

Modellierung von Handlungswissen aus fragmentiertem und heterogenem Rohdatenmaterial durch inkrementelle Verfeinerung in einem Regelbanksystem

Rüdiger von der Weth*, Dietmar Seipel**, Falco Nogatz**,
Katrin Schubach*, Alexander Werner* & Franz Wortha*

* Hochschule für Technik und Wirtschaft, Professur für Arbeitswissenschaft und Personalwirtschaft, Dresden
** Universität Würzburg, Lehrstuhl für Informatik I

ZUSAMMENFASSUNG

Neben explizit dargestellten Geschäftsprozessen und Verfahrensregeln gibt es in Organisationen häufig nicht dokumentiertes Handlungswissen in Form informeller Vorgehensregeln. Dieses Wissen lässt sich meist nicht mit dem expliziten vergleichen, da es nicht in einheitlicher Weise erhoben werden kann und zudem meist fragmentiert in verteilten Quellen (Individuen, Gruppen) vorliegt. Die hier vorgestellte Methode soll es ermöglichen, unterschiedlich erhobene Vorgehensregeln durch ein inhaltsanalytisches Verfahren zunächst in ein einheitliches Format zu überführen. Dieses bildet die Grundlage zur Verwaltung der Regeln im deduktiven Datenbanksystem DDBASE, mit dessen Hilfe die einzelnen Vorgehensregeln schon bei der Eingabe analysiert und dann bei der Auswertung verknüpft werden können. Das vorgestellte System unterstützt neben der grafischen Repräsentation auch automatisches Schließen, sodass Schlussfolgerungen gebildet und Widersprüche erkannt werden können. Durch die stetige Erweiterung der Regeln können so neue Thesen in das Gesamtbild eingebracht werden, welches somit über den Umfang einer einzelnen Studie hinausgeht. Als Ergebnis kann so auf Organisationsebene informelles Wissen mit „offiziellen“ Regeln verglichen und Organisationsentwicklungsprozesse exakter modelliert werden.

Schlüsselworte

Mixed Methods – Change-Management – Expertensystem – PROLOG – DATALOG – Regelbank

ABSTRACT

Knowledge in organization is not only represented in explicitly documented rules but also in undocumented and informal procedural rules. These implicit rules can hardly be compared with explicit rules, because they exist fragmented in different sources (e.g., individuals, groups) and cannot be collected in a standardized manner. The method introduced in the in this paper can transfer differently collected information about procedures in a standard format using content analysis. This allows managing the rules in DDBASE, a deductive data base system. In DDBASE rules can be analyzed at the input and linked in the evaluation. The system supports both the graphical representation and automated reasoning, so that conclusions are linked and contradictions are detected. Through continuous extension of the rule base an overall model can be extended and validated across methodologically different studies. As a result, informal knowledge can be compared with „official“ rules and their history can be modeled accurately (e.g., in change management processes).

Keywords

Mixed methods – change management – expert systems – PROLOG – DATALOG – rule database

1 Problemlage

1.1 Analyse komplexer Organisationssysteme

Widerspruchsfrei formulierte und empirisch basierte Theorien, die einen Gegenstand wie z. B. Arbeitssysteme auch in seiner Funktionalität und Komplexität angemessen abbilden, sind das Ziel wissenschaftlichen Arbeitens. Die Wahl der Erhebungs- und Auswertungsmethoden für empirische Studien hat sich diesem Ziel unterzuordnen. Quantitative Analysen in der Sozialwissenschaft sind dazu da, mit möglichst standardisierten Verfahren der Beobachtung oder Befragung inferenzstatistisch auswertbare Daten zu erheben. Dies bedeutet, sich entweder bei einer überschaubaren Anzahl von Messungen auf wenige Haupteffekte zu konzentrieren bzw. den Fokus auf die Variablen zu richten, welche die „meiste Arbeit verrichten“ (siehe auch Fernando, Kashima & Laham, 2014). Die Alternative sind Studien mit großen Fallzahlen, bei denen die Interaktionen vieler Faktoren mit statistischen Verfahren auf Signifikanz geprüft werden können. So lassen sich theoretisch elaborierte komplexere Modelle mit Strukturgleichungsmodellen und vergleichbaren Verfahren testen, wie in großen pädagogischen Studien (z. B. OECD, 2013; Blossfeld, Roßbach & von Maurice, 2011). Dies bedeutet einen hohen Aufwand, der nur gerechtfertigt ist, wenn mit Skalen operiert wird, deren Validität im wissenschaftlichen Common Sense unumstritten ist. Die Sozialwissenschaften sind von einer messtechnischen Normierung ihrer Verfahren weit entfernt (vgl. Alexander von Humboldt Stiftung, 2009), daher reduziert sich die Anwendbarkeit solcher Modelle auf breit bearbeitete Themenfelder mit einer Basis gesicherter Erkenntnisse.

1.2 Grenzen quantitativer Verfahren

Naturgemäß stößt dieses Vorgehen vor allem dann an seine Grenzen, wenn man große und komplexe Einheiten wie Organisationen untersuchen und dynamische Prozesse modellieren will. Der Business-Rule-Ansatz beispielsweise geht davon aus das bereits auf organisationaler Ebene viele Geschäftsregeln, also Direktiven oder Guidelines, die das Geschäftsverhalten einer Organisation beeinflussen oder leiten sollen, undokumentiert oder gar unausgesprochen in einem Unternehmen vorliegen. Diese Regeln müssen explizit gemacht werden, um Lücken und Widersprüche aufzudecken (Schacher & Grässle, 2006). Ein solches Regelwerk kann sehr schnell sehr komplex werden vor allem, wenn man technische und personelle Aspekte einbezieht. Dieser Komplexität kann der Business-Rule-Ansatz durch fehlende wissenschaftliche Methoden für die Erhebung oder zur normativen Modellierung nicht gerecht werden.

Auf der Ebene einzelner Probanden kann man pro Organisation auf mehrere 10.000 Personen kommen. Man kann daher zwar große Mengen von Einzelpersonen in Organisationen als zu untersuchenden Gegenstand statistisch analysieren. Man kann auch für Individuen exemplarisch Effekte unterschiedlicher Organisationsformen vergleichen oder die Zusammenhänge individuellen Verhaltens mit wenigen, ausgewählten Organisationsvariablen in Korrelationsstudien analysieren. Betrachtet man es aber als Aufgabe, Merkmale von Mensch, Technik und Organisation als Gesamtsystem zu modellieren und empirisch zu prüfen, ist dieser Ansatz nicht mehr sinnvoll anwendbar. Sobald sich Merkmale von Technik und Organisation eigenständig verändern oder mittelbare Effekte menschlichen Handelns auftreten, die sich zunächst nur im technisch-organisatorischen Bereich abspielen, stößt eine Statistik der großen Fallzahlen an Grenzen. Denn bei der Organisation als Untersuchungseinheit, die sich abhängig von diesen Probanden und anderen Akteuren und Mechanismen verändert, werden derartige Ansätze viel zu aufwendig oder unmöglich. Die Analyse kritischer Ereignisse (z. B. Erfolg oder Scheitern eines Projekts) oder von Veränderungsprozesse kann somit nicht auf Basis etablierter statistischer Modelle mit hochstandardisierten Verfahren betrieben werden. Entweder man arbeitet mit Modellen unzureichender Komplexität oder mit zu geringen Fallzahlen. Betrachtet man den Stand der Forschung z. B. auf dem Gebiet technologisch initiierten Veränderungsprozesse in Organisationen, lässt sich das belegen. Hailu & Rahman (2012), Ngai et al. (2008), Ram & Corkindale (2014) und von der Weth & Spengler (2007) zeigen folgendes Bild: Im quantitativen Bereich sind auf diesem Gebiet Umfragestudien mit großen Fallzahlen üblich, die das Geschehen in der Regel aus der Perspektive einer bestimmten Zielgruppe betrachten im Change-management z. B. Umfragen unter Führungskräften (z. B. Krause, 2010; Krause & Gebert, 2006), Projektleitern (z. B. Borchert, Goos & Hagenhoff, 2005; Schneider, 2014) und Mitarbeitern (z. B. Aarons, Sommerfeld & Willing, 2011; Mehta, Maheshwari & Sharma, 2014). Daher unterliegen Sie einer systematischen Verzerrung (Heidemeier & Moser, 2009) bei der Bewertung von Ursachen.

1.3 Qualitative Lösungsansätze und Einzelfallstudien

So wundert es nicht, dass in der Betriebswirtschaftslehre und anderen Sozialwissenschaften eine lange Tradition von qualitativen Studien besteht und die Kasuistik als wichtige Erkenntnisquelle betrachtet wird – speziell bei der Analyse organisationsweiter Prozesse. Das gilt z. B. für Erfahrungsberichte aus Changemanagement-Beratungsprojekten (z. B. Church & Burke,

1995; Cooper, Nieberding & Wanek, 2013). Vor allem aber haben detaillierte Beschreibungen von Best-Practice-Fällen auf der Ebene der Organisation, wie z. B. die des Toyota-Produktionssystems im Bereich des Qualitätsmanagements oder die Reorganisation der IBM-Kreditabteilung (vgl. Jost, 2000) im Bereich Business Process Reengineering (Altinkemer, Ozcelik & Ozdemir, 2011; Michela & Carlotta, 2012; Victor & Joe, 2015) die Wirtschafts- und Ingenieurwissenschaften entscheidend beeinflusst und sind Lehrbuchstoff (Engelmann, 1995). Es gibt Ansätze wie die Corner-Case-Methode (Glaser & Strauss, 2005) um durch eine Systematisierung bei wenigen Fällen eine Verallgemeinerung in einem geregelten Verfahren zu ermöglichen. Besser wäre jedoch eine Möglichkeit auch einzelne Daten, die in verschiedenen Studien erhoben werden, für eine integrative Betrachtung und möglichst exakte Modellierung von Prozessen in Arbeitssystemen aus Mensch, Technik und Organisation verwenden zu können.

Kasustiken und andere qualitative Studien unterscheiden sich in der Nachvollziehbarkeit ihrer Datenquellen und in der Qualität ihrer Schlussfolgerungen. Für Ersteres gibt es Standards der Protokollierung, der Interpretation und der Zusammenfassung von Aussagen und Beobachtungen (Freeman, Preissle, Roulston & Pierre, 2007; Malterud, 2001). Die Qualität der Schlussfolgerungen, also der abgeleiteten Kausalmodelle aus diesem Material, wird häufig jedoch ebenfalls meist qualitativ und ohne bestehende Konventionen diskutiert. Diese wären aber eine Vorbedingung für ein einheitliches Vorgehen der Analyse und Bewertung ganz unterschiedlicher Fälle, durch die sich dann die Möglichkeit einer sukzessiven, iterativen Modelloptimierung über mehrere Fallstudien hinweg ergäbe. Zwar gibt es im Bereich der Forschung zu Mensch, Technik und Organisation Ansätze wie die Triangulation (Flick, 2012) und die Mixed Methods (z. B. Creswell, 2013; Hitchcock, Onwuegbuzie & Khoshaim, 2015) um Ergebnisse aus methodisch verschiedenen Ansätzen zu verknüpfen. Noch aufschlussreicher wäre es jedoch, wenn man ganz unterschiedlich erhobene Einzeldaten in ein einheitliches Format überführen könnte, das für eine verallgemeinernde Betrachtung geeignet ist. Das Material aus sehr heterogenen Fallstudien und Erfahrungsberichten ließe sich dann viel besser für den Erkenntnisgewinn heranziehen. So kann man z. B. auch Sichten und Erfahrungen verschiedener Interessenträger in einer Organisation analysieren, auch wenn diese notwendigerweise in unterschiedlicher Form erhoben und dokumentiert wurden.

Dies wäre fruchtbar für viele Fragestellungen, denn ein wichtiger Untersuchungsgegenstand in Unternehmen – symbolisiert durch die klassische Analogie des organisationalen Eisbergs – ist der Vergleich

„offizieller“ Prozesse und Organisationsstrukturen mit dem, was im Unternehmen tatsächlich gelebt wird und dessen Mechanismen man sich häufig nur aus Aussagen und Beobachtungen indirekt quasi „detektivisch“ erschließen kann.

2 Methode und Anforderungen

Hier liegt es natürlich nahe, an die von Arthur Canon Doyle seinem Meisterdetektiv Sherlock Holmes zugeschriebene „Wissenschaft der Deduktion“ zu denken.

„In solving a problem of this sort, the grand thing is to be able to reason backward. That is a very useful accomplishment, and a very easy one, but people do not practise it much. In the everyday affairs of life it is more useful to reason forward, and so the other comes to be neglected. There are fifty who can reason synthetically for one who can reason analytically. (...) Most people, if you describe a train of events to them, will tell you what the result will be. They can put those events together in their minds, and argue from them that something will come to pass. There are few people, however, who, if you told them a result, would be able to evolve from their inner consciousness what the steps were which led up to the result. This power is what I mean when I talk of reasoning backwards, or analytically (A study in scarlet, part 2, chap. 7, p. 83f).“

Die gängigste Vorgehensweise in der empirischen Forschung besteht darin, zunächst Konstrukte zu finden, die in sehr vielen Realitätsbereichen erfasst werden können um mit einem möglichst sparsamen Satz an solchen Konstrukten Modelle zu bilden. Diese Konstrukte werden operationalisiert, d. h. es wird ihnen jeweils eine oder mehrere Variablen zugeordnet, die reliabel erhoben werden können. Dieser Vorgang ist ein Akt der Reduktion und konzentriert weitere empirische Aktivitäten auf einen messtechnisch geeigneten und somit stark eingegengten Realitätsausschnitt. Zur Bildung von Modellen komplexer Sachverhalte trägt dieses Vorgehen dann nichts bei, wenn die theoretische Beziehung von Konstrukten in diesen Modellen nicht geklärt ist. In diesem Fall ist auch die Analyse der aus diesen Konstrukten operationalisierten Variablen wenig zielführend. Dörner (1988) schlug stattdessen die Entwicklung simulationsfähiger Modelle als Mittel zur Schärfung und Verknüpfung solcher Konstrukte vor. Dies funktioniert aber nur, wenn es einen Satz von klar definierten Konstrukten gibt und deren Verknüpfung plausibel in mathematischer Form abgebildet werden können.

Ist auch ein solcher Satz zur Bildung von Hypothesen nicht gegeben, muss man sich zunächst wie Sherlock Holmes auf Spurensuche begeben. Er nennt seine Methode die Wissenschaft der Deduktion. Der Unterschied zur bisher beschriebenen Vorgehensweise besteht darin, dass man bereits auf der Ebene der Wahrnehmung einzelner Beobachtungen Hypothesen bildet. Bei Sherlock Holmes besteht jeweils ein wesentlicher Bestandteil dieser Hypothese darin, dass diese Beobachtungen Spuren eines Verbrechens sind. Beobachtung bedeutet hierbei die Klassifizierung eines entsprechenden Wahrnehmungsinhalts. Hinzu kommt der Rückschluss auf eine potentielle Ursache, also eine entsprechende Zuordnungsregel für Ursache und Wirkung. Man sucht jeweils ganz spezifisch nach einem dahinterliegenden Konstrukt, das sich in der Beobachtung abbildet. Diese Zuordnung findet bereits nach jedem einzelnen Befund statt. Es existieren im Gegensatz zur oben beschriebenen Vorgehensweise im Prinzip zunächst mindestens so viele potentielle Ursachen wie Beobachtungen, also eine große Menge von Hypothesen. Für Sherlock Holmes ist dies immer dann eine sinnvolle Vorgehensweise, wenn es darauf ankommt, auf keinen Fall auch nur die kleinste Spur zu übersehen.

Sherlock Holmes findet am Schluss meistens seinen Täter, was seine Hypothesen beweist. Dies bedeutet, dass er diese zu einem Gesamtmodell des Sachverhalts verknüpft, das er dann nur in einem (entscheidenden) Fall überprüft. Er verwendet dazu die Methode der Deduktion, er verknüpft die gefundenen Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge zu längeren Ketten, eliminiert Widersprüche und prüft dafür unter welchen Bedingungen die gefundenen Annahmen gelten können oder nicht. Der Anspruch an ein solches Modell ist keine statistische Bewertung seiner Gültigkeit, sondern die vollständige, logisch widerspruchsfreie Herleitung eines Hypothesengebäudes aus nicht oder wenig vorselegierten Befunden. Falsifikation findet nicht durch experimentelle und quasi-experimentelle Studien statt, sondern durch inkrementelle Beseitigung und Veränderung logisch widersprüchlicher Hypothesen.

Die im Weiteren beschriebene Methode funktioniert analog. Jeder einzelne Befund wird als eine Realisierung einer potentiellen Regel aufgefasst, die es zu prüfen gilt. Das Grundprinzip der Prüfung besteht darin, jede einzelne dieser Regeln auf logische Zusammenhänge und Widersprüche zu allen anderen zu testen. Da für die Prüfung der logischen Verknüpfungen zwischen Regeln die Natur der Quelle zunächst unwichtig ist, kann man, wie Sherlock Holmes auch, aus völlig heterogenem empirischem Material Schlüsse ziehen, solange die Ableitungen der einzelnen Regeln plausibel sind. Man kann so durch einen jederzeit erweiterbaren Datensatz sukzessiv zu einem immer dif-

ferenzierteren und extensiveren Modell gelangen, das immer logisch konsistent bleibt.

Im Weiteren wird dieses Vorgehen an einem Beispiel aus einer Untersuchung zu emotionalen Prozessen im Zusammenhang mit Softwareeinführungsprojekten (Schubach & von der Weth, 2011) dargestellt. In diesem Kontext wurde Folgendes von einem einzelnen Probanden erzählt.

Befragter: Na, ich denk, wenns mal sowas gibt, dann / Das ist ja immer bei uns so ein Prozess. Muss man ja sehen. Das ist ja / Es gibt ja Leute, die wissen das. Und von denen hol ich mir das Wissen dann.

Dies wurde angelehnt an Mayring (2015) in folgender Weise zusammengefasst:

„Es existieren Kollegen, die haben Informationen / Wissen über das ERP-System. Und von denen holt Mitarbeiter sich das Wissen dann.“

Schließlich wurde im Rahmen eines mehrstufigen Auswertungsverfahrens als potentielle Regel, die sich hinter dieser Aussage verbirgt, kodiert.

Die Aussage beinhaltet, dass Wissen unter den beiden genannten Bedingungen entsteht, wir kennen einen Teil der konkreten Bedingungen unter denen diese Regel formuliert wurde und auch einen Teil der Bedingungen unter denen das auf dieser Regel basierende Ereignis aufgetreten ist. Das ist das Material mit dem nun die „Wissenschaft der Deduktion“ angewendet werden kann.

2.1 Das Regelformat

In Abbildung 1 sind die Elemente einer Regel (Rule) dargestellt. Sie besteht stets aus einer Vorbedingung (condition) und einer Konsequenz (consequence). Eine Vorbedingung ist stets mit dem Schlüsselwort „wenn“ (if) zu beginnen, während der Beginn der Konsequenz durch das Schlüsselwort „dann“ (then) signalisiert wird. In beiden Regelteilen wird Bezug genommen auf einen oder mehrere Befunde (finding), welche mit Hilfe von Junktoren (logical connective) verknüpft werden können. Ein Befund besteht dabei stets aus einem Merkmal (feature) dem ein Wert (value) zugewiesen ist.

Es werden somit Verallgemeinerungen aus empirischen Daten formuliert. Betrachten wir nochmals die Regel aus Abbildung 1, die aus der Aussage eines Interviewpartners gewonnen wurde, können wir folgende Elemente zuordnen: Die Vorbedingung ist die logische Verknüpfung der beiden Befunde „*Existenz Kollegen mit Wissen / Informationen über ERP-System* = ja“ und „*Kooperation* = ja“, während die Konsequenz der Regel in diesem Beispiel nur aus einem Befund besteht: „*Entstehung ERP-Wissen bei Mitarbeiter* = ja“. Die Merkmale sind *Existenz Kollegen mit Wissen*

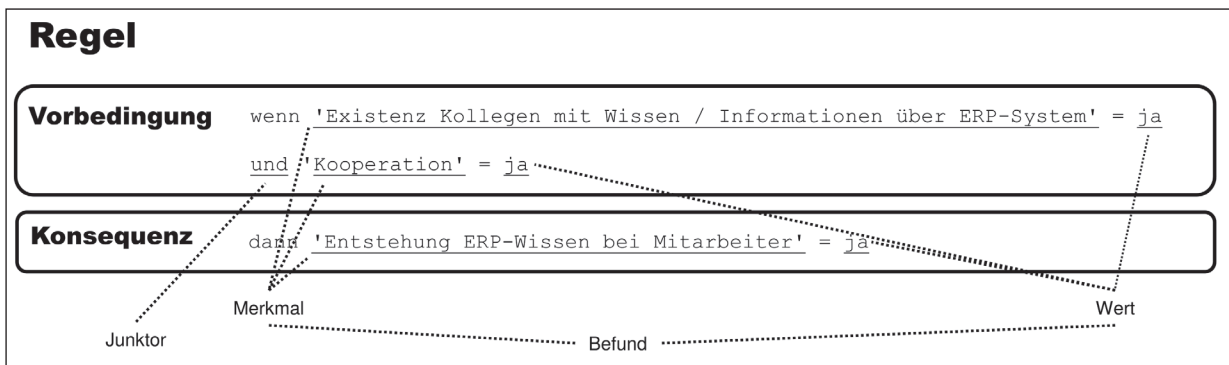


Abbildung 1: Darstellung der verwendeten Nomenklatur; Erläuterungen im Text.

/ Informationen über ERP-System' und 'Kooperation' in der Vorbedingung und 'Entstehung ERP-Wissen bei Mitarbeiter' in der Konsequenz.

Regeln lassen sich aber nicht nur aus Interviewdaten gewinnen. Auch sprachlich formulierte und grafische Dokumente sind in das Regelformat überführbar. Abbildung 2 zeigt, wie sich beispielsweise ein Flussdiagramm, welche häufig bei Dokumentenanalysen in Organisationen erhoben werden, in das beschriebene Regelformat überführen lässt.

Dies bedeutet, dass sich Prozessdarstellungen in Dokumenten, die in Unternehmen als „offizielle“ oder explizite Regeln für Geschäftsprozesse gelten und somit die formale Ablauforganisation abbilden, in das gleiche Datenformat transformiert werden können wie sprachliche Äußerungen und Beobachtungsprotokolle über implizite, nicht schriftlich formulierte Verfahrensweisen im Unternehmen. Es liegt somit unabhängig vom Ausgangsformat und der Erhebungs-

methode ein einheitliches Material an Regeln vor, aus denen deduktiv Schlussfolgerungen gezogen werden. Was sind Qualitätsmerkmale für solche Regeln?

- Die den Regeln zugrundeliegenden Merkmale sollten maximal konservativ formuliert werden. Es sollten keine Ausprägungen für potentielle Werte angenommen werden, die nicht explizit im Datenmaterial vorkommen. Nehmen wir als Beispiel für solche Daten die fiktive, nicht durch empirische Beobachtung gedeckte, alltagssprachlich formulierte Aussage A_1 „Die dümmsten Bauern ernten die größten Kartoffeln“, so ist Aussage A_2 „Die Produktivität des Agrarökonomen steht in reziproker Relation zu seiner mentalen Kapazität“ nicht das Gleiche. A_1 macht nur Angaben über die Kartoffeln der intellektuell schwächsten Landwirte, nicht jedoch über mittelmäßig, intelligente oder gar geniale Farmer. Unter der Annahme von

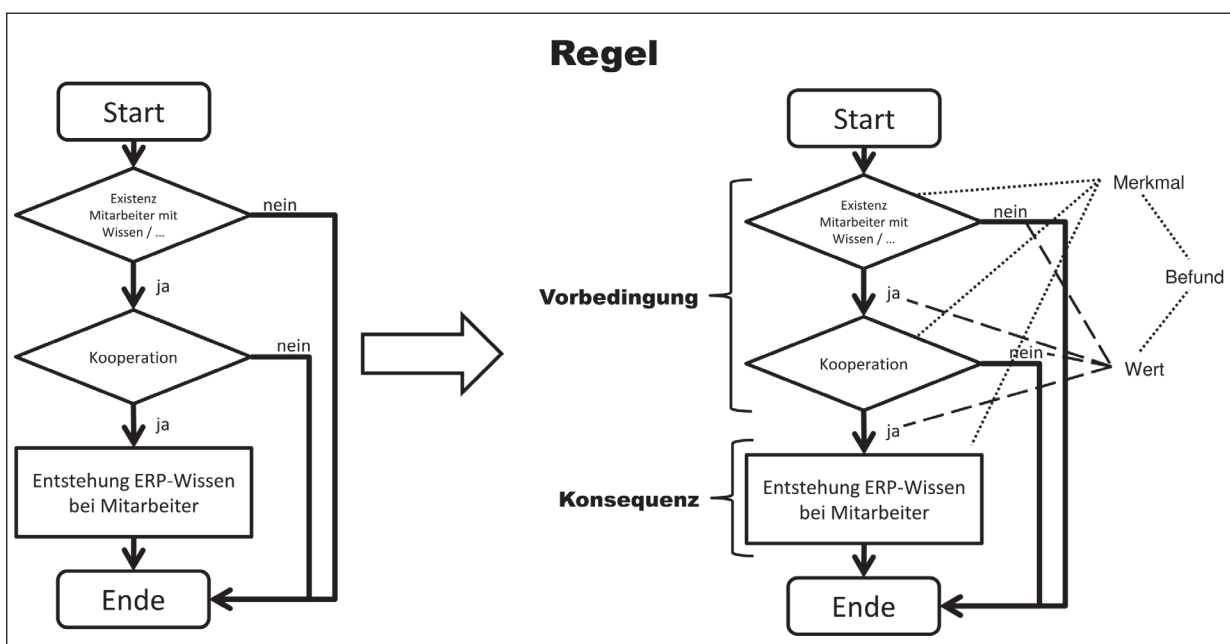


Abbildung 2: Links ein Flussdiagramm, wie es bei Dokumentenanalysen in Unternehmen zu finden ist. Rechts die Zuordnung zu den Regelbegriffen.

drei Ausprägungsgraden je Feature („niedrig“, „mittel“ und „hoch“), würde es reichen A_1 zu einer Regel in das beschriebene Regelformat zu übersetzen: „Wenn ‘Dummheit Bauer’ = hoch, Dann ‘Größe Kartoffel’ = hoch“.

Aussage A_2 müsste unter der genannten Annahme über sechs Regeln abgebildet werden, da durch den Begriff der ‘reziproken Relation’ für jeden Ausprägungsgrad und jede Wirkrichtung eine Regel gelten muss:

1. Wenn ‘Produktivität des Agrarökonomen’ = hoch, dann ‘mentale Kapazität des Agrarökonomen’ = niedrig
2. Wenn ‘Produktivität des Agrarökonomen’ = mittel, dann ‘mentale Kapazität des Agrarökonomen’ = mittel
3. Wenn ‘Produktivität des Agrarökonomen’ = niedrig, dann ‘mentale Kapazität des Agrarökonomen’ = hoch

4. Wenn ‘mentale Kapazität des Agrarökonomen’ = hoch, dann ‘Produktivität des Agrarökonomen’ = niedrig
5. Wenn ‘mentale Kapazität des Agrarökonomen’ = mittel, dann ‘Produktivität des Agrarökonomen’ = mittel
6. Wenn ‘mentale Kapazität des Agrarökonomen’ = niedrig, dann ‘Produktivität des Agrarökonomen’ = hoch.

Es muss also bei der Ableitung von Regeln aus Datenmaterial darauf geachtet werden, über welchen Wertebereich in den Daten etwas ausgesagt wird. Die Abbildung 3 veranschaulicht dies noch einmal grafisch. Findet man einen Bauern von geringem Verstand, der extrem große Kartoffeln erntet, so ist die konservativere Aussage A_1 nach wie vor wahr während A_2 nicht mehr zutrifft. Je allgemeiner eine Aussage ist, desto robuster ist sie auch.

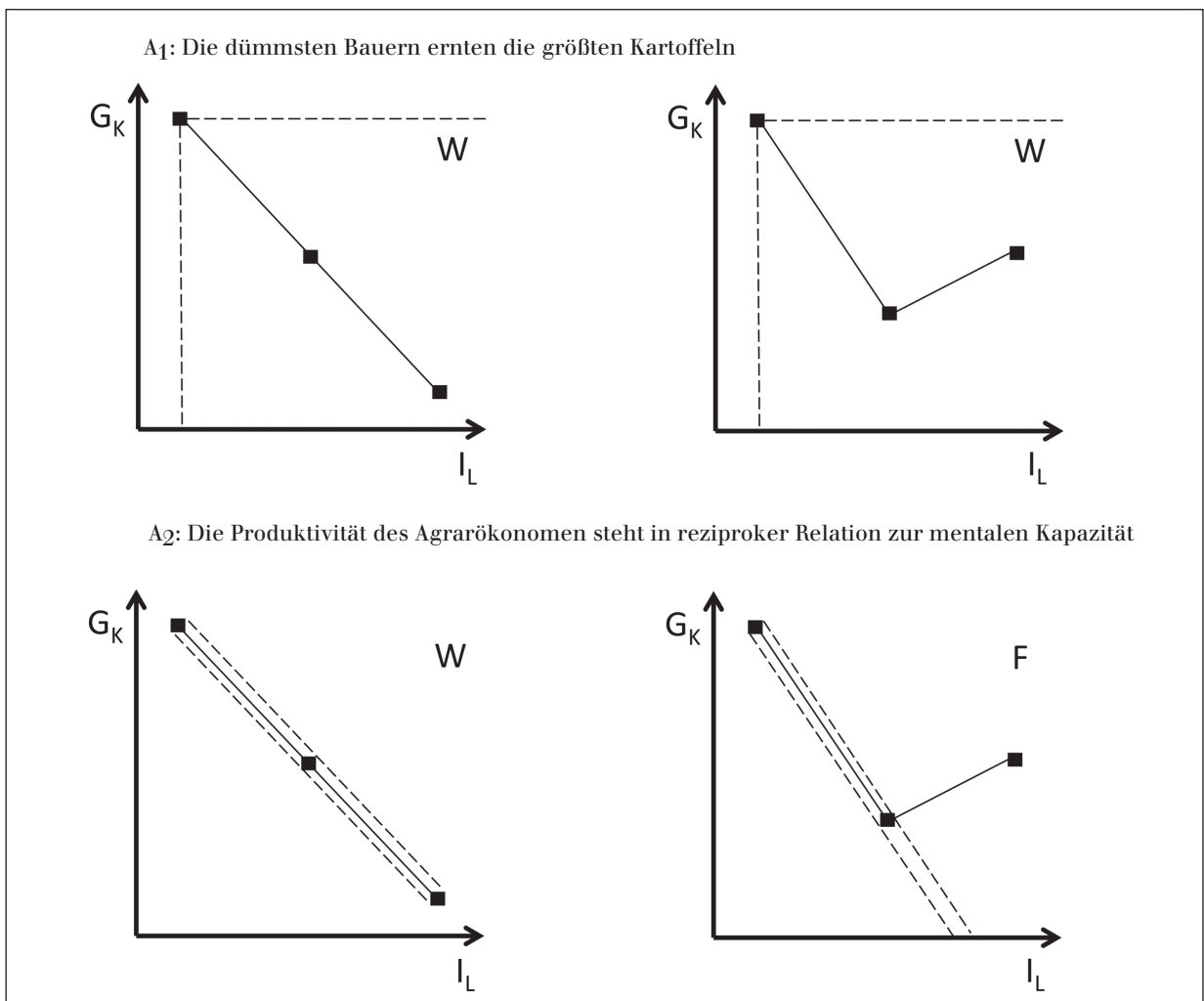


Abbildung 3: Links und rechts sind je drei Befunde zum Zusammenhang von Kartoffelgröße (G_K) und Intelligenz des Landwirts (I_L) gegenübergestellt. Die konservativer formulierte Aussage A_1 hat einen größeren Annahmehereich als A_2 und ist daher in beiden Fällen wahr.

- Bedingungen für die Regeln werden ebenfalls nur herangezogen, wenn sie *explizit* im Datenmaterial erwähnt sind. Eine Regel wird zunächst als maximal allgemeingültig angenommen, Bedingungen werden dann spezifiziert, wenn im Material Spezialfälle oder widersprüchliche Regeln auftauchen, die möglicherweise nur unter bestimmten Voraussetzungen gelten. Zu diesem Vorgehen gibt es die zwei im Folgenden beschriebene Ausnahmen:

Quelleninformation: Zunächst muss ihre Quelle möglichst genau dokumentiert sein. Aus welchem Datenmaterial ist die Regel entstanden? Von wem wurde sie aus diesem Datenmaterial konstruiert? Die Dokumentation der Quelle ist im Prinzip ein Bestandteil der Vorbedingung. Man kann die Quelleninformation auch durch ein Rating der Vertrauenswürdigkeit der Quelle ergänzen, dieses Rating muss aber aufgrund einer nachvollziehbaren Vorschrift erfolgen und einer bestimmten Verhaltensweise, Aussage oder Dokument zuordenbar sein.

Ereigniskontextinformation: Die Zuordnung als Vorbedingung gilt ebenso für implizite Rahmenbedingungen, die sich aus dem Untersuchungskontext ergeben: In welcher Organisation fand die Untersuchung statt? Wann und in welchem Kontext fand das von der Quelle beschriebene Ereignis statt? Gibt es besondere Bedingungen, die einer Verallgemeinerung im Wege stehen? Generell fließen hier alle Informationen ein, die bei jeder empirischen Arbeit den Kontext der erhobenen Informationen beschreiben und normalerweise im Methodenteil der Darstellung gewürdigt werden.

2.2 Das Potenzial der Methode

Geht man so vor, lassen sich verschiedene Datenquellen zueinander in Beziehung setzen, bei denen dies in ihrer „Rohform“ nicht möglich ist. Nach der Aufbereitung als Befund und Regel kann in einheitlicher Form für ganz unterschiedliche Basisdaten (Interviews, Beobachtungen, Dokumentenanalysen) ein Regelspeicher generiert werden, der weitere Auswertungen ermöglicht. Dieses Vorgehen eignet sich auch für wissenschaftliche Metaanalysen von Arbeiten mit dem gleichen Gegenstand, die aber mit unterschiedlichen Methoden erhoben wurden. Man kann auch aus den Ergebnissen von Studien Regeln im beschriebenen Format bilden und die im Folgenden beschriebenen rechentechnischen Auswertungen durchführen. Sie seien am Beispiel der bereits erwähnten Forschung zu betrieblichen Veränderungsprozessen dargestellt.

Allein aus den Regeln ohne Ereigniskontext- und Quelleninformationen lassen sich folgende Analysen automatisiert auf Basis logischer Kalküle durchführen:

- Vorbedingungen und Konsequenzen können auch mehrstufig erfasst werden, also Vorbedingungen für Vorbedingungen und Konsequenzen von Konsequenzen. Dies ermöglicht es z. B. herauszufinden, von welchen unmittelbaren und mittelbaren Faktoren der Erfolg einer Veränderungsmaßnahme in einem Modell abhängt.
- Aus einem Regelspeicher lässt sich berechnen, welche Auswirkungen geänderte Befunde oder das Fehlen bzw. die Änderung einer Regel im gesamten Regelwerk haben. Dadurch wird Simulation ermöglicht: Was passiert, wenn Voraussetzung „X“ (z. B. eine bestimmte Form der Schulung) für eine Maßnahme in einem Veränderungsprozess fehlt?
- Es können Regeln identifiziert werden, die zu widersprüchlichen Konsequenzen führen. Dies kann vor allem zwei Gründe haben: Die erhobenen Modelle bestehen aus einander widersprechenden Regeln oder die widersprüchlichen Regeln gelten jeweils nur unter unterschiedlichen impliziten oder noch nicht erfassten Vorbedingungen. Findet man diese heraus, dann lassen sich auf Basis der ursprünglichen Regel mehrere spezifischere Regeln bilden.
- Regeln mit unterschiedlichen Befunden aber gleichen Merkmalen können zu Regeln mit geringeren Freiheitsgraden und weiterem Geltungsbereich zusammengefasst werden. Dies wären für unser Beispiel „Die dümmsten Bauern ernten die größten Kartoffeln“ weitere passende Befunde zu mittel- und sehr intelligenten Bauern, welche sukzessiv sinkende Kartoffelgrößen bei Bauern mit zunehmender Intelligenz abbilden. Diese würden dann die Formulierung der konkreteren Regel „Die Produktivität des Agrarökonomen steht in reziproker Relation zur mentalen Kapazität“ ermöglichen. Diese Regel wäre umfassender und somit u. U. für eine größere Anzahl Befunde zutreffend, jedoch erhöht sich in diesem Zug auch die Wahrscheinlichkeit, dass die Regel durch einen weiteren Befund widerlegt werden kann.
- Identische Befunde können gezählt werden, man kann auch mehrere Befunde nach frei wählbaren Kriterien zusammenfassen und zählen, z. B. solche mit identischen Merkmalen aber unterschiedlichen Werten oder solche die sich aus inhaltlichen Gründen auf eine normativ bestimmte Klasse von Merkmalen beziehen, sowohl als Vorbedingung als auch als Konsequenz. Man kann so über alle Regeln hinweg prüfen, was alles passieren kann, wenn ein bestimmter Befund gegeben

ist (z. B. positive Emotionen bei einem Veränderungsprozess) oder bezogen – auf die Konsequenz – welche Regel (und ggfs. welche Vorbedingung) gelten muss, damit die Konsequenz eintritt (z. B. erfolgreiche ERP-Einführung).

Die Hinzuziehung von Quelle und Erhebungskontext als inhaltlich spezifische Formen von Vorbedingungen ermöglicht weitere Auswertungen:

- Vergleich von Modellen aus unterschiedlichen Quellen: Inwieweit ergeben sich z. B. aus den Regeln, welche die Prozesse von Unternehmen in „offiziellen“ Dokumenten für eine Qualitätszertifizierung darstellen die gleichen Konsequenzen wie aus den Regeln, welche in einer anderen Erhebung aus Interviews mit Mitarbeitern oder einer Fragebogenstudie begleitet wurden?
- Gibt es Probleme mit systematischen Unterschieden bei verschiedenen Erhebungen oder Erhebungsmethoden?
- Ergeben sich Unterschiede bei Modellen, die aus verschiedenen *Ereigniskontexten* abgeleitet werden, die z. B. in verschiedenen Unternehmen, von verschiedenen Stakeholdern oder zu verschiedenen Zeitpunkten erhoben wurden?
- Welche Voraussetzungen müssen generell und beim Eintreten unterschiedlicher Konsequenzen hinsichtlich dieser Aspekte des Ereigniskontextes (Unternehmen, Zeitpunkt, Stakeholder) gegeben sein?

Was hier beschrieben wurde, bedeutet, dass ein sehr umfangreiches logisch verknüpftes Hypothesengeflecht mit jedem neuen Einzelbefund neu durchkalkuliert werden muss. Dies war zu Zeiten von Arthur Canon Doyle nur für einen fiktiven Detektiv möglich, jetzt lässt sich so etwas realisieren.

2.3 Anforderungen an die Software

Derartige Auswertungen sind mit einer entsprechenden Software möglich, wenn die Daten, wie beschrieben, in ein entsprechendes Regelformat überführt worden sind. Diese Software stellt eine Art regelbasiertes Expertensystem dar (Puppe, 1991), wobei zunächst die erhobenen Regeln in den Regelspeicher geschrieben werden und eine Konfliktresolution später händisch oder automatisiert (z. B. über Gewichtung der Regelquellen oder des Ereigniskontextes) erfolgen kann. So ändert sich mit jedem neuen Befund (also schon bei jeder neuen einzelnen Zuweisung eines einzigen Wertes) der Status der logischen Beziehungen im Gesamtsystem. Im Folgenden werden die Eigenschaften einer Software beschrieben, die Entsprechendes leistet und

erste Anwendungsbeispiele vorgestellt. Man kann dort die oben beschriebenen Analysen als Abfrage definieren, die mit jeder neu hinzugefügten Information zu neuen Ergebnissen führen kann. Wenn man eine Historie getätigter Abfragen anlegt, kann nach jeder Änderung die Regelbasis erneut auf Widersprüche überprüft und optimiert werden. Das Ergebnis ändert sich mit jedem neu hinzugefügten Befund aus einer empirischen Quelle. Die Logik dieses Erkenntnisprozesses kehrt die Logik der klassischen statistischen Beweisführung um. Jeder Befund wird zunächst als potentiell WAHR angesehen, weil zumindest eine Beobachtung gemacht wurde, die als eine Umsetzung dieser Regel betrachtet werden kann. Dadurch kann zunächst eine große Anzahl Befunde produziert werden. Den weiteren Prozess kann man als *inkrementelle Verfeinerung* betrachten. Das Modell wird dadurch optimiert, dass der Regelsatz durch auftauchende neue Regeln ständig ergänzt wird. Diese können in einer neuen Beziehung zu den bisherigen Regeln stehen, so dass die Gesamtaussage logisch widersprüchlich wird. Dies führt entweder zur Eliminierung von Regeln oder zu einer Spezifikation ihrer Bedingungen oder Konsequenzen. Jeder einzelne hinzugefügte Befund stellt auf diese Weise einen Erkenntnisgewinn dar, der möglicherweise (a) zu einer inhaltlichen Erweiterung des Geltungsbereichs der Regel führt, (b) zu einer Falsifikation logisch nicht mehr schlüssig begründbarer Regeln oder (c) einer Differenzierung der bisherigen Regel, was als Beseitigung einer unzulässigen Verallgemeinerung ebenfalls eine Falsifikation der bisherigen Regel darstellt. Ein solches Verfahren ist dann möglich, wenn man eine Software nutzt, die mindestens folgende Anforderungen erfüllt:

- Einen sukzessiv erweiterbaren Regelspeicher.
- Einen stabilen aber ergänzungsfähigen Satz von Abfragen an den Regelspeicher.
- Den Umgang mit Unsicherheit und Rückverfolgung von Regeln durch Kontextinformation (Quellen- und Ereigniskontext).

3 Regelmanagement in deduktiven Datenbanken

Zum Management von Regeln bieten sich deduktive Datenbanken (Ceri, Gottlob & Tanca, 1990) an. Die Regeln werden dabei in einem Wenn-Dann-Format repräsentiert. Durch die Verwendung von prädikatenlogischen Variablen können die Regeln Sachverhalte generisch abdecken (vgl. Abbildung 4), was in früheren Expertensystemen meist nicht möglich war, da die Regeln in diesen aussagenlogisch formuliert waren.

3.1 Deduktive Datenbanken und Logikprogrammierung

In der Arbeitsgruppe für Datenbanken und Logikprogrammierung sind weitreichende Kenntnisse über deduktive Datenbanken (Minker, Seipel & Zaniolo, 2014) und Logikprogrammierung (Lloyd, 1987) vorhanden. Außerdem wurde bereits ein PROLOG-basiertes deduktives Datenbanksystem DDBASE (Seipel, 2015) entwickelt. In anderen Vorarbeiten wurden Regeln im Zusammenhang mit Ontologien (z. B. Semantic Web Technologien) analysiert (Baumeister & Seipel, 2010).

3.2 Erweiterbare Regelbank

Zum Management von Regelsystemen soll auf der Basis von DDBASE ein System mit einem sukzessive erweiterbaren Regelspeicher entwickelt werden, dessen Ziel es ist, die Regeln in weitestgehend natürlicher Sprache beschreiben zu können. Durch die Definition einer geeigneten domänenspezifischen Sprache (DSL, domain-specific language) wollen wir die Regeln in einer Form angeben, die sich an der textuellen, alltags-sprachlichen Beschreibung orientiert und dennoch leicht von Software zu analysieren ist.

Die logische Programmiersprache PROLOG (Wiemaker, 2003) bietet sich zur systematischen Erfassung und Analyse der Regeln an. PROLOG erlaubt es, eigene Operatoren zu definieren, sodass eine natürlich sprachliche Ausformulierung der Regeln möglich ist. Daneben unterstützt DDBASE Methoden der Inferenz und zur Analyse von Regelbanken.

3.2.1 Syntax und Nomenklatur

Die Syntax jeder einzelnen Regel orientiert sich an der bereits in Abbildung 1 vorgestellten Notation von Aussagen. Die Beispielaussage aus der Untersuchung zu emotionalen Prozessen im Zusammenhang mit Softwareeinführungsprojekten wird wie folgt modelliert:

Wenn

‘Existenz Kollegen mit Wissen / Informationen über ERP-System’ = ja

und

‘Kooperation’ = ja

dann

‘Entstehung ERP-Wissen bei Mitarbeiter’ = ja.

In diesem und den folgenden Beispielen wurden Umbrüche und Einrückungen einzig zur besseren Lesbarkeit der Quelltexte eingeführt. In dem tatsächlichen Regelspeicher wird im Allgemeinen auf Zeilenumbrüche nach den Schlüsselwörtern „wenn“, „und“, „oder“ sowie „dann“ verzichtet; vor dem Schlüsselwort „dann“ und zur Abgrenzung unterschiedlicher Regeln

werden Zeilenumbrüche empfohlen; Regeln werden also etwas kompakter notiert.

Jede Regel folgt der allgemeinen Form: Wenn *Vorbedingung* dann *Konsequenz*.

Abweichend von der bisherigen schematischen Aussageform muss jede Regel mit einem Punkt enden. Nach den Schlüsselwörtern *wenn* und *dann* wird jeweils eine *Vorbedingung* bzw. *Konsequenz* erwartet. Beides sind Junktionen der *Befunde*. Falls die Vorbedingung leer ist, so nennt man die Regel auch *Fakt*.

Ein Befund hat stets die Form: *Merkmal Relation Wert*.

Hierbei sind *Merkmal* und *Wert* im Allgemeinen in Hochkommata einzuschließen. Einzig bei Zeichenfolgen, die weder Leerzeichen beinhalten noch mit einem Großbuchstaben beginnen, können die Hochkommata weggelassen werden, wie dies in obiger Beispielregel für den Wert *ja* der Fall war. Werte sind hierbei auch nicht einzig auf *ja* und *nein* beschränkt. Neben weiteren wörtlichen Beschreibungen wie im Befund ‘*Akzeptanz*’ = *steigt* sind auch numerische Angaben von großer praktischer Bedeutung, die nicht in Hochkommata einzuschließen sind. Neben der Gleichheit können weitere Relationen eingesetzt werden wie beispielsweise kleiner-gleich (\leq).

Im Allgemeinen hängt eine Konsequenz nicht einzig von einer Vorbedingung ab; ebenso können als Konsequenz mehrere Befunde auftreten. Um die volle Aussagekraft der Prädikatenlogik zu nutzen, können daher mehrere Befunde in Vorbedingung und Konsequenz durch die Junktoren und sowie oder verknüpft werden. Daneben erlaubt das Schlüsselwort *nicht* die Negation eines Befundes.

Wenn *F* und *G* Befunde sind, dann sind folgende Befunde also ebenfalls erlaubt:

- nicht *F* bzw. nicht *G*, in Zeichen $\neg F$ bzw. $\neg G$,
- *F* und *G*, in Zeichen $F \wedge G$,
- *F* oder *G*, in Zeichen $F \vee G$.

Um die logische Verknüpfung von mehreren Befunden über verschiedene Junktoren eindeutig zu halten, wird definiert, dass die Konjunktion und stärker als die Disjunktion oder bindet. Die logische Verneinung *nicht* bindet am stärksten. Um trotz dieser Präzedenzen alle Formeln darstellen zu können, lassen sich Teilformeln zu logischen Einheiten klammern.

3.2.2 Beispielhafte Umsetzung der Methode

Wir betrachten als komplexeres Beispiel die folgende Aussage:

In kleinen Unternehmen sind Arbeitsprozesse ohne häufige Teambesprechungen nachvollziehbar, ohne dass ein Informationsüberfluss entsteht. Gleiches gilt für große Unternehmen mit häufigen Meetings.

Als natürlich sprachliche Ableitung dieser Aussage ergibt sich:

Wenn entweder die Unternehmensgröße klein ist oder Meetings häufig sind, dann steigt die Nachvollziehbarkeit der Arbeitsprozesse und es herrscht kein Informationsüberfluss.

Diese Form orientiert sich bereits an der vorgestellten Syntax *wenn Bedingung dann Konsequenz*. Es ist klar, dass die Aussage nur im Falle des ausschließenden Oders gilt: Entweder das Unternehmen ist klein – dann sind keine Meetings nötig – oder eben so groß, dass Teambesprechungen nötig sind, um die Nachvollziehbarkeit der Arbeitsprozesse zu steigern, ohne einen Informationsüberfluss entstehen zu lassen. Wären beide Prämissen erfüllt, würden in einem kleinen Unternehmen also häufig Meetings stattfinden, würde die *Konsequenz* 'Informationsüberfluss' = *nein* nicht zutreffend sein.

Dieses Beispiel verdeutlicht, dass die formale Erfassung der Aussagen mit Hilfe prädikatenlogischer Formeln sogar die Eindeutigkeit der gewonnenen Aussagen schärft. Im Falle des allgemeineren *F oder G* statt *entweder F oder G* würde die Anwendung der Regel zusammen mit weiteren Aussagen möglicherweise zu Widersprüchen führen. Auch dieses Aufspüren von Forschungsergebnissen, die noch weiter spezifiziert werden sollten, ist ein Anwendungsfall des im Folgenden vorgestellten Tools.

Die Syntax für unseren Regelspeicher erlaubt wie oben dargestellt jedoch nur die elementare Konjunktion und sowie die Disjunktion *oder*. Daneben wird die logische Negation mittels nicht unterstützt. Das ausschließende Oder entweder *F oder G*, in Zeichen $F \oplus G$, lässt sich durch diese elementaren Junktoren äquivalent ausdrücken:

$$F \oplus G \equiv (F \wedge \neg G) \vee (\neg F \wedge G) \equiv (\neg F \vee G) \wedge (F \vee \neg G)$$

Basierend auf der ersten Äquivalenzumformung lässt sich die skizzierte Beispielaussage also wie folgt als gültige Regel modellieren:

Wenn

„Unternehmensgröße“ = klein und „Meetings“ = „häufig“

oder

nicht „Unternehmensgröße“ = klein und nicht „Meetings“ = „häufig“

dann

„Nachvollziehbarkeit der Arbeitsprozesse“ = steigt und „Informationsüberfluss“ = nein.

Alternativ ergibt die zweite Äquivalenzumformung:

Wenn

(nicht „Unternehmensgröße“ = klein oder „Meetings“ = „häufig“)

und

(„Unternehmensgröße“ = klein oder nicht „Meetings“ = „häufig“)

dann

„Nachvollziehbarkeit der Arbeitsprozesse“ = steigt und „Informationsüberfluss“ = nein.

In diesem Falle müssen die beiden Disjunktionen in Klammern eingeschlossen werden. Andernfalls würde wegen der stärkeren Präzedenz das in der Mitte stehende *„Meetings“ = „häufig“* und *„Unternehmensgröße“ = klein* zuerst gebunden. Die negierten elementaren Befunde sind nicht zu klammern, da das nicht ohnehin die stärkste Präzedenz aufweist.

3.3 Management und inkrementelle Erweiterung der Regelbank

Die vorgestellte Notation von Regeln folgt der Syntax von PROLOG. Durch die Definition von *wenn*, *dann*, *nicht*, *und* sowie *oder* als Operatoren sind die aufgestellten Regeln gültige Terme. Mit Hilfe eines Texteditors kann so ein Regelspeicher *rules.pl* erstellt werden, der alle bekannten Aussagen beinhaltet. Er kann einfach ergänzt werden, indem neue Regeln unten (oder an beliebiger Stelle) eingefügt werden. So entsteht ein Regelspeicher über alle gefundenen Aussagen auf Basis von Forschungsergebnissen, der mit jedem neuen Befund neu analysiert werden kann und so inkrementell mit jedem Schritt neue Erkenntnisse liefert.

Für die Zukunft sind mächtigere Regeleditoren angedacht, sodass der Regelspeicher nicht manuell durch das Bearbeiten der Datei *rules.pl* modifiziert werden muss. Diese erweiterten Editoren erleichtern die Eingabe von Regeln, da das Vergessen des Punktes am Regelende sowie die falsche Notation und Verwendung von *wenn*, *und* sowie *dann* potentielle Fehlerquellen beherbergen. Die starke Ähnlichkeit zur natürlich sprachlichen Modellierung der Aussagen birgt hier auch die Gefahr, dass die festgelegte Syntax nicht beachtet wird und der Regelspeicher sich nicht mehr parsen lässt.

Eine grafische Eingabemöglichkeit erleichtert zudem die Wiederverwendung bereits genutzter Merkmale und Werte. Es ist klar, dass Schlussfolgerungen aus den gegebenen Aussagen nur dann möglich sind, wenn für dieselben Merkmale stets auch gleiche Namen verwendet werden. Für den Prototyp des vorgestellten Tools genügt jedoch vorerst auch der textbasierte Ansatz zur manuellen Bearbeitung des Regelspeichers *rules.pl*.

3.4 Ein erweiterbarer Satz von Anfragen

3.4.1 Arten von Anfragen

Die einzelnen Datensätze des Regelspeichers werden im Regelspeicher von `DDBASE` abgelegt und mittels des Prototyps analysiert. Es ist möglich, Regeln als `PROLOG`-Quelltexte einzulesen, zu analysieren und abzufragen. Durch die so geführte deduktive Datenbank ist es möglich, folgende exemplarische Fragen mit dem Prototyp zu beantworten:

- Als Beispielfrage: Welche Faktoren haben Einfluss auf die Akzeptanz eines neuen ERP-Systems?
- Welche Konstellation von Befunden ist zur Herleitung eines anderen notwendig? Gibt es Befunde, die besonders häufig Ursache für eine Veränderung sind? Existieren „Killer“-Befunde, die viele Entwicklungen blockieren?
- Welches sind die notwendigen Voraussetzungen für einen Befund, welche sind optional?
- Wenn einem einzelnen Merkmal ein anderer Wert zugeordnet wird, wie wirkt sich dies im Gesamtgebilde aus?
- Gibt es redundante Regeln? Lassen sich einzelne Regeln durch genauere ausdrücken?
- Wo bilden Befunde gegenläufige, gar widersprüchliche Zusammenhänge?

3.4.2 Durchführung von Anfragen und Identifizierung von Abhängigkeiten

Die oben genannten Fragestellungen unterstreichen die Vielfalt der möglichen Anfragen. Der derzeitige Prototyp unterstützt bereits Anfragen nach Vorbedingungen und Konsequenzen einzelner Befunde. So kann beispielsweise mit Hilfe des Prädikats `depends_on` auf eine Anfrage wie folgt formuliert werden:

```
? depends_on (finding-finding, Konsequenz, Vorbedingung).
```

% Erstes Ergebnis

```
Konsequenz = ('Entstehung Wissen über ERP-System bei Mitarbeiter' = ja),
```

```
Vorbedingung = ('Existenz Kollegen mit Wissen / Informationen über ERP-System' = ja);
```

% Zweites Ergebnis

```
Konsequenz = ('Entstehung Wissen über ERP-System bei Mitarbeiter' = ja),
```

```
Vorbedingung = ('Kooperation/Kommunikation zwischen Mitarbeitern und Kollegen mit ERP-Wissen' = ja);
```

...

Hierbei werden nicht nur die Inhalte jeder einzelnen Regel ausgegeben, sondern bereits Wissen fortgesetzt. Das Prädikat `depends_on` ermittelt nicht nur die in den

Regeln erfassten Vorbedingungen einer Konsequenz, sondern auch deren Vorbedingungen. Ebenso werden Konsequenzen aus den sich ergebenden Konsequenzen ausgegeben. Ist die hier genannte Konsequenz 'Entstehung Wissen über ERP-System bei Mitarbeiter' = ja also selbst wieder Vorbedingung für eine weitere Konsequenz, so wird auch die Existenz des Kollegen mit Wissen über das ERP-System als Voraussetzung hierfür ausgegeben. Durch das verwendete System ist es so möglich, auch unmittelbar alle Ursachen eines bestimmten Befundes zu bestimmen. Hierzu kann direkt im Prädikat die Folge mit übergeben werden, wie dies im Folgenden zur Bestimmung von Konfliktursachen geschieht:

```
? depends_on (finding-finding,
```

```
  'Entstehung Konflikte' = ja, Voraussetzung).
```

```
Voraussetzung = ('Existenz Akzeptanz ERP-System zu Beginn der Einführung' = teilweise);
```

```
Voraussetzung = ('Durchführung Zeitrückmeldung' = nein).
```

Da sich im Tool auch Regeln für die Äquivalenz von Befunden anlegen lassen, können logische Negationen von dichotomen Merkmalen aufgelöst werden. Die folgenden beiden Befunde sind so äquivalent:

- Nicht 'Durchführung Zeitrückmeldung' = nein

- 'Durchführung Zeitrückmeldung' = ja.

3.5 Kontextuelle Informationen und Unsicherheiten

Wie im Abschnitt 0 vorgestellt, sollen die Regeln neben den reinen Merkmalen mit weiteren kontextuellen Informationen angereichert werden, beispielsweise Quelle, Erhebungsmethode und Untersuchungszeitraum. Diese Annotationen können genutzt werden, um weitere Einschränkungen und Folgerungen aus dem Regelspeicher abzuleiten. Als Ergebnis können so die gewonnenen Aussagen über Befunde mit Werten annotiert werden, die die Verlässlichkeit der Aussage widerspiegeln.

In eine ähnliche Richtung geht die Behandlung von Unsicherheiten: Häufig beinhalten bereits die erhobenen Werte Mehrdeutigkeiten. Unser Regelspeicher `rules.pl` führt im obigen Beispiel so neben *ja* und *nein* auch *teilweise* ein. Eine exaktere Angabe in Form von relativen Häufigkeiten könnte genaueres Wissen ableiten. So wird im Folgenden eine allgemeine Regel im Falle der stochastischen Unabhängigkeit definiert:

```
wenn feature1 = A und feature2 = B
dann feature3 = A*B.
```

Abbildung 4: Durch die Verwendung von prädikatenlogischen Variablen (hier *A* und *B*) können die Regeln Sachverhalte generisch dargestellt werden.

Die in der *Vorbedingung* aufgeführten *A* und *B* stellen hierbei logische Variablen dar, welche stets mit einem Großbuchstaben beginnen. Sie sind von normalen Zeichenketten abgrenzbar, da letztere wie in *'Entstehung Konflikte'* durch Hochkommata eingeschlossen werden.

Die Variablen im Regelkopf sind allquantifiziert, d. h. die Aussage wird angenommen für alle passenden Befunde. Gibt es Befunde, die die Form $feature1 = A$ haben, so wird die logische Variable *A* an den Wert im Befund gebunden. Gilt gleiches für $feature2 = B$. Sind so beide Vorbedingungen für die gegebenen Werte *A* und *B* erfüllt, kann der Befund $feature3 = A*B$ abgeleitet werden. Durch die Unterstützung von logischen Variablen werden also prädikatenlogische Regeln ermöglicht.

Doch auch die Gegenrichtung ist denkbar: Durch die Analyse der einzelnen Regeln, ihrer Abhängigkeiten sowie der Anzahl der Vorkommen einzelner Befunde ist es möglich, den Einfluss eines einzelnen Befundes abzuschätzen.

3.6 Weitere Anwendungsmöglichkeiten der integrierten Entwicklungsumgebung für Regeln

Wir haben bereits die Vorteile eines interaktiven Regeleditors vorgestellt. Neben der erleichterten Eingabe von Regeln und der dynamischen Formulierung von Anfragen soll dieser genutzt werden, um die im Regelspeicher hinterlegten Aussagen zu visualisieren.

Dies wurde in ähnlicher Form in der Vergangenheit bereits umgesetzt (Baumeister & Seipel, 2010; Seipel, Baumeister & Hopfner, 2005). Dieses visualisiert eine gegebene Regelbasis und erlaubt so eine grafische Interpretation des Regelspeichers. Auf diese Weise lassen sich Befunde, die Vorbedingung für eine Vielzahl von Konsequenzen sind, auch optisch leicht erfassen. DDBASE wurde so bereits zur Visualisierung medizinischer Diagnosen verwendet, deren Regeln Symptomen eine Diagnose zuordnen. Eine Beispielanwendung ist in Abbildung 5 gegeben. Sie illustriert die Diagnose der

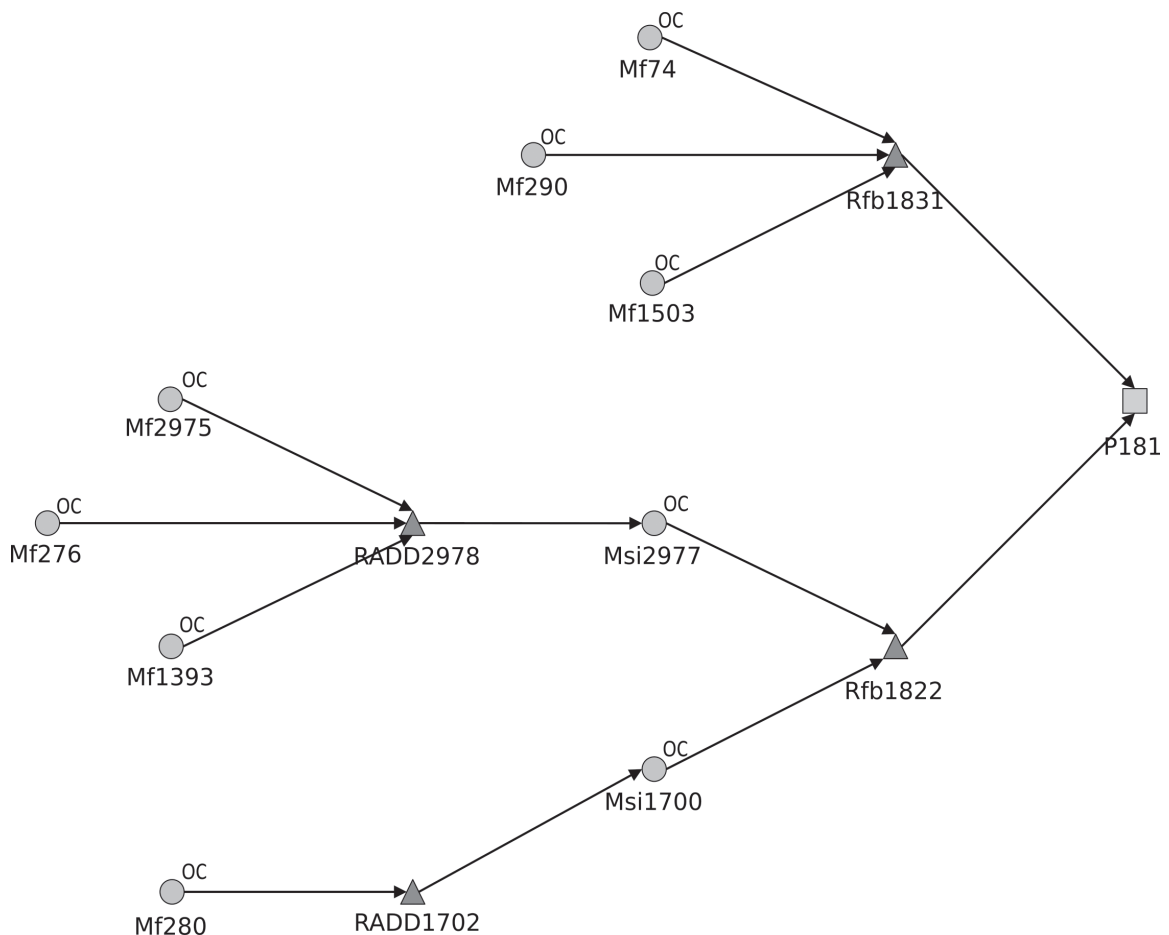


Abbildung 5: Schematische Darstellung der Zusammenhänge von Features (Kreise) und Regeln (Dreiecke) zur Ableitung der Diagnose in einem Frage- und Antwortdialog einer ärztlichen Erstaufnahme. Die Diagnose P181 wird als besonderes Feature in dieser Darstellung als Quadrat dargestellt. Features mit dem Präfix „Mf“ bilden Voraussetzungen für Regeln (Präfix „R“), mit denen andere Features abgeleitet werden können (Präfix „Msi“ für intermediate state). In dem dargestellten Szenario können alle Features nur einen Wert annehmen. Auf die Nennung der Werte wird daher verzichtet, stattdessen die Annotation OC (für one choice) verwendet.

Beispiel Regelformat

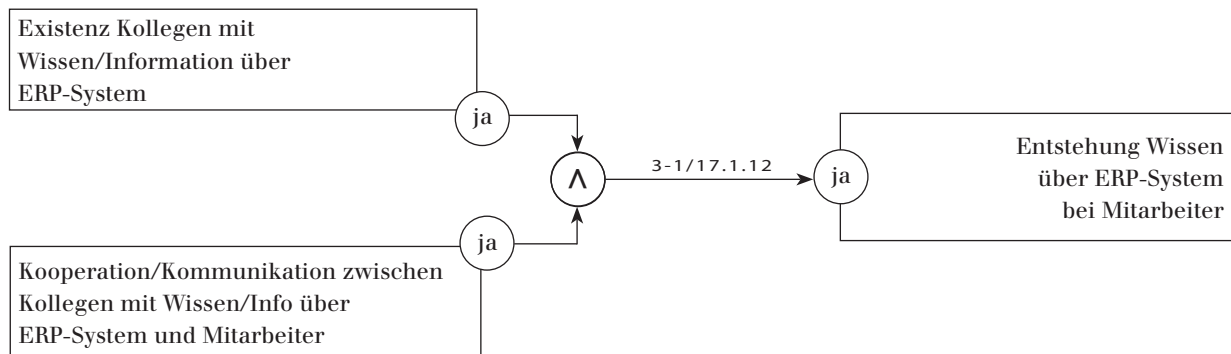


Abbildung 6: Ausschnitt einer grafischen Repräsentation des Regelspeichers.

Krankheit P181, basierend auf einer Reihe von Symptomen. Da auch hier Krankheiten selbst wieder Ursache für andere sein können, ist diese medizinische Fragestellung strukturell ähnlich zu den skizzierten organisationspsychologischen Fragestellungen.

Daneben lassen sich aus den Aussagen des Regelspeichers auch Modelle wie in Abbildung 6 generieren. Sie liefern eine schematische Darstellung der Zusammenhänge von Befunden. Ausgehend von Merkmalen (rechteckige Felder), können Konsequenzen abhängig von den Werten (rund: *ja*) visualisiert werden.

4 Grenzen des Ansatzes und Ausblick

Die Kompatibilität dieses Ansatzes mit den üblichen inferenzstatistischen Auswertungen ist sehr wahrscheinlich herstellbar, aber an dieser Stelle noch nicht ausformuliert. Dadurch existieren noch keine Konventionen hinsichtlich der Bewertung von Ergebnissen. Im Prinzip haben aus wissenschaftstheoretischer Sicht alle durch das deduktive Verfahren geprüften Regeln als nicht widerlegt zu gelten. Durch die Methode der *Inkrementellen Verfeinerung* steht eine Einzelaussage aus einem Interview neben dem Ergebnis einer repräsentativen weltweiten Studie. Auch diesem scheinbaren Mangel kann im Prinzip abgeholfen werden, weil eine sorgfältige Dokumentation der Quellen und von Rahmenbedingungen von Erhebungen Bestandteil des Verfahrens sind: Rein logisch ist das Problem unerheblich, wenn sich Interview und repräsentative Umfrage nicht widersprechen. Führen zwei Regeln zu Widersprüchen, findet die Konfliktresolution nicht logisch statt, sondern ist durch eine Abwägung der empirischen Befunde durchzuführen. Die Kriterien für solche Entscheidungen müssen noch erarbeitet werden, ebenso jene für den Verallgemeinerungsanspruch der Aussage, der von der Natur und Menge der gesammelten Befunde abhängt.

Während eine empirische Untersuchung normalerweise einen Anfang und ein Ende hat, kann man

jeden für einen bestimmten Fragenkomplex eingerichteten Regelspeicher immer weiter mit allen möglichen Befunden erweitern. Auch der Erkenntnisgewinn ist inkrementell und fortlaufend. Die klassische Struktur des Forschens als eine Folge mehr oder minder sinnreich verknüpfter Studien stört zwar nicht, ist aber auch kein notwendiger Bestandteil des Verfahrens. Damit entfällt aber auch ein quasi „natürlicher“ Zeitpunkt der Publikation von Erkenntnissen, sie kann im Prinzip jederzeit erfolgen.

Geplant und aus Sicht der Autoren vielversprechend ist der Einsatz und Weiterentwicklung dieser Methode besonders für die Modellierung von sehr komplexen Arbeitssystemen im Zusammenspiel von Mensch, Technik und Organisation. Hier gibt es viele Bereiche, in denen zwar zugestanden wird, dass psychologische Faktoren, wie Emotionen (z. B. Lawrence, Ruppel & Tworoger, 2014) oder interpersonale Gerechtigkeit (z. B. Nesterkin, 2013), eine erhebliche Rolle spielen, aber andererseits gesagt wird, dass die exakte Rolle menschlichen Denkens und Handelns im Zusammenhang mit organisatorischen Prozessen und komplexen technischen Abläufen sehr schwer zu modellieren und zu simulieren ist (Riedel, Müller, von der Weth & Pflugradt, 2009). Dies ist der Fall, weil die eingangs erwähnten Hindernisse quantitative Studien und exakte numerische Simulation behindern. Speziell bei Prozessbetrachtungen im Bereich Change-Management, Projektmanagement und Steuerung komplexer Arbeitssysteme ergeben sich durch die in diesem Beitrag beschriebene Vorgehensweise völlig neue Möglichkeiten:

- Man kann Modelle bilden, die ein wesentlich breiteres Spektrum an Befunden einbeziehen, weil die a-priori-Fokussierung auf bestimmte Methoden fehlt. Es können mit Hilfe dieses Verfahrens auch sukzessive Sachverhalte in das Modell einbezogen werden, an die anfangs noch gar nicht gedacht wurde. Große Changemanagement-Prozesse und Projekte dauern oft mehrere Jahre und sind teilweise von Änderungen in den

Rahmenbedingungen abhängig, die man anfangs noch gar nicht kennen kann.

- Man kann Informationen aus heterogenen Datenquellen im Rahmen eines formalen Verfahrens zueinander in Beziehung setzen, sobald sie alle auf Basis einer transparenten Vorgehensweise in das Regelformat überführt wurden. Sie werden dann in die logische Analyse integriert. Dadurch entstehen exakte formale Modelle, die auch „softe“ Faktoren in empirisch fundierter Weise integrieren. Man kann z. B. exakte Vergleiche darüber anstellen, welche Gemeinsamkeiten Prozessmodelle über Abläufe in Organisationen haben, die man aus Dokumenten gewinnt (z. B. die Darstellungen die zur Zertifizierung von Unternehmen angefertigt werden) und solchen aus Interviews, die das Arbeitshandeln aus Sicht der Mitarbeiter oder anderer Stakeholder darstellen. Auch können Prozessbeschreibungen aus verhaltenswissenschaftlichen und technischen Daten einer gemeinsamen Analyse zugeführt werden.
- Auch der Stand der Wissenschaften kann mit diesem Werkzeug sauber in die Arbeit mit diesem System integriert werden. Es können und sollen dafür Verfahren entwickelt werden, wie man die eigene Studie (Gültigkeitsbereich, inhaltliche Gemeinsamkeiten und Unterschiede mit anderen Forschern) in den aktuellen Kenntnisstand einordnen kann bzw. diesen Kenntnisstand bezogen auf die die eigene Fragestellung exakt aufbereitet.
- In der Praxis ließe sich das Verfahren bei einem fortlaufend erweiterten Kenntnisstand auch zu einem Monitoringsystem für sehr komplexe Change-Prozesse und Projekte weiterentwickeln, weil sich potentielle Entwicklungen durch die Betrachtung fiktiver abweichender Befunde simulieren, analysieren und abschätzen lassen.

All das haben wir vor.

Literatur

- Aarons, G. A., Sommerfeld, D. H. & Willging, C. E. (2011). The soft underbelly of system change: The role of leadership and organizational climate in turnover during statewide behavioral health reform. *Psychological Services, 8*, 269-281.
- Alexander von Humboldt Stiftung (2009). Publikationsverhalten in unterschiedlichen wissenschaftlichen Disziplinen. *Beiträge zur Beurteilung von Forschungsleistungen – Diskussionspapier der Alexander-von-Humboldt-Stiftung* (Volume 12). Bonn: Alexander von Humboldt Stiftung.
- Altinkemer, K., Ozcelik, Y. & Ozdemir, Z. D. (2011). Productivity and performance effects of business process reengineering: A firm-level analysis. *Journal of Management Information Systems, 27*, 129-162.
- Baumeister, J. & Seipel, D. (2010). Anomalies in ontologies with rules. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*, 55-68.
- Borchert, J. E., Goos, P. & Hagenhoff, S. (2005). *Empirische Erhebung zum Innovationsmanagement in Netzwerken – Arbeitsbericht 16/2005*, Goettingen: Universität Goettingen.
- Blossfeld, H. - P., Roßbach, H. - G. & von Maurice, J. (2011). Education as a Lifelong Process – The German National Educational Panel Study (NEPS). *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft: Sonderheft 14*.
- Ceri, S., Gottlob, G. & Tanca, L. (1990). *Logic programming and databases*. Berlin: Springer.
- Church, A. H. & Burke, W. W. (1995). Exploring practitioner differences in consulting style and knowledge of change management by professional association membership. *Consulting Psychology Journal: Practice and Research, 45* (3), 7-24.
- Cooper, S. E., Nieberding, A. O. & Wanek, R. A. (2015). Successfully restructuring an executive leadership team: A case study in change management. *Consulting Psychology Journal: Practice and Research, 65* (2), 164-175.
- Creswell, J. W. (2013). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Dörner, D. (1988). Die kleinen grünen Schildkröten und die Methoden der experimentellen Psychologie – Volume 62 of Lehrstuhl Psychologie 2: Memorandum, Universität Bamberg. Bamberg: Lehrstuhl Psychologie II Universität Bamberg.
- Engelmann, T. (1995). *Business process reengineering: Grundlagen, Gestaltungsempfehlungen, Vorgehensmodell*. Wiesbaden: Dt. Univ.-Vlg., Gabler.
- Fernando, J. W., Kashima, Y. & Laham, S. M. (2014). Multiple emotions: A person-centered approach to the relationship between intergroup emotion and action orientation. *Emotion, 14*, 722-732.
- Freeman, M., Preissle, J., Roulston, K. & Pierre, E. A. S. (2007). Standards of evidence in qualitative research: An incitement to discourse. *Educational researcher, 36*, 25-32.
- Flick, U. (2012). *Triangulation: Eine Einführung* (5. Auflage). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Glaser, B. & Strauss, A. (2005). *Grounded theory: Strategien qualitativer Forschung*. Bern: Huber.

- Hailu, A. & Rahman, S. (2012). Evaluation of Key Success Factors Influencing ERP Implementation Success. In I. Foster, E. Feig & S. S. Yau (Eds.), *Proceedings of the 8th IEEE World Congress on Services* (pp. 88-91). Danvers, MA: IEEE.
- Heidemeier, H. & Moser, K. (2009). Self-other agreement in job performance ratings: A meta-analytic test of a process model. *Journal of Applied Psychology, 94*, 353-370.
- Hitchcock, J. H., Onwuegbuzie, A. J. & Khoshaim, H. B. (2015). Examining the consequential validity of standardized examinations via public perceptions: A review of mixed methods survey design considerations. *International Journal of Multiple Research Approaches*, 1-16.
- Jost, P. (2000). *Organisation und Koordination: Eine ökonomische Einführung*. Wiesbaden: Gabler.
- Krause, D. E. (2010). Macht und Vertrauen in Innovationsprozessen: Ein empirischer Beitrag zu einer Theorie der Führung. Berlin: Springer.
- Krause, D. E. & Gebert, D. (2006). Effekte von interpersonellen Konflikten und Widerstand von Führungskräften auf die Implementierung von Verfahrensinnovationen. *Zeitschrift für Personalforschung / German Journal of Research in Human Resource Management*, 102-120.
- Lawrence, E., Ruppel, C. P. & Tworoger, L. C. (2014). The emotions and cognitions during organizational change: The importance of the emotional work for leaders. *Journal of Organizational Culture, Communications & Conflict, 18*, 257-275.
- Lloyd, J. W. (1987). *Foundations of logic programming* (2nd ed.). Berlin: Springer.
- Malterud, K. (2001). Qualitative research: Standards, challenges, and guidelines. *The Lancet, 358*, 485-488.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (12., aktualisierte und überarb. Aufl.). Beltz Pädagogik. Weinheim (u. a.): Beltz.
- Mehta, S., Maheshwari, G. C. & Sharma, S. K. (2014). Role of leadership in leading successful change: An empirical study. *Journal of Contemporary Management Research, 8*, 1-22.
- Michela, P. & Carlotta, M. C. (2012). Organizational Change: Business Process Reengineering Or Outsourcing? *Annals of Faculty of Economics, 1*, 277-287.
- Minker, J., Seipel, D. & Zaniolo, C. (2014). Logic and Databases: History of Deductive Databases. In D. M. Gabbay, J. H. Siekmann & J. Woods (Eds.), *Handbook of the History of Logic, 9*, Computational Logic.
- Nesterkin, D. A. (2013). Organizational change and psychological reactance. *Journal of Organizational Change Management, 26*, 573-594.
- Ngai, E. W., Law, C. C. & Wat, F. K. (2008). Examining the critical success factors in the adoption of enterprise resource planning. *Computers in Industry, 59*, 548-564.
- OECD (2015). PISA 2012 Results: What Makes a School Successful. *Resources, Policies and Practices*, Vol. IV. Paris: OECD Publishing.
- Puppe, F. (1991). *Einführung in Expertensysteme* (2. Auflage). Berlin: Springer.
- Ram, J. & Corkindale, D. (2014). How „critical“ are the critical success factors (CSFs)? Examining the role of CSFs for ERP. *Business Process Management Journal, 20*, 151-174.
- Riedel, R., Müller, E., von der Weth, R. & Pflugradt, N. (2009). Integrating human behaviour into factory simulation – a feasibility study. In *2009 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)* (pp. 2089-2095).
- Schacher, M. & Grässle, P. (2006). Agile unternehmen durch Business Rules: Der Business Rules Ansatz. *Xpert.press*. Berlin: Springer.
- Schneider, A. (2014). *Forderung und Förderung der Teilnahme Älterer an Innovationsprozessen* (Doctoral dissertation).
- Schubach, K. & von der Weth, R. (2011). Faktor Mensch? Ein Ansatz zur Untersuchung der emotionalen und motivationalen Zusammenhänge bei ERP-Einführungen. In E. Müller & B. Spanner-Ulmer (Hrsg.), *Nachhaltigkeit in Fabrikplanung und Fabrikbetrieb – TBI*11* (S. 191-200). Chemnitz: Technische Universität.
- Seipel, D. (2015). Knowledge Engineering for Hybrid Deductive Databases, Paper presented at *29th Workshop on (Constraint) Logic Programming (WLP 2015)*, Dresden.
- Seipel, D., Baumeister, J. & Hopfner, M. (2005). Declaratively Querying and Visualizing Knowledge Bases in Xml. In D. Hutchison, T. Kanade, J. Kittler, J. M. Kleinberg, F. Mattern, J. C. Mitchell & O. Bartenstein (Eds.), *Lecture Notes in Computer Science. Applications of Declarative Programming and Knowledge Management, 3392* (pp. 16-31). Berlin: Springer.
- von der Weth, R. & Spengler, R. (2007). Human Factor Resources in ERP-System Implementation. In W. Karwowski & S. Trzcielinski (Eds.), *Value Stream Activities Management* (pp. 269-277). Madison (WI): IEA Press.

Victor, J. & Joe, S. (2015). Integration of business process reengineering into the main stream corporate planning. *Scholedge International Journal of Business Policy & Governance*, 2, 1-7.

Wielemaker, J. (2005). An Overview of the SWI-Prolog Programming Environment, Paper presented at *13th International Workshop on Logic Programming Environments* (WLPE 2005), Mumbai.

Korrespondenz-Adresse:
Prof. Dr. Rüdiger von der Weth
Hochschule für Technik und Wirtschaft
Fakultät Wirtschaftswissenschaften
Friedrich List-Platz 1
D-01069 Dresden
weth@htw-dresden.de