F. 2006b. STCIM: A Dynamic Granularity Oriented and Stability Based Component Identification Method. In: *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes* 31, 3, 1-14.
- Watson, H.J., Aronson, J.E., Hamilton, R.H., Iyer, L., Nagasundarma, M., Nemati, H., and Suleiman, J. 1996. Assessing EIS benefits: A survey of current practices. In: *Journal of Information Technology Management* 7, 1/2, 23-30.
- Widjaja, T. and Buxmann, P. 2009. Service-oriented architectures: modeling the selection of services and platforms. In: *Proceedings of the 17th European Conference on Information Systems* (Verona, Italy, June 2009).

-
- Winkler, V. 2007. Identifikation und Gestaltung von Services. Vorgehen und beispielhafte Anwendung im Finanzdienstleistungsbereich. In: *Wirtschaftsinformatik* 49, 4, 257-266.
- Zhang, Z., Liu, R., and Yang, H. 2005. Service Identification and Packaging in Service Oriented Reengineering. In: *Proceedings of the 17th International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering* (Taipei, Taiwan, Peoples Republic of China, July 2005).
- Zimmermann, S., Katzmarzik, A., and Kundisch, D. 2008. IT Sourcing Portfolio Management for IT Service Providers – A Risk/Cost Perspective. In: *Proceedings of the 29th International Conference on Information Systems* (Paris, France, December 2008).

III Zur betriebswirtschaftlichen Nutzung von Web-basierten sozialen Netzwerken (Beitrag: „Eine kritische Analyse von Vernetzungsmaßen in sozialen Netzwerken“)

Autoren:	Andrea Landherr, Bettina Friedl, Dr. Julia Heidemann Kernkompetenzzentrum Finanz- & Informationsmanagement, Lehrstuhl für BWL, Wirtschaftsinformatik, Informations- & Finanzmanagement (Prof. Dr. Hans Ulrich Buhl) Universität Augsburg, D-86135 Augsburg andrea.landherr@wiwi.uni-augsburg.de, bettina.friedl@wiwi.uni-augsburg.de julia.heidemann@wiwi.uni-augsburg.de
Erschienen in:	<i>Wirtschaftsinformatik</i> 52, 6, 367-382.

Zusammenfassung:

Durch das immense Wachstum von Web-basierten Diensten wie z. B. www.facebook.com gewinnt das Thema soziale Netzwerke gegenwärtig zunehmend an Bedeutung. Eine zentrale Herausforderung – u. a. für die erfolgreiche Umsetzung zahlreicher betriebswirtschaftlicher Maßnahmen wie z. B. Virales Marketing – stellt dabei die Identifikation derjenigen Schlüsselpersonen dar, die strukturell besonders gut in ein soziales Netzwerk eingebunden sind. Hierfür wurde in der Social Network Analysis eine Vielzahl von Maßen zur Quantifizierung der Vernetzung der einzelnen Akteure eines sozialen Netzwerks entwickelt. Vor diesem Hintergrund wird im vorliegenden Beitrag der aktuelle Stand der Forschung im Hinblick auf Vernetzungsmaße in sozialen Netzwerken aufgezeigt. Angesichts stark variierender Erkenntnisse zur Güte verschiedener Vernetzungsmaße verfolgt der Beitrag zudem das Ziel, die enorme Relevanz einer reflektierten Anwendung der existierenden Vernetzungsmaße zu illustrieren. Hierfür werden fünf der in der Social Network Analysis am häufigsten diskutierten Vernetzungsmaße anhand von drei ein-

fachen allgemeinen Eigenschaften im Hinblick auf das Verhalten von Vernetzungsmaßen analysiert.

1 Einleitung

Fundamentale Entwicklungen im Bereich der Informationstechnologie (IT) und insbesondere die enorme Verbreitung des Internets stellen wesentliche Treiber für die steigende globale Vernetzung von Unternehmen und Individuen dar. Dabei erleichtert der gezielte Einsatz leistungsfähiger IT die Interaktion von Akteuren an verteilten Standorten und den Informationsaustausch in Echtzeit wesentlich. In diesem Zusammenhang gewinnen unter dem Begriff Web 2.0 subsumierte Dienste wie z. B. Wikis, Weblogs oder Online Social Networks, bei denen sich Individuen untereinander vernetzen und Nachrichten, Erfahrungen und Wissen austauschen, zunehmend an Bedeutung. So meldete der US-Marktforscher Hitwise im März 2010, dass – gemessen an der Anzahl der Besuche (Visits) – das Online Social Network www.facebook.com den Suchmaschinenriesen www.google.com als meistbesuchte US-Website abgelöst hat (Hitwise, 2010). Weiterhin sind laut einer aktuellen Studie der Nielsen Company ca. 66% der globalen Internetnutzer jeden Monat in diesen neuartigen sozialen Gemeinschaften aktiv (The Nielsen Company, 2009, S. 2). Angesichts dieser Entwicklung überrascht es nicht, dass Web-basierte soziale Netzwerke das Interesse zahlreicher Unternehmen auf sich gezogen haben, da ein Großteil ihrer Kunden diese inzwischen regelmäßig nutzt und sich dabei u. a. über Produkte und Dienstleistungen austauscht (De Valck et al., 2009, S. 185).

Das konstituierende Merkmal von sozialen Netzwerken bilden die Beziehungen zwischen den Netzwerkmitgliedern und damit die durch das Beziehungsgeflecht induzierte Vernetzungsstruktur (Zinoviev und Duong, 2009). Diese Vernetzung eines Akteurs – d. h. dessen strukturelle Einbindung in das Netzwerk – beeinflusst maßgeblich seine Kommunikations- und Interaktionsmöglichkeiten und birgt demzufolge für Unternehmen wertvolle Informationen im Hinblick auf verschiedene unternehmerische Fragestellungen. So ist bspw. im Zusammenhang mit Viralem Marketing die Integration gut vernetzter Akteure von erheblicher Bedeutung, um eine möglichst große Zielgruppe auf eine Marke, ein Produkt oder eine Kampagne aufmerksam zu machen (Kiss und Bichler, 2008, S. 233; De Valck et al., 2009, S. 187). Auch bei der Produktentwicklung und insbesondere bei der

Identifikation von Trends ist die Einbindung von Mitgliedern, die eine zentrale Position innerhalb ihres Netzwerks einnehmen, von großem Vorteil, da diese Zugang zu Informationen über eine Vielzahl weiterer Akteure besitzen (De Valck et al., 2009, S. 185).

Für die erfolgreiche Umsetzung dieser beispielhaft angeführten und ähnlicher unternehmerischer Fragestellungen gilt es, diejenigen Mitglieder (*Schlüsselpersonen*) zu identifizieren, die strukturell besonders gut in ein soziales Netzwerk eingebunden sind. Dies ist nicht nur für den Erfolg der unternehmerischen Entscheidungen, sondern insbesondere vor dem Hintergrund von Zeit- und Budgetrestriktionen zwingend erforderlich. In diesem Zusammenhang bietet sich ein Rückgriff auf die Social Network Analysis (SNA) an, in der bereits eine Vielzahl von Vernetzungsmaßen (VM) zur Quantifizierung der Vernetzung von Akteuren in sozialen Netzwerken entwickelt und diskutiert wurde. Ziel dieses Beitrags ist es daher, (1) den aktuellen Stand der Forschung im Hinblick auf VM in sozialen Netzwerken aufzuzeigen und (2) angesichts der in der SNA stark variierenden Erkenntnisse zur Güte verschiedener VM die enorme Relevanz einer reflektierten Nutzung der bereits existierenden VM zu illustrieren.

Der Beitrag ist wie folgt aufgebaut: In Kapitel 2 wird zunächst der Stand der Forschung zu VM in sozialen Netzwerken dargelegt. Darauf aufbauend werden in Kapitel 3 beispielhaft drei einfache allgemeine Eigenschaften von VM formuliert, die in Kapitel 4 zur Analyse von fünf häufig verwendeten VM aus der Literatur zur SNA herangezogen werden. Der Beitrag schließt mit einer Zusammenfassung der Ergebnisse sowie einem Ausblick in Kapitel 5.

2 Soziale Netzwerke

2.1 Struktur und Eigenschaften von sozialen Netzwerken

Im vorliegenden Beitrag wird in Anlehnung an Valente (1996) mit dem Begriff soziales Netzwerk ein „pattern of friendship, advice, communication or support“ (Valente, 1996) zwischen einzelnen Mitgliedern oder Mitgliedergruppen eines sozialen Systems bezeichnet (vgl. auch Burt und Minor (1983); Knoke und Kuklinski (1982); Scott (1991); Wellman (1988)). Verbindendes Element ist dabei i. d. R. ein gemeinsames Ziel, Interesse oder Bedürfnis der verschiedenen Akteure. Web-basierte soziale Netzwerke nutzen die Infrastruktur des Internets, um ihren Mitgliedern grundlegende Funktionalitäten zum

Identitätsmanagement (d. h. der Präsentation der eigenen Person), zum Beziehungsmanagement (d. h. der Verwaltung der eigenen Kontakte und Pflege des Netzwerks) und zur Visualisierung von Profilen und Netzwerken anzubieten (Koch et al., 2007). Dadurch kann das für derartige Netzwerke charakteristische Gemeinschaftsgefühl der Akteure auch ohne ihre unmittelbare physische Präsenz erreicht werden (Heidemann, 2009). Die Funktionalitäten zum Beziehungsmanagement und hier insbesondere die Verwaltung von Kontakten über Kontaktlisten ermöglichen in Web-basierten sozialen Netzwerken zudem speziell die Pflege von flüchtigen Bekanntschaften, die im realen Leben oftmals nicht weitergeführt werden.

Strukturell betrachtet lässt sich das Beziehungsgeflecht eines sozialen Netzwerks als Graph G mit einer Menge V_G von Knoten und einer Menge E_G von Kanten zwischen diesen Knoten modellieren. Die Menge V_G repräsentiert dabei die Mitglieder des sozialen Netzwerks, während die Menge E_G die Beziehungen zwischen diesen abbildet und damit soziale Bindungen und Interaktionspotenziale zwischen den Akteuren beschreibt (Sabidussi, 1966; Wassermann und Faust, 1994). Die sich ergebende Netzwerkstruktur eines sozialen Netzwerks lässt sich auch als Matrix $A = (a_{ij}) \in \{0; 1\}^{n \times n}$ darstellen. Der Eintrag a_{xy} dieser sogenannten Adjazenzmatrix ist dabei 1, wenn $(x, y) \in E_G$ gilt. Ansonsten ist der Eintrag a_{xy} gleich 0. Abb. III-1 illustriert beispielhaft die Darstellung eines sozialen Netzwerks als Graph.

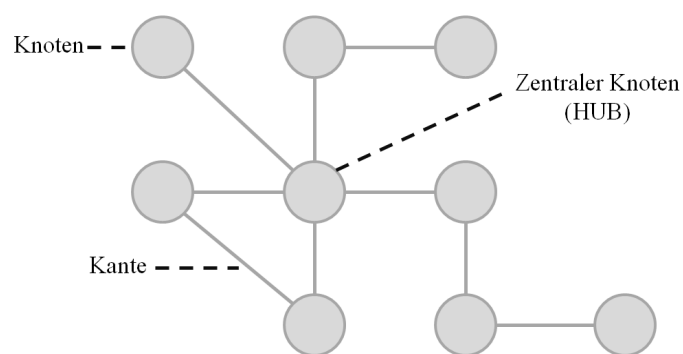


Abb. III-1 Beispiel für ein soziales Netzwerk

Im Hinblick auf die Eigenschaften von sozialen Netzwerken, die sich von biologischen oder technischen Netzwerken wesentlich unterscheiden (Newman und Park, 2003), kann auf eine Vielzahl von bestehenden Erkenntnissen aus der SNA zurückgegriffen werden

(für einen Überblick vgl. Wassermann und Faust (1994)). So können soziale Netzwerke dahingehend klassifiziert werden, ob einseitige Beziehungen ((un-)gerichtetes Netzwerk) oder unterschiedliche Beziehungsintensitäten ((un-)gewichtetes Netzwerk) vorliegen (Wassermann und Faust, 1994, S. 44). Weiterhin kam der amerikanische Psychologe Stanley Milgram bereits in den 1960er Jahren zu der Erkenntnis, dass jeder Mensch auf der Welt mit jedem anderen über eine überraschend kurze Kette von durchschnittlich sechs Kontakten verbunden ist (Milgram, 1967). Dieses sogenannte „Small World Phänomen“, das auch unter dem Schlagwort „Six Degrees of Separation“ bekannt wurde, ist sowohl im offline als auch im online Kontext beobachtbar (z. B. Dodds et al. (2003); Leskovec und Horvitz (2008); Travers und Milgram (1969)). Aufgrund dieser Erkenntnisse kann man davon ausgehen, dass die Mehrzahl der Akteure eines sozialen Netzwerks einen einzigen zusammenhängenden Graphen bildet. Daneben können zwar auch kleinere Mitgliedergruppen, die hinsichtlich ihrer Vernetzung separat analysiert werden müssen, und einzelne Mitglieder ohne jegliche Beziehung zu weiteren Akteuren existieren (Kumar et al., 2006; Mislove et al., 2007). Die folgenden Ausführungen fokussieren jedoch zusammenhängende soziale Netzwerke bzw. solche Teilgraphen, in denen jeder Akteur mit jedem weiteren direkt oder indirekt in Verbindung steht. Weiterhin belegen zahlreiche Untersuchungen, dass es sich bei sozialen Netzwerken meist um skalenfreie Netzwerke handelt, in denen die Anzahl der Kontakte nicht gleichmäßig über alle Mitglieder verteilt ist (z. B. Barabási und Bonabeau (2003); Ebel et al. (2002); Kumar et al. (2006); Mislove et al. (2007)). Vielmehr existieren in derartigen Netzwerken zahlreiche gering vernetzte und nur wenige stark ins Netzwerk eingebundene Akteure – sogenannte Hubs (vgl. Abb. III-1). Diese Hubs fungieren als Bindeglied zwischen einzelnen Gruppierungen untereinander stark vernetzter Mitglieder. Insgesamt unterscheidet sich die Vernetzung der einzelnen Mitglieder eines sozialen Netzwerks damit i. d. R. erheblich voneinander. Um diejenigen Akteure zu identifizieren, die eine zentrale Position in einem sozialen Netzwerk einnehmen, bietet sich daher ein Rückgriff auf in der SNA entwickelte VM an. Im folgenden Abschnitt wird darum der Stand der Forschung im Hinblick auf VM in sozialen Netzwerken dargelegt.

2.2 Vernetzung und Vernetzungsmaße in sozialen Netzwerken

Die Vernetzung von Akteuren in sozialen Netzwerken ist seit vielen Jahren zentraler Untersuchungsgegenstand der SNA. Dabei beschränkt sich die Diskussion oftmals vereinfachend auf ungerichtete, ungewichtete soziale Netzwerke. Allerdings existiert selbst für diese relativ einfachen Graphen kein einheitliches Verständnis einer „zentralen Netzwerkposition“ eines Akteurs (im Englischen Node Centrality) (Borgatti und Everett, 2006, S. 467). Vielmehr gibt es einige sehr unterschiedliche Konzepte und kontextspezifische Interpretationen für die Zentralität eines Knotens (Borgatti und Everett, 2006, S. 467), die u. a. aus unterschiedlichen Zielen des Einsatzes von VM resultieren. Im Folgenden werden daher zunächst vier wesentliche Grundkonzepte von guter Vernetzung dargelegt. Im einfachsten Fall stellt die Anzahl der direkten Kontakte eines Netzwerkmitglieds einen sinnvollen Indikator für eine zentrale Netzwerkposition dar. Der Vorteil dieser Interpretation der Zentralität eines Akteurs, deren Standardvertreter die Degree Centrality (DC) ist (Nieminen, 1974; Shaw, 1954), besteht dabei in der relativ leichten Interpretierbarkeit und Kommunizierbarkeit der Ergebnisse. Ein zweites Konzept beruht auf der Grundidee, dass Knoten, die eine geringe Distanz zu anderen Knoten aufweisen und infolgedessen sehr effektiv Informationen im Netzwerk verbreiten können, eine zentrale Position im Netzwerk einnehmen (Beauchamp, 1965; Sabidussi, 1966). Hierzu gehört die Closeness Centrality (CC), bei der ein Akteur dann als zentral in das Netzwerk eingebunden gilt, wenn er für die Kontaktaufnahme mit anderen Akteuren auf nur wenige Intermediäre angewiesen und damit strukturell relativ unabhängig ist. Dementsprechend fließt in die Berechnung dieses VM die Länge der kürzesten Wege zu allen anderen Akteuren im Netzwerk ein, während Weiterentwicklungen der CC sogar die Länge alle Wege zwischen den Akteuren in die Berechnung integrieren (z. B. Newman, 2005). Ein drittes Konzept hingegen setzt Vernetzung mit der Kontrolle des Informationsflusses, die ein Netzwerkmitglied aufgrund seiner Position im Netzwerk ausüben kann, gleich. Dabei wird implizit unterstellt, dass die Kommunikation und Interaktion zwischen zwei nicht direkt in Beziehung stehenden Akteuren von den dazwischenliegenden Akteuren abhängig sind. Der bekannteste Vertreter dieses Konzepts ist die Betweenness Centrality (BC). Dabei wird zur Bestimmung der Vernetzung eines Akteurs die Anzahl der kürzesten Wege zwischen allen Akteuren im Netzwerk, auf denen der betrachtete Akteur liegt, ins Verhältnis zur Anzahl aller kürzesten Wege im Netzwerk gesetzt (Bavelas,

1948; Freeman, 1977; Shaw, 1954). Die Gemeinsamkeit der bisher dargestellten Vernetzungskonzepte liegt darin, dass indirekten Kontakten keine oder nur eine geringe Relevanz beigemessen wird, d. h. diese fließen nicht oder nur indirekt in die Quantifizierung der Vernetzung ein. Hier setzen die sogenannten Influence Measures an, für die Akteure dann zentral ins Netzwerk eingebunden sind, wenn die mit ihnen verbundenen Netzwerkmitglieder mit möglichst vielen weiteren gut vernetzten Akteuren in Beziehung stehen. Zu den bekanntesten Vertretern dieser rekursiv definierten VM zählen die Eigenvektorzentralität (EC) (Bonacich, 1972), das VM von Bonacich (Bonacich, 1972) und das VM von Katz (Katz, 1953). Neben den dargestellten Vertretern der vier Grundkonzepte von guter Vernetzung wurde im Laufe der Jahre eine Fülle an weiteren VM definiert (vgl. z. B. Bonacich und Lloyd (2001); Freeman et al. (1991); Lee et al. (2009); Rousseau und Zhang (2008)), welche z. B. die Integration von Kantengewichten oder von gerichteten Beziehungen ermöglichen bzw. für spezielle Anwendungen bzw. Netzwerktypen geeignet sind. I. d. R. stellen sie jedoch Abwandlungen oder Weiterentwicklungen der bereits diskutierten VM dar und werden daher im vorliegenden Beitrag nicht weiter ausgeführt. Für die mathematische Berechnung der einzelnen VM wurden unterschiedliche Algorithmen entwickelt, die sich jedoch hinsichtlich ihrer Komplexität z. T. erheblich unterscheiden. Während bei der DC lediglich die direkten Kontakte der n Knoten im Netzwerk abgezählt werden müssen (Komplexität von $O(n)$), beläuft sich die Komplexität der BC in ungewichteten Graphen gemäß der Arbeit von Brandes (2001) auf $O(n \cdot m)$, wobei m die Anzahl der Kanten im Netzwerk bezeichnet.¹ Gleichzeitig ermöglicht dieser Algorithmus die Berechnung weiterer distanzbasierter VM wie der CC, für die weitere Algorithmen und Heuristiken in Okamoto et al. (2008) diskutiert werden. Die Komplexität für die Berechnung der EC beträgt laut Kiss und Bichler (2008) $O(n^2)$, während beim VM von Katz das Invertieren der Adjazenzmatrix zunächst eine Komplexität von $O(n^3)$ induziert. Diese kann allerdings durch Anwendung des Algorithmus von Coppersmith und Winograd (1990) auf $O(n^{2.376})$ reduziert werden.

Ausgehend von der Definition unterschiedlicher VM hat sich eine lebhafte Diskussion hinsichtlich der Eigenschaften und Robustheit (z. B. bei fehlerhaften oder unvollständigen Daten über die Netzwerkstruktur) verschiedener VM entwickelt. Dementsprechend

¹ Genügt statt einer exakten Berechnung die Approximation der Werte der BC, so kann auf den noch schnelleren Algorithmus von Bader et al. (2007) zurückgegriffen werden.

existieren einerseits zahlreiche empirische Arbeiten, die den Einsatz von VM anhand verschiedener realer oder simulierter Netzwerke diskutieren. Andererseits lässt sich eine Vielzahl weiterer Arbeiten ausmachen, die ausgehend von der Konzeption unterschiedlicher VM Rückschlüsse auf deren Eigenschaften oder Eignung für unterschiedliche Anwendungsfälle ableiten. Tab. III-1 gibt einen Überblick über relevante Beiträge, welche nach den Dimensionen Fokus (empirisch vs. konzeptionell), Vorgehen und analysierte VM klassifiziert werden.

Im Bereich der Anwendung von VM auf reale oder simulierte Netzwerke diskutiert bspw. Bolland (1988) die Robustheit der DC, CC, BC und des VM von Bonacich bei zufälliger und systematischer Variation der zugrundeliegenden Netzwerkstruktur. Ergebnis der Analyse ist, dass die BC i. A. sehr instabil hinsichtlich der Variation der Netzwerkstruktur ist, während bei der DC und der CC bei einer zufälligen oder systematischen Änderung der zugrundeliegenden Netzwerkstruktur eine im Vergleich meist geringere Schwankung des Vernetzungswertes zu beobachten ist. Am wenigsten sensitiv im Hinblick auf eine zufällige oder systematische Variation der Netzwerkstruktur ist nach den Untersuchungen von Bolland (1988) allerdings das VM von Bonacich. Einen weiteren Beitrag zur Diskussion der Robustheit unterschiedlicher VM liefern Borgatti et al. (2006), die zunächst vier verschiedene Fehlerarten (das Hinzufügen oder Löschen einer Kante bzw. eines Knotens) definieren und dann die VM DC, CC, BC und EC hinsichtlich dieser unterschiedlichen Fehlerarten vergleichen. Die Haupte Erkenntnis der Untersuchung ist, dass die vier VM sehr ähnlich auf Manipulationen der Netzwerkstruktur reagieren, wobei die BC minimal schlechter abschneidet als die anderen drei VM. Frantz et al. (2009) erweitern diese Untersuchung um die Differenzierung im Hinblick auf fünf unterschiedliche Netzwerk-Topologien und gelangen zu dem Ergebnis, dass die Robustheit der vier untersuchten VM auch von der jeweiligen Topologie des Netzwerks abhängig ist. Auch Costenbader und Valente (2003) analysieren die Stabilität verschiedener VM bei Vorliegen fehlerhafter oder unvollständiger Informationen über die Struktur eines Netzwerks (z. B. bei Untersuchung einer Stichprobe des Netzwerks). Neben den klassischen VM DC, CC, BC, EC sowie dem VM von Bonacich beziehen sie in ihre Untersuchung zwei weitere VM ein und weiten die Betrachtung zudem auf gerichtete Graphen aus.

Tab. III-1 Ansätze zur Analyse von VM

Autoren	Fokus	Vorgehen	Analysierte VM
Bolland (1988)	konzeptionell & empirisch	Diskussion der zugrundeliegenden Annahmen und Analyse der Robustheit unterschiedlicher VM bei zufälliger und systematischer Variation der Netzwerkstruktur	DC, CC, BC, VM von Bonacich
Borgatti (2005)	konzeptionell	Diskussion der Eignung unterschiedlicher VM für verschiedene Arten des Netzwerkflusses	DC, CC, BC, EC
Borgatti et al. (2006)	empirisch	Analyse der Robustheit unterschiedlicher VM bei verschiedenen Fehlerarten	DC, CC, BC, EC
Costenbader und Valente (2003)	empirisch	Analyse der Robustheit unterschiedlicher VM bei Anwendung auf eine Stichprobe des Gesamtnetzwerks	DC, CC, BC, EC, VM von Bonacich, Integration, Radiality
Freeman (1979)	konzeptionell & empirisch	Diskussion unterschiedlicher Vernetzungskonzepte und Anwendung zugehöriger VM auf verschiedene Beispielgraphen	DC, CC, BC
Freeman et al. (1980)	konzeptionell & empirisch	Identifikation eines geeigneten VM für den Anwendungsfall „Problemlösung in Gruppen“	DC, CC, BC
Gneiser et al. (2010)	konzeptionell	Entwicklung von Anforderungen an VM für den Kontext Online Social Networks	DC, CC, BC, PageRank-basiertes VM
Kiss und Bichler (2008)	empirisch	Vergleich der Performance unterschiedlicher VM im Kontext „Identifikation von einflussreichen Akteuren in Kundennetzwerken im Telekommunikationsbereich“	DC, CC, BC, EC, PageRank-basiertes VM, Edge-weighted DC, HITS-basiertes VM, SenderRank VM
Mutschke (2008)	konzeptionell	Diskussion verschiedener Anomalien von VM	DC, CC, BC
Nieminen (1974)	konzeptionell	Entwicklung von Axiomen für VM	DC
Sabidussi (1966)	konzeptionell	Entwicklung von Axiomen für VM	Unterschiedliche Indizes

Für ungerichtete, ungewichtete soziale Netzwerke kommen sie zu dem Ergebnis, dass die anhand einer Stichprobe des Gesamtnetzwerks bestimmten Vernetzungswerte einzelner Akteure bei der EC (vor der DC, der CC und der BC) die höchsten durchschnittlichen Korrelationen mit den Vernetzungswerten der einzelnen Akteure im Gesamtnetzwerk aufweisen. Dabei schneidet allerdings die BC deutlich schlechter ab als die übrigen drei

VM, was auf eine sich grundlegend unterscheidende Zentralitätsauffassung bei diesem VM hindeutet (Bolland, 1988). Die hier diskutierten Untersuchungen zur Robustheit von VM bei Variation der Netzwerkstruktur sind insofern von großer Bedeutung, als dass die für eine Analyse von sozialen Netzwerken herangezogenen Beziehungen zwischen den Akteuren sowohl im Offline- als auch im Online-Kontext i. d. R. nur ein verzerrtes Bild des realen sozialen Netzwerks der einzelnen Akteure widerspiegeln. Anwender von VM sind also häufig mit dem Problem unvollständiger Information über die Struktur des Netzwerks konfrontiert oder haben nicht die notwendigen Ressourcen, um die Struktur großer, komplexer Netzwerke vollständig zu erheben. Daher ist das Wissen um die Robustheit des verwendeten VM hochrelevant.

Neben Betrachtungen zur Robustheit unterschiedlicher VM existieren weitere Arbeiten, die Unterschiede in den Ergebnissen bei Anwendung verschiedener VM aufzeigen und analysieren. So beschreibt bspw. Mutschke (2008) sechs verschiedene Anomalien (d. h. hoher Wert eines Akteurs bei Verwendung eines VM und zugleich niedriger Wert bei Verwendung anderer VM) bei der Anwendung der VM DC, BC und CC und gibt jeweils eine mögliche Begründung für die auftretenden Unterschiede in der Vernetzungsgüte an. In weiteren Beiträgen werden die z. T. erheblichen Abweichungen in den Rangfolgen der verschiedenen Akteure eines sozialen Netzwerks bei Anwendung unterschiedlicher VM thematisiert (z. B. Freeman (1979); Freeman et al. (1980); Kiss und Bichler (2008)). Dabei definiert sich die Rangfolge der Akteure als Reihenfolge nach absteigendem Wert des jeweiligen VM. In diesem Zusammenhang kommt z. B. Freeman (1979) beim Vergleich der VM DC, CC und BC für alle möglichen Graphen mit fünf Akteuren zu dem Ergebnis, dass die Rangfolge der einzelnen Akteure für die unterschiedlichen VM stark variiert. Dies bestätigt auch die Arbeit von Freeman et al. (1980), in der die VM DC, CC und BC auf weitere Beispielnetzwerke angewendet werden. Zudem wird in diesem Beitrag die Eignung der drei VM zur Identifikation von Schlüsselpersonen im Kontext „Problemlösung in Gruppen“ evaluiert. Neuere Arbeiten thematisieren die Eignung unterschiedlicher VM für weitere Anwendungsfälle (z. B. Borgatti (2006); Hossain et al. (2007); Kiss und Bichler (2008); Lee et al. (2010); Gloor et al. (2009)). So untersuchen bspw. Kiss und Bichler (2008) die Güte unterschiedlicher VM im Hinblick auf die Nachrichtenverbreitung in einem Telekommunikationsnetzwerk. Dabei legen sie ein definiertes Diffusionsmodell zugrunde und beziehen neben den klassischen VM DC, CC, BC und EC

auch neuere Konzepte (wie z. B. PageRank-basierte VM, die Edge-weighted DC, ein HITS-basiertes VM und ein SenderRank VM) (Kiss und Bichler, 2008, S. 236f.) in ihre Untersuchungen ein. Das zentrale Ergebnis dieser Untersuchung lautet, dass sich die Vernetzungsgüte einzelner Akteure bei Anwendung der verschiedenen VM erheblich voneinander unterscheidet, wobei sich das SenderRank VM sowie das relativ einfache VM Out-Degree (eine gerichtete Version der DC) in diesem Anwendungsfall am besten für die Identifikation von Schlüsselpersonen eignen. Einer ähnlichen Fragestellung widmen sich Hossain et al. (2007), die reale Daten aus dem Mobilfunkbereich hinsichtlich der vier VM DC, CC, BC und EC auswerten, um so den Zusammenhang zwischen der Zentralität eines Akteurs und seinen Möglichkeiten zur Informationsverbreitung zu evaluieren. Dabei stellt sich heraus, dass erst durch Kombination unterschiedlicher VM die für die Informationsverbreitung wichtigsten Akteure identifiziert werden können. Lee et al. (2010) thematisieren eine verwandte Problemstellung und untersuchen die Eignung der VM DC und BC als Indikator für den Einfluss einzelner Kunden auf das Verhalten des gesamten Kundenstamms. Hierzu führen die Autoren verschiedene Feldstudien durch und werten die Selbst- bzw. Fremdeinschätzungen der beteiligten Akteure im Hinblick auf ihren Einfluss auf andere Kunden aus. Ergebnis ihrer Analyse ist, dass die BC in beiden Fällen in positivem Zusammenhang mit der Meinungsführerschaft steht, während die Out-Degree Centrality nur hinsichtlich der Selbsteinschätzung der befragten Akteure gut abschneidet. Auch Borgatti (2006) untersucht die Güte von VM für die Identifikation von Schlüsselpersonen und zwar einerseits im Hinblick auf die Verbreitung einer Ressource im Netzwerk und andererseits falls das Netzwerk zerschlagen werden soll. Er kommt zu dem Ergebnis, dass sich von den traditionellen VM für den ersten Fall die CC am besten eignet, während im zweiten Fall die BC vorzuziehen ist. Da diese VM die jeweilige Problemstellung jedoch nicht abschließend lösen, entwickelt Borgatti (2006) zusätzlich neue VM, die sich besser für die untersuchten Fragestellungen eignen. Vergleicht man die Ergebnisse der hier diskutierten Arbeiten zur Analyse der Vernetzungsgüte einzelner Akteure bei Anwendung verschiedener VM, so bleibt festzuhalten, dass unterschiedliche VM z. T. erheblich voneinander abweichende Ergebnisse im Hinblick auf die Vernetzungsgüte einzelner Akteure liefern.

Neben den bisher diskutierten empirischen Arbeiten, existieren in der SNA auch einige konzeptionelle Untersuchungen zu den Eigenschaften und zugrundeliegenden Annahmen

von VM. So expliziert Bolland (1988) für die VM DC, CC und BC sowie das VM von Bonacich den jeweils unterstellten Netzwerkfluss für die Weitergabe einer Ressource (wie z. B. Information) und die damit einhergehenden Übertragungsverluste. Er stellt dabei fest, dass unterschiedlichen VM implizit verschiedene Annahmen hinsichtlich der Verluste, die bei Übertragung einer Ressource von einem Akteur zum nächsten entstehen, zugrundeliegen. Während die DC vom vollständigen Verlust der übertragenen Ressource nach einer Weitergabe ausgeht, unterstellen die BC sowie das VM von Bonacich einen verlustfreien Transport der Ressource, d. h. die Ressource verschlechtert sich nicht. Bei der CC wird hingegen ein allmählicher Verlust der Ressource mit zunehmender Anzahl an Weitergaben angenommen. Auch Borgatti (2005) thematisiert anhand einiger beispielhafter Anwendungsfälle für VM unterschiedliche Möglichkeiten des Netzwerkflusses und ordnet diesen geeignete VM zu. Allerdings nimmt Borgatti (2005) diese Zuordnung lediglich argumentativ vor, d. h. er gibt keine quantitativen Kriterien zur intersubjektiven Überprüfung der Eignung einzelner VM für bestimmte Anwendungsfälle an. Weitere Autoren (z. B. Nieminen, 1974; Sabidussi, 1966) nähern sich der Frage nach der Güte eines VM durch die Formulierung von axiomatischen Anforderungen an die Eigenschaften und das Verhalten von VM. Auch für den Spezialfall Online Social Networks existieren erste Arbeiten, die darauf abzielen, die Charakteristika (z. B. hohe Relevanz der indirekten Kontakte eines Akteurs) dieser Web-basierten sozialen Netzwerke bei der Ableitung von Anforderungen an ein VM zur Quantifizierung der Vernetzung einzelner Akteure stärker zu berücksichtigen (vgl. z. B. Gneiser et al., 2010). Allerdings fehlt in diesen Arbeiten weitgehend die Motivation bzw. Begründung, weshalb und in welchen Fällen VM die Anforderungen erfüllen sollten. Zudem sind diese Anforderungen z. T. von qualitativer Natur, so dass eine intersubjektive Überprüfung ihrer Gültigkeit für verschiedene VM erschwert wird.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass in den bisherigen Arbeiten zu Vernetzung und VM in sozialen Netzwerken unterschiedlichste Konzepte von guter Vernetzung definiert und darauf aufbauend verschiedene VM entwickelt werden. Weiterhin existieren sowohl zahlreiche empirische als auch konzeptionelle Arbeiten, welche unterschiedliche VM vergleichen und ihre Eignung für verschiedene Anwendungsfälle, Netzwerktypen oder Netzwerkflüsse diskutieren. Die jeweiligen Autoren zielen in diesem Zusammenhang einerseits auf die Darstellung und Diskussion von Anomalien unterschiedlicher VM

und andererseits auf die Identifikation des für den jeweils betrachteten Anwendungsfall oder Netzwerkfluss am besten geeigneten VMs ab. Aus der betrachteten Literatur wird deutlich, dass unterschiedliche VM z. T. erheblich voneinander abweichende Ergebnisse im Hinblick auf die Vernetzungsgüte einzelner Akteure liefern. Daher müssen bei der Auswahl eines VM sowohl die Spezifika unterschiedlicher VM als auch die z. T. stark variierenden Anforderungen verschiedener Anwendungsfälle berücksichtigt werden. Hier setzt der vorliegende Beitrag an, indem er angesichts stark variierender Erkenntnisse zur Güte verschiedener VM die enorme Relevanz einer reflektierten Nutzung von VM in verständlicher Form illustriert. Aufbauend auf den Erkenntnissen der SNA-Literatur werden im folgenden Kapitel dazu drei einfache allgemeine, quantitative und damit intersubjektiv prüfbare Eigenschaften von VM in sozialen Netzwerken motiviert und formuliert, wobei teilweise auf die Arbeiten von Nieminen (1974) und Sabidussi (1966) zurückgegriffen wird. Die drei Eigenschaften werden anschließend zur Analyse einiger der am häufigsten diskutierten und verwendeten VM der SNA herangezogen.

3 Eigenschaften von Vernetzungsmaßen in sozialen Netzwerken

Formal ist ein Maß zur Quantifizierung der Vernetzung eines Knotens x in einem Graphen G eine Abbildung $\sigma^G: V_G \rightarrow \mathbb{R}_0^+$ die jedem $x \in V_G$ eine nichtnegative reelle Zahl zuordnet, wobei ein höherer Wert von σ^G eine bessere Vernetzung anzeigt. Dabei soll die Anwendung des VM bei identischer Vernetzungsstruktur zweier Knoten x und y im Netzwerk für beide Knoten denselben Wert $\sigma^G(x) = \sigma^G(y)$ liefern (Nieminen, 1974, S. 333; Sabidussi, 1966, S. 592). Zwei Knoten x und y gelten in diesem Zusammenhang als strukturgleich ins Netzwerk eingebunden, wenn eine Umbenennung aller Knoten des Netzwerks derart möglich ist, dass alle vorhandenen Kanten erhalten bleiben und x auf y abgebildet wird, d. h. wenn ein Automorphismus² $\eta: V_G \rightarrow V_G$ mit $y = \eta(x)$ existiert. In Abb. III-2 sind bspw. die Knoten 1 und 5 sowie die Knoten 2 und 4 strukturgleich ins Netzwerk eingebunden, da diese Knoten durch $2 \rightarrow 4$, $4 \rightarrow 2$, $3 \rightarrow 3$, $1 \rightarrow 5$, $5 \rightarrow 1$ jeweils aufeinander abgebildet werden können und dabei die Kanten $(1,2)$, $(4,5)$, $(2,3)$, $(3,4)$ sowie $(2,4)$ erhalten bleiben.

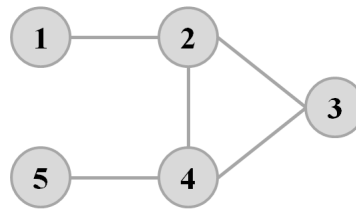


Abb. III-2 Beispielnetzwerk zur Erläuterung der Strukturgleichheit

Bei der nun folgenden Motivation von drei einfachen allgemeinen Eigenschaften von VM in ungerichteten, ungewichteten, sozialen Netzwerken wird stets ein zusammenhängender Graph G unterstellt. Weiterhin werden Aussagen über das gewünschte Verhalten eines VM bei Hinzufügen einer neuen Kante getroffen. Dadurch wird das Netzwerk von einem Zustand 1 (mit zugehörigem Graph G) in einen Zustand 2 (mit zugehörigem Graph G') überführt. Das Entfernen einer Kante entspricht in diesem Zusammenhang genau der entgegengesetzten Operation und geht mit der Umkehrung der Aussage einher. Aus diesem Grund wird im Folgenden lediglich der Fall des Hinzufügens einer Kante betrachtet.

Durch eine zusätzliche Beziehung eines Mitglieds x zu einem anderen Akteur y im Netzwerk verbessern sich dessen Kommunikations- und Interaktionsmöglichkeiten insbesondere dann, wenn x dadurch eine unmittelbarere Verbindung (d. h. geringerer Distanz) zu y gewinnt. Die Distanz $d_G(x, y)$ zwischen den Akteuren x und y ist dabei definiert als die minimale Länge aller Wege in G , die von x nach y führen. Davis (1969, S. 549) geht in diesem Zusammenhang davon aus, dass der Informationsfluss zwischen zwei Akteuren proportional zu ihrer Verbindungslänge abnimmt. Daher sind sowohl der Umfang als auch die Qualität der zwischen zwei Akteuren übermittelten Informationen i. d. R. umso höher, je geringer ihre Distanz ist. Zudem kann bei einer verhältnismäßig geringen Anzahl von Kontakten, die zwischen zwei Akteuren liegen, die Kontaktaufnahme im Normalfall schneller erfolgen und die einzelnen Akteure weisen tendenziell eine höhere Bereitschaft auf, relevante Informationen preiszugeben (Algesheimer und von Wangenheim, 2006). Darüber hinaus ist das Vertrauen in die von anderen Mitgliedern weitergegebenen Nachrichten bei einer größeren Nähe der Akteure zueinander meist höher. Insgesamt birgt folglich ein Akteur x bei Vorliegen einer unmittelbareren Verbindung zu

² Ein Automorphismus ist ein Isomorphismus von einem Graphen auf sich selbst, wobei zwei Graphen $G = (V_G, E_G)$ und $G' = (V_{G'}, E_{G'})$ isomorph genannt werden, wenn eine bijektive Abbildung $\eta: V_G \rightarrow V_{G'}$ mit $(a, b) \in E_G$ genau dann, wenn $(\eta(a), \eta(b)) \in E_{G'}$ für alle $a, b \in V_G$ existiert.

einem Akteur y ein höheres Potenzial im Hinblick auf den Informationsaustausch als ohne diese zusätzliche Verbindung. Dies sollte sich positiv im Wert des VM von x widerspiegeln, was in der folgenden Eigenschaft 1 ausgedrückt wird:

Eigenschaft 1 [Monotonie bzgl. der Distanz der Akteure]

Verringert sich durch eine zusätzliche Beziehung die Distanz des Akteurs x zu mindestens einem anderen Akteur y im Netzwerk, so steigt die Vernetzung von x .

Formal bedeutet dies:

Wenn $V_G = V_{G'}$, $v, w, x, y \in V_G$, $v \neq w$, $x \neq y$, $(v, w) \notin E_G$, $E_{G'} = E_G \cup (v, w)$ und für den Abstand zwischen x und y aufgrund der zusätzlichen Beziehung zwischen v und w $d_{G'}(x, y) < d_G(x, y)$ gilt, folgt: $\sigma^{G'}(x) > \sigma^G(x)$.

Aufgrund der Symmetrie der Beziehungen folgt in diesem Fall auch: $\sigma^{G'}(y) > \sigma^G(y)$.

Des Weiteren ist es für die Interaktion in einem sozialen Netzwerk von Vorteil, wenn ein Akteur ein anderes Mitglied auf unterschiedlichen Pfaden ansprechen kann (Davis, 1969, S. 549). Dadurch können einerseits Störungen des Informationsflusses entlang eines einzelnen Pfades ausgeglichen werden. Andererseits erhält der Akteur im Normalfall über verschiedene Pfade mehr Informationen von und über eine größere Anzahl an indirekten Kontakten. Darüber hinaus wirken mehrere Pfade zu einem anderen Mitglied i. A. vertrauensfördernd. Dies ist darauf zurückzuführen, dass in diesem Fall mehrere, unmittelbare Kontakte des Akteurs eine Beziehung zu diesem Mitglied unterhalten und damit unabhängig voneinander dessen Vertrauenswürdigkeit anzeigen. Dabei ist aufgrund der genannten Vorteile einer geringeren Distanz zwischen zwei Akteuren ein Pfad umso wertvoller, je kürzer dieser ist. Existieren mehrere Pfade kürzester Länge von einem Netzwerkmitglied zu einem anderen, so wird dieser zudem unabhängiger vom Einfluss einzelner dazwischenliegender Akteure (Freeman, 1979, S. 221). Daher sollte sich eine Steigerung der Anzahl an Pfaden kürzester Länge positiv auf den Wert des VM von x auswirken. Dies wird in der folgenden Eigenschaft 2 festgehalten:

Eigenschaft 2 [Monotonie bzgl. der Anzahl kürzester Pfade zwischen Akteuren]

Erhöht sich durch eine zusätzliche Beziehung die Anzahl an Pfaden kürzester Länge von einem Akteur x zu mindestens einem anderen Akteur y im Netzwerk, so steigt die Vernetzung von x .

Formal bedeutet dies:

Wenn $V_G = V_{G'}$, $v, w, x, y \in V_G$, $v \neq w$, $x \neq y$, $(v, w) \notin E_G$, $E_{G'} = E_G \cup (v, w)$ und für den Abstand zwischen x und y aufgrund der zusätzlichen Beziehung zwischen v und w

$d_{G'}^{(v,w)}(x, y) = d_G(x, y)$ gilt, folgt: $\sigma^{G'}(x) > \sigma^G(x)$.

Aufgrund der Symmetrie der Beziehungen folgt in diesem Fall auch: $\sigma^{G'}(y) > \sigma^G(y)$.

Von einer zusätzlichen Beziehung zwischen den Akteuren x und y profitieren aufgrund der Annahme symmetrischer Beziehungen stets beide beteiligten Akteure, da sie durch die neue Beziehung einen ggf. besseren Zugang zum Netzwerk des jeweils anderen erhalten. Ist der Akteur x zuvor besser vernetzt als der Akteur y , so ist davon auszugehen, dass diese Rangfolge der Akteure hinsichtlich ihres Vernetzungswertes auch nach Hinzukommen der neuen Beziehung erhalten bleibt. Der Akteur y kann nämlich maximal so sehr vom Netzwerk des Akteurs x profitieren wie dieser selbst, da x noch immer einen unmittelbareren Zugang zu seinem (besser bewerteten) Netzwerk hat als y et vice versa. Dies wird in der folgenden Eigenschaft 3 ausgedrückt:

Eigenschaft 3 [Erhalt der Rangfolge von Akteuren]

Durch eine zusätzliche Beziehung zwischen zwei Akteuren x und y ändert sich die Rangfolge der beiden Mitglieder hinsichtlich des VM nicht.

Formal bedeutet dies:

Wenn $V_G = V_{G'}$, $x, y \in V_G$, $x \neq y$, $\sigma^G(x) > \sigma^G(y)$, $(x, y) \notin E_G$, $E_{G'} = E_G \cup (x, y)$ gilt, folgt: $\sigma^{G'}(x) \geq \sigma^{G'}(y)$.

Wenn sogar $\sigma^G(x) = \sigma^G(y)$ gilt, folgt: $\sigma^{G'}(x) = \sigma^{G'}(y)$

Die Eigenschaften 1 bis 3 stellen drei einfache allgemeine Anforderungen an das Verhalten von VM in sozialen Netzwerken dar, die in verschiedenen Anwendungen erwünscht sein können. In Kapitel 4 werden nun einige Vertreter der in Kapitel 2 vorgestellten VM daraufhin näher untersucht.

4 Analyse von Vernetzungsmaßen

Im Folgenden werden fünf VM jeweils zunächst formal definiert und anhand eines Beispielnetzwerks illustriert sowie anschließend im Hinblick auf die zuvor formulierten Eigenschaften analysiert. Die Auswahl beschränkt sich dabei auf einige der in der SNA-Literatur am häufigsten verwendeten VM und bildet mit der DC, CC und BC sowie den beiden Influence Measures EC und VM von Katz einen Querschnitt über die in Kapitel 2 dargestellten unterschiedlichen Grundkonzepte von guter Vernetzung.

4.1 Degree Centrality

Die DC σ_D stellt das einfachste VM dar und ermittelt die Anzahl der direkten Kontakte als Indikator für die Güte der Vernetzung eines Netzwerkmitglieds (Nieminen, 1974, S. 333). Sie kann unter Verwendung der Adjazenzmatrix $A = (a_{ij})$ wie folgt formalisiert werden:

$$\sigma_D(x) = \sum_{i=1}^n a_{ix} \quad (1)$$

Der Wert $\sigma_D(x)$ für einen Knoten x ist folglich umso höher, je mehr direkte Kontakte ein Knoten x besitzt. Im Netzwerk aus Abb. III-3 ist bspw. $\sigma_D(1) = 1$, da Akteur 1 lediglich einen direkten Kontakt zu Akteur 2 besitzt. Demgegenüber ergibt sich für Akteur 4 ein Wert von 3.

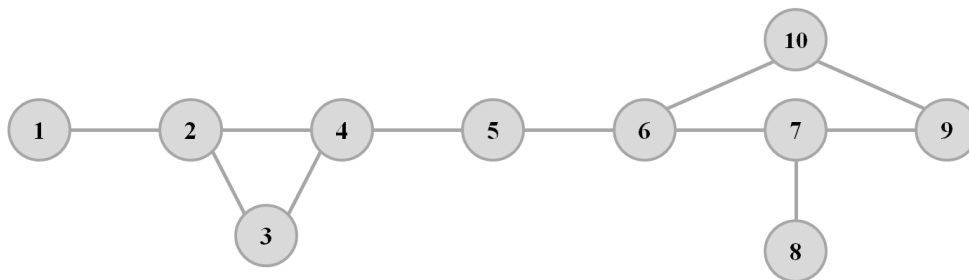


Abb. III-3 Beispielnetzwerk zur Illustration der Vernetzungsmaße

In Tab. III-2 sind die Werte der DC für alle Mitglieder des Beispielnetzwerks dargestellt. Zusätzlich ist hier die Rangfolge (kurz „Rang“) der Akteure, d. h. deren Reihenfolge nach absteigendem Wert der DC, angegeben. Dabei nehmen die Akteure 2, 4, 6 und 7 den Rang 1 ein und sind damit die nach diesem VM am besten ins Netzwerk eingebundenen Mitglieder.

Tab. III-2 Ergebnisse Degree Centrality

Degree Centrality										
Akteur x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\sigma_D(x)$	1	3	2	3	2	3	3	1	2	2
Rang	9	1	5	1	5	1	1	9	5	5

Hinsichtlich der Eigenschaften 1 bis 3 besteht ein wesentlicher Nachteil der DC darin, dass indirekte Kontakte nicht berücksichtigt werden. Eine Verringerung des Abstands von einem Akteur x zu einem anderen Akteur y aufgrund einer hinzukommenden Beziehung führt daher in den meisten Fällen nicht zu einer Erhöhung des Wertes des VM.³ Auch die Intensivierung einer Verbindung kürzester Länge zwischen x und y steigert den Wert des VM nicht, da bei der DC lediglich direkte Kontakte einbezogen werden. Eine direkte Verbindung zwischen den Akteuren x und y kann jedoch in einem ungerichteten, ungewichteten Netzwerk maximal einmal vorhanden sein. Insgesamt sind die Eigenschaften 1 und 2 folglich i. A. nicht erfüllt. Im Gegensatz dazu besitzt die DC Eigenschaft 3. Durch eine neue Beziehung gewinnen nämlich beide Akteure einen direkten Kontakt, weshalb die DC beider Mitglieder gleichermaßen um den Wert 1 steigt. Damit bleibt die Rangfolge der Akteure stets unverändert.

³ Eine Ausnahme bildet der Fall, dass die neue Kante (x, y) hinzugefügt wird und sich dadurch $d_G(x, y) = 1$ ergibt.

4.2 Closeness Centrality

Die CC σ_c beruht auf der Grundidee, dass Knoten, die eine geringe Distanz zu anderen Knoten aufweisen, sehr produktiv Informationen im Netzwerk verbreiten können (Beauchamp, 1965). Deshalb werden zur Berechnung der CC $\sigma_c(x)$ eines Knotens x die Distanzen zwischen dem Knoten x und allen anderen Knoten des Netzwerks aufsummiert (Sabidussi, 1966, S. 583). Durch Bildung des Kehrwerts wird erreicht, dass der Wert des VM bei Verringerung der Distanz zu einem anderen Knoten, d. h. einer Verbesserung der Netzwerkeinbindung, ansteigt. Formal bedeutet dies (z. B. Freeman, 1979, S. 225)

$$\sigma_c(x) = \frac{1}{\sum_{i=1}^n d_G(x, i)} \quad (2)$$

Für Akteur 4 im Netzwerk aus Abb. III-3 ergibt sich $\sigma_c(4) = \frac{1}{21}$. Dies ist darauf zurückzuführen, dass für die Akteure $x = 2, 3, 5$ $d_G(4, x) = 1$, für die Akteure $x = 1, 6$ $d_G(4, x) = 2$, für die Akteure $x = 7, 10$ $d_G(4, x) = 3$ und für die Akteure $x = 8, 9$ $d_G(4, x) = 4$ gilt. Tab. III-3 beinhaltet die Vernetzung aller Mitglieder des Netzwerks aus Abb. III-3 bei Anwendung der CC sowie ihre Rangfolge.

Tab. III-3 Ergebnisse Closeness Centrality

Closeness Centrality										
Akteur x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\sigma_c(x)$	$\frac{1}{34}$	$\frac{1}{26}$	$\frac{1}{27}$	$\frac{1}{21}$	$\frac{1}{19}$	$\frac{1}{19}$	$\frac{1}{23}$	$\frac{1}{31}$	$\frac{1}{29}$	$\frac{1}{25}$
Rang	10	6	7	3	1	1	4	9	8	5

Bei der CC führt die Verkürzung des Abstands zu mindestens einem anderen Akteur bei Hinzufügen einer Beziehung dazu, dass der Nenner in Formel (2) kleiner wird. Folglich erhöht sich in diesem Fall der Wert des VM des betrachteten Akteurs und Eigenschaft 1 ist erfüllt. Allerdings finden in Formel (2) lediglich die Distanzen zwischen den einzelnen Akteuren Berücksichtigung. Deshalb wirkt sich eine größere Anzahl an Wegen kürzester Länge zwischen zwei Akteuren nicht positiv auf den Wert des VM aus, was anhand des Netzwerks 4a illustriert werden kann. So ist sowohl vor als auch nach Hinzufügen der

zusätzlichen Beziehung (3,4) $\sigma_C^G(1) = \sigma_C^{G'}(1) = \frac{1}{4}$, obwohl in G' zwei Wege der Länge 2 von Akteur 1 zu Akteur 3 existieren. Im Netzwerk 4b ändert sich zudem die Rangfolge der Akteure 1 und 2. Während zunächst $\sigma_C^G(1) = \frac{1}{13} = \sigma_C^G(2)$ gilt, ergibt sich nach Hinzufügen der Beziehung (1,2) $\sigma_C^{G'}(1) = \frac{1}{10} < \sigma_C^{G'}(2) = \frac{1}{9}$. Folglich ist Eigenschaft 3 ebenfalls verletzt.

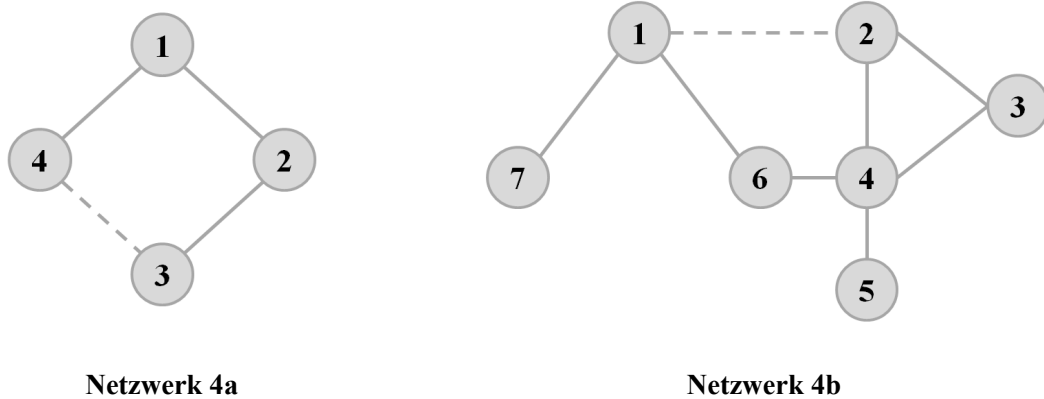


Abb. III-4 Closeness Centrality – Gegenbeispiele zu den Eigenschaften 2 und 3

4.3 Betweenness Centrality

Bei der BC σ_B gilt ein Netzwerkmitglied als gut vernetzt, wenn es auf möglichst vielen der kürzesten Wege zwischen Paaren anderer Knoten liegt. Dabei liegt diesem VM die Annahme zugrunde, dass die Interaktion zwischen zwei nicht direkt verbundenen Knoten x und y von den Knoten, die zwischen x und y liegen, abhängig ist. Nach Freeman (1979, S. 223) berechnet sich die BC $\sigma_B(x)$ für einen Knoten x demzufolge als

$$\sigma_B(x) = \sum_{i=1, i \neq x}^n \sum_{j=1, j < i, j \neq x}^n \frac{g_{ij}(x)}{g_{ij}} \quad (3)$$

wobei g_{ij} die Anzahl der kürzesten Wege von Knoten i zum Knoten j und $g_{ij}(x)$ die Anzahl dieser Wege, die über den Knoten x führen, bezeichnet.

Für Akteur 9 im Netzwerk aus Abb. III-3 ergibt sich bspw. $\sigma_B(9) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 1$, da er jeweils auf einem der beiden kürzesten Wege von den Akteuren 7 und 8 zu Akteur 10

liegt. Die Werte der BC für die übrigen Akteure sowie deren Rangfolge sind in Tab. III-4 aufgeführt.

Tab. III-4 Ergebnisse Betweenness Centrality

Betweenness Centrality										
Akteur x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\sigma_B(x)$	0	8	0	18	20	21	11	0	1	6
Rang	8	5	8	3	2	1	4	8	7	6

Die BC erfüllt keine der geforderten Eigenschaften, wie anhand der Netzwerke aus Abb. III-5 deutlich wird. Im Netzwerk 5a hat Akteur 1 vor Hinzufügen der Beziehung (4,5) einen Wert von $\sigma_B^G(1) = 3$ und danach einen Wert von $\sigma_B^{G'}(1) = 1$, obwohl sich die Distanz zu Akteur 4 durch die neue Beziehung verringert. Folglich ist Eigenschaft 1 verletzt. Netzwerk 5b zeigt, dass auch Eigenschaft 2 bei der BC nicht erfüllt ist. Für Akteur 1 gilt zunächst $\sigma_B^G(1) = 2$ und nach Hinzufügen der Beziehung (3,4) $\sigma_B^{G'}(1) = 0,5$, obwohl aufgrund der zusätzlichen Beziehung zwei Wege der Länge 2 von Akteur 1 zu Akteur 3 existieren. In Netzwerk 5c ändert sich zudem die Rangfolge der Akteure 1 und 2. Während beide vor Hinzufügen der Beziehung (1,2) denselben Wert des VM haben ($\sigma_B^G(1) = 0 = \sigma_B^G(2)$), gilt danach $\sigma_B^{G'}(1) = 1,5 > \sigma_B^{G'}(2) = 0,5$. Demzufolge ist auch Eigenschaft 3 bei der BC nicht erfüllt.

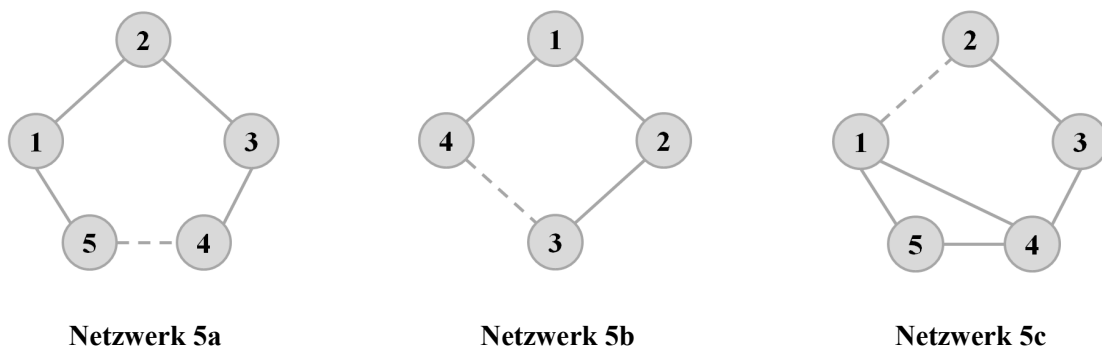


Abb. III-5 Betweenness Centrality – Gegenbeispiele zu den Eigenschaften 1 bis 3

4.4 Eigenvektorzentralität

Die EC σ_E beruht auf der Grundidee, dass eine Beziehung zu einem besser vernetzten Knoten stärker zur eigenen Vernetzung beiträgt als eine Beziehung zu einem schlechter vernetzten Knoten. Für einen Knoten x wird die EC demnach definiert als (Bonacich und Lloyd, 2001)

$$\sigma_E(x) = v_x = \frac{1}{\lambda_{\max}(A)} \cdot \sum_{i=1}^n a_{ix} \cdot v_i \quad (4)$$

wobei $v = (v_1, \dots, v_n)^T$ einen beliebigen Eigenvektor zum maximalen Eigenwert⁴ $\lambda_{\max}(A)$ der Adjazenzmatrix A bezeichnet.

In Tab. III-5 sind die Werte der EC für die Akteure 1 bis 10 im Netzwerk aus Abb. III-3 sowie die resultierende Rangfolge der Akteure aufgeführt.

Tab. III-5 Ergebnisse Eigenvektorzentralität (mit $\lambda_{\max}(A) = 2,41$)

Eigenvektorzentralität										
Akteur x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\sigma_E(x)$	0,171	0,413	0,363	0,463	0,342	0,363	0,292	0,121	0,221	0,242
Rang	9	2	3	1	5	3	6	10	8	7

Die EC erfüllt ebenso wie die BC keine der geforderten Eigenschaften. Dies kann mittels der Netzwerke aus Abb. III-6 verdeutlicht werden.⁵ Im Netzwerk 6a hat Akteur 1 zunächst den Wert $\sigma_E^G(1) = 0,602$ und nach Hinzufügen der Beziehung (4,6) den Wert $\sigma_E^{G'}(1) = 0,417$, obwohl sich die Distanz des Akteurs 1 zu Akteur 6 verringert hat. Dies widerspricht Eigenschaft 1. In Netzwerk 6b sinkt der Wert des VM für Akteur 4 bei Hinzufügen der neuen Beziehung (1,2) ($\sigma_E^G(4) = 0,604 > \sigma_E^{G'}(4) = 0,530$), obwohl sich der Kontakt von Akteur 4 zu Akteur 2 intensiviert hat. Demzufolge ist Eigenschaft 2

⁴ Als nichtnegative, irreduzible Matrix besitzt A stets einen positiven Eigenwert, der gleich dem Spektralradius ist und zu dem ein Eigenvektor mit positiven Einträgen existiert (Graham, 1987, S. 131).

⁵ Für ausführliche Berechnungen und weitere Ausführungen vgl. Anhang A.

ebenfalls nicht erfüllt. Im Hinblick auf Eigenschaft 3 kann Netzwerk 6c als Gegenbeispiel dienen. Während vor Hinzufügen der Beziehung (4,6) Akteur 4 eine geringere Vernetzung aufweist als Akteur 6 ($\sigma_E^G(4) = 0,271 < \sigma_E^G(6) = 0,311$), ändert sich aufgrund der neuen Beziehung die Rangfolge der beiden Akteure ($\sigma_E^{G'}(4) = 0,435 > \sigma_E^{G'}(6) = 0,421$). Schon diese kleinen Beispielnetzwerke verdeutlichen das zusätzliche Problem, dass die Ergebnisse der EC schwerer interpretierbar und deren Zustandekommen weniger nachvollziehbar sind als bei den übrigen bisher vorgestellten VM.

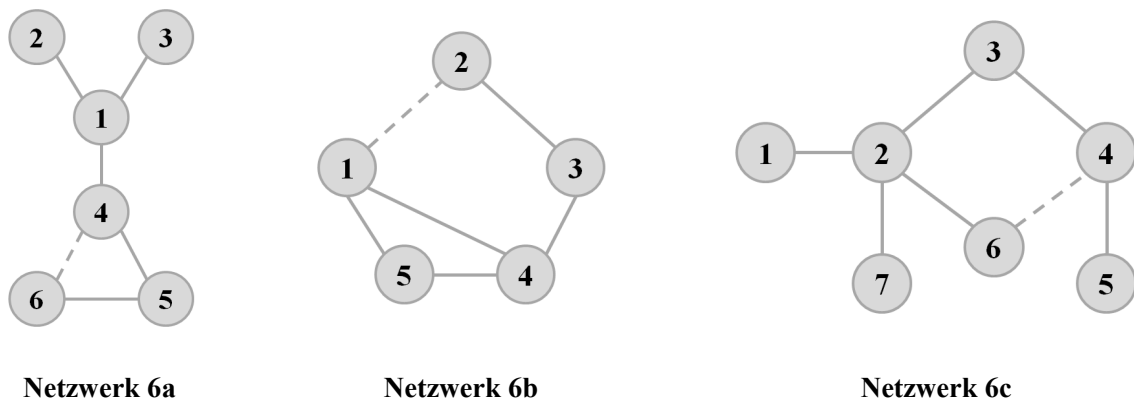


Abb. III-6 Eigenvektorzentralität – Gegenbeispiele zu den Eigenschaften 1 bis 3

4.5 Vernetzungsmaß von Katz

Nach Katz spielt für die Vernetzung eines Mitglieds in einem sozialen Netzwerk ebenfalls nicht nur die Anzahl der direkten Kontakte, sondern auch deren weitere Vernetzung eine wichtige Rolle (Katz, 1953). Deshalb bezieht Katz in die Berechnung seines VM σ_K alle Wege beliebiger Länge ein, die vom betrachteten Knoten x zu den anderen Knoten des Netzwerks führen. Das VM von Katz für den Knoten x wird damit definiert als

$$\sigma_K(x) = 1^T \left(\sum_{i=1}^{\infty} k^i A^i \right) e_x \quad (5)$$

wobei $1 = (1,1,\dots,1)^T$ den $n \times 1$ -Vektor bestehend aus lauter Einsen und $e_x = (0,\dots,0,1,0,\dots,0)^T$ den x -ten Einheitsvektor, sowie k eine (i. d. R. positive) Konstante

darstellt.⁶ Da die zugehörige Adjazenzmatrix $A = (a_{ij})$ lediglich die Werte 0 und 1 enthält, entspricht der Eintrag $\tilde{a}_{xy}$ der Matrix $\tilde{A} = A^i$ der Anzahl der Wege der Länge i von x nach y (Katz, 1953, S. 40).

Zur Konvergenz der Reihe muss k kleiner sein als der Kehrwert des maximalen Eigenwerts $\lambda_{\max}(A)$ der Adjazenzmatrix A (Katz, 1953, S. 42). Damit vereinfacht sich σ_K zu

$$\sigma_K(x) = 1^T((I_n - kA)^{-1} - I_n)e_x \quad (5')$$

wobei I_n die Einheitsmatrix der Dimension $n = |V_G|$ bezeichnet. Der Gewichtungsfaktor k kann dabei mitunter als Wahrscheinlichkeit interpretiert werden, dass eine einzelne Beziehung für den Knoten x von Nutzen ist. Dadurch ergibt sich (bei unterstellter Unabhängigkeit der Wahrscheinlichkeiten) für eine Beziehung zweiten Grades eine Wahrscheinlichkeit von k^2 etc. (Katz, 1953, S. 41). In Tab. III-6 sind die Werte des VM von Katz sowie die resultierende Rangfolge für die Akteure 1 bis 10 des Beispielnetzwerks aus Abb. III-3 aufgeführt.

Das VM von Katz erfüllt in jedem Fall die Eigenschaften 1 und 2, da das Hinzufügen einer beliebigen neuen Beziehung in einem zusammenhängenden Graphen immer zu einer Erhöhung der Vernetzung aller Akteure des Netzwerks führt. Dies liegt daran, dass in einem zusammenhängenden Graphen eine neue Beziehung für jeden beliebigen Akteur zusätzliche Wege zu allen anderen Akteuren des Netzwerks eröffnet. Die Gültigkeit der dritten Eigenschaft kann für das VM von Katz formal nur unter bestimmten Bedingungen nachgewiesen werden. Allerdings zeigen umfangreiche Simulationsstudien, dass sich durch Hinzufügen einer Beziehung die Rangfolge zweier Akteure bzgl. des VM σ_K nicht ändert.⁷

⁶ Im Gegensatz zur Arbeit von Katz wird auf die Normierung der Spaltensumme der Adjazenzmatrix durch Multiplikation mit $1/(n-1)$ verzichtet. Das Ergebnis weicht dadurch um eine multiplikative Konstante von dem Ergebnis in der Originalarbeit von Katz ab. Zudem unterscheidet sich das VM von Katz im Rahmen der beschriebenen Annahmen lediglich durch eine Konstante von der Alpha-Zentralität. Weitere Ausführungen hierzu sind Anhang B zu entnehmen.

⁷ Für detaillierte Ausführungen vgl. Anhang C.

Tab. III-6 Ergebnisse VM von Katz (mit $k = \frac{1}{3}$, mit $\lambda_{\max}(A) = 2,41$)

Vernetzungsmaß von Katz										
Akteur x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\sigma_K(x)$	1,91	4,72	3,99	5,25	4,06	4,91	4,30	1,77	3,23	3,38
Rang	9	3	6	1	5	2	4	10	8	7

4.6 Zusammenfassung und Vergleich der Analyseergebnisse

Tab. III-7 fasst die Ergebnisse bzgl. der resultierenden Rangfolgen der Akteure bei Anwendung der fünf im vorliegenden Beitrag betrachteten VM auf das Beispielnetzwerk aus Abb. III-3 zusammen. Hieraus wird ersichtlich, dass zwar den Akteuren 1 und 8 bei allen untersuchten VM die schlechtesten Vernetzungswerte beigemessen werden. Abgesehen davon ergeben sich jedoch bei den unterschiedlichen VM deutliche Abweichungen in der Rangfolge der Akteure. So wird bspw. Akteur 3 bei Ermittlung der Vernetzung mittels BC oder CC als eher schlecht vernetzt angesehen, während er bei Anwendung der DC oder des VM von Katz im Mittelfeld rangiert und bei Verwendung der EC einen Spitzenplatz erreicht. Darüber hinaus fällt bei der DC und der BC auf, dass generell keine ausreichende Differenzierung hinsichtlich der Vernetzung einzelner Mitglieder erfolgt. So liefert die DC bspw. für die Akteure 2, 4, 6 und 7 denselben Wert, obwohl bei allen anderen VM die Akteure 4 und 6 (z. T. deutlich) besser vernetzt sind als der Akteur 7. Dies liegt darin begründet, dass bei der DC lediglich die Anzahl der direkten Kontakte und nicht deren weitere Vernetzung (d. h. ihre indirekten Kontakte) berücksichtigt werden. Bei der BC wird zudem nicht zwischen Akteuren, die lediglich einen Kontakt besitzen und Akteuren, deren Kontakte untereinander vollständig vernetzt sind, unterschieden. In beiden Fällen wird solchen Akteuren der Vernetzungswert 0 und damit der letzte Rang beigemessen (vgl. bspw. Akteur 1, 3 und 8). Diese Analyseergebnisse verdeutlichen, dass die Vernetzungsgüte eines Akteurs je nach verwendetem VM erheblich variieren kann.

Tab. III-7 Rangfolge der Akteure bei Anwendung verschiedener Vernetzungsmaße

Rang	Degree Centrality	Betweenness Centrality	Closeness Centrality	Eigenvektorzentralität	Vernetzungsmaß von Katz
1	2, 4, 6, 7	6	5, 6	4	4
2		5		2	6
3		4	4	3, 6	2
4		7	7		7
5	3, 5, 9, 10	2	10	5	5
6		10	2	7	3
7		9	3	10	10
8		1, 3, 8	9	9	9
9	1, 8		8	1	1
10			1	8	8

Tab. III-8 fasst die Ergebnisse bzgl. der Gültigkeit der drei in diesem Beitrag vorgestellten Eigenschaften für alle untersuchten VM zusammen. Diese Zusammenstellung verdeutlicht, dass die Mehrzahl der in der SNA-Literatur häufig verwendeten VM den im vorliegenden Beitrag diskutierten Eigenschaften nicht oder nicht vollständig gerecht werden. So erfüllen sowohl die BC als auch die EC keine der gewünschten Eigenschaften und die DC sowie die CC jeweils lediglich eine der drei Eigenschaften. Einzig das VM von Katz erfüllt von den fünf hier betrachteten VM nach den bisherigen Erkenntnissen der Autoren alle drei Eigenschaften, wobei die Gültigkeit der dritten Eigenschaft bisher nur mittels einer Simulationsstudie belegt werden konnte (vgl. Anhang C). Dieses Ergebnis ist umso erstaunlicher, als dass es sich bei den vorgestellten Eigenschaften um relativ generische, intuitiv plausibel erscheinende Anforderungen an das Verhalten von VM bei Hinzukommen einer zusätzlichen Beziehung zwischen zwei Akteuren handelt. Es verdeutlicht, dass die unreflektierte Nutzung von bestehenden VM zu oftmals nicht bedachten und ggf. unerwünschten Seiteneffekten führen kann. Vor diesem Hintergrund

sollten sich verantwortliche Entscheidungsträger vor dem Einsatz von VM stets klar machen, welche Informationen ein VM liefern kann und wo dessen Grenzen liegen. Die Auswahl eines VM darf nicht unüberlegt oder willkürlich erfolgen. Vielmehr ist eine genaue Analyse dahingehend erforderlich, welche Anforderungen an das verwendete VM aus dem jeweils betrachteten Anwendungsfall resultieren.

Tab. III-8 Analyse der Vernetzungsmaße – Zusammenfassung

Vernetzungsmaß	Eigenschaft 1	Eigenschaft 2	Eigenschaft 3
Degree Centrality	✗	✗	✓
Betweenness Centrality	✗	✗	✗
Closeness Centrality	✓	✗	✗
Eigenvektorzentralität	✗	✗	✗
Vernetzungsmaß von Katz	✓	✓	✓

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die umfassende IT-Durchdringung aller Lebensbereiche und die enorme Verbreitung des Internets sind wesentliche Ursachen für fundamentale Veränderungen im Kommunikationsverhalten von Individuen. So agiert mittlerweile ein beträchtlicher Anteil der Weltbevölkerung in Web-basierten sozialen Netzwerken (allein www.facebook.com umfasst Anfang 2010 ca. 400 Mio. Mitglieder (facebook, 2010)). Dadurch steigt auch die Zahl der Unternehmen, die sich mit der Nutzung derartiger Netzwerke für ausgewählte Maßnahmen z. B. im Bereich des Marketings oder der Produktentwicklung befassen. In diesem Zusammenhang ist u. a. die Identifikation strukturell besonders gut in das Netzwerk eingebundener Akteure von erheblicher Bedeutung. Hierfür wurde in der SNA in den vergangenen Jahrzehnten eine Vielzahl von VM entwickelt und diskutiert. Anlässlich der aktuellen Bedeutung von Web-basierten sozialen Netzwerken war es Ziel dieses Beitrags, (1) den aktuellen Stand der Forschung im Hinblick auf VM in sozialen Netzwerken aufzuzeigen und (2) angesichts der stark variierenden Erkenntnisse zur Güte

verschiedener VM in sozialen Netzwerken die enorme Relevanz einer reflektierten Nutzung der existierenden VM zu illustrieren.

Der Beitrag verdeutlicht, dass in der SNA-Literatur eine Vielzahl von VM zur Quantifizierung der Vernetzung einzelner Akteure in sozialen Netzwerken existiert, wobei sich gemäß dem zugrundeliegenden Verständnis von guter Vernetzung vier Grundkonzepte unterscheiden lassen. Des Weiteren existieren zahlreiche empirische sowie konzeptionelle Arbeiten, die Eigenschaften und Robustheit einzelner VM analysieren oder vergleichen. Als gemeinsames Fazit über alle Beiträge hinweg lässt sich dabei festhalten, dass unterschiedliche VM oftmals zu erheblich voneinander abweichenden Ergebnissen im Hinblick auf die Vernetzungsgüte einzelner Akteure führen – wie auch im vorliegenden Beitrag anhand eines Beispielnetzwerks illustriert wird – und dass je nach Anwendung unterschiedliche Anforderungen an VM existieren können. In diesem Zusammenhang werden im vorliegenden Beitrag beispielhaft drei einfache allgemeine Eigenschaften vorgestellt, die in verschiedenen Anwendungen erwünscht sein können. Darauf aufbauend werden fünf verschiedene VM anhand dieser Eigenschaften untersucht. Die Analyse zeigt, dass überraschenderweise lediglich eines der untersuchten VM alle drei Eigenschaften erfüllt, während die übrigen vier VM diesen nur teilweise genügen. Dieses Ergebnis ist umso erstaunlicher, als dass es sich bei den vorgestellten Eigenschaften um relativ generische, intuitiv plausibel erscheinende Anforderungen an das Verhalten von VM bei Hinzukommen einer zusätzlichen Beziehung handelt. Folglich dürfen sich Entscheidungsträger nicht unreflektiert auf intuitiv naheliegende Aussagen aus der Anwendung von VM verlassen. Vielmehr ist aufgrund der stark variierenden Ergebnisse, die verschiedene VM liefern, eine genaue Analyse im Bezug auf die jeweils relevante Anwendung unerlässlich.

Die zum Vergleich der VM herangezogenen Eigenschaften werden allerdings unter einigen einschränkenden Annahmen abgeleitet. So wird erstens ein ungerichtetes, ungewichtetes Netzwerk unterstellt. Dadurch wird sowohl die Existenz von einseitigen Beziehungen als auch von unterschiedlichen Beziehungsintensitäten oder emotionalen Bindungen zwischen den Akteuren vernachlässigt. Darüber hinaus wird zweitens im vorliegenden Beitrag die Interaktionshäufigkeit der einzelnen Mitglieder, welche ein Indikator für die tatsächliche Kontaktintensität der Akteure ist, nicht berücksichtigt. Aufgrund der Tatsache, dass derartige Phänomene in der Praxis allerdings nur schwer beobachtbar

sind, ist ein Einbezug solcher Aspekte oftmals nur unter extrem hohem Aufwand möglich. Weiterhin finden drittens Kannibalisierungs- und Sättigungseffekte, die mitunter entstehen, wenn ein Akteur aufgrund der Gewinnung neuer Kontakte weniger Zeit für die Pflege bestehender Beziehungen aufwenden kann, keine Berücksichtigung. Da neue Kontakte bei vielen Mitgliedern allerdings auch zur Steigerung ihrer Aktivität im Netzwerk führen, werden mögliche Kannibalisierungseffekte teilkompensiert und sind daher schwer allgemein abbildbar. Insgesamt resultieren aus den dargestellten Limitationen somit vielfältige Ansatzpunkte für künftige Forschungsarbeiten, welche die Eigenschaften und das Verhalten unterschiedlicher VM in einem allgemeineren Rahmen untersuchen. Darüber hinaus besteht weiterer Forschungsbedarf im Hinblick auf unterschiedliche konkrete Anwendungsszenarien von VM, die damit einhergehenden Anforderungen an das verwendete VM und die konkrete Einbindung der Ergebnisse in das jeweilige Anwendungsszenario. Obwohl die Ergebnisse aus der Anwendung eines VM – wie in diesem Beitrag ausführlich dargelegt – also durchaus differenziert zu betrachten sind, vermitteln VM dennoch einen Eindruck von der Einbindung der einzelnen Akteure in ein soziales Netzwerk und können bei reflektierter Verwendung in unterschiedlichen Anwendungsfällen wertvolle Informationen liefern.

Literatur (Kapitel III)

- Algesheimer, R. und v. Wangenheim, F. 2006. A Network Based Approach to Customer Equity Management. In: *Journal of Relationship Marketing* 5, 1, 39-57.
- Bader, D.A., Kintali, S., Madduri, K. und Mihail, M. 2007. Approximating Betweenness Centrality. In: *Proceedings of the 5th Workshop On Algorithms And Models For The Web-Graph* (San Diego, CA, USA, Dezember 2007).
- Barabási, A. und Bonabeau, E. 2003. Scale-free networks. In: *Scientific American* 288, 5, 50-59.
- Bavelas, A. 1948. A mathematical model for group structures. In: *Human Organization* 7, 3, 16-30.
- Beauchamp, M.A. 1965. An improved index of centrality. In: *Behavioral Science* 10, 2, 161-163.

-
- Bolland, J.M. 1988. Sorting out centrality: An analysis of the performance of four centrality models in real and simulated networks. In: *Social Networks* 10, 3, 233-253.
- Bonacich, P. 1972. Factoring and weighing approaches to status scores and clique identification. In: *Journal of Mathematical Sociology* 2, 1, 113–120.
- Bonacich, P. und Lloyd, P. 2001. Eigenvector-like measures of centrality for asymmetric relations. In: *Social Networks* 23, 3, 191-201.
- Borgatti, S.P. 2005. Centrality and network flow. In: *Social Networks* 27, 1, 55-71.
- Borgatti, S.P. 2006. Identifying sets of key players in a social network. In: *Computational and Mathematical Organization Theory* 12, 1, 21-34.
- Borgatti, S.P., Carley, K.M. und Krackhardt, D. 2006. On the robustness of centrality measures under conditions of imperfect data. In: *Social Networks* 28, 2, 124-136.
- Borgatti, S.P. und Everett, M.G. 2006. A graph-theoretic perspective on centrality. In: *Social Networks* 28, 4, 466-484.
- Brandes, U. 2001. A faster algorithm for betweenness centrality. In: *Journal of Mathematical Sociology* 25, 2, 163-177.
- Burt, R.S. und Minor, M.J. 1983. Applied Network Analysis. Sage Publications Ltd., Newbury Park, CA.
- Coppersmith, D. und Winograd, S. 1990 Matrix multiplication via arithmetic progressions. In: *Journal of Symbolic Computation* 9, 3, 251-280.
- Costenbader, E. und Valente, T.W. 2003. The stability of centrality measures when networks are sampled. In: *Social Networks* 25, 4, 283-307.
- Davis, J.A. 1969. Social Structures and Cognitive Structures. In: *Theories of Cognitive Consistency*, R. P. Abelson et al., Eds., Rand McNally, Chicago, IL.
- De Valck, K., van Bruggen, G.H. und Wierenga, B. 2009. Virtual communities: A marketing perspective. In: *Decision Support Systems* 47, 3, 185-203.
- Dodds, P.S., Muhamad, R. und Watts, D.J. 2003. An Experimental Study of Search in Global Social Networks. In: *Science* 301, 5634, 827-829.

-
- Ebel, H., Mielsch, L.I. und Bornholdt, S. 2002. Scale-free topology of e-mail networks. In: *Physical Review E* 66, 3, 035103-1-4.
- Facebook 2010. Statistiken. DOI=<http://www.facebook.com/press/info.php?statistics>. Zugriff am 16.03.2010.
- Frantz, T.L., Cataldo, M. und Carley, K.M. 2009. Robustness of centrality measures under uncertainty: Examining the role of network topology. In: *Computational and Mathematical Organization Theory* 15, 4, 303-328.
- Freeman, L.C. 1977. A Set of Measures of Centrality Based on Betweenness. In: *Sociometry* 40, 1, 35-41.
- Freeman, L.C. 1979. Centrality in social networks: Conceptual clarification. In: *Social Networks* 1, 3, 215-239.
- Freeman, L.C., Borgatti, S.P. und Douglas, R.W. 1991. Centrality in valued graphs: A measure of betweenness based on network flow. In: *Social Networks* 13, 2, 141-154.
- Freeman, L.C., Roeder, D. und Mulholland, R.R. 1980. Centrality in Social Networks: II. Experimental Results. In: *Social Networks* 2, 2, 119-141.
- Gloor, P.A., Krauss, J., Nann, S., Fischbach, K. und Schoder, D. 2009. Web Science 2.0: Identifying Trends through Semantic Social Network Analysis. In: *Proceedings of the 12th IEEE International Conference on Computational Science and Engineering* (Vancouver, Kanada, August, 2009).
- Gneiser, M., Heidemann, J., Landherr, A., Klier, M. und Probst, F. 2010. Valuation of Online Social Networks Taking into Account Users' Interconnectedness. In: *Information Systems and e-Business Management* 8, 4, 2010.
- Graham, A. 1987. Nonnegative matrices and applicable topics in linear algebra. Ellis Horwood, Chichester.
- Heidemann, J. 2010. Online Social Networks - Ein sozialer und technischer Überblick. In: *Informatikspektrum* 33, 3, 262-271.
- Hitwise. 2010. Facebook Reaches Top Ranking in US. DOI=http://weblogs.hitwise.com/heather-dougherty/2010/03/facebook_reaches_top_ranking_i.html. Zugriff am 02.07.2010.

-
- Hossain, L., Chung, K.S.K. und Murshed, S.T.H. 2007. Exploring Temporal Communication Through Social Networks. In: *Lecture Notes in Computer Science: Human-Computer Interaction – Interact 2007*, C. Baranauskas, P. Palanque, J. Abascal und S.D. Junqueira Barbosa, Eds., 19-30.
- Katz, L. 1953. A new status index derived from sociometric analysis. In: *Psychometrika* 18, 1, 39-43.
- Kiss, C. und Bichler, M. 2008. Identification of influencers - Measuring influence in customer networks. In: *Decision Support Systems* 46, 1, 233-253.
- Knoke, D. und Kulinsik, J. 1982. Network Analysis. Sage Publications Ltd., Newbury Park, CA.
- Koch, M., Richter, A. und Schlosser, A. 2007. Produkte zum IT-gestützten Social Networking in Unternehmen. In: *Wirtschaftsinformatik* 49, 6, 448-455.
- Kumar, R., Novak, J. und Tomkins, A. 2006. Structure and evolution of online social networks. In: *Proceedings of the 12th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining* (Philadelphia, PA, USA, August 2006), 611-617.
- Lee, S., Yook, S.H. und Kim, Y. 2009. Centrality measure of complex networks using biased random walks. In: *The European Physical Journal B* 68, 2, 277-281.
- Lee, S.H.M., Cotte, J. und Noseworthy, T.J. 2010. The role of network centrality in the flow of consumer influence. In: *Journal of Consumer Psychology* 20, 1, 66-77.
- Leskovec, J. und Horvitz, E. 2008. Worldwide buzz: Planetary-scale views on a large instant-messaging network. In: *Proceedings of the 17th International World Wide Web Conference* (Peking, Volksrepublik China, April 2008).
- Milgram, S. 1967. The small world problem. In: *Psychology Today* 2, 1, 60-67.
- Mislove, A., Marcon, M., Gummadi, K.P., Druschel, P. und Bhattacharjee, B. 2007. Measurement and analysis of online social networks. In: *Proceedings of the 7th ACM SIGCOMM Conference on Internet Measurement* (San Diego, CA, USA, Oktober 2007).

-
- Mutschke, P. 2008. Zentralitätsanomalien und Netzwerkstruktur. Ein Plädoyer für einen "engeren" Netzwerkbegriff und ein community-orientiertes Zentralitätsmodell. In: *Netzwerkanalyse und Netzwerktheorie. Ein neues Paradigma in den Sozialwissenschaften*, C. Stegbauer, Ed., VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.
- Newman, M.E.J. 2005. A measure of betweenness centrality based on random walks. In: *Social Networks* 27, 1, 39-54.
- Newman, M.E.J. und Park, J. 2003 Why social networks are different from other types of networks. In: *Physical Review E* 68, 3, 36122-1-8.
- Nieminen, J. 1974. On the centrality in a graph. In: *Scandinavian Journal of Psychology* 15, 1, 332-336.
- Okamoto, K., Chen, W. und Li, X.Y. 2008. Ranking of Closeness Centrality for Large-Scale Social Networks. In: *Lecture Notes in Computer Science: Frontiers in Algorithmics*, F.P. Preparata, X. Wu und J. Yin, Eds., Springer, Berlin Heidelberg, 186-195.
- Rousseau, R. und Zhang, L. 2008. Betweenness centrality and Q-measures in directed valued networks. In: *Scientometrics* 75, 3, 575-590.
- Sabidussi, G. 1966. The centrality index of a graph. In: *Psychometrika* 31, 4, 581-603.
- Scott, J. 1992. *Social Network Analysis: A Handbook*. Sage Publications Ltd., Newbury Park, CA.
- Shaw, M.E. 1954. Group structure and the behavior of individuals in small groups. In: *The Journal of Psychology* 38, 1, 139-149.
- The Nielsen Company. 2009. Global Places and Networked Places - A Nielsen Report on Social Networking's New Global Footprint. DOI= http://blog.nielsen.com/nielsenwire/wp-content/uploads/2009/03/nielsen_globalfaces_mar09.pdf. Zugriff am 29.06.2009.
- Travers, J. und Milgram, S. 1969. An experimental study of the small world problem. In: *Sociometry* 32, 4, 425-443.
- Valente, T. 1996. Social network thresholds in the diffusion of innovations. In: *Social Networks* 18, 1, 69-89.

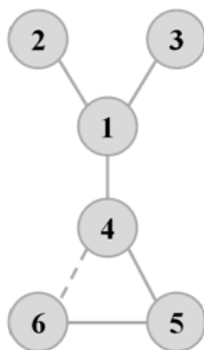
Wassermann, S. und Faust, K. 1994. *Social Network Analysis: Methods and Applications*. Cambridge University Press, Cambridge, MA.

Wellmann, B. 1988. Structural Analysis: From Method and Metaphor to Theory and Substance. In: *Social Structures: A Network Approach*, B. Wellmann und S.D. Berkowitz, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, MA, 19-61.

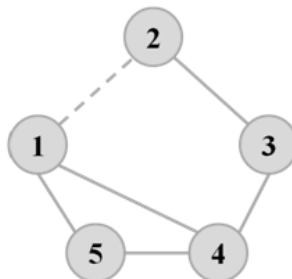
Zinoviev, D. und Duong, V. 2009. Toward Understanding Friendship in Online Social Networks. In: *International Journal of Technology, Knowledge and Society* 5, 2, 1-8.

Anhang A: Gegenbeispiele zu den Eigenschaften 1 bis 3 bei der Eigenvektorzentralität

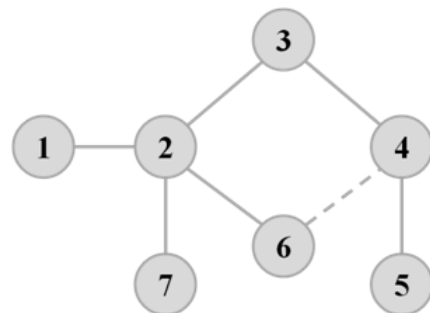
Im Folgenden werden die Berechnungen im Zusammenhang mit den Gegenbeispielen zu den Eigenschaften 1 bis 3 bei Anwendung der EC ausführlich dargestellt. Die Berechnungen wurden dabei mittels der Software Octave vorgenommen.



Netzwerk 6a



Netzwerk 6b



Netzwerk 6c

Abb. III-7 Eigenvektorzentralität – Gegenbeispiele zu den Eigenschaften 1 bis 3

Gegenbeispiel zu Eigenschaft 1:

Die folgenden Berechnungen beziehen sich auf das Netzwerk 6a. Zunächst wird die Adjazenzmatrix A des Ausgangsnetzwerks (vor Hinzufügen der Beziehung (4,6)) bestimmt. Für diese Matrix werden der maximale Eigenwert sowie ein zugehöriger Eigenvektor berechnet.

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}, \lambda_{\max}(A) = 1,902, v(A) = \begin{pmatrix} 0,602 \\ 0,316 \\ 0,316 \\ 0,512 \\ 0,372 \\ 0,195 \end{pmatrix}$$

Im nächsten Schritt wird das Netzwerk dahingehend modifiziert, dass eine neue Beziehung zwischen den Akteuren 4 und 6 hinzugefügt wird. Dadurch ergibt sich folgende modifizierte Adjazenzmatrix A' , für welche der maximale Eigenwert und ein zugehöriger Eigenvektor berechnet werden:

$$A' = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}, \lambda_{\max}(A') = 2,278, v(A') = \begin{pmatrix} 0,417 \\ 0,183 \\ 0,183 \\ 0,584 \\ 0,457 \\ 0,457 \end{pmatrix}$$

Für Akteur 1 ergibt sich dabei zunächst der Wert $\sigma_E^G(1) = 0,602$ und nach Hinzufügen der Beziehung (4,6) der Wert $\sigma_E^{G'}(1) = 0,417$, obwohl sich die Distanz des Akteurs 1 zu Akteur 6 verringert hat. Dies verletzt Eigenschaft 1.

Gegenbeispiel zu Eigenschaft 2:

Für Netzwerk 6b wird zunächst ebenfalls die zugehörige Adjazenzmatrix A des Ausgangsnetzwerks (vor Hinzufügen der Beziehung (1,2)) bestimmt und der maximale Eigenwert sowie ein zugehöriger Eigenvektor berechnet.

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}, \lambda_{\max}(A) = 2,214, v(A) = \begin{pmatrix} 0,497 \\ 0,155 \\ 0,342 \\ 0,604 \\ 0,497 \end{pmatrix}$$

Nach Hinzufügen der Beziehung (1,2) ergibt sich die folgende modifizierte Adjazenzmatrix A' , für welche der maximale Eigenwert und ein zugehöriger Eigenvektor berechnet werden:

$$A' = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}, \lambda_{\max}(A') = 2,481, v(A') = \begin{pmatrix} 0,530 \\ 0,358 \\ 0,358 \\ 0,530 \\ 0,327 \end{pmatrix}$$

Für Akteur 4 ergibt sich dabei zunächst der Wert $\sigma_E^G(4) = 0,604$ und nach Hinzufügen der Beziehung (1,2) der Wert $\sigma_E^{G'}(4) = 0,530$, obwohl sich der Kontakt des Akteurs 4 zu Akteur 2 durch die neue Beziehung (1,2) intensiviert hat. Dies verletzt Eigenschaft 2.

Gegenbeispiel zu Eigenschaft 3:

Für Netzwerk 6c wird zunächst ebenfalls die zugehörige Adjazenzmatrix A des Ausgangsnetzwerks (vor Hinzufügen der Beziehung (4,6)) bestimmt und der maximale Eigenwert sowie ein zugehöriger Eigenvektor berechnet.

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \lambda_{\max}(A) = 2,101, v(A) = \begin{pmatrix} 0,311 \\ 0,653 \\ 0,440 \\ 0,271 \\ 0,129 \\ 0,311 \\ 0,311 \end{pmatrix}$$

Nach Hinzufügen der Beziehung (4,6) ergibt sich die folgende modifizierte Adjazenzmatrix A' , für welche der maximale Eigenwert und ein zugehöriger Eigenvektor berechnet werden:

$$A' = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \lambda_{\max}(A') = 2,359, v(A') = \begin{pmatrix} 0,236 \\ 0,557 \\ 0,421 \\ 0,435 \\ 0,185 \\ 0,421 \\ 0,236 \end{pmatrix}$$

Während vor Hinzufügen der Beziehung (4,6) Akteur 4 eine geringere Vernetzung aufweist als Akteur 6 ($\sigma_E^G(4) = 0,271 < \sigma_E^G(6) = 0,311$), ändert sich aufgrund der hinzugefügten Beziehung die Rangfolge der beiden Akteure ($\sigma_E^{G'}(4) = 0,435 > \sigma_E^{G'}(6) = 0,421$), was einen Widerspruch zu Eigenschaft 3 darstellt.

Die Berechnungen belegen überdies, dass die Eigenschaften 1 bis 3 auch dann oftmals nicht erfüllt sind, wenn man den jeweiligen Eintrag des Eigenvektors mit dem maximalen Eigenwert $\lambda_{\max}(A)$ bzw. $\lambda_{\max}(A')$ der jeweiligen Adjazenzmatrix multipliziert, der sich durch das Hinzufügen der neuen Beziehung erhöhen kann, jedoch keinesfalls niedriger wird (Bermann und Plemmons, 1994).

Literatur (Anhang A)

Bermann, A. und Plemmons, R.J. 1994. Nonnegative Matrices in the Mathematical Sciences. Society for Industrial Mathematics, Philadelphia, PA.

Anhang B: Alpha-Zentralität

Im Rahmen der beschriebenen Annahmen unterscheidet sich das VM von Katz lediglich durch eine Konstante von der Alpha-Zentralität (AC) σ_α , die als

$$\sigma_\alpha(x) = e_x^T \cdot (I_n - \alpha \cdot A)^{-1} \cdot c = c^T \cdot (I_n - \alpha \cdot A)^{-1} \cdot e_x \quad (6)$$

definiert ist. Dabei repräsentiert I_n die Einheitsmatrix der Dimension n und A die Adjazenzmatrix des Netzwerks aus Beziehungen zwischen den Akteuren des betrachteten Netzwerks. Der Vektor c ermöglicht zudem die Berücksichtigung der von der Beziehungsstruktur unabhängigen Einflüsse auf die Vernetzung. Der Parameter α gibt die relative Gewichtung der beziehungsinduzierten gegenüber den exogenen Einflüssen auf

die Vernetzung an (Bonacich und Lloyd, 2001). Unterscheiden sich die exogenen Einflüsse nicht, so kann $c = 1$ gewählt werden. Bei $\alpha = k$ unterscheiden sich die Werte der AC und des VM von Katz folglich nur um die Konstante 1. Die Aussagen der Analysen zum VM von Katz in Abschnitt 4.5 gelten deshalb ebenso für die AC. Um Redundanzen zu vermeiden, wurde auf die separate Darstellung der AC verzichtet.

Literatur (Anhang B)

Bonacich, P. und Lloyd, P. 2001. Eigenvector-like measures of centrality for asymmetric relations. In: *Social Networks* 23, 3, 191-201.

Anhang C: Ausführungen zur Gültigkeit der Eigenschaft 3 beim VM von Katz

Beschreibung der Simulation:

Die Überprüfung, ob beim VM von Katz Eigenschaft 3 erfüllt ist, war analytisch nicht allgemein möglich. Daher simulierten die Autoren zusammenhängende Netzwerke mit 5 bis 1000 Knoten und untersuchten die Auswirkung des Hinzufügens einer Kante (x, y) auf die Rangfolge zweier zuvor nicht verbundener Knoten x und y . Da sich bei Durchführung von ca. 1 Million Versuchen die Rangfolge der neu verbundenen Knoten anhand ihrer Vernetzung nicht änderte, ist davon auszugehen, dass Eigenschaft 3 beim VM von Katz generell erfüllt ist.

Die Netzwerke und deren Modifikationen wurden dabei nach folgendem Vorgehen erzeugt: Zunächst wurde eine zufällige Binärmatrix B erzeugt. Da die Adjazenzmatrix des sozialen Netzwerks aufgrund der Symmetrie der Beziehungen symmetrisch sein muss, wird der obere Dreiecksteil der Matrix B nach unten gespiegelt und man erhält die symmetrische Matrix A . In einem nächsten Schritt werden all die Matrizen verworfen, die isolierte Knoten enthalten (mindesten eine Zeilen- bzw. Spaltensumme < 1) und damit offensichtlich keine zusammenhängenden Graphen repräsentieren. Für die verbleibenden Matrizen wird wie folgt vorgegangen: zunächst wird die Adjazenzmatrix A' zu einem modifizierte Netzwerk berechnet, indem ein Eintrag mit $a_{xy} = 0$ identifiziert wird und $a'_{xy} = 1$ sowie $a'_{yx} = 1$ gesetzt wird, d. h. im Graphen wird eine neue Kante (x, y) hinzugefügt. Im Anschluss wird sowohl für die Matrix A als auch für die Matrix A' das VM von Katz

für die Knoten x und y berechnet und die Rangfolge der beiden Knoten vor und nach Modifikation des Netzwerks ermittelt. Die Autoren gehen aufgrund der beschriebenen Simulationsstudie davon aus, dass Eigenschaft 3 beim VM von Katz erfüllt ist.

Teilweise analytischer Nachweis:

Für einige Spezialfälle ist ein analytischer Nachweis, dass die Eigenschaft 3 beim VM von Katz erfüllt ist, möglich. Daher werden im Folgenden für diese Fälle, d. h. unter bestimmten einschränkenden Annahmen, formale Beweise zur Gültigkeit von Eigenschaft 3 näher ausgeführt. Bei der Betrachtung wird die Konstante -1, die aufgrund der Subtraktion der Einheitsmatrix in Formel (5') hinzukommen würde, nicht berücksichtigt, da diese bei der Differenzbildung im Zusammenhang mit dem Vergleich der Rangfolge wegfällt.

Für die weiteren Ausführungen werden folgende Bezeichnungen verwendet:

$a = (I_n - kA) = (a_{ij})$, $b = (I_n - kA)^{-1} = (b_{ij})$, $\tilde{A} = (I_n - kA - kE^{xy}) = (\tilde{A}_{ij})$, und $\tilde{B} = (I_n - kA - kE^{xy})^{-1} = (\tilde{B}_{ij})$, wobei $E^{xy} = (E_{ij}^{xy})$ die Matrix beschreibt, deren Einträge – bis auf die beiden Einträge E_{xy}^{xy} und E_{yx}^{xy} – null sind. Die Einträge E_{xy}^{xy} und E_{yx}^{xy} haben den Wert 1 und bilden somit die hinzukommende Kante (x, y) ab.

Nach Sherman und Morrison (1950) erhält man mit obigen Bezeichnungen bei zweimaliger Anwendung der Formel zur Berechnung der Inversen einer Matrix bei Änderung jeweils eines Matrixeintrags (durch das Hinzufügen der Kante (x, y) ändern sich die Einträge an den Positionen a_{xy} und a_{yx}) folgenden Ausdruck:

$$\begin{aligned} \tilde{B}_{ij} = & \frac{(1 - k_{xy})(b_{ij} - kb_{ij}b_{xy} + kb_{ix}b_{yj})}{(1 - kb_{xy})[(1 - kb_{xy})^2 - k^2b_{xx}b_{yy}]} \\ & - \frac{(b_{ij} - kb_{ij}b_{xy} + kb_{ix}b_{yj})(kb_{xy} - k^2b_{xy}^2 + k^2b_{xx}b_{yy})}{(1 - kb_{xy})[(1 - kb_{xy})^2 - k^2b_{xx}b_{yy}]} \\ & + \frac{(b_{iy} - kb_{iy}b_{xy} + kb_{ix}b_{yy})(kb_{xj} - k^2b_{xj}b_{xy} + k^2b_{yj}b_{xx})}{(1 - kb_{xy})[(1 - kb_{xy})^2 - k^2b_{xx}b_{yy}]} \end{aligned}$$

Für $\sigma_K^{G'}(x) = \sum_{i=1}^n \tilde{B}_{ix}$ bzw. $\sigma_K^{G'}(y) = \sum_{i=1}^n \tilde{B}_{iy}$ ergibt sich somit:

$$\sigma_K^{G'}(x) = \sum_{i=1}^n \tilde{B}_{ix} = \sum_{i=1}^n \frac{(1-kb_{xy})b_{ix}+kb_{iy}b_{xx}}{(1-kb_{xy})^2-k^2b_{xx}b_{yy}} \text{ bzw.}$$

$$\sigma_K^{G'}(y) = \sum_{i=1}^n \tilde{B}_{iy} = \sum_{i=1}^n \frac{(1-kb_{xy})b_{iy}+kb_{ix}b_{yy}}{(1-kb_{xy})^2-k^2b_{xx}b_{yy}}.$$

Die Differenz der Vernetzung von x und y im Graphen G' , der durch Hinzufügen der Kante (x, y) entsteht, beträgt folglich:

$$\Delta^{G'} = \frac{1}{(1-kb_{xy})^2-k^2b_{xx}b_{yy}} \left[(1-kb_{xy}-kb_{yy}) \sum_{i=1}^n b_{ix} - (1-kb_{xy}-kb_{xx}) \sum_{i=1}^n b_{iy} \right]$$

Der Nenner dieses Ausdrucks wird im Folgenden mit $N := (1-kb_{xy})^2 - k^2b_{xx}b_{yy}$ abgekürzt. Dabei ist $b_{xx} - 1 \geq 0$. Dies ist damit zu begründen, dass $b_{xx} - 1$ die nach ihrer Weglänge gewichtete Anzahl von Wegen in G , die in x beginnen und enden, repräsentiert. Da dieser Wert bei einem zusammenhängenden Graphen immer positiv ist, ist $b_{xx} - 1 \geq 0$ und damit auch $b_{xx} > 0$. Analog folgt $b_{yy} > 0$.

Eigenschaft 3 umfasst zwei Aussagen. Teilaussage 1 bezieht sich auf die Rangfolge zweier Knoten, die zunächst eine unterschiedliche Vernetzung haben. Der zweite Teil von Eigenschaft 3 trifft eine Aussage für Knoten, denen das VM im ursprünglichen Graphen die gleiche Vernetzung attestiert. Die beiden Teilaussagen werden im Folgenden getrennt voneinander für einige Spezialfälle bewiesen.

Teilaussage 1)

$$\text{z. z.: } \sigma_K^G(x) = \sum_{i=1}^n b_{ix} > \sigma_K^G(y) = \sum_{i=1}^n b_{iy} \Rightarrow \sigma_K^{G'}(x) > \sigma_K^{G'}(y),$$

$$\text{d. h. } \Delta^{G'} = \sigma_K^{G'}(x) - \sigma_K^{G'}(y) \geq 0$$

Die vier Fälle, in denen Teilaussage 1 von Eigenschaft 3 beim VM von Katz in jedem Fall erfüllt ist, werden im Folgenden näher ausgeführt:

a) Annahmen: $b_{xx} > b_{yy}$ und $1 - kb_{xy} - kb_{xx} > 0$

Aus den beiden Annahmen folgt, dass $1 - kb_{xy} - kb_{yy} > 0$.

$$\Rightarrow N = (1 - kb_{xy})^2 - k^2b_{xx}b_{yy} > (1 - kb_{xy})^2 - k^2b_{xx}^2 > 0$$

$$\begin{aligned}
 \Rightarrow \Delta^{G'} &= \frac{1}{N} \left[(1 - kb_{xy} - kb_{yy}) \sum_{i=1}^n b_{ix} - (1 - kb_{xy} - kb_{xx}) \sum_{i=1}^n b_{iy} \right] \underset{\sum_{i=1}^n b_{iy} < \sum_{i=1}^n b_{ix}}{\geq} \\
 &\geq \frac{1}{N} [1 - kb_{xy} - kb_{yy} - 1 + kb_{xy} + kb_{xx}] \sum_{i=1}^n b_{iy} \\
 &= \frac{1}{N} \underbrace{[kb_{xx} - kb_{yy}]}_{> 0 \text{ wg. Ann.}} \underbrace{\sum_{i=1}^n b_{iy}}_{> 0} > 0
 \end{aligned}$$

b) Annahmen: $b_{xx} > b_{yy}$ und $1 - kb_{xy} - kb_{xx} = 0$

Aus den beiden Annahmen folgt $1 - kb_{xy} = kb_{xx} > 0$ (da $k, b_{xx} > 0$)

$$\Rightarrow N = (1 - kb_{xy})^2 - k^2 b_{xx} b_{yy} > (1 - kb_{xy})^2 - k^2 b_{xx}^2 = 0$$

$$\begin{aligned}
 \Rightarrow \Delta^{G'} &= \frac{1}{N} \left[(1 - kb_{xy} - kb_{yy}) \sum_{i=1}^n b_{ix} - (1 - kb_{xy} - kb_{xx}) \sum_{i=1}^n b_{iy} \right] \\
 &= \frac{1}{N} \underbrace{[1 - kb_{xy} - kb_{yy}]}_{> 0} \underbrace{\sum_{i=1}^n b_{ix}}_{> 0} > 0
 \end{aligned}$$

c) Annahmen: $b_{xx} = b_{yy}$ und $1 - kb_{xy} > kb_{xx}$

$$\Rightarrow N = (1 - kb_{xy})^2 - k^2 b_{xx} b_{yy} = (1 - kb_{xy})^2 - k^2 b_{xx}^2 > 0$$

$$\begin{aligned}
 \Rightarrow \Delta^{G'} &= \frac{1}{N} \left[(1 - kb_{xy} - kb_{yy}) \sum_{i=1}^n b_{ix} - (1 - kb_{xy} - kb_{xx}) \sum_{i=1}^n b_{iy} \right] \\
 &= \frac{1}{N} \underbrace{[1 - kb_{xy} - kb_{yy}]}_{> 0} \underbrace{\left[\sum_{i=1}^n b_{ix} - \sum_{i=1}^n b_{iy} \right]}_{> 0} > 0
 \end{aligned}$$

d) Annahmen: $b_{xx} = b_{yy}$, $1 - kb_{xy} < kb_{xx}$ und $|1 - kb_{xy}| < kb_{xx}$

$$\Rightarrow N = (1 - kb_{xy})^2 - k^2 b_{xx} b_{yy} = (1 - kb_{xy})^2 - k^2 b_{xx}^2 < 0$$

$$\begin{aligned}
 \Rightarrow \Delta^{G'} &= \frac{1}{N} \left[(1 - kb_{xy} - kb_{yy}) \sum_{i=1}^n b_{ix} - (1 - kb_{xy} - kb_{xx}) \sum_{i=1}^n b_{iy} \right] \\
 &= \frac{1}{N} (1 - kb_{xy} - kb_{xx}) \left[\sum_{i=1}^n b_{ix} - \sum_{i=1}^n b_{iy} \right] \\
 &= \frac{1}{N} \underbrace{(1 - kb_{xy} - kb_{xx})}_{< 0} \underbrace{\left[\sum_{i=1}^n b_{ix} - \sum_{i=1}^n b_{iy} \right]}_{> 0} > 0
 \end{aligned}$$

Zusammenfassend kann die Gültigkeit der Teilaussage 1 von Eigenschaft 3 beim VM von Katz bewiesen werden, falls entweder

(1) $b_{xx} > b_{yy}$ und $1 - kb_{xy} - kb_{xx} \geq 0$ oder

(2) $b_{xx} = b_{yy}$ sowie $1 - kb_{xy} > kb_{xx}$ bzw. $1 - kb_{xy} < kb_{xx}$ und $|1 - kb_{xy}| < kb_{xx}$

gilt.

Teilaussage 2)

z. z.: $\sigma_K^G(x) = \sum_{i=1}^n b_{ix} = \sigma_K^G(y) = \sum_{i=1}^n b_{iy} \Rightarrow \sigma_K^{G'}(x) = \sigma_K^{G'}(y)$,

d. h. $\Delta^{G'} = \sigma_K^{G'}(x) - \sigma_K^{G'}(y) = 0$

Annahmen: $b_{xx} = b_{yy}$ und $|1 - kb_{xy}| \neq kb_{xx}$

$$\Rightarrow N = (1 - kb_{xy})^2 - k^2 b_{xx} b_{yy} = (1 - kb_{xy})^2 - k^2 b_{xx}^2 \neq 0$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \Delta^{G'} &= \frac{1}{N} \left[(1 - kb_{xy} - kb_{yy}) \sum_{i=1}^n b_{ix} - (1 - kb_{xy} - kb_{xx}) \sum_{i=1}^n b_{iy} \right] \\ &= \frac{1}{N} [1 - kb_{xy} - kb_{yy} - 1 + kb_{xy} + kb_{xx}] \sum_{i=1}^n b_{ix} \\ &= \frac{1}{N} \underbrace{[kb_{xx} - kb_{yy}]}_{=0} \sum_{i=1}^n b_{ix} = 0 \end{aligned}$$

Unter den Bedingungen $b_{xx} = b_{yy}$ und $|1 - kb_{xy}| \neq kb_{xx}$ ist die zweite Teilaussage von Eigenschaft 3 beim VM von Katz ebenfalls erfüllt.

Literatur (Anhang C)

Sherman, J. und Morrison, W.J. 1950. Adjustment of an inverse matrix corresponding to a change in one element of a given matrix. In: *The Annals of Mathematical Statistics* 21, 1, 124-127.

IV Fazit und Ausblick

In diesem Kapitel werden die zentralen Ergebnisse der vorgestellten Beiträge zusammengefasst und Ansatzpunkte für künftigen Forschungsbedarf aufgezeigt.

1 Fazit

Diese Dissertationsschrift hat die Zielsetzung, zur ökonomisch optimalen Gestaltung und betriebswirtschaftlichen Nutzung Web-basierter Dienste beizutragen. Dabei werden insbesondere zwei Fragestellungen näher beleuchtet, nämlich einerseits die Gestaltung von IT-Services (Kapitel II) und andererseits die Identifikation von zentralen Akteuren in Web-basierten sozialen Netzwerken als Voraussetzung für die Integration derartiger Communitys in ausgewählte betriebswirtschaftliche Fragestellungen (Kapitel III).

- Kapitel II thematisiert die ökonomisch optimale Gestaltung von IT-Services. Dabei fokussieren die vorgestellten Beiträge den Funktionsumfang von IT-Services als eine wichtige Gestaltungsdimension. Im ersten Beitrag werden auf Basis einer Literaturrecherche und Analyse des Softwarelebenszyklus sieben wesentliche Einflussfaktoren auf den Funktionsumfang von IT-Services identifiziert. Neben dem einmaligen Konzeptions- und Implementierungsaufwand sind dies im laufenden Betrieb insbesondere die Schnittstellenkomplexität, der Kompositionsaufwand, die Performance von IT-Services und der Aufwand für die Fehlerbehebung und Änderung von IT-Services sowie die Wiederverwendbarkeit von IT-Services in weiteren Geschäftsprozessen. Für jeden dieser Einflussfaktoren wird ferner argumentativ-deduktiv hergeleitet, ob – gemessen am jeweils betrachteten Einflussfaktor – IT-Services mit einem vergleichsweise kleinen oder einem vergleichsweise großen Funktionsumfang ökonomisch günstiger sind. Hierbei ergibt sich ein differenziertes Bild: Während der Konzeptions-, Implementierungs- und Kompositionsaufwand und die Auszahlungen für die Sicherung einer angemessenen Performance bzw. für die Fehleridentifikation eher für IT-Services mit einem vergleichsweise großen Funktionsumfang sprechen, begünstigen die Schnittstellenkomplexität, die Auszahlungen für die Änderung von IT-Services bzw. für die Fehlerbeseitigung und die Wiederverwendbarkeit einen vergleichsweise kleinen Funktionsumfang von IT-Services. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen werden zudem wesentliche Herausforderungen für Wissenschaft und Praxis formuliert, die es im Hinblick auf die künftige Realisierung eines ökonomisch

optimalen Funktionsumfangs zu lösen gilt. Im zweiten Beitrag liegt der Fokus auf einer formal-deduktiven Analyse. Ausgangspunkt ist die Frage, wie viele und welche IT-Services zur Realisierung einer neuen Funktionalität im Rahmen einer SOA implementiert werden sollen. Dazu werden zunächst die Ein- und Auszahlungen für die Implementierung, den Betrieb und die Wiederverwendung von IT-Services formalisiert und in eine Zielfunktion in Form des risikoadjustierten Barwerts integriert. Die Identifikation der ökonomisch optimalen Alternative ist gleichbedeutend mit der Maximierung dieser Zielfunktion. In der vorgeschlagenen Formalisierung stellt dies ein nicht-lineares Auswahlproblem dar. Daher wird zusätzlich ein zweistufiges Lösungsverfahren vorgeschlagen, bei dem zunächst unter allen Alternativen mit identischer Anzahl an IT-Services die Alternative mit der höchsten Wiederverwendung ermittelt und anschließend im zweiten Schritt aus der verbleibenden Grundgesamtheit die Alternative mit dem höchsten risikoadjustierten Barwert ausgewählt wird.

- Kapitel III thematisiert die Identifikation von zentralen Nutzern in Web-basierten sozialen Netzwerken. Dazu erfolgt ein Rückgriff auf die Social Network Analysis, wo bereits unterschiedliche Konzepte und eine Vielzahl an Maßen zur Quantifizierung der Vernetzung von Akteuren in sozialen Netzwerken existieren. Zudem gibt es eine Reihe von konzeptionellen und empirischen Arbeiten, die unterschiedliche Vernetzungsmaße vergleichen und ihre Eignung für verschiedene Anwendungsfälle untersuchen. Dabei wird deutlich, dass bei der Auswahl eines Vernetzungsmaßes sowohl die Spezifika unterschiedlicher Maße als auch die z. T. stark variierenden Anforderungen verschiedener Anwendungsfälle berücksichtigt werden müssen. Vor diesem Hintergrund wird im vorliegenden Beitrag ein Katalog von drei allgemeinen, einfachen, quantitativen und damit intersubjektiv überprüfbaren Eigenschaften zum Verhalten von Vernetzungsmaßen in sozialen Netzwerken bei Aufnahme einer zusätzlichen Beziehung entwickelt. Darauf aufbauend werden fünf Vernetzungsmaße aus der Social Network Analysis hinsichtlich der Gültigkeit dieser drei Eigenschaften evaluiert mit dem Ergebnis, dass lediglich das Vernetzungsmaß von Katz alle drei Eigenschaften erfüllt. Dies illustriert die enorme Relevanz einer reflektierten Nutzung von existierenden Vernetzungsmaßen im Zusammenhang mit der Integration von Web-basierten sozialen Netzwerken in ausgewählte betriebswirtschaftliche Fragestellungen.

Abschließend lässt sich daher festhalten, dass die vorgestellten Arbeiten einen Beitrag zur ökonomisch optimalen Gestaltung und betriebswirtschaftlichen Nutzung Web-basierter Dienste liefern. Darüber hinaus gibt es jedoch weitere Herausforderungen, die im Rahmen künftiger Forschungsarbeiten gelöst werden sollten.

2 Ausblick

Im Folgenden werden für jeden der untersuchten Web-basierten Dienste Ansatzpunkte für zukünftige Forschungsaktivitäten aufgezeigt:

- Im Bereich der in Kapitel II vorgestellten Arbeiten zur ökonomisch optimalen Gestaltung von IT-Services gibt es u. a. hinsichtlich der folgenden Punkte Forschungsbedarf:
 1. Die vorgestellten Einflussfaktoren auf den optimalen Funktionsumfang von IT-Services werden mittels einer strukturierten Analyse der bestehenden Literatur und des Softwarelebenszyklus ermittelt. Damit kann die Wahrscheinlichkeit relevante Einflussfaktoren zu vernachlässigen zwar minimiert, aber nicht annulliert werden. Damit besteht Forschungsbedarf dahingehend, fehlende Einflussfaktoren zu identifizieren oder Vollständigkeit hinsichtlich der diskutierten Einflussfaktoren nachzuweisen.
 2. Die ökonomische Wirkrichtung der identifizierten Einflussfaktoren, d. h. die Frage, ob diese eher IT-Services mit einem kleinen oder großen Funktionsumfang begünstigen, wird bisher rein argumentativ abgeleitet. Künftige Forschungsarbeiten sollten die Belastbarkeit dieser Argumentation mit Hilfe von Interviews, Fallstudien und empirischen Untersuchungen grundlegend überprüfen. Ziel muss dabei sein, die vorgestellten Wirkzusammenhänge entweder unzweifelhaft zu be- oder widerlegen oder eine bessere Differenzierung hinsichtlich des Bezugsrahmens, in dem diese gelten, zu erreichen.
 3. Das vorgeschlagene Entscheidungsmodell benötigt eine Reihe von Daten. Neben den mit der Implementierung, dem Betrieb und der Wiederverwendung einhergehenden Ein- und Auszahlungen und ihrer Verteilung sind u. a. der risikolose Zins und der Risikoavversionsparameter vorab festzulegen. Daher sollten sich künftige Forschungsarbeiten insbesondere mit der Weiterentwicklung von Verfahren zur Bestimmung dieser Parameter in einem dynamischen Marktumfeld befassen.

-
4. Der Funktionsumfang von IT-Services ist nur eine Gestaltungsdimension. Andere sind bspw. die Komplexität der Funktionalität, die Benutzerfreundlichkeit von IT-Services oder das notwendige Know-how zur Realisierung von IT-Services. Künftige Forschungsarbeiten sollten sich jeder einzelnen dieser Gestaltungsdimensionen sowie einer integrierten Betrachtung verschiedener Gestaltungsdimensionen widmen.
 5. Dezentrale Organisationsstrukturen fördern (bzw. fordern z. T. sogar) eine kurzfristige Optimierung lokaler Finanzkennzahlen. Dies kann zu Fehlanreizen führen und steht der ökonomisch optimalen Gestaltung von IT-Services in der Praxis oftmals im Weg. Künftige Forschungsarbeiten sollten sich daher insbesondere mit der Identifikation und Reduktion von Fehlanreizen sowie mit der praktischen Vereinbarkeit von langfristiger Unternehmenswertsteigerung und kurzfristiger Unternehmenssteuerung beschäftigen.
 6. Die künftige Wiederverwendbarkeit einmal implementierter IT-Services stellt für Unternehmen eine zusätzliche Flexibilität dar. Zur Ermittlung des ökonomischen Wertes dieser zusätzlichen Flexibilität werden in Wissenschaft und Praxis u. a. Methoden der Realoptionstheorie verwendet. Die Frage, inwiefern derartige Konzepte auch für die hier aufgeworfene Problemstellung hilfreich sind, ist ein weiterer interessanter Ansatzpunkt für künftige Forschungsaktivitäten.
- Die Überlegungen in Kapitel III zur Identifikation von zentralen Nutzern in sozialen Netzwerken sind lediglich ein erster Schritt für ein vertieftes Verständnis von Vernetzung und Zentralität in Web-basierten sozialen Netzwerken sowie für eine betriebswirtschaftliche Nutzung derartiger Dienste. Hier besteht u. a. hinsichtlich der folgenden Punkte weiterer Forschungsbedarf:
 1. Der vorgestellte Katalog an Eigenschaften zur Evaluierung der Güte unterschiedlicher Vernetzungsmaße für soziale Netzwerke wurde bisher rein argumentativ abgeleitet. Zwar handelt es sich um allgemeine, einfache Eigenschaften von Vernetzungsmaßen in sozialen Netzwerken, die in der Mehrzahl der praktischen Anwendungsfälle vermutlich erwünscht sein dürften. Allerdings wurden bisher weder Überlegungen zur Vollständigkeit des Eigenschaftenskatalogs angestellt, noch eine detaillierte Analyse dahingehend vorgenommen, in welchen Anwendungsfällen diese Eigenschaften tatsächlich erwünscht sind und in welchen nicht. Hier bestehen

daher sicherlich Ansatzpunkte für weitere Forschungsaktivitäten, welche insbesondere darauf abzielen sollten, für unterschiedliche Anwendungsfälle das jeweils am besten geeignete Vernetzungsmaß zu identifizieren.

2. Zudem geht der Beitrag von einem in gewisser Weise prototypischen Netzwerk aus und unterstellt insbesondere ungerichtete und ungewichtete Beziehungen, ein identisches Aktivitätsniveau der Akteure und die Vernachlässigbarkeit von Kannibalisierungs- und Sättigungseffekten. In der Realität ist keineswegs von einem derartigen Idealzustand auszugehen. Vielmehr gibt es Nutzer mit einer sehr intensiven Interaktion im Netzwerk, die das Netzwerk bspw. täglich besuchen, während andere zwar ein Profil angelegt haben, dieses aber kaum mehr als ein paar Mal im Jahr verwenden. Aufgrund von Zeitrestriktionen sieht sich zudem gerade der Intensiv-Nutzer eines Web-basierten sozialen Netzwerks bei einer zunehmenden Anzahl an Kontakten mit dem Problem konfrontiert, dass er nicht mit jedem seiner Kontakte in der gleichen Intensität kommunizieren und interagieren kann. Vor diesem Hintergrund sollten sich künftige Forschungsarbeiten gerade diesen Limitationen widmen und Überlegungen anstellen, wie derartige dynamische Parameter des Nutzerverhaltens in die bisher statische Erhebung der Vernetzungsstruktur integriert werden könnten.
3. Die Identifikation zentraler Nutzer stellt nur einen ersten Schritt für die Einbindung Web-basierter sozialer Netzwerke in das Geschäftsmodell von Unternehmen dar. Darauf aufbauend gilt es, Überlegungen dahingehend anzustellen, für welche betrieblichen Anwendungsfälle die Integration von Nutzern derartiger Netzwerke sinnvoll ist und wie diese konkret von Statten gehen kann. Dabei sind neben der Frage, welches die zentralen Nutzer eines Web-basierten sozialen Netzwerks sind, auch Know-how- oder Kapazitätsrestriktionen in der eigenen Unternehmung sowie rechtliche Rahmenbedingungen zu berücksichtigen. In diesem Zusammenhang stellt sich insbesondere die Frage, welcher Umfang an Interaktion mit den Nutzern von Web-basierten sozialen Netzwerken für ein Unternehmen aus ökonomischer Sicht optimal ist. Hierzu müssen in einem ersten Schritt Konzepte zur sinnvollen Monetarisierung des Nutzens aus der Einbindung von Akteuren Web-basierter sozialer Netzwerke entwickelt werden. In einem zweiten Schritt sollte darauf aufbauend die Entwicklung von betriebswirtschaftlich fundierten Entscheidungs-

modellen zur Abwägung dieses monetarisierten Nutzens gegen die resultierenden Aufwendungen und Risiken fokussiert werden.

4. Im vorgestellten Beitrag wird zudem implizit unterstellt, dass es für Unternehmen prinzipiell wünschenswert ist, wenn sie, ihre Marke oder ihr Produkt Gegenstand der Kommunikation in Web-basierten sozialen Netzwerken sind. In jüngster Vergangenheit mehren sich allerdings Fälle, in denen die Kommunikation in Web-basierten sozialen Netzwerken für Unternehmen eher schädlich denn nützlich ist. Daher sollten künftige Forschungsaktivitäten Fragen der Einflussnahme auf bzw. Kontrolle über unerwünschte, negative Mund-zu-Mund-Propaganda thematisieren. Hier spielt neben der Frage, wer die zentralen Akteure sind, insbesondere die Frage nach dem *wie* der Ansprache eine wichtige Rolle. Dazu sind Forschungsaktivitäten an der Schnittstelle zwischen Wirtschaftsinformatik und sozialwissenschaftlicher Forschung notwendig. Zudem sind auch für derartige Fragestellungen entsprechende Kalküle zur Integration und Abwägung von Kosten-Nutzenüberlegungen erforderlich.

In dieser Dissertationsschrift wurden einzelne Aspekte der ökonomisch optimalen Gestaltung und betriebswirtschaftlichen Nutzung von Web-basierten Diensten vertiefend betrachtet. Künftig gilt es, sowohl die Diskussion der Voraussetzungen für eine sinnvolle betriebswirtschaftlichen Nutzung Web-basierter Anwendungen als auch die Evaluation der ökonomischen Konsequenzen von Investitionen im Umfeld des Web weiter voranzutreiben. Dafür bieten die vorgestellten Beiträge einen ersten Ausgangspunkt. Allerdings sind ähnliche Überlegungen für eine Vielzahl weiterer Web-basierter Dienste anzustellen. Darüber hinaus bergen Fragestellungen im Bereich der Bewertung von IT-Investitionen und ihres Einflusses auf den Unternehmenswert zusätzlich Ansatzpunkte für künftige Forschungsaktivitäten der interdisziplinären Fachrichtung Wirtschaftsinformatik.