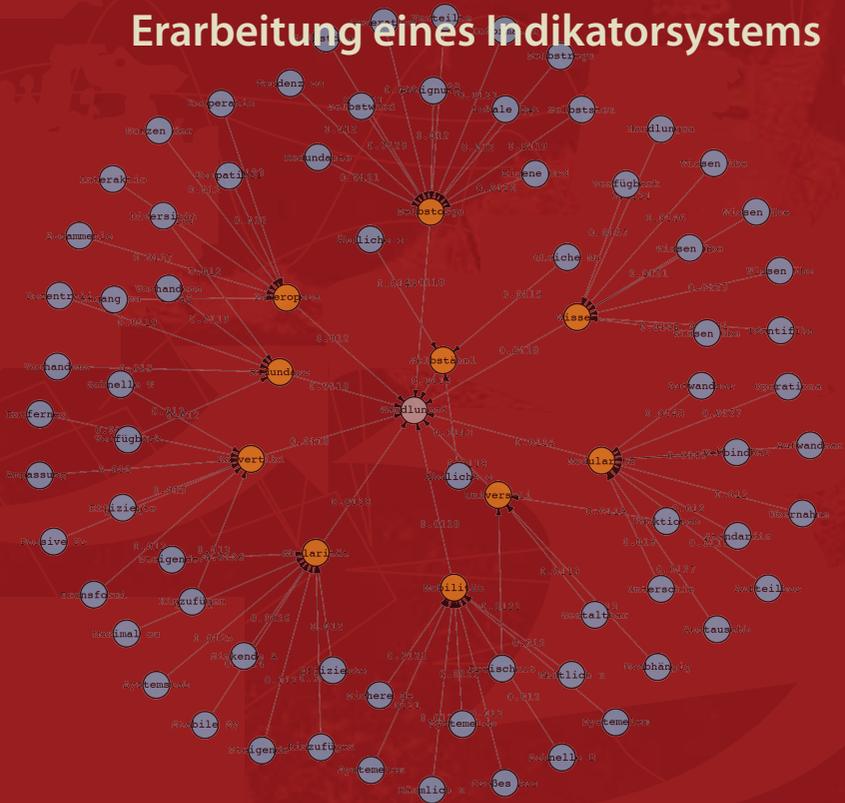


Eigenschaften wandlungsfähiger Systeme

Erarbeitung eines Indikatorsystems



André Ullrich

André Ullrich

Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, insb. Prozesse und Systeme
Universität Potsdam
August-Bebel-Str. 89
14482 Potsdam

ISBN 978-3-95545-265-0
https://doi.org/1030844/ullrich-a_2018

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Veröffentlicht im GITO Verlag 2018
Gedruckt und gebunden in Berlin 2018

© **GITO mbH Verlag Berlin 2018**

GITO mbH Verlag
für Industrielle Informationstechnik und Organisation
Kaiserdamm 23
14059 Berlin
Tel.: +49.(0)30.41 93 83 64
Fax: +49.(0)30.41 93 83 67
E-Mail: service@gito.de
Internet: www.gito.de



Kurzzusammenfassung

Die Frage nach der Handhabung sich verändernder Anforderungen des Umfelds und deren teils turbulenten Wirkungen auf ein System ist seit jeher Gegenstand gesellschaftlichen und wissenschaftlichen Disputs. Dazu ist es unerlässlich, das betrachtete System (bspw. eine Organisation), dessen spezifische Eigenschaften, Subsysteme und Elemente hinsichtlich Struktur und Funktionalität sowie der Fähigkeit, den sich wandelnden Anforderungen zu entsprechen und diese gemäß den Systemzielen zu meistern, zu untersuchen.

Ein Ansatz, sich dem Umgang eines Systems mit verändernden Anforderungen zu nähern, ist die Betrachtung der Wandlungsfähigkeit des Systems. Wandlungsfähigkeit beschreibt die Fähigkeit eines Systems, proaktiv oder reaktiv Maßnahmen für die Modifikation seiner Systemeigenschaften schnell und effizient zu entwickeln, umzusetzen und anzuwenden sowie sich proaktiv darauf vorzubereiten, inaktiv zu sein und passiv Einwirkungen aus der Systemumwelt zu tolerieren.

Die Eigenschaften wandlungsfähiger Systeme werden häufig als Indikatoren (z.B. Interoperabilität, Redundanz oder Wissen) der Wandlungsfähigkeit verwendet. Jedoch existiert keine systematische Beweisführung dafür, dass eine Eigenschaft per se als Indikator zum Nachweis von Wandlungsfähigkeit eingesetzt werden kann. In der Regel beruht die Argumentation auf Analogien, fachlicher Einsicht bzw. Erfahrung, kontextspezifischen Fallstudien oder kausal-analytischer Herleitung. Dementsprechend kann angenommen werden, dass die Indikatoren zwar förderlich für die Durchführung einer Wandlung sind, inwiefern diese jedoch die Wandlungsfähigkeit erklären und welche Kombination dieser repräsentativ ist, ist nicht geklärt. Weiterhin sind die Wechselwirkungen zwischen diesen erklärenden Variablen bisweilen unklar. In der Literatur wird postuliert, dass einige, bspw. Modularität, eine höhere Relevanz für die Wandlungsfähigkeit aufweisen, da diese andere erklärende Variablen fördern, doch existieren keine nachvollziehbaren systematischen Herleitungen dieser Wechselwirkungen. Darüber hinaus können bis dato keine Aussagen darüber getroffen werden, um wie viel wichtiger eine erklärende Variable im Vergleich zu einer anderen für die Wandlungsfähigkeit ist. Dementsprechend existiert eine Vielzahl unterschiedlicher potenzieller Indikatoren der Wandlungsfähigkeit, bezüglich deren jeweiliger individuellen Relevanz jedoch keine belastbaren Belege existieren. Aus dieser Forschungslücke resultiert die übergeordnete Fragestellung der Arbeit, nach der systematischen Erklärung der Wandlungsfähigkeit mittels Indikatoren, sodass eine intersubjektiv vergleichbare Interpretation dieser ermöglicht wird.

Der Arbeit liegt der gestaltungsorientierte Ansatz der Wirtschaftsinformatik zugrunde, wobei dem methodischen Vorgehen der *Design Science Research Methodology* gefolgt wird. Ausgehend von der Problemstellung der Identifikation relevanter Indikatoren der Wandlungsfähigkeit und der Zielstellung des Entwurfs eines Indikatorsystems zur Erklärung der Wandlungsfähigkeit wurde ein initiales Set von 50 möglichen Indikatoren aus der Literatur herausgearbeitet. Darauf aufbauend konnte mit dem *Konzept der Stilisierten Fakten* eine Vorselektion dieser Indikatoren vorgenommen und dabei das Set auf 17 Indikatoren konsolidiert werden. Diese Menge wurde anschließend bei der Untersuchung bezüglich Überschneidungsfreiheiten auf zehn Indikatoren feinspektiert. Es folgte die Angleichung der Begriffswörter der Indikatoren auf Basis einer Betrachtung von Begriffsdefekten und der Identifikation

von uneinheitlichen Bezeichnervarianten, die i.d.R. ein Potenzial, einen Vorgang, ein Objekt oder eine Eigenschaft adressierten. Dies ermöglicht zusätzlich zur wortsyntaktischen Synchronisation auch eine einheitliche Perspektive auf die Indikatoren als Eigenschaften wandlungsfähiger Systeme. Im folgenden Schritt wurden die Definitionen der Indikatoren, auf Basis eines Bezugsrahmens der Indikatorenbegriffe und eines Modells zur indikatorbasierten Wandlungsfähigkeit sowie aufbauend auf aus der Literatur extrahierten Inhalten, erstellt. Dieses Zwischenergebnis ermöglicht Vergleichbarkeit bezüglich Breite und Tiefe der bis dato uneinheitlichen Definitionen. Darüber hinaus wurden Merkmale der einzelnen Indikatoren anhand der Definitionen extrahiert. Anschließend erfolgte die Konstruktion des Indikatorsystems. Dieses setzt das abstrakte Konstrukt Wandlungsfähigkeit mit den latenten Indikatoren sowie den real erfahrbaren Merkmalen in Relation. Zu diesem Zweck wurde eine Relationierung der Indikatoren und der Merkmale je Indikator sowie der Indikatoren zur Wandlungsfähigkeit und der Merkmale zu den Indikatoren auf Basis von identifizierten Wechselwirkungen vorgenommen. Die relative Wichtigkeit der Merkmale und Indikatoren wurde auf Basis derer Wechselwirkungen mithilfe eines Zentralitätsmaßes aus der Netzwerkanalyse bestimmt, sodass in einem Folgeschritt das Indikatorsystem definiert und formalisiert wurde. Dieses erklärt und quantifiziert, wie sich Veränderungen eines (Sub-)Systems auf die Wandlungsfähigkeit auswirken. So können Istaufnahmen und Analysen von Organisationen durchgeführt sowie unterschiedliche Systemzustände miteinander verglichen und die Systementwicklung beurteilt werden. Dadurch ist der Erfolg von gestalterischen Maßnahmen an einem System quantifizierbar. Weiterhin wurden ein Vorgehensmodell zur Anwendung des Indikatorsystems sowie ein Wirkmodell, welches die Wandlungsfähigkeit mit organisationalen Zielgrößen (Schnelligkeit und Effizienz) relationiert, erarbeitet.

In Fallstudien erfolgte die Demonstration der Anwendbarkeit des Indikatorsystems als Werkzeug der Systemanalyse sowie zur Erklärung der Wandlungsfähigkeit anhand von zwei Lernfabriken. Dabei konnte aufgezeigt werden, wie sich die Wandlungsfähigkeit über verschiedene Systemzustände im Zeitverlauf verändert sowie welche konkreten Ausprägungen die Indikatoren aufweisen und wie hoch deren Beitrag zur Wandlungsfähigkeit ist. Es wurden Ungleichgewichte bezüglich der Ausprägungen der menschlichen, technischen und organisatorischen Teilsysteme festgestellt und ansatzweise Gestaltungsempfehlungen gegeben. Weiterhin wurde in den Fallstudien das Wirkmodell exemplarisch überprüft. Dabei wurde die postulierte positive Wirkung der Wandlungsfähigkeit auf die Zielgrößen in den Anwendungsfällen getestet.

In der Evaluation wurde die Güte des Indikatorsystems sowohl gegen die Forschungslücke als auch gegen die Praxis geprüft. Dabei wurden einerseits der Prozess der Operationalisierung der Indikatoren sowie die Eignung des Indikatorsystems als Bewertungsinstrument und andererseits dessen Mehrwert für die Praxis bewertet. Darüber hinaus wurde der Konstruktionsprozess des Indikatorsystems kritisch betrachtet.

Im Ergebnis liegen systematische Definitionen der Indikatoren, das Indikatorsystem als Erklärungsmodell und Bewertungsinstrument der Wandlungsfähigkeit sowie der exemplarische Nachweis einer positiven Korrelation zwischen hoher Wandlungsfähigkeit eines Systems und hoher Schnelligkeit sowie Effizienz bei dessen Durchführung von Veränderungsprojekten vor.

Abstract

The question of how to deal with the changing environmental requirements and their sometimes turbulent effects on a system has always been the subject of social and scientific debate. Therefore, it is essential to examine the system under consideration (e.g. an organization) along with its specific properties, subsystems and elements in terms of structure and functionality, as well as its ability to meet the changing requirements and master them according to the system goals.

One way to approach handling a system under changing requirements is to consider the change capability of the system. Change capability describes the ability of a system to proactively or reactively develop, implement, and apply measures for the modification of its system properties quickly and efficiently, as well as be proactively prepared to be inactive and passively tolerate environmental impacts.

The properties of changeable systems are often used as indicators (e.g. interoperability, redundancy, or knowledge) of change capability. However, there is no systematic evidence that any one property per se can be used as an indicator of change capability. Usually, the argumentation is based on analogies, expert insight and experience, context-specific case studies or causal-analytical derivation. Accordingly, it can be assumed that the indicators are conducive to the implementation of a change, but it is unclear to what extent they explain change capability and which combination of these indicators is representative. Furthermore, the interdependencies between these explanatory variables are hitherto unclear. In the literature, it is postulated that some properties, e. g. modularity, have a higher relevance for change capability since they facilitate other explanatory variables, but there are currently no comprehensible systematic derivations of these interdependencies. In addition, no statements can be made as to how much more important one explanatory variable is in comparison to another in terms of change capability. Accordingly, there are many different potential indicators of change capability, but there is no reliable evidence of the relevance of any one in particular. From this research gap results the overarching research question seeking a systematic explanation of the capability to change by means of indicators, which would enable an intersubjectively comparable interpretation of change capability.

This work is based on the design-oriented approach of business informatics and follows the procedures of *Design Science Research Methodology*. Starting with the problem of identifying relevant indicators of change capability and the objective of designing an indicator system that explains changeability, an initial set of 50 possible indicators was worked out from the literature. These indicators were pre-selected using the *concept of Stylized Facts* and consolidated to 17 indicators. This set then underwent a more refined selection to ten indicators by considering the freedom of overlap. Subsequently, the indicator terms were harmonized based on a consideration of conceptual defects and the identification of non-uniform variants of the terms that usually addressed either a potential, an operation, an object or a property. In addition to word-syntactic synchronization, this also enabled a uniform perspective on the indicators as a property of changeable systems. In the following step, the indicators were defined based on a frame of reference for the indicator terms and a model of indicator-based change capability, as well as content extracted from the literature. This interim result made it possible to compare the width and depth of the hitherto

inconsistent indicator definitions. In addition, the definitions were used to identify and extract characteristics of the individual indicators, after which the indicator system could be constructed. In so doing, the abstract construct of change capability was contextualized in relation to both the latent indicators and the real-perceivable characteristics. To this end, the indicators and the characteristics of each indicator were related to each other based on identified interdependencies. Additionally, the characteristics were related to the indicators, which in turn were then related to the change capability. The relative importance of the characteristics and indicators was then determined on the basis of their interdependencies by means of a centrality measure from the network analysis, so that the indicator system was defined and formalized in a subsequent step. The indicator system explains and quantifies *inter alia* how changes in a system or its subsystems affect its change capability. In this way, as-is surveys and analyses of organizations or their subunits can be carried out, different system states can be compared with one another, and thus the development of systems can be assessed with regard to their change capability. This makes it possible to quantify the success of design measures on a system. In addition, a procedural model for the application of the indicator system as well as an impact model were developed. The latter links the change capability with organizational target figures (velocity and efficiency).

Case studies were used to demonstrate the applicability of the indicator system as a tool for system analysis and to explain its change capability by means of two learning factories. Therein, it could be shown how the change capability varies over different system states, what specific values the indicators show, and how high their contribution to the change capability is. In addition, imbalances with regard to the values of the human, technical and organizational subsystems were identified and design recommendations were made. Furthermore, the impact model was examined exemplarily in the case studies. The postulated positive effect of change capability on the target values was tested in the two application cases.

The evaluation examined the merit of the indicator system in light of the research gap and practice. The process of operationalizing the indicators as well as the suitability of the indicator system as an assessment instrument and its added value for practice were evaluated. In addition, the design process of the indicator system was critically examined.

The results of this work include systematic definitions of the indicators, an indicator system as an explanatory model and assessment instrument for change capability, and an exemplary proof of a positive correlation between a system's high change capability and its high velocity and efficiency in implementing change projects.

Inhaltsübersicht

Inhaltsübersicht	VI
Verzeichnisse	VII
Inhaltsverzeichnis	VII
Abbildungsverzeichnis	XI
Tabellenverzeichnis	XV
Abkürzungsverzeichnis	XIX
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Forschungsfragen	4
1.3 Ziele der Arbeit	6
1.4 Forschungsdesign	7
1.5 Gang der Untersuchung	10
2 Wandlungsfähigkeit von Organisationen	13
2.1 Sozio-technisches System der Organisation	14
2.2 Konzept der Wandlungsfähigkeit	22
2.3 Bewertungsverfahren der Wandlungsfähigkeit	39
2.4 Indikatoren der Wandlungsfähigkeit	56
2.5 Konzeptionelle und begriffliche Abgrenzung	68
2.6 Problemanalyse und Forschungslücke	76
3 Ziel und Methodik der Arbeit	89
3.1 Zielanalyse	89
3.2 Beabsichtigte Ergebnisse	93
3.3 Vorgehensweise	94
3.4 Methodische Hilfsmittel	98
4 Indikatordefinition	107
4.1 Theoriebildung	108
4.2 Vorselektion der Indikatoren	115
4.3 Erarbeitung der Indikatordefinitionen	123
5 Indikatorsystem	147
5.1 Aufbau und Relationen des Indikatorsystems	148
5.2 Konstruktion der Gewichtungen	177
5.3 Indikatorsystem und Wirkmodell	189

INHALTSÜBERSICHT

6	Demonstration	203
6.1	Methodik	203
6.2	Anwendungskontext Lernfabrik	209
6.3	Anwendungsfall IoT-Labor im Forschungs- und Anwendungszentrum Industrie 4.0	214
6.4	Anwendungsfall machBar - FabLab im freiLand	226
6.5	Diskussion und Zusammenfassung	235
7	Evaluation	239
7.1	Konzeption der Evaluation	239
7.2	Durchführung	242
7.3	Diskussion und Zusammenfassung	254
8	Schlussbetrachtung	257
8.1	Zusammenfassung	257
8.2	Kritische Würdigung der Untersuchung	260
8.3	Ausblick	262
	Glossar zur indikatorbasierten Wandlungsfähigkeit	265
A	Stilisierte Fakten	283
B	Merkmalsvisualisierungen	335
C	Adjazenzmatrizen	347
D	Zentralitätsindizes	359
E	Fragebogen zur Fallstudie	371
	Literaturverzeichnis	379

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsübersicht	VI
Verzeichnisse	VII
Inhaltsverzeichnis	VII
Abbildungsverzeichnis	XI
Tabellenverzeichnis	XV
Abkürzungsverzeichnis	XIX
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Forschungsfragen	4
1.3 Ziele der Arbeit	6
1.4 Forschungsdesign	7
1.5 Gang der Untersuchung	10
2 Wandlungsfähigkeit von Organisationen	13
2.1 Sozio-technisches System der Organisation	14
2.1.1 Systemtheoretische Perspektive auf die Organisation	14
2.1.2 Organisationssystem, Umwelt, Differenz und Turbulenz	17
2.1.3 Zusammenfassung und Implikationen	21
2.2 Konzept der Wandlungsfähigkeit	22
2.2.1 Wandlungsprozeß und Wandlungstreiber	22
2.2.2 Begriffsexplikation: Wandlungsfähigkeit	27
2.2.3 Zusammenfassung und Implikationen	35
2.3 Bewertungsverfahren der Wandlungsfähigkeit	39
2.3.1 Bewertung von Systemen	40
2.3.2 Bewertung von Produktionssystemen	42
2.3.3 Zusammenfassung und Implikationen	53
2.4 Indikatoren der Wandlungsfähigkeit	56
2.4.1 Grundlagen	57
2.4.2 Indikatoren der Wandlungsfähigkeit	59
2.4.3 Zusammenfassung und Implikationen	65
2.5 Konzeptionelle und begriffliche Abgrenzung	68
2.5.1 Resilienz	69
2.5.2 Reliabilität	71
2.5.3 Wandlungsfähigkeit, Resilienz und Reliabilität	73
2.6 Problemanalyse und Forschungslücke	76

2.6.1	Identifikation von Indikatoren der Wandlungsfähigkeit	78
2.6.2	Bewertung der Wandlungsfähigkeit	83
2.6.3	Ableitung der Forschungsfragen	84
3	Ziel und Methodik der Arbeit	89
3.1	Zielanalyse	89
3.1.1	Systematische Operationalisierung der Indikatoren der Wandlungsfähigkeit	91
3.1.2	Bestimmung der relativen Wichtigkeit der Indikatoren für die Wandlungsfähigkeit	91
3.1.3	Entwicklung eines indikatorbasierten Bewertungsinstrumentes der Wandlungsfähigkeit	92
3.1.4	Erstellung eines interpretierbaren Indexes der Wandlungsfähigkeit	92
3.1.5	Zusammenfassung der Zielanalyse	93
3.2	Beabsichtigte Ergebnisse	93
3.3	Vorgehensweise	94
3.4	Methodische Hilfsmittel	98
3.4.1	Konzept der Stilisierten Fakten	99
3.4.2	Netzwerkanalyse und deren Hilfsmittel	101
3.4.3	Befragung	103
3.4.4	Operationalisierung	104
4	Indikatordefinition	107
4.1	Theoriebildung	108
4.1.1	Bezugsrahmen der Indikatorbegriffe	108
4.1.2	Indikatorbasierte Wandlungsfähigkeit	110
4.2	Vorselektion der Indikatoren	115
4.2.1	Vorgehensweise bei der Indikatorenauswahl	115
4.2.2	Stilisierte Fakten der Wandlungsfähigkeitsindikatoren	118
4.2.3	Diskussion der Vorauswahl	122
4.3	Erarbeitung der Indikatordefinitionen	123
4.3.1	Überschneidungsfreiheiten der Begriffe	123
4.3.2	Terminologische Vergleichbarkeit	125
4.3.3	Definition der Indikatoren	129
4.3.4	Diskussion und Zusammenfassung	146
5	Indikatorsystem	147
5.1	Aufbau und Relationen des Indikatorsystems	148
5.1.1	Systemaufbau und Darstellung der Merkmale	148
5.1.2	Relationierung der Indikatoren zur Wandlungsfähigkeit	154
5.1.3	Relationen auf Indikatorebene	157
5.1.4	Relationierung der Merkmale zu den Indikatoren	161
5.1.5	Relationen auf Merkmalsebene	166
5.1.6	Diskussion und Zusammenfassung	176
5.2	Konstruktion der Gewichtungen	177
5.2.1	Vorgehen und Durchführung	177
5.2.2	Ergebnisdarstellung und Analyse	178

5.2.3	Diskussion und Zusammenfassung	188
5.3	Indikatorsystem und Wirkmodell	189
5.3.1	Indikatorsystem	189
5.3.2	Vorgehensmodell zur Anwendung des Indikatorsystems	197
5.3.3	Wirkmodell der Wandlungsfähigkeit	199
5.3.4	Diskussion und Zusammenfassung	201
6	Demonstration	203
6.1	Methodik	203
6.1.1	Auswahl und Begründung des Anwendungskontexts	204
6.1.2	Erhebungsform	204
6.1.3	Erhebungsinstrument	205
6.1.4	Pretest	209
6.2	Anwendungskontext Lernfabrik	209
6.2.1	IoT-Labor im Forschungs- und Anwendungszentrum Industrie 4.0	210
6.2.2	machBar-FabLab im freiLand	213
6.3	Anwendungsfall IoT-Labor im Forschungs- und Anwendungszentrum Industrie 4.0	214
6.3.1	Beschreibung der Szenarien	215
6.3.2	Darstellung Ergebnis und Analyse	216
6.4	Anwendungsfall machBar - FabLab im freiLand	226
6.4.1	Beschreibung der Szenarien	226
6.4.2	Ergebnis und Analyse	228
6.5	Diskussion und Zusammenfassung	235
7	Evaluation	239
7.1	Konzeption der Evaluation	239
7.2	Durchführung	242
7.2.1	Artefakt gegen Forschungslücke	242
7.2.2	Diskussion des Konstruktionsprozesses	247
7.2.3	Artefakt gegen die Praxis	252
7.3	Diskussion und Zusammenfassung	254
8	Schlussbetrachtung	257
8.1	Zusammenfassung	257
8.1.1	Inhaltliche Zusammenfassung	257
8.1.2	Zusammenfassung zu den Zielen der Arbeit	259
8.2	Kritische Würdigung der Untersuchung	260
8.3	Ausblick	262
	Glossar zur indikatorbasierten Wandlungsfähigkeit	265
A	Stilisierte Fakten	283
B	Merkmalsvisualisierungen	335
C	Adjazenzmatrizen	347

Inhaltsverzeichnis

D Zentralitätsindizes	359
E Fragebogen zur Fallstudie	371
Literaturverzeichnis	379