



Business Computing

Decision Support & OR Lab

Universität Paderborn
Fachbereich Wirtschaftswissenschaften
Fach Wirtschaftsinformatik

Decision Support Projekt

Anwendung der Simulationsmethode System Dynamics auf die Konstruktive Mitarbeiterproduktivität und Kundenzufriedenheit

vorgelegt von

Sebastian Dinter

Markus Steckenborn

Alexander Lindhorst

Ignac Litzbarski

Kai-Wolfgang Holzweissig

Marco Meier

Sascha Großkurth

Andreas Diek

vorgelegt bei

Prof. Dr. Leena Suhl

Dipl. Wirt. Inf. Markus Herzig

Paderborn, 24. Februar 2003

Abstract

In der heutigen Unternehmenslandschaft sind die Grundlagen des Decision Support im Hinblick auf die Problematik der Nutzenbewertung unzureichend. Vielfach werden nur wirtschaftliche Größen betrachtet, die direkt quantifiziert werden können. Dieses Vorgehen ignoriert jedoch Nutzengrößen wie die Kundenzufriedenheit, die ohne weiteres nicht berechnet werden kann. Im Rahmen dieses Projekts wurde der Einfluss mobiler Anwendungen auf den technischen Kundendienst im Maschinen- und Anlagebau betrachtet. Insbesondere sollten hierbei die Konstrukte Mitarbeiterproduktivität und Kundenzufriedenheit, die keinen direkt sichtbaren Nutzen liefern, berücksichtigt werden. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde die Simulationsmethode Business Dynamics als Vorgehensweise vorgegeben. Dabei handelt es sich um eine Simulationsmethode die in Kapitel Business Dynamics vorgestellt wird. Die Konstrukte wurden in ihre Dimensionen zerlegt. Die Dimensionen wurden in Faktoren aufgegliedert. Für die einzelnen Faktoren wurden Kennzahlen ermittelt. Auf diese Weise wurden die Konstrukte operationalisiert. Anschließend wurden die Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Elementen mit Hilfe eines Wirkungsgraphen abgebildet. Das Business Dynamics Modell wurde erstellt und in eine Simulationssoftware übertragen. Entsprechend der Aufgabenstellung wurden drei Szenarien erarbeitet, modelliert und simuliert. Die Ergebnisse wurden betrachtet und bewertet. Es wurde nachgewiesen, dass die Umsatzrentabilität als Folge der, in der Realität nicht direkt messbaren, Nutzen Mitarbeiterproduktivität und Kundenzufriedenheit ansteigt. Also konnte eine Nutzenveränderung durch Ursache-Wirkungszusammenhänge anhand der erstellten Szenarien gezeigt werden. Es ist also generell möglich, mit Hilfe eines mathematischen Modells, die Geschäftsprozesse zu simulieren und die Simulationsmethode Business Dynamics zur Unterstützung einer besseren Entscheidungsfindung in Unternehmen heranzuziehen.

Stichworte: Simulation, Business Dynamics, System Dynamics, Mitarbeiterproduktivität, Kundenzufriedenheit, Technischer Kundendienst, mobile Anwendungen

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| 1 Einleitung | 1 |
| 1.1 Problemstellung | 1 |
| 1.2 Zielsetzung der Arbeit | 1 |
| 1.3 Aufbau der Arbeit | 2 |
| 1.4 Abgrenzung der Arbeit | 3 |
| 2 Grundlagen | 4 |
| 2.1 Der Technische Kundendienst | 4 |
| 2.2 Möglichkeiten der Unterstützung des Technischen Kundendienstes durch mobile Anwendungen | 6 |
| 2.3 Konstrukte und deren Operationalisierung | 8 |
| 2.4 Die Konstrukte Mitarbeiterproduktivität und Kundenzufriedenheit | 10 |
| 2.5 Business Dynamics | 22 |
| 3 Modellbildung | 28 |
| 3.1 Hypothesen | 28 |
| 3.2 Business Dynamics Notation | 30 |
| 3.3 Aufstellung des Modells | 37 |
| 4 Simulation und Auswertung | 42 |
| 4.1 Software | 42 |
| 4.2 Aufstellung des Modells | 48 |
| 4.3 Übertragung des Modells in eine geeignete Simulationssoftware | 53 |
| 4.4 Beschreibung der Simulationsszenarien | 59 |
| 5 Bewertung der Ergebnisse und Fazit | 69 |
| 5.1 Darstellung der Ergebnisse im Kontext der Hypothese | 69 |
| 5.2 Fazit und Ausblick | 75 |
| Anhang A. Literatur- und Quellenverzeichnis | 1 |
| Anhang B. Aufstellung der erarbeiteten Konstrukte | 4 |
| Anhang C. Erläuterung und mathematische Formulierung der Wirkungszusammenhänge | 10 |
| Exemplarische Erläuterung der Vorgehensweise | 10 |

Erläuterung der Wirkungszusammenhänge

14

Aufstellung des mathematischen Modells

24

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| 1 Einleitung | 1 |
| 1.1 Problemstellung | 1 |
| 1.2 Zielsetzung der Arbeit | 1 |
| 1.3 Aufbau der Arbeit | 2 |
| 1.4 Abgrenzung der Arbeit | 3 |
| 2 Grundlagen | 4 |
| 2.1 Der Technische Kundendienst | 4 |
| 2.1.1 Aufgaben des Technischen Kundendienstes | 4 |
| 2.1.2 Geschäftsprozesse des technischen Kundendienstes | 5 |
| 2.2 Möglichkeiten der Unterstützung des Technischen Kundendienstes durch mobile Anwendungen | 6 |
| 2.3 Konstrukte und deren Operationalisierung | 8 |
| 2.4 Die Konstrukte Mitarbeiterproduktivität und Kundenzufriedenheit | 10 |
| 2.4.1 Das Konstrukt Mitarbeiterproduktivität | 10 |
| 2.4.2 Das Konstrukt Kundenzufriedenheit | 14 |
| 2.4.3 Extrahierung relevanter Faktoren aus den Konstrukten | 19 |
| 2.5 Business Dynamics | 22 |
| 2.5.1 Definition | 22 |
| 2.5.2 Einführung | 22 |
| 2.5.3 Ursache-Wirkungs-Beziehungen | 23 |
| 2.5.4 Rückkopplungskreise (Feedback Loops) | 24 |
| 2.5.5 Konzept der Kausalität | 27 |
| 2.5.6 Zusammenfassung | 27 |
| 3 Modellbildung | 28 |
| 3.1 Hypothesen | 28 |
| 3.2 Business Dynamics Notation | 30 |
| 3.2.1 Speicher, Flüsse und das Akkumulationsprinzip | 31 |
| 3.2.2 Einflussgrößen | 34 |
| 3.2.3 Rückkopplung | 35 |

| | |
|---|----|
| 3.2.4 Kurzreferenz zu weiteren Elementen | 35 |
| 3.3 Aufstellung des Modells | 37 |
| 4 Simulation und Auswertung | 42 |
| 4.1 Software | 42 |
| 4.1.1 Auswahl einer Software | 42 |
| 4.1.2 Beschreibung der ausgewählten Software | 44 |
| 4.1.3 Bewertung verfügbarer Systeme | 48 |
| 4.2 Aufstellung des Modells | 48 |
| 4.2.1 Wirkungsgraph und List Extension Model | 49 |
| 4.2.2 Business Dynamics Modell | 51 |
| 4.2.3 Einbindung von Szenarien | 53 |
| 4.3 Übertragung des Modells in eine geeignete Simulationssoftware | 53 |
| 4.3.1 Problem der Referenzierung „alter“ Werte | 54 |
| 4.3.2 Problem der Behaftung mit Einheiten | 57 |
| 4.3.3 Problem der fehlenden Zeiteinheiten | 57 |
| 4.3.4 Betrachtung der erläuterten Problemlösungen | 59 |
| 4.4 Beschreibung der Simulationsszenarien | 59 |
| 4.4.1 Funktionsweise von Szenarien | 59 |
| 4.4.2 Struktur der Szenarien | 59 |
| 4.4.3 Vorgehen beim Erstellung der Szenarien | 60 |
| 4.4.4 Beschreibung der Szenarien | 62 |
| 4.4.5 Vergleich der Szenarien | 65 |
| 4.4.6 Bemerkung zu den Szenarien | 68 |
| 5 Bewertung der Ergebnisse und Fazit | 69 |
| 5.1 Darstellung der Ergebnisse im Kontext der Hypothese | 69 |
| 5.1.1 Interpretation Szenario 1 | 69 |
| 5.1.2 Interpretation Szenario 2 | 71 |
| 5.1.3 Interpretation Szenario 3 | 73 |
| 5.1.4 Zusammenfassung | 73 |
| 5.2 Fazit und Ausblick | 75 |
| Anhang A. Literatur- und Quellenverzeichnis | 1 |

| | |
|--|----|
| Anhang B. Aufstellung der erarbeiteten Konstrukte | 4 |
| Anhang C. Erläuterung und mathematische Formulierung der Wirkungszusammenhänge | 10 |
| Exemplarische Erläuterung der Vorgehensweise | 10 |
| Erläuterung der Wirkungszusammenhänge | 14 |
| Aufstellung des mathematischen Modells | 24 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildung 1: Nutzenbetrachtung von Unternehmenszielen..... | 1 |
| Abbildung 2: Standardprozess im technischen Kundendienst..... | 5 |
| Abbildung 3: Kommunikationsschnittstellen (vgl. [Enßner 92], S. 70)..... | 6 |
| Abbildung 4: Konzeptionalisierung eines Konstrukts (vgl. [HomGie 98], S. 115)..... | 9 |
| Abbildung 5: Das Konstrukt Mitarbeiterproduktivität..... | 12 |
| Abbildung 6: INDSAT (vgl. [HomRu 98], S. 257)..... | 15 |
| Abbildung 7: Zufriedenheit mit der Dienstleistung (vgl. [Bauer 00], S. 101)..... | 16 |
| Abbildung 8: Das Konstrukt Kundenzufriedenheit..... | 17 |
| Abbildung 9: Problemlösung im Alltag nach [Legasto et al 80]..... | 23 |
| Abbildung 10: Positive Ursache-Wirkungs-Beziehung..... | 23 |
| Abbildung 11: negative Ursache-Wirkungs-Beziehung..... | 23 |
| Abbildung 12: Modellstruktur mit verschachtelten Rückkopplungskreisen nach [Legasto et al 80]..... | 25 |
| Abbildung 13: Beispiel eines negativen Rückkopplungskreises..... | 26 |
| Abbildung 14: Beispiel eines positiven Rückkopplungskreises..... | 26 |
| Abbildung 15: Beispiel einer einfachen Speicher-Fluss Struktur nach [USDept 03]. | 31 |
| Abbildung 16: Beispiel für eine Zufluss-Abfluss Struktur nach [USDept 03]..... | 31 |
| Abbildung 17: Veränderung des Speichers über Δt [USDept 03]..... | 33 |
| Abbildung 18: Entkoppelte Flussstruktur nach [USDept 03]..... | 33 |
| Abbildung 19: Systemverzögerung nach [USDept 03]..... | 34 |
| Abbildung 20: Einflussgrößen an Speicher-Fluss-Strukturen..... | 34 |
| Abbildung 21: Notationselement Flüsse..... | 35 |
| Abbildung 22: Systemgrenze..... | 36 |
| Abbildung 23: Notationselement Konstante / Koeffizient..... | 36 |
| Abbildung 24: Feedbacklinie..... | 36 |
| Abbildung 25: Notationselement Einflussgröße..... | 36 |
| Abbildung 26: Notationselement Zeitelement..... | 37 |
| Abbildung 27: einfacher Wirkungsgraph (vgl. [Coyle 77])..... | 37 |
| Abbildung 28: Wirkungsgraph „First Extension“ (vgl. [Coyle 77])..... | 38 |
| Abbildung 29: Wirkungsgraph mit Rückkopplungsschleife (vgl. [Coyle 77])..... | 39 |
| Abbildung 30: Wirkungsgraph (vgl. [Coyle 77])..... | 40 |
| Abbildung 31: Vorgehensweise bei der Softwareauswahl..... | 43 |

| | |
|---|----|
| Abbildung 32: Powersim Studio Express 2001 Werkzeugleiste..... | 44 |
| Abbildung 33: Powersim Studio Express 2001 Projektfenster..... | 45 |
| Abbildung 34: Powersim Studio Express 2001 Variablenbaum..... | 45 |
| Abbildung 35: Powersim Studio Express 2001 Zeitgraph..... | 46 |
| Abbildung 36: Powersim Studio Express 2001 Zeittabelle..... | 47 |
| Abbildung 37: Powersim Studio Express 2001 Eigenschaften..... | 47 |
| Abbildung 38: Wirkungsgraph nach List Extension Model Methode..... | 51 |
| Abbildung 39: Modellierung der Gewinnveränderung mit einem Speicher..... | 55 |
| Abbildung 40: Rückfluss in den Gewinnspeicher..... | 55 |
| Abbildung 41: Modellierung von Speichern mit Wertgrenzen..... | 56 |
| Abbildung 42: Normierungskonstanten zum Entfernen von Einheiten..... | 57 |
| Abbildung 43: Konstante zur periodengerechten Ratierung..... | 58 |
| Abbildung 44: Kosten und Umsatz in Szenario 1..... | 71 |
| Abbildung 45: Umsatz und Kosten in Szenario 2..... | 72 |
| Abbildung 46: Kosten und Umsatz in Szenario 3..... | 73 |
| Abbildung 47: Umsatzrentabilitäten in den Szenarien..... | 74 |
| Abbildung 48: Zuverlässigkeit der Dienstleistung als Polynom fünften Grads..... | 11 |
| Abbildung 49: Qualitative Zuverlässigkeit als Polynom fünften Grads..... | 11 |
| Abbildung 50: Zufriedenheit mit der Dienstleistung insgesamt als Polynom fünften Grads..... | 12 |
| Abbildung 51: Zuverlässigkeit der Dienstleistung insgesamt als Polynom dritten Grads..... | 13 |
| Abbildung 52: Qualitative Zuverlässigkeit als Polynom dritten Grads..... | 13 |
| Abbildung 53: Zufriedenheit mit der Dienstleistung insgesamt als Polynom dritten Grads..... | 14 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|---|----|
| Tabelle 1: Softwaresysteme für die Anwendung von System Dynamics..... | 43 |
| Tabelle 2: Kennziffern der Szenarien..... | 59 |
| Tabelle 3: Kennziffern zu Szenario 1..... | 62 |
| Tabelle 4: Kennziffern zu Szenario 2..... | 63 |
| Tabelle 5: Kennziffern zu Szenario 3..... | 64 |
| Tabelle 6: Vergleich der Szenarien..... | 66 |
| Tabelle 7: Das Konstrukt Kundenzufriedenheit..... | 4 |
| Tabelle 8: Das Konstrukt Mitarbeiterproduktivität..... | 6 |
| Tabelle 9: Wirkungszusammenhänge..... | 15 |
| Tabelle 10: Exogene Variablen..... | 24 |
| Tabelle 11: Variablen der Supplementary List..... | 24 |
| Tabelle 12: Variablen der Model List..... | 24 |
| Tabelle 13: Variablen der 1st Extension (Konstrukte)..... | 24 |
| Tabelle 14: Variablen der 2nd Extension (Dimensionen)..... | 24 |
| Tabelle 15: Variablen der 3rd Extension (Faktoren)..... | 25 |
| Tabelle 16: Variablen der 4th Extension (Kennzahlen)..... | 25 |

1 Einleitung

Das folgende Kapitel beschreibt die zugrunde liegende Problemstellung sowie Ziel und Aufbau dieser Arbeit.

1.1 Problemstellung

Unternehmen nutzen Kennzahlen zur Prognose von Wirtschaftlichkeits- und Produktivitätsveränderung als Entscheidungsgrundlage für die Umsetzung von geplanten Maßnahmen. Die bisherigen Verfahren zur Prognoseberechnung verwenden dazu häufig Kosten- und Leistungskennziffern, um den zukünftigen Umsatz als übergeordnetes Unternehmensziel zu berechnen.

Jedoch wurden Unternehmensziele wie Mitarbeiterproduktivität, Kundenzufriedenheit und Umweltschutz bisher im Umfeld der Operations Research und Management Science (OR/MS) nicht genügend berücksichtigt. Daher wird nun nach neuen, innovativen Techniken gesucht, um auch solche Unternehmensziele berücksichtigen zu können und die Effektivität der geplanten Maßnahme in Bezug auf die Erreichung dieser Ziele festzustellen zu können. Eine erweiterte Betrachtung des Nutzens ist in Abbildung 1 dargestellt. „Effizienz“ beschreibt hier die herkömmliche Betrachtungsweise, und der Teilbaum „Effektivität“ deutet an, dass der „weiche Nutzen“ von nicht direkt messbaren Unternehmenszielen auch als Teil des Nutzens zu betrachten ist.

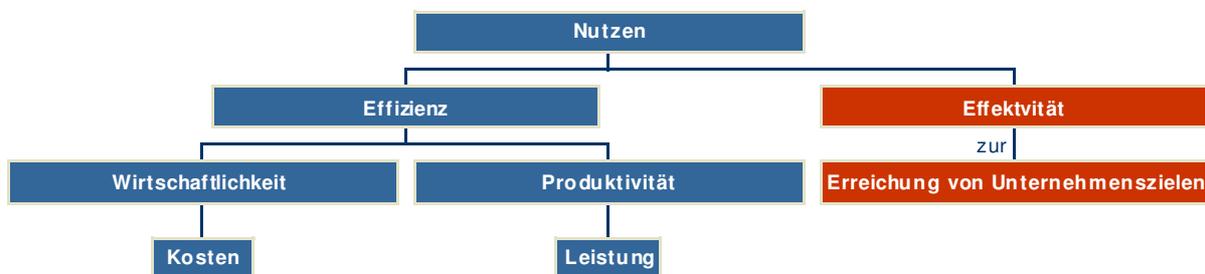


Abbildung 1: Nutzenbetrachtung von Unternehmenszielen

1.2 Zielsetzung der Arbeit

In diesem Projekt geht es um den Nachweis, dass sich eine Nutzenveränderung für den Geschäftserfolg von Unternehmen durch die Einführung von Informationstechnologien (mobile Anwendungen) zeigen lässt. Der „weiche Nutzen“ einer solchen Maßnahme ist in Bezug auf weitere Unternehmensziele wie Mitarbeiterproduktivität und Kundenzufriedenheit in quantifizierbaren Größe darzustellen. Mit Hilfe eines mathematischen Modells werden die Geschäftsprozesse eines Unternehmens simuliert und eine Simulationsmethode wie Business Dynamics zur Unterstützung einer besseren

Entscheidungsfindung in Unternehmen herangezogen. Business Dynamics ist die Anwendung von „System Dynamics“ - Modellen auf das Geschäftsumfeld und dient zur Darstellung von Regelkreisen und Ursache-Wirkungsbeziehungen innerhalb eines Systems. Um den gewünschten Nachweis führen zu können, wird ein Geschäftsbereich eines Unternehmens ausgewählt. Für eine spezielle Situation dieses Unternehmensbereiches wird ein Modell erstellt und eine Simulation durchgeführt. Eine erfolgreiche Anwendung der Methode Business Dynamics erlaubt Rückschlüsse auf die generelle Durchführbarkeit einer solchen Vorgehensweise.

Die vorliegende Arbeit untersucht, wie die Einführung von mobilen Anwendungen im Bereich Kundendienst eines Unternehmens im Maschinen- und Anlagebau auf die Umsatzrentabilität wirkt. Dabei wird die Änderung bei der Mitarbeiterproduktivität und der Kundenzufriedenheit simuliert.

Dieses Projekt wurde im Rahmen der Decision Support Projekte des Lehrstuhl Wirtschaftsinformatik 4, „Decision Support & Operations Research Lab“ der Universität Paderborn im Wintersemester 2002 erstellt. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind neben den Auftraggebern für Entscheidungsträger aus Unternehmen und Entwickler von Simulationssystemen von Interesse.

1.3 Aufbau der Arbeit

Zunächst werden die theoretischen Grundlagen des Projektes in Kapitel 2 erläutert. Dazu werden die Aufgaben und die Geschäftsprozesse des technischen Kundendienstes aufgeführt und die Möglichkeiten zur Unterstützung durch mobile Anwendungen untersucht. Dann werden die Konstrukte Mitarbeiterproduktivität und Kundenzufriedenheit operationalisiert und in den Zusammenhang der Unternehmen eingeordnet. Anschließend wird die Simulationmethode Business Dynamics als Abwandlung der Simulationmethode System Dynamics vorgestellt.

Die allgemeine Vorgehensweise bei der Bildung von Simulationsmodellen wird in Kapitel 3 beschrieben. Dann wird zur Modellbildung die notwendige Notation von Business Dynamics erläutert. Die in dieser Arbeit zugrunde liegenden Hypothesen werden im Anschluss dargelegt.

Der nächste Abschnitt, Kapitel 4, beschäftigt sich mit der Simulation. Zuerst wird Simulationssoftware und deren Auswahl beschrieben. Dann wird das Modell erstellt und in die Software übertragen, wobei die umgesetzte Lösungsweise von aufgetretenen Übertragungs-Problemen beschrieben wird. Die zur Ausführung der Simulation notwendigen Szenarien werden danach beschrieben.

In Kapitel 5 werden die Ergebnisse der durchgeführten Simulation bewertet und in den Kontext der aufgestellten Hypothese eingeordnet. Abschließend wird ein Fazit gezogen.

1.4 Abgrenzung der Arbeit

Wichtig ist an dieser Stelle anzumerken, dass das Ergebnis dieser Arbeit nicht eine Simulation ist, die für alle Unternehmen der untersuchten Branche konkrete Aussagen zur Einführung von mobilen Anwendungen liefert. Dazu sind die verwendeten Daten und Parameter zu allgemein beziehungsweise im Vordergrund steht vielmehr erstens die Systematik der Simulationserstellung mit Business Dynamics und zweitens die Aussage, ob es generell möglich ist, die Erreichung verschiedener Unternehmensziele derart zu modellieren.

Die in der Arbeit verwendeten Kennzahlen beruhen zum Teil auf empirisch fundierten Studien, die sich in den Arbeiten zur INDSAT-Studie (vgl. [HomRu 98]) und ähnlichen Studien wieder finden. Für den bisher nicht empirisch belegten Teil der Konstrukte sind plausible Annahmen getroffen worden. Diese Daten sind folglich im Rahmen dieser Arbeit weder empirisch erhoben noch statistisch untersucht worden.

2 Grundlagen

Im folgenden Kapitel werden die Grundlagen dieses Projekts erarbeitet. Dabei werden insbesondere einige informelle Rahmenbedingungen beschrieben. Des Weiteren werden die Grundlagen für die Anwendung der bereits zuvor genannten Modellierungsmethode Business Dynamics dargestellt.

2.1 Der Technische Kundendienst

Der folgende Abschnitt beschreibt die Aufgaben und Prozesse des Technischen Kundendienstes. Der Technische Kundendienst entspricht dem ausgewählten Ausschnitt aus der Realität, welcher dem späteren Modell als Grundlage dient.

2.1.1 Aufgaben des Technischen Kundendienstes

Das Ziel des Technischen Kundendienstes liegt darin, die Funktionsfähigkeit eines Produkts dem Kunden gegenüber zu gewährleisten. Im Bereich des Maschinen- und Anlagebaus sorgt der Kundendienst dafür, dass die erworbene Anlage für den Kunden aufgebaut, in Betrieb genommen wird und während der Betriebsphase möglichst kurze Ausfallzeiten hat. Die wichtigsten Aufgaben des Technischen Kundendienstes bestehen aus Montage und Instandhaltung. Die Montage beschreibt den Vorgang des erstmaligen Aufbaus und der Inbetriebnahme einer Maschine oder Anlage an seinem kundenspezifischen Zielort.

Die Instandhaltung ist laut DIN 31051 „[...] die Gesamtheit der Maßnahmen zur Bewahrung und Wiederherstellung des Soll-Zustandes sowie zur Herstellung und Beurteilung des Ist-Zustandes von technischen Mitteln eines Systems“. Die Instandhaltung beinhaltet die Aufgabenbereiche Inspektion, Wartung und Instandsetzung.

Die Inspektion beinhaltet routinemäßige Kontrollen einer Anlage oder Maschine. Sie wird im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter betrachtet. Laut DIN 31051 handelt es sich um „Maßnahmen zur Feststellung und Beurteilung des Ist Zustandes einer Betrachtungseinheit einschließlich der Bestimmung der Ursachen der Abnutzung und dem Ableiten der notwendigen Konsequenzen für eine künftige Nutzung.“

Wartungen sind Maßnahmen zur Bewahrung des Sollzustandes. Dazu gehören unter anderem: schmieren, reinigen, freihalten von Staub und Feuchtigkeit, konservieren, auswechseln von elektronischen Bauteilen, nachstellen, nachfüllen und einjustieren. Instandsetzungen sind Maßnahmen zur Wiederherstellung des Sollzustandes und können nach „Ausbessern“ und „Instand setzen durch bearbeiten“ unterschieden werden.

2.1.2 Geschäftsprozesse des technischen Kundendienstes

Unabhängig von der Art der Maßnahme läuft ein Auftrag für den Kundendienst nach Verständnis der Autoren wie folgt ab: Ein bestimmtes Ereignis veranlasst die so genannte Leitstelle zur Planung eines Instandhaltungsauftrages für einen oder mehrere Techniker/-innen beziehungsweise Service-Mitarbeiter/-innen des technischen Kundendienstes. (Im Folgenden wird zur Verbesserung der Lesbarkeit von einem Techniker gesprochen. Gemeint sind natürlich auch Technikerinnen). Bei dem Ereignis kann sich es um den Telefonanruf eines Kunden aufgrund eines Schadenfalles oder einer Anfrage zur Funktionsfähigkeit der erworbenen Anlage oder Maschine handeln, oder um einen routinemäßigen Wartungstermin handeln. Der Techniker nimmt den Auftrag entgegen, und sucht sich die benötigten Informationen zusammen. Dazu gehören neben den Kundendaten (Anreisebeschreibung und Kontaktperson) auch Dokumentationen zur Typ der Anlage (beziehungsweise Maschine) und Informationen über die Anlage des Kunde in Form von Vertragsdaten und (Wartungs-) Historie.

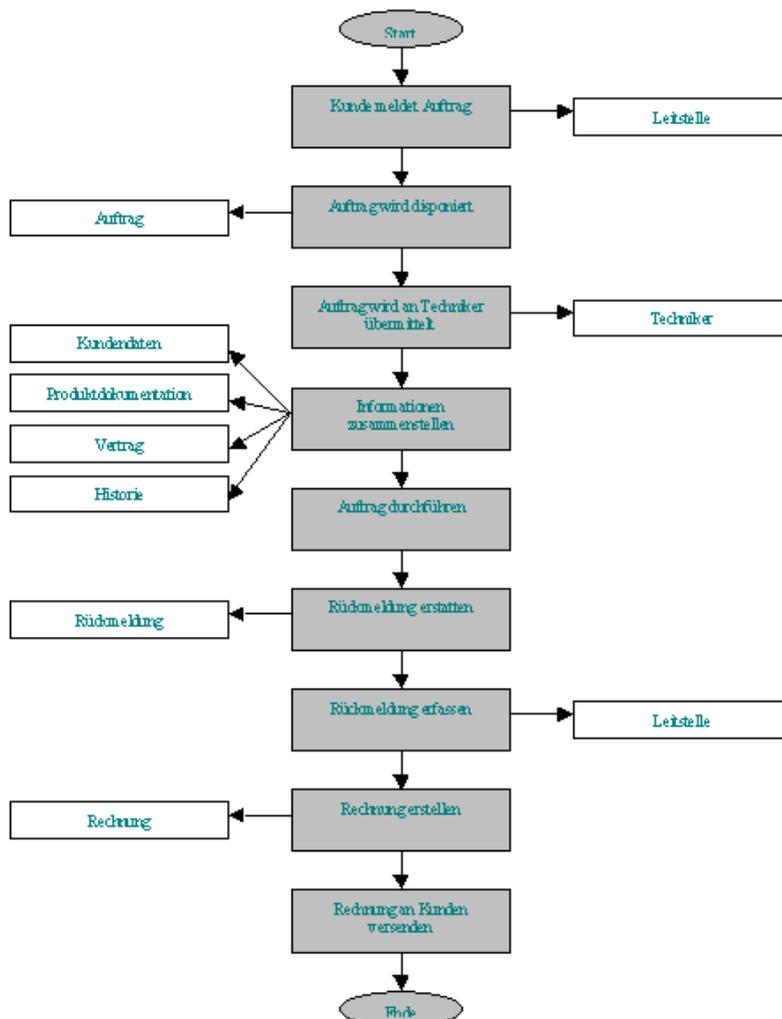


Abbildung 2: Standardprozess im technischen Kundendienst

Dann begibt er sich zum Einsatzort und führt dort die gewünschte Maßnahme durch. Bei einem Instandhaltungsauftrag sind Detailaufgaben beispielsweise „Überprüfung auf Funktionsfähigkeit“, „Überprüfung auf Sicherheit“ und „Freigabe und Abnahme durch den Kunden“. Nach Erledigung Bericht erstattet der Techniker Bericht in Form einer Rückmeldung an die Leitstelle. Anschließend wird der Einsatz abgerechnet.

Um Ereignisse und Kennziffern für das Simulationsmodell einheitlich betrachten zu können, wird ein Standard-Geschäftsprozess für den technischen Kundendienst betrachtet. Der Ablauf eines solchen Prozesses ist in Abbildung 2 dargestellt.

2.2 Möglichkeiten der Unterstützung des Technischen Kundendienstes durch mobile Anwendungen

Informationstechnologische Systeme haben inzwischen im Technischen Kundendienst in vielen Bereichen Einzug gehalten. Sie übernehmen die betriebswirtschaftliche Abwicklung der Serviceaufträge und unterstützen die Leitstelle zum Beispiel als so genannte Einsatzsteuerungssysteme durch qualifizierte Mitarbeitervorschläge bei der Personaldisposition (vgl. [Enßner 92], S. 69 ff.). zeigt eine Übersicht über die in diesem Zusammenhang relevanten Kommunikationsschnittstellen.

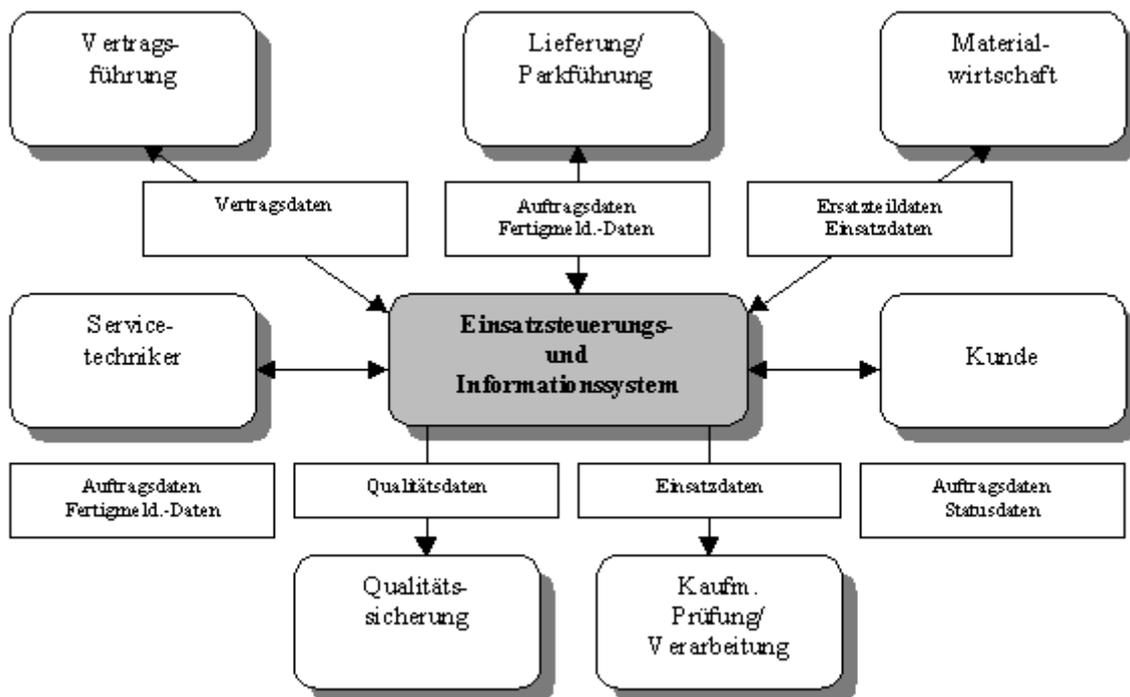


Abbildung 3: Kommunikationsschnittstellen (vgl. [Enßner 92], S. 70)

Bestand die Schnittstelle zwischen Servicetechniker und Leitstelle in der Vergangenheit hauptsächlich im persönlichen Telefonkontakt, so ermöglichen heute mobile Endgeräte (so genannte „Field Service Terminals“) eine direkte Integration der Servicetechniker in die Systemlandschaft über mobile oder drahtlose Netze. „Neben dem reinen Auftragsdatenverkehr können [...] weitere Leistungsmerkmale, wie zum Bei-

spiel das Speichern oder Abrufen aktueller servicespezifischer Produktinformationen auch aus entfernten zentralen Datenbeständen bis hin zur Verwendung als Diagnose-Tool, abgedeckt werden.“ (vgl. [Enßner 92], S. 73 f.).

Mobile Endgeräte existieren in zahlreichen Ausprägungen. Es lassen sich nach ([Niemeier 94], S. 89 ff.) folgende Klassen von mobilen Endgeräten unterscheiden:

- A4-große tragbare Computer mit Farbdisplay („Notebooks“)
- A5-große tragbare Computer mit geringerer Rechenleistung („Subnotebooks“)
- Mobilcomputer in Taschenrechnergröße („Palmtops“)
- A4-große elektronische „Schreibblöcke“, auf denen mit einem speziellen Stift geschrieben wird („Tablets“ beziehungsweise „Notepads“)
- Geräte, die wahlweise per Stift oder Tastatur bedient werden können („Convertibles“ beziehungsweise „Pentops“)
- Mobilcomputer der Größe A5 oder kleiner („Handhelds“ beziehungsweise „Palmpads“)
- Adress- und Terminverwalter mit Notizblockfunktion und spezifischen Anwenderprogrammen, die mit einem Stift bedient werden („Personal Digital Assistants“ (PDA))

Durch die Ausstattung des Servicepersonals mit derartigen Geräten eröffnet sich dem Technischen Kundendienst ein breites Spektrum von mobilen Anwendungen. So können benötigte Informationen wie Arbeitsunterlagen, Adresslisten, Kundendaten, Teilekataloge, Wartungshistorien, gesetzliche Vorschriften, technische Standards und Schaltpläne direkt vor Ort verfügbar gemacht werden (vgl. [Niemeier 94], S. 139). Darüber hinaus wird die unmittelbare Erstellung von Rückmeldungen beim Kunden ermöglicht, der diese direkt abnehmen beziehungsweise nutzen kann. Durch die Abrufbarkeit von Experteninformationen aus zentralen Datenbeständen werden die Servicetechniker bei der Fehlerdiagnose unterstützt. Zudem können mobile Lösungen die Ersatzteilbeschaffung erleichtern und zur Steuerung des Personaleinsatzes eingesetzt werden.

Im Einzelnen sind aus Sicht der Verfasser im Hinblick auf die Prozesse des Technischen Kundendienstes folgende mobile Anwendungen denkbar:

- Die Mitarbeiter können unabhängig von ihrem aktuellen Aufenthaltsort Serviceaufträge entgegen nehmen. Dabei kann zwischen „Push“ (direkte Zuteilung der Aufträge durch die Leitstelle) und „Pull“ Strategie (Abruf der von der Leitstelle bereitgestellten Aufträge durch den Mitarbeiter) unterschieden werden. Die Reaktionszeit des technischen Kundendienstes kann auf diese Weise verkürzt werden. Dies betrifft im Standardprozess den Vorgang „Auftrag wird an den Techniker übermittelt“.

- Erforderliche Informationen und Dokumente stehen allen Servicetechnikern aktuell und unabhängig vom Aufenthaltsort zur Verfügung. Das Auswählen, Zusammenstellen und Mitnehmen von Unterlagen entfällt. Der Vorgang „Zusammenstellen der Informationen“ des Standardprozesses wird dadurch beeinflusst.
- Bei der Instandsetzung lassen sich die benötigten Ersatzteile direkt vor Ort bestellen beziehungsweise auf ihre Verfügbarkeit prüfen. Dies ist der Vorgang „Auftrag durchführen“.
- Betriebswirtschaftliche und technische Rückmeldungen können direkt vor Ort erfasst, vom Kunden digital abgezeichnet und per Funk in die Zentrale übertragen werden. Sie stehen somit ohne zusätzlichen Erfassungsaufwand zur weiteren Nutzung zur Verfügung. Medienbrüche werden auf diese Weise vermieden und die Fehleranfälligkeit der Erfassung und Weiterverarbeitung nimmt ab. Die Vorgänge „Rückmeldung erstatten“ und „Rückmeldung erfassen“ des betrachteten Standard-Geschäftsprozesses werden hierdurch beeinflusst.
- Rechnungen können direkt vor Ort erstellt und dem Kunden ausgehändigt werden. Die Zeitspanne zwischen der Auftragsdurchführung und dem Eingang der Zahlung kann dadurch verkürzt und die Liquidität des Unternehmens verbessert werden.

Ähnliche Effekte wurden zum Beispiel bei der Einführung portabler PCs für die Servicetechniker der Drägerwerk AG beobachtet (vgl. [Niemeier 94], S. 140 f.).

2.3 Konstrukte und deren Operationalisierung

Der Begriff des (theoretischen) „Konstrukts“ hat seinen Ursprung in der Psychologie. Ein Konstrukt ist nach [Brockhaus 99] eine „gedankliche Hilfskonstruktion für die Beschreibung von Phänomenen, die der direkten Beobachtung nicht zugänglich sind, sondern nur aus anderen, beobachtbaren Daten erschlossen werden können (zum Beispiel die Intelligenz)“. Im Rahmen der Betriebswirtschaft befasst sich insbesondere die Marketingforschung mit der Untersuchung komplexer Konstrukte wie zum Beispiel der Kundennähe (vgl. [HomGie 98], S. 113 f.).

Um ein Konstrukt (auch „latente Variable“) messbar zu machen, ist es erforderlich, Beziehungen zwischen beobachtbaren Variablen („Indikatoren“) und dem betrachteten Konstrukt herzuleiten. Zu diesem Zweck wird ein Konstrukt zunächst strukturell zergliedert („Konzeptualisierung“) und anschließend ein darauf aufbauendes Messmodell entwickelt („Operationalisierung“) (vgl. [HomGie 98], S. 114). Dabei sind für jeden Indikator geeignete Kennzahlen und entsprechende Messverfahren für ihre Ermittlung zu bestimmen.

Entsprechend ihrer Komplexität können Konstrukte ein- oder mehrdimensional sein. Jede Konstruktdimension besteht ihrerseits aus einem oder mehreren Faktoren, die wiederum durch einen oder mehrere Indikatoren gemessen werden können. Die Be-

griffe werden jedoch in verschiedenen Untersuchungen (zum Beispiel [HomRu 98], [Bauer 00]) zum Teil uneinheitlich gebraucht. In Anlehnung an [HomGie 98, S. 115] wird im Rahmen dieser Arbeit das in dargestellte Schema verwendet. Dabei werden nur Faktoren mit jeweils einem Indikator betrachtet, so dass auf eine explizite Darstellung der Indikatoren verzichtet werden kann. Einem Faktor wird somit direkt eine entsprechende Kennzahl zugeordnet.

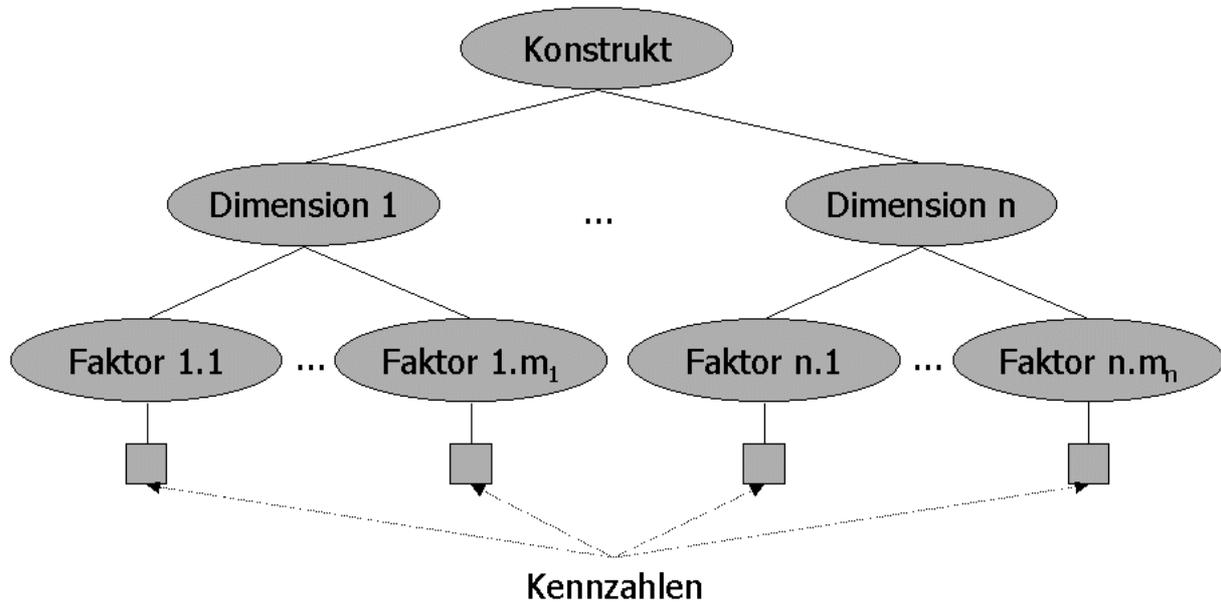


Abbildung 4: Konzeptionalisierung eines Konstrukts (vgl. [HomGie 98], S. 115)

Ziel der Operationalisierung eines Konstruktes ist es, ein Messmodell zu entwickeln, das bestimmten Anforderungen hinsichtlich der Zuverlässigkeit (Reliabilität) und Gültigkeit (Validität) der Messung erfüllt. Zur Beurteilung der Qualität von Konstrukt-messungen werden (statistische) Verfahren auf Grundlage empirischer Daten herangezogen, die ihren Ursprung in der Psychologie beziehungsweise Psychometrie haben. Sie werden in der einschlägigen Literatur ausführlich beschrieben und sollen an dieser Stelle nicht weiter ausgeführt werden (vgl. [HomGie 98], S. 116 ff.).

Für den Prozess der Konzeptualisierung und Operationalisierung komplexer Konstrukte empfehlen [HomGie 98, S. 127 ff.] folgendes Vorgehen:

1. Erarbeitung eines grundlegenden Verständnisses des Konstruktes (Grobkonzeptualisierung) und Entwicklung einer Ausgangsmenge von Faktoren (zum Beispiel durch Literaturlauswertung oder Experteninterviews)
2. Pre-Tests zur Verbesserung und Reduktion der Faktormenge
3. Datenerhebung
4. Quantitative Analyse zur Beurteilung und Optimierung des Messmodells
5. Erneute Datenerhebung
6. Beurteilung des entwickelten Messmodells auf Basis der neuen Stichprobe

7. Vergleich des entwickelten Modells mit alternativen Modellstrukturen auf der Basis beider Stichproben (Kreuzvalidierung)

Im folgenden Kapitel wird nun zunächst untersucht, inwieweit die hier betrachteten Konstrukte Kundenzufriedenheit und Mitarbeiterproduktivität in der Literatur bereits ausgearbeitet sind, und wie sie im Hinblick auf das vorliegende Szenario angepasst werden können.

2.4 Die Konstrukte Mitarbeiterproduktivität und Kundenzufriedenheit

Der folgende Abschnitt enthält die Definition und Beschreibung der Konstrukte, die für dieses Projekt verwendet wurden.

2.4.1 Das Konstrukt Mitarbeiterproduktivität

Im Rahmen der Mitarbeiterproduktivität ist das Ziel, die Abhängigkeit des Outputs von der Anzahl der Mitarbeiter zu bestimmen. Die Kennzahl Produktivität bezieht sich hierbei auf die Einwirkungen, die eine Fähigkeitssteigerung der Mitarbeiter zur Folge hat. Dabei wird insbesondere Wert auf Fähigkeitssteigerungen in den Bereichen Innovation, Verbesserung interner Prozesse und Kundenzufriedenheit gelegt [Schwetje99]. Produktivität ist definiert als Ertrag pro Mitarbeiter. Es gibt jedoch auch andere Kriterien, die die Mitarbeiterproduktivität beeinflussen. Diese Kriterien sind Qualität, Kosten und Zeit, welche im Folgenden näher beschrieben werden.

Die Qualität bezeichnet in diesem Zusammenhang die Erwartungen des Kunden an die Mitarbeiter. Dabei spielen folgende Faktoren eine wichtige Rolle: Zuverlässigkeit, Glaubwürdigkeit und Kompetenz. Zuverlässigkeit ist als stetige Leistung zu deuten, Glaubwürdigkeit wird als Vertrauenswürdigkeit verstanden und Kompetenz heißt ausreichende Fähigkeiten und Kenntnisse zu besitzen. Ein Beispiel für die Zuverlässigkeit ist die „Leistung nach Zeitplan“, die definiert wird durch die zeitgenaue Fertigstellung einer Tätigkeit. Die Glaubwürdigkeit wird beispielsweise durch den Umgang des Mitarbeiters mit dem Kunden bestimmt. Daher achten viele Dienstleistungsunternehmen auf zahlreiche Persönlichkeitsmerkmale ihrer Mitarbeiter. Zum Beispiel werden Bankangestellte trainiert, um Eigenschaften wie Vertrauens- und Glaubwürdigkeit zu verkörpern. Die dritte Form der Qualitätsmessgrößen bei Mitarbeitern ist die Kompetenz oder mit anderen Worten das Vorhandensein von Fähigkeiten. Die Qualität der Leistungen kann im Bereich der Dienstleistungen und der Produktion durch Leistungstests oder mit Hilfe entsprechender Zertifikate nachgewiesen werden. In eingeschränktem Maße ist auch ein Feedback der Kunden geeignet, um diese Informationen zu ermitteln [Lehmann96].

Als Kosten wird die Vergütung der Mitarbeiter und die Kosten für die Weiterentwicklung der Mitarbeiter verstanden. Weiterentwicklungsmaßnahmen können hier zum Beispiel Schulungen für die Computerverwendung sein.

Die Zeit kann durch zwei typische Maße definiert werden: Reaktionsschnelligkeit und Flexibilität. Reaktionsschnelligkeit beschreibt die Bereitschaft eines Mitarbeiters mit geringer zeitlicher Verzögerung Service zu leisten.

In vielen Unternehmen werden Daten erhoben, die Auskunft über diese Reaktionsschnelligkeit geben. Beispielsweise die Anzahl der Telefonklingeltöne bis zur Reaktion oder die Dauer bis zur Beantwortung der Kundenanfrage. Die Flexibilität wird definiert als die Fähigkeit der Mitarbeiter, sich zu ändern. Wenn ein Mitarbeiter mehr als eine Fertigkeit besitzt, kann er sich entsprechend gewandelter Kundenanforderungen ändern, er kann Aufgaben besser erfüllen oder konfliktlos zum nächsten Projekt wechseln. Aus diesem Grund ist es für Unternehmen besonders wichtig, über möglichst flexible Mitarbeiter zu verfügen, um sich auf wechselnde Umweltbedingungen und Kundenbedürfnisse einzustellen.

Abschließend soll das Wechselspiel zwischen Kosten-, Qualitäts- und Zeitmaßen in Bezug auf den Mitarbeiter betrachtet werden. Wenn Unternehmen die Flexibilität erhöhen wollen, können sie das auf unterschiedliche Weise erreichen: durch Training, wodurch die Kosten für die Personalentwicklung erhöht werden oder durch Neueinstellungen, wodurch Kompensationskosten entstehen. Aufgrund dessen müssen Unternehmen alle drei Maßkategorien gleichzeitig steuern.

Um die Mitarbeiterproduktivität in einem Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus messbar zu machen, wurde im Rahmen dieser Arbeit ein Konstrukt ausgearbeitet, welches in folgender Grafik dargestellt ist. Es war nötig dieses Konstrukt selbst auszuarbeiten, da keine empirischen Studien gefunden werden konnten. In erster Linie wurden Faktoren betrachtet, die sich auf den technischen Kundendienst beziehen.

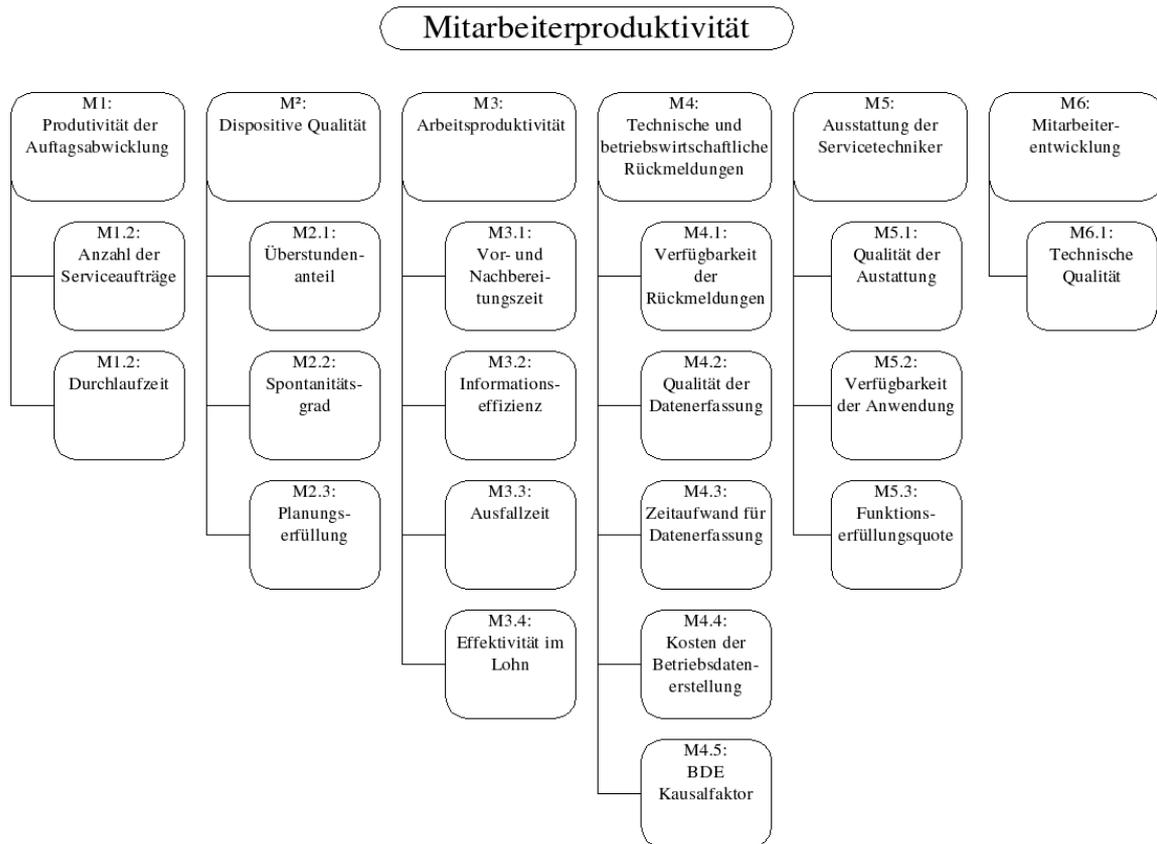


Abbildung 5: Das Konstrukt Mitarbeiterproduktivität

Das Konstrukt Mitarbeiterproduktivität wird in sechs Dimensionen unterteilt, die sich in einzelne Faktoren untergliedern.

Die erste Dimension beschäftigt sich mit der Produktivität der Auftragsabwicklung (M1). Diese wird anhand der Anzahl der Serviceaufträge (M1.1), die ein einzelner Mitarbeiter im Verhältnis zur Gesamtanzahl der Aufträge im Betrieb durchführt und durch die Dauer eines einzelnen Serviceeinsatzes (M1.2) gemessen. Die Ergebnisse beider Faktoren hängen stark voneinander ab, denn wenn ein Mitarbeiter nur wenig Zeit für einen Auftrag benötigt, dann wird er auch viele Aufträge schaffen können. Es ist jedoch möglich, dass aufgrund von Auftragslage ein einzelner Mitarbeiter trotz schneller Auftrags erledigung nur wenige Aufträge insgesamt erledigen kann.

Bei der zweiten Dimension geht es um die dispositive Qualität (M2). Diese gliedert sich in drei Faktoren: den Anteil der Überstunden an der Gesamtarbeitszeit (M2.1), die Zahl der ungeplanten Arbeitsstunden (M2.2) und den Grad der Planungserfüllung (M2.3). Auch hier sind alle Faktoren stark miteinander verbunden. Beispielsweise steigt die Anzahl der ungeplanten Stunden, wenn sich die Ist-Zeit für einen Auftrag gegenüber der Sollzeit verlängert. Dies gilt auch für die Anzahl der Überstunden. Dennoch kann es sein, dass es zwar keine ungeplanten Stunden gibt, in der Sollzeit jedoch bereits Überstunden eingeplant wurden.

Die nächste Dimension beschreibt die Arbeitsproduktivität (M3), das heißt das Verhältnis von Kosten und Zeit gegenüber Leistung und Qualität. Zu den Zeitfaktoren gehören die Vor- und Nachbereitungszeit im Verhältnis zur Instandsetzungszeit (M3.1) und die benötigte Zeit für das Einholen von Informationen über das Serviceobjekt (M3.2). In diesen beiden Fällen besteht die Herausforderung darin, möglichst effektiv zu arbeiten und den überwiegenden Teil der Auftragszeit direkt am Serviceobjekt zu verwenden (Wartung, Montage, Instandsetzung im Verhältnis zur Vorbereitung, Informationsfluss). Zwei weitere Faktoren (M3.3, M3.4) in dieser Dimension beschäftigen sich mit den Kosten. Hierbei werden zum einen die reinen Kosten einer Standardstunde für den Mitarbeiter betrachtet, zum anderen die Effektivität des Mitarbeiters mit seinem Lohn in Verhältnis gesetzt. Zu beachten ist dabei, dass für die Gesamtkosten eines Serviceauftrags beide Faktoren eine wichtige Rolle spielen.

Die vierte Dimension beinhaltet die technischen und betriebswirtschaftlichen Rückmeldungen (M4) eines Serviceauftrags. Von Bedeutung für den Faktor Zeit sind dabei die Verfügbarkeit der Rückmeldungen (M4.1), das heißt wie schnell eine Rückmeldung in der Servicezentrale eingeht und weiterverarbeitet werden kann sowie der Zeitaufwand für die manuelle und automatische Datenerfassung (M4.3). Im Mittelpunkt steht die Frage, inwiefern durch Medienbrüche verursachte Fehler durch eine automatische Datenerfassung vermieden werden können. Der Faktor Qualität der Datenerfassung (M4.2) beinhaltet Aussagen über Form, Gestaltung und Ausführlichkeit der Rückmeldungen.

Das letzte Kriterium für die technischen und betriebswirtschaftlichen Rückmeldungen ist der Kostenfaktor. Dieser ergibt sich aus den Kosten für die Betriebsdatenerstellung (M4.4) und kann zum direkten Kostenvergleich zwischen automatischer und manueller Datenerfassung herangezogen werden. Bei Betrachtung der Faktoren muss beachtet werden, dass höhere Kosten für die Erstellung von Betriebsdaten dadurch kompensiert werden können, dass Zeit eingespart und die Qualität erhöht wird.

In der fünften Dimension geht es um die Ausstattung der Servicetechniker (M5). Sie hat einen bedeutenden Einfluss an der Zufriedenheit der Mitarbeiter und wirkt sich damit indirekt auf ihre Produktivität aus. Eine Verbesserung der Ausstattung (M5.1) durch entsprechende mobile Anwendungen kann für die Servicetechniker eine erhebliche Arbeitserleichterung darstellen.

Bei der Anwendung wird dabei unterschieden, inwieweit sie den Geschäftsprozess tatsächlich unterstützt (M5.2) und zu welchem Grad sie verfügbar gemacht werden kann (M5.3). So wird der Mitarbeiter nur dann zufrieden sein und effektiv arbeiten können, wenn eine Anwendung auf einen Geschäftsprozess entsprechend zugeschnitten ist und er diese jederzeit nutzen kann.

Die letzte Dimension beschäftigt sich mit dem Punkt der Mitarbeiterentwicklung (M6). Der Faktor technische Qualität (M6.1) spiegelt ist in erster Linie die allgemeine Quali-

fikation eines Servicetechnikers wider. Sie hat weit reichende Auswirkungen auf die übrigen Dimensionen der Mitarbeitproduktivität.

Folglich wird ein gut ausgebildeter Servicetechniker eher dazu beitragen können, die Durchlaufzeit eines Auftrages zu verringern, die Arbeitseffektivität zu erhöhen oder Planzeiten besser einzuhalten.

Insbesondere bei der Einführung mobiler Anwendungen ist zu bedenken, dass sie nur dann effektiv genutzt werden können, wenn die Mitarbeiter entsprechend geschult sind.

2.4.2 Das Konstrukt Kundenzufriedenheit

Gesättigte Märkte, die weite Verbreitung von Informationsmedien und die stetige Verkürzung der Produktlebenszyklen stellen die Unternehmen im Wettbewerb vor die Frage, wie Kunden an das Unternehmen langfristig gebunden werden können, um eine dauerhafte Kundenbeziehung aufzubauen. Empirische Ergebnisse belegen, dass es etwa fünfmal teurer ist, einen Neukunden zu gewinnen, als einen vorhandenen Kunden zu halten. Immer mehr Unternehmen erkennen, dass die Zufriedenheit ihrer Kunden nicht nur eine wichtige Ergebnisgröße ihres Handelns ist, sondern auch eine Steuerungsgröße für ihr Tun in der Zukunft darstellt [Töpfluch99]. Dies geht einher mit dem wachsenden Verständnis, dass instrumentelles Marketing nicht mehr ausreicht, sondern Beziehungsmarketing zum Kunden wichtig ist. Einige Unternehmen haben das Erfolgspotential der totalen Kundenorientierung bereits erkannt und voll ausgeschöpft. Diesen Unternehmen ist es gelungen, einen strategischen Wettbewerbsvorteil aufzubauen, da die Kunden die verbesserten Serviceleistungen als neuen Vergleichsmaßstab für alle anbietenden Unternehmen nutzen. Dies lässt in der Folge den Service der Konkurrenten relativ schlechter wirken. Die betroffenen Unternehmen versuchen, den entstandenen Wettbewerbsnachteil durch Verbesserung der eigenen Serviceleistungen auszugleichen. Das heißt, die angebotenen Leistungen werden im Zeitablauf einem stetigen Verbesserungsprozess unterworfen. Unternehmen, die Kundenzufriedenheit als ein Ziel ihres Handelns definieren, benötigen zur Optimierung ihres Ziels Indikatoren, von denen sie wiederum Maßnahmen ableiten können. Die Kundenzufriedenheit wird vom Unternehmen als eine Kennzahl in ihr „Kennzahlengeflecht“ aufgenommen. Die verschiedenen Kennzahlen sind logisch oder mathematisch miteinander verbunden.

Sehr zufriedene Kunden ermöglichen es einem Unternehmen, eine Beziehung zu ihnen aufzubauen. Dadurch wird es dem Kunden zum einen erschwert, „einfach“ zur Konkurrenz zu wechseln. Zum anderen wird aus dem Kunden ein überzeugter Fürsprecher gemacht, der in seinem Umfeld für die Produkte oder Dienstleistungen des Unternehmens Werbung betreibt. Weitere Vorteile langfristiger Kundenbindung ergeben sich aus dem wachsenden Cross-Selling-Potential und einer geringeren

Preissensibilität. Auf diese Weise können über eine hohe Kundenbindung Umsatzzuwächse realisiert werden [Schwetje 99].

Durch die langfristige Beziehung zum Kunden lassen sich darüber hinaus auch Kosten einsparen, die zum Beispiel durch eine hohe Besuchsfrequenz durch den Außendienst oder durch intensive Betreuung verursacht werden. Ein erheblicher Vorteil für die Unternehmen ist Planungssicherheit, die sich durch die Kontinuität der Umsätze ergibt. Um die genannten Vorteile einer ausgeprägten Kundenbindung zu erreichen, ist es jedoch erforderlich, die Bedeutung der Kundenzufriedenheit zu erkennen, und alle betrieblichen Aktivitäten an den Kundenanforderungen und Kundenwünschen auszurichten.

Für die Herleitung von Indikatoren für das Konstrukt „Kundenzufriedenheit“ sollen hier zwei Modelle aus der Literatur betrachtet werden: die INDSAT¹-Skala von [HomRu 98] und das Modell von [Bauer 00]. Beide Messmodelle erfüllen die üblichen Qualitätsanforderungen wie Kapitel 2.3 beschrieben. INDSAT beruht nach [HomRu 98, S. 249] auf einer Untersuchung der Kundenzufriedenheit bei den Kunden eines großen deutschen Maschinenbauunternehmens. Anhand des hier bereits vorgestellten Vorgehensmodells wurden insgesamt sieben Faktoren mit den dazugehörigen Indikatoren isoliert. Ihr jeweiliger Einfluss auf die Gesamtzufriedenheit ist in dargestellt.

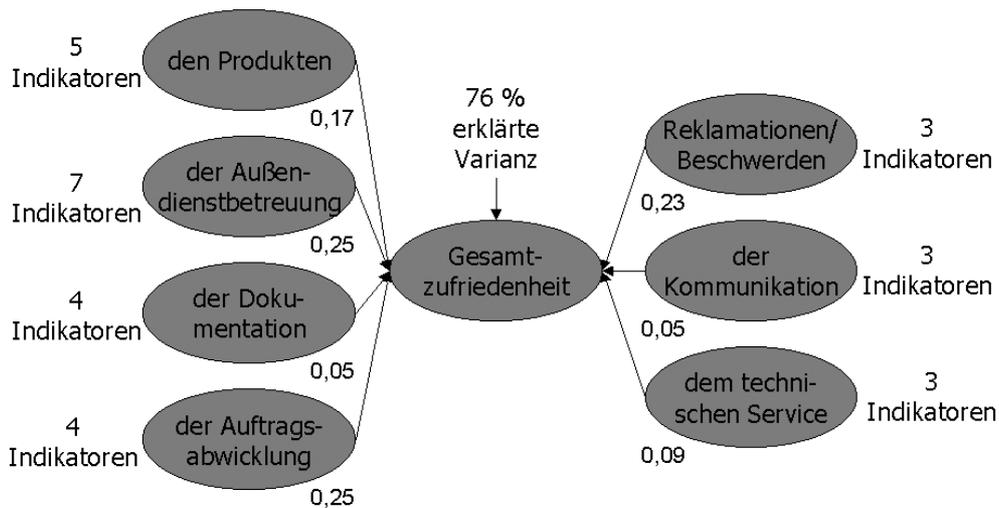


Abbildung 6: INDSAT (vgl. [HomRu 98], S. 257)

[Bauer 00] ermittelte in seiner Untersuchung vier Faktoren für die Kundenzufriedenheit im Transportdienstleistungsbereich (vgl.).

¹ INDustrial SATisfaction

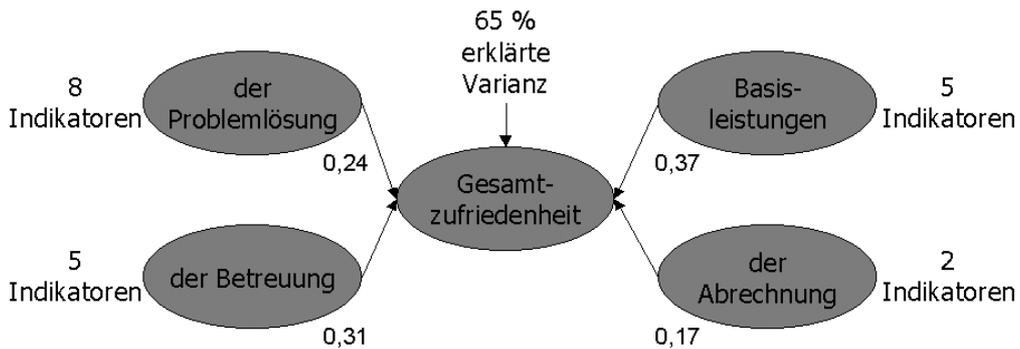


Abbildung 7: Zufriedenheit mit der Dienstleistung (vgl. [Bauer 00], S. 101)

Die genannten Modelle können in Anlehnung an [HomRu, S. 264] als „Basisgerüst“ angesehen werden. Sie sollen im Folgenden hinsichtlich der konkreten Problemstellung angepasst werden. Dies geschieht durch eine intuitive Auswahl der für den Bereich Technischer Kundendienst geeigneten Indikatoren. Die INDSAT-Skala soll aufgrund der etwas höheren erklärten Varianz und ihres allgemeineren Charakters als vorrangige Quelle verwendet werden. Eine Auflistung der INDSAT Tabelle befindet sich im Anhang.

[Bauer 00, S. 102 ff.] stellt fest, dass die erklärte Varianz in beiden hier vorgestellten Untersuchungen relativ gering ist (76 Prozent beziehungsweise 65 Prozent). Die Zufriedenheitsbildung (im Bereich der industriellen Geschäftsbeziehungen) lässt sich somit nicht vollständig mit derartigen Modellen erklären. Mögliche Ansatzpunkte zur Verbesserung sind nach [Bauer 00, S. 104 ff.):

Verwendung von nichtlinearen Zufriedenheitsfunktionen bei der Verdichtung der Einzelzufriedenheiten (Faktoren)

Berücksichtigung von Zufriedenheitsbewertungen der Vorperioden (Zufriedenheitsdynamik)

Berücksichtigung von kritischen Ereignissen

Die genannten Ansätze sollen hier jedoch nicht weiter verfolgt werden.

Um die Kundenzufriedenheit in einem Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus messbar zu machen, wurden die folgenden Konstrukte ausgearbeitet. Dabei wurden in erster Linie Faktoren betrachtet, die sich auf den technischen Kundendienst beziehen.

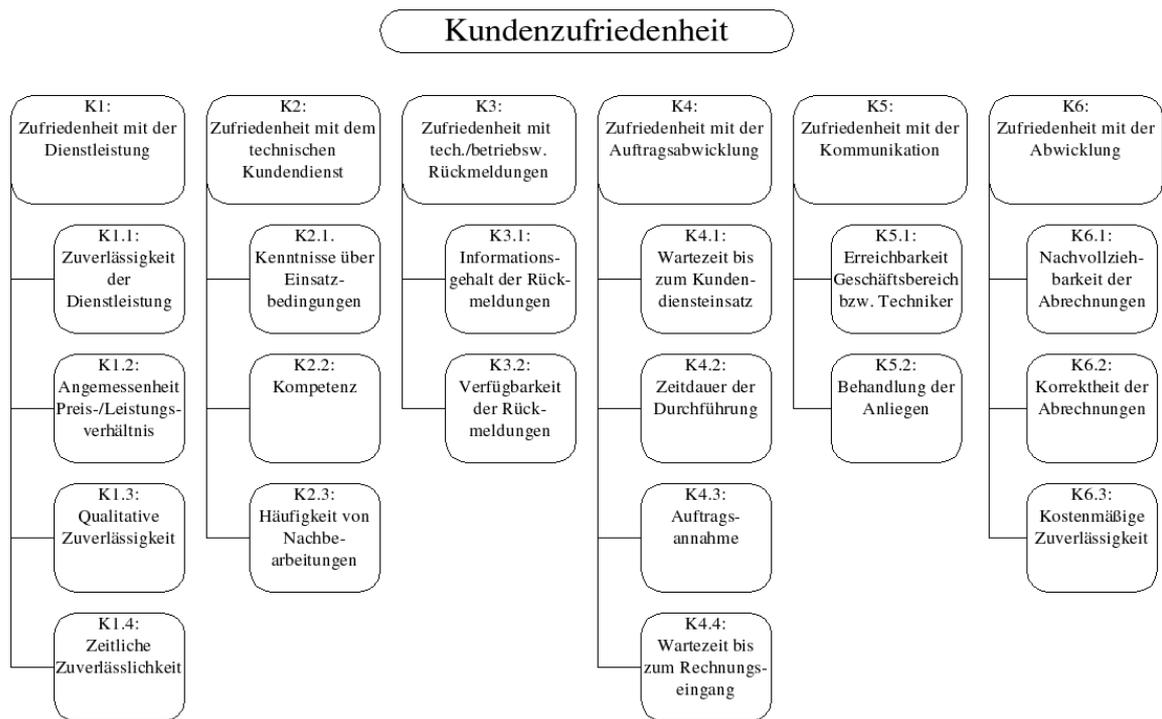


Abbildung 8: Das Konstrukt Kundenzufriedenheit

Das von den Verfassern ausgearbeitete Konstrukt „Kundenzufriedenheit“ besteht aus sechs Dimensionen.

Die Dimension „Zufriedenheit mit der Dienstleistung insgesamt“ (K1) beinhaltet vier Faktoren. Der Faktor „Zuverlässigkeit der Dienstleistung insgesamt“ (K1.1) beschreibt die zuverlässige Erfüllung des Wartungsauftrags. Der Faktor „Angemessenheit des Preis- / Leistungsverhältnisses“ (K1.2) beinhaltet das Verhältnis von Preis und Leistung. Detailliert handelt es sich hier um die subjektive Einschätzung des Kunden in Bezug auf die Qualität der Serviceleistung im Verhältnis zum Preis. Der Faktor „qualitative Zuverlässigkeit“ (K1.3) beschreibt die Anzahl der Reklamationen im Bezug auf Qualitätsmängel. Der letzte Faktor der Dimension „Zufriedenheit mit der Dienstleistung insgesamt“ (K1.4) ist die „zeitliche Zuverlässigkeit“. Hier ist der Anteil von Vorgängen mit Terminzusagen, die im vorgegebenen Zeitrahmen erbracht worden sind, zu verstehen.

Die Dimension „Zufriedenheit mit dem technischen Kundendienst beziehungsweise den Servicetechnikern“ (K2) wird in drei Faktoren unterteilt. Der Faktor „Kenntnisse über die Einsatzbedingungen der Instandhaltungsobjekte“ (K2.1) beinhaltet kundenbezogene Kenntnisse des Servicetechnikers über das Instandhaltungsobjekt. Hier sollte der Servicetechniker über Einsatzzweck, Kundenstamm und Historie möglichst

detailliert informiert sein. Der Faktor „Kompetenz“ (K2.2) enthält den Anteil der Servicevorgänge, bei denen die Leistung beim ersten Kundendienstesinsatz vollständig erbracht wird. Hier sind insbesondere das Wissen und die Problemlösungsfähigkeit des Servicetechnikers von Bedeutung. Der Faktor „Häufigkeit von Nachbearbeitungen“ (K2.3) beinhaltet die Nachbearbeitungszeit aufgrund von mangelhaft ausgeführten Aufträgen, also die Zeit die der Servicetechniker benötigt, um beispielsweise Objekte zu reparieren, welche aufgrund vorheriger Arbeiten nicht ordnungsgemäß instand gesetzt wurden.

Die Dimension „Zufriedenheit mit den technischen und betriebswirtschaftlichen Rückmeldungen“ (K3) wird in zwei Faktoren unterteilt. Der Faktor „Informationsgehalt der Rückmeldungen“ (K3.1) enthält die Transparenz und Übersichtlichkeit von Rechnungen, Prüfberichten etc. Der Kunde kann sofort erstellte Rechnungen besser nachvollziehen. Der Faktor „Verfügbarkeit der Rückmeldungen“ (K3.2) beinhaltet, wie schnell die Ausstellung von Rechnungen, Prüfberichten etc. geschieht.

Die Dimension „Zufriedenheit mit der Auftragsabwicklung“ (K4) wird in vier Faktoren unterteilt. Der Faktor „Wartezeit bis zum Kundendienstesinsatz“ (K4.1) beschreibt die Zeitdauer zwischen Anforderung und Einlösung des Kundendienstes. Im Einzelnen ist hier die Zeit gemeint, die der Servicetechniker benötigt, um den Einsatzort zu erreichen. Der Faktor „Zeitdauer der Durchführung“ (K4.2) hingegen ermittelt den Zeitbedarf, der für die reine Ausführung der Serviceleistung benötigt wird. Hier ist ausschließlich die Dauer des Einsatzes des Servicetechnikers vor Ort gemeint. Der Faktor „Auftragsannahme“ (K4.3) beinhaltet die Vollständigkeit und Richtigkeit von kundenspezifischen Informationen. Kundenstamm und Wartungshistorie sollen bei der Auftragsannahme möglichst aktuell verfügbar sein, um eine Kundenanfrage optimal bearbeiten zu können. Der Faktor „Wartezeit bis zum Rechnungseingang“ (K4.4) beschreibt die Zeitdauer bis zum Rechnungseingang beim Kunden, also die Zeit, die von der Fertigstellung des Auftrags bis zum Erhalt der Rechnung verstreicht.

Die Dimension „Zufriedenheit mit der Kommunikation“ (K5) wird in zwei Faktoren unterteilt. Der Faktor „Erreichbarkeit des Geschäftsbereichs beziehungsweise des Servicetechnikers“ (K5.1) beinhaltet die Zeit vom Erstkontakt des Kunden mit dem Serviceanbieter bis zur ersten sichtbaren Maßnahme. Diese Maßnahme kann beispielsweise ein Rückruf oder ein Besuch sein. Der Faktor „Behandlung der Anliegen“ (K5.2) berücksichtigt das Vorhandensein verschiedener Möglichkeiten der spontanen Problembehebung, zum Beispiel telefonisch oder mit Hilfe von Informationstechnologischen Systemen.

Als letztes ist die Dimension „Zufriedenheit mit der Abrechnung“ (K6) zu nennen, die in drei Faktoren unterteilt wird. Der Faktor „Nachvollziehbarkeit der Abrechnung“ (K6.1) kann insbesondere durch eine zeitnahe Rechnungsstellung beeinflusst werden.

Die Rechnung sollte dem Kunden möglichst umgehend zur Verfügung gestellt werden, solange er die Details des Serviceauftrages noch in Erinnerung hat.

Der Faktor „Korrektheit der Abrechnung“ (K6.2) beinhaltet die Vermeidung von Korrekturaufwand. Wenn die Abrechnungsdaten vom Servicetechniker korrekt erfasst werden, entfällt der Aufwand für eventuelle Korrekturen und Reklamationen.

Der Faktor „Kostenmäßige Zuverlässigkeit“ (K6.3) drückt schließlich die Abweichung des Rechnungsbetrages vom Kostenvoranschlag aus. Sie sollte möglichst gering ausfallen, um den Kunden nicht zu verärgern.

Eine vollständige Liste der Kennzahlen und Messverfahren befindet sich im Anhang.

2.4.3 Extrahierung relevanter Faktoren aus den Konstrukten

Für die Aufstellung des Modells und die anschließende Simulation wird aus Vereinfachungsgründen eine Auswahl der Faktoren für die entsprechenden Dimensionen der Konstrukte getroffen. Die Faktoren werden im Hinblick auf ihre Beeinflussbarkeit durch eine mobile Anwendung ausgewählt. Dabei sind die Wettbewerbsfaktoren: Zeit, Kosten und Qualität, jeweils angemessen zu berücksichtigen. Alle ausgewählten Faktoren der Dimensionen können im Anhang nachgelesen werden.

Zunächst wird das Konstrukt Mitarbeiterproduktivität betrachtet. Die Einführung mobiler Anwendungen nimmt auf beide Faktoren der ersten Dimension „Produktivität der Auftragsabwicklung“ Einfluss. Der Einsatz mobiler Anwendungen kann eine Zeitersparnis durch schnellere Informationsbeschaffung generieren, wodurch der Servicetechniker Zeit bei der Ausführung seiner Arbeit gewinnt und somit schneller verfügbar für neue Einsätze ist. Folglich wurde der Faktor „Anzahl der Serviceaufträge“ gewählt, da dieser sowohl den Aspekt der Qualität, als auch den Zeitfaktor des Einsatzes Rechnung trägt.

Der gewählte Faktor der Dimension „Dispositive Qualität“ ist gemessen an der Kennzahl „Planungserfüllung“. Kein Faktor dieser Dimension steht in direkter Abhängigkeit zu der Einführung mobiler Anwendungen. Es wurde der Faktor „Planerfüllung (Zeit)“ gewählt, um eine zusätzliche Kenngröße mit Dimension „Zeit“ einzubeziehen.

Aus der dritten Dimension „Arbeitsproduktivität“ fiel die Wahl auf zwei Faktoren. Zum einen wird die „Vor- und Nachbereitungszeit im Verhältnis zur Instandsetzungszeit“, zum anderen die „Kosten pro Standardstunde“ näher betrachtet. Der entscheidende Gedanke in Bezug auf mobile Anwendungen ist hierbei, dass Vorhandensein von Informationen. Beim Faktor der Vor- und Nachbereitungszeit spielt die automatische Erfassung von Informationen eine entscheidende Rolle. Der Vorteil liegt darin, dass mehr Zeit für die eigentliche Arbeit bleibt und somit eine höhere Qualität gesichert werden kann. Informationen bedeuten auch eine höhere Problemlösungsfähigkeit, wodurch effektiver gearbeitet werden kann. Dieser Effekt macht sich in der Form von

Kostensenkung bemerkbar. Es wurden demnach sowohl ein Faktor, der die Qualität, als auch ein Faktor, der die Kosten berücksichtigt, ausgewählt.

Die Einwirkungen mobiler Anwendungen auf die Dimension „technische und betriebswirtschaftliche Rückmeldungen“ beschränken sich in erster Linie auf eine Arbeitserleichterung durch eine vereinfachte Datenerfassung und die Vermeidung von Medienbrüchen durch eine direkte Erfassung vor Ort. Um im Konstrukt Mitarbeiterproduktivität den Faktor „Kosten“ insgesamt angemessen einfließen zu lassen, wurde der Faktor „Kosten der Betriebsdatenerstellung“ ausgesucht.

Aus der Dimension „Ausstattung der Servicetechniker“ ist der Faktor „Funktionserfüllungsquote“ als entscheidend zu betrachten, da er sowohl Aspekte der Qualität der Ausstattung, als auch Aspekte der Verfügbarkeit der Anwendung, enthält.

Die letzte Dimension „Mitarbeiterentwicklung“ beinhaltet nur einen Faktor, der deshalb auch Anwendung findet. Der Faktor „Technische Qualität“ wird gemessen an der Fortbildungsintensität.

Um eine Verbindung zwischen den Konstrukten Mitarbeiterproduktivität und Kundenzufriedenheit herzustellen wurde aus der Dimension „Zufriedenheit mit der Dienstleistung“ die Faktoren „Zuverlässigkeit der Dienstleistung“ und „qualitative Zuverlässigkeit“ gewählt. Hier ist ersichtlich, dass hier ein enger Zusammenhang mit der Dimension „Arbeitsproduktivität“ besteht, da in beiden Fällen eine Steigerung der Qualität durch ein effektiveres Ausnutzen von Informationen gewährleistet werden kann, was letztlich auf eine mobile Anwendung zurück geführt werden kann.

In der Dimension „Zufriedenheit mit dem technischen Kundendienst“ wird der Faktor „Kompetenz“ untersucht. Auch hier geht es um die Steigerung der Problemlösungsfähigkeit der Techniker durch die Möglichkeit an Informationen zu gelangen, die mit einer mobilen Anwendung in erhöhtem Maße zur Verfügung stehen.. Die Wahl fiel auf den Faktor „Kompetenz“ , da dieser sich sowohl auf die Qualität der Arbeit, als auch auf die Zeit in Form der Häufigkeit von Nachbearbeitungen bezieht.

Auch die nächste Dimension „Zufriedenheit mit dem technischen und betriebswirtschaftlichen Rückmeldungen“ weist einen engen Bezug zum Konstrukt Mitarbeiterproduktivität auf. So unterstützen mobile Anwendungen die Rückmeldungsverfügbarkeit. Mit einer erhöhten Verfügbarkeit kann Zeit gespart werden, indem Erfassungsaufwand vermieden wird. Als Faktor wurde die „Verfügbarkeit der Rückmeldungen“ gewählt.

Um das Zusammenspiel von Zeitdauer zwischen der Anforderung und Erledigung des Kundendienstes und mobilen Anwendungen zu betrachten, wurde aus der Dimension „Zufriedenheit mit der Auftragsabwicklung“ der Faktor „Wartezeit bis zum Kundendienstesinsatz“ ausgesucht. Hieran lässt sich besonders gut untersuchen, welche Zeitersparnis sich in Bezug auf eine bessere Auftragsdisposition ergibt.

Aus der fünften Dimension „Zufriedenheit mit der Kommunikation“ wurde der Faktor „Behandlung der Anliegen“ gewählt, da dieser den Faktor „Erreichbarkeit“ praktisch mit einbezieht. In beiden Faktoren unterstützt die Einführung von mobilen Anwendungen die Möglichkeit einer direkten Weiterleitung von Anfragen an einen Techniker. Die Erreichbarkeit eines Technikers kann sich dabei darauf auswirken, ob eine Serviceanfrage zur Zufriedenheit des Kunden beantwortet werden kann.

Damit unter anderem das Konstrukt Kundenzufriedenheit auch den Kostenfaktor ausreichend berücksichtigt, wurde aus der Dimension „Zufriedenheit mit der Abrechnung“ der Faktor „Kostenmäßige Zuverlässigkeit“ genommen. In dieser Dimension kann der Einsatz von mobilen Anwendungen gewährleisten, dass Kunden schneller eine Abrechnung erhalten und sich somit eher an die in Anspruch genommenen Leistungen erinnern können. Der größte Vorteil besteht aber darin, dass durch eine bessere Informationsbasis (zum Beispiel über ähnliche Fälle und Ersatzteilpreise) eine zu große Abweichung von Kostenvoranschlägen zur endgültigen Rechnung vermieden werden kann. Auch aufgrund der Tatsache, dass dies der entscheidende Punkt für die Zufriedenheit des Kunden mit der Abrechnung ist, fiel die Wahl auf den Faktor „Kostenmäßige Zuverlässigkeit“.

2.5 Business Dynamics

2.5.1 Definition

Nach [Tanto-Xipolis 02, Primärquelle: [Brockhaus], Seite 475-476] sind „System Dynamics Modelle² eine dem Operations-Research und der Ökonometrie zugeordnete Klasse mathematischer Modelle, entwickelt in den USA um 1960 von Jay Wright Forrester (*1918) (Forrester-Modelle). Spezifikum der System Dynamics-Modelle ist die Darstellung zeitvariabler sozioökonomischer Systeme mit Hilfe von Differenzgleichungen unter Berücksichtigung nahezu beliebig vieler frei wirkender Regelkreise“ (vgl. [Tanto-Xipolis 02]).

2.5.2 Einführung

„System Dynamics“ kann als Herangehensweise bezeichnet werden, welche beschreibbares Wissen aus der realen Welt mit Konzepten von Ursache-Wirkungs-Beziehungen und so genannten Rückkopplungskreisen, auch ‚Feedback‘ genannt, sowie deren zeitlicher Strukturveränderung z.B. in einem Modell integriert (vgl. [Tanto-Xipolis 02]).

Oftmals wird bei der Analyse von „System Dynamics“ Modellen Computersimulation durchgeführt, da die meisten Modelle aufgrund ihrer Komplexität für eine nicht automatisiert durchgeführte Analyse nicht geeignet sind. Aus der Analyse eines Modells werden Erkenntnisse gesammelt, um Ansätze zu entwickeln, wie das Gesamtsystem in seiner Wirkung beeinflusst werden kann. „System Dynamics“ vereint die verschiedensten Aspekte aus Gesellschaft und Natur, indem Wechselbeziehungen zwischen Wissenschaft, Psychologie, Politik, Biologie, Umwelt, Wirtschaft und Management kombiniert werden. Dies geschieht durch die Vereinigung von Ursache-Wirkungs-Beziehungen dieser unterschiedlichen Gebiete, auch über verschiedene Bereiche hinweg.

Über die Jahrzehnte haben sich verschiedene Ausprägungen von „System Dynamics“ vor dem Hintergrund der des jeweils betrachteten wissenschaftlichen Teilgebietes entwickelt. Wird „System Dynamics“ im wirtschaftswissenschaftlichen Umfeld benutzt, spricht man von Business Dynamics; diese spezielle Namensgebung deutet darauf hin, dass es inhaltlich insbesondere um die Simulation von Geschäftsprozessen geht.

² Im original System Dynamics Modelle, hier Gründen der einheitlichen Schreibweise angepasst.

2.5.3 Ursache-Wirkungs-Beziehungen

Grundlegender Bestandteil von Business Dynamics sind Ursache-Wirkungs-Beziehungen. Die reale Welt besteht aus einem dichten Netz von Ursache-Wirkungs-Beziehungen. Dem Handeln und den sich daraus ergebenden Konsequenzen jedes einzelnen Individuums liegt dieses Prinzip zu Grunde. Dennoch werden Ursache-Wirkungs-Beziehungen im Alltag meistens nur unterbewusst wahrgenommen, es sei denn, man beschäftigt sich mit konkreten Problemen, für deren Lösung bestimmte Handlungen erforderlich sind. Nach [Legasto et al 80, S.13 ff.] lässt sich bei Problemlösungsverfahren folgendes Vorgehen beobachten: Ein Problem ist bekannt, eine Handlung wird vorgeschlagen und ein Ergebnis zur Problemlösung erwartet. Dieses stark abstrahierte Vorgehen wird als Ursache-Wirkungs-Beziehung bezeichnet. Dies kann wie in dargestellt werden:



Abbildung 9: Problemlösung im Alltag nach [Legasto et al 80]

Bei Ursache-Wirkungs-Beziehungen wird unterschieden zwischen positiven und negativen Beziehungen. Eine positive Beziehung liegt vor, wenn Ursache und Wirkung sich in gleicher Richtung verändern. In besteht ein positiver Zusammenhang zwischen A und B; steigt A, steigt auch B, fällt A, dann fällt auch B. Eine solche Beziehung wird angedeutet durch ein „+“ beziehungsweise durch ein „s“ wie „same direction“ (englisch: gleiche Richtung) an der Pfeilspitze der Beziehung.



Abbildung 10: Positive Ursache-Wirkungs-Beziehung

In Abbildung 11 besteht ein negativer Zusammenhang zwischen A und B, sie bewegen sich gegenläufig; steigt A, fällt B, fällt A, dann steigt B. Eine solche Beziehung wird angedeutet durch ein „-“ beziehungsweise durch ein „o“ wie „opposite direction“ (englisch: Entgegengesetzte Richtung) an der Pfeilspitze der Beziehung .



Abbildung 11: negative Ursache-Wirkungs-Beziehung

2.5.4 Rückkopplungskreise (Feedback Loops)

Ein Spezialfall von Ursache-Wirkungs-Beziehungen sind Rückkopplungskreise, im englischen Sprachgebrauch auch als „Feedback Loops“ bezeichnet. Ein solcher Rückkopplungskreis liegt vor, wenn mindestens zwei Ursache-Wirkungs-Beziehungen eine schleifenförmige Struktur bilden. Rückkopplungskreise stellen eine zentrale Struktur in Business Dynamics Modellen dar. Dadurch kann die gegenseitige Beeinflussung von Modellelementen dargestellt werden; diese Modellierungsmöglichkeit unterscheidet die Methode Business Dynamics von anderen Ansätzen, die häufig die Annahme „ceteris paribus“ (lat.: „unter sonst gleichen Bedingungen“) zu Grunde legen. Die Annahme „ceteris paribus“ ist für eine realistische Betrachtung ungeeignet, da sie vereinfachend die gegenseitige Beeinflussung von Modellelementen ignoriert und dadurch zahlreiche Informationen verloren gehen lässt (vgl. [US Depart. of Energy 03]).

zeigt eine Modellstruktur mit mehreren verschachtelten und ineinander greifenden Schleifenstrukturen. Diese modellieren die gegenseitigen Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Elementen realistischer, als das mit einfachen Ursache-Wirkungs-Beziehungen, die wie an einer Kette hintereinander – ohne Rückkopplungskreise - wirken, möglich wäre.

Das Verhalten des Systems ist die Konsequenz der Wechselbeziehungen der Komponenten; für eine realistische Modell ist es essentiell, dass diese Zusammenhänge verstanden und entsprechend wiedergegeben werden.

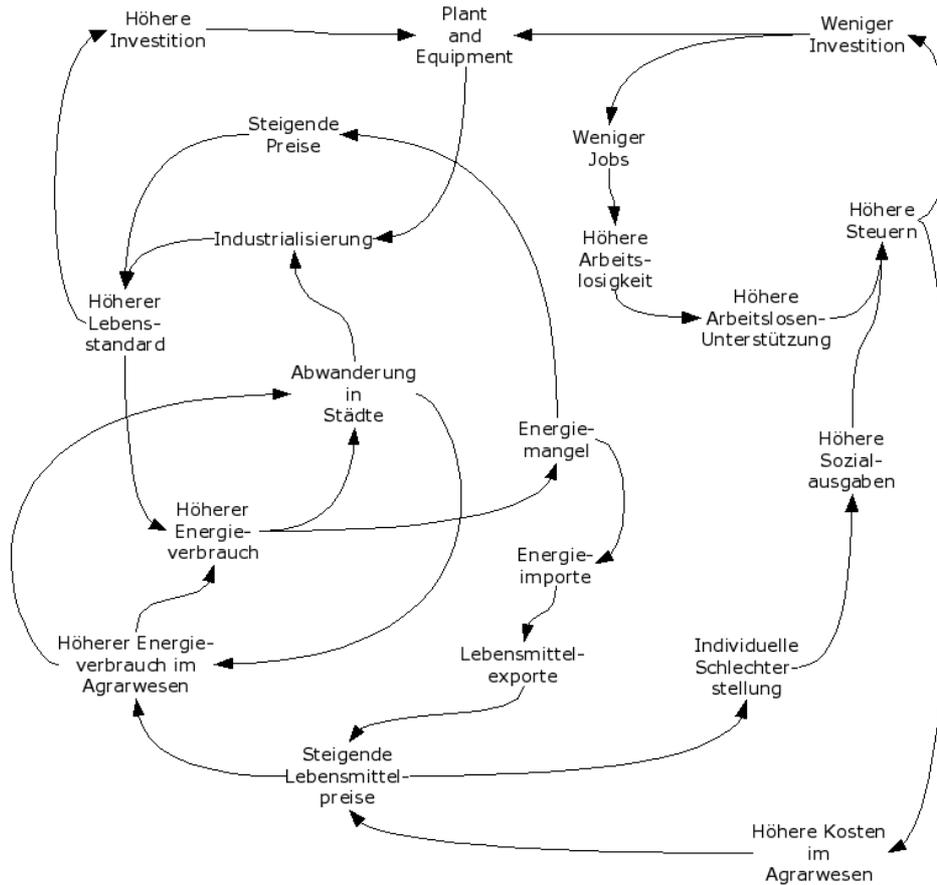


Abbildung 12: Modellstruktur mit verschachtelten Rückkopplungskreisen nach [Legasto et al 80]

Prinzipiell unterscheidet man zwischen negativen und positiven Rückkopplungskreisen. Ein negativer Rückkopplungskreis liegt vor, wenn mindestens zwei Elemente in einer Schleifenform verbunden sind und die Gesamtwirkung der an der Schleife beteiligten Ursache-Wirkungs-Beziehungen negativ sind, das heißt, dass wenn ein Element der Schleife im Betrag steigt, sich die Rückkopplung auf dieses Element mindernd auswirkt und umgekehrt. Um die Gesamtwirkung des Kreises kenntlich zu machen, wird in der Mitte des negativen Rückkopplungskreises ein „-“ oder „o“ für „opposite direction“ (englisch: Entgegengesetzte Richtung) notiert. Diese Auszeichnung bezeichnet man als Polarität. zeigt einen solchen negativen Rückkopplungskreis. In dem Beispiel wird davon ausgegangen, dass wenn die Reklamationsquote steigt, die Kundenzufriedenheit abnimmt. Um dieser Fehlentwicklung entgegen zu steuern, wird die Neuanschaffungsquote erhöht, was die Ausstattungsqualität positiv beeinflusst. Dadurch sinkt die Reklamationsquote insgesamt.

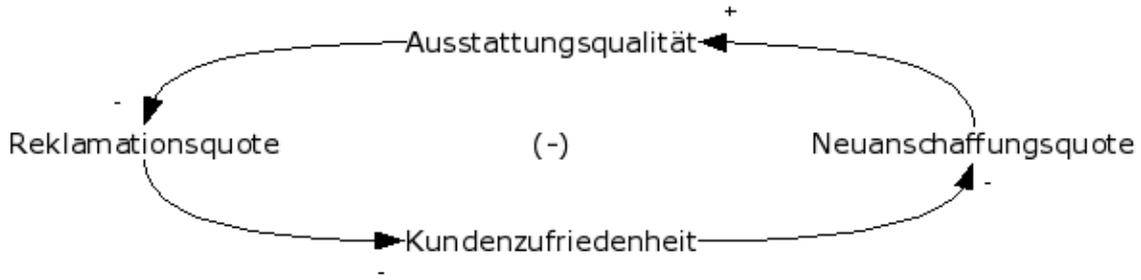


Abbildung 13: Beispiel eines negativen Rückkopplungskreises

Ein Spezialfall negativer Rückkopplungskreise sind jene mit Zielvorgaben. Zielvorgaben werden in die Modellierung so eingebracht, dass sich das System im Verlauf der Simulation an die Vorgabe annähert.

Ein weiterer Fall von Rückkopplungskreisen besteht in insgesamt positiv wirkenden Strukturen. Ein positiver Rückkopplungskreis liegt vor, wenn mindestens zwei Elemente in einer Schleifenform verbunden sind und die Gesamtwirkung der an der Schleife beteiligten Ursache-Wirkungs-Beziehungen positiv ist, das heißt, dass wenn ein Element der Schleife im Betrag steigt, sich die Rückkopplung auf dieses Element stärkend auswirkt und umgekehrt. Um die Gesamtwirkung des Kreises kenntlich zu machen, wird in der Mitte des positiven Rückkopplungskreises ein „+“ oder ein „s“ wie „same direction“ (engl.: gleiche Richtung) notiert.

Kennzeichen positiver Rückkopplungskreise sind in der Regel exponentiell steigende Bestände im System. Prozesse positiver Rückkopplungskreise destabilisieren folglich Systeme und führen dazu, dass sich der aktuelle Zustand über eine Zeitspanne (Δt) stark verändern kann, so dass das System unter Umständen „gesprengt“ wird. zeigt einen positiven Rückkopplungskreis.

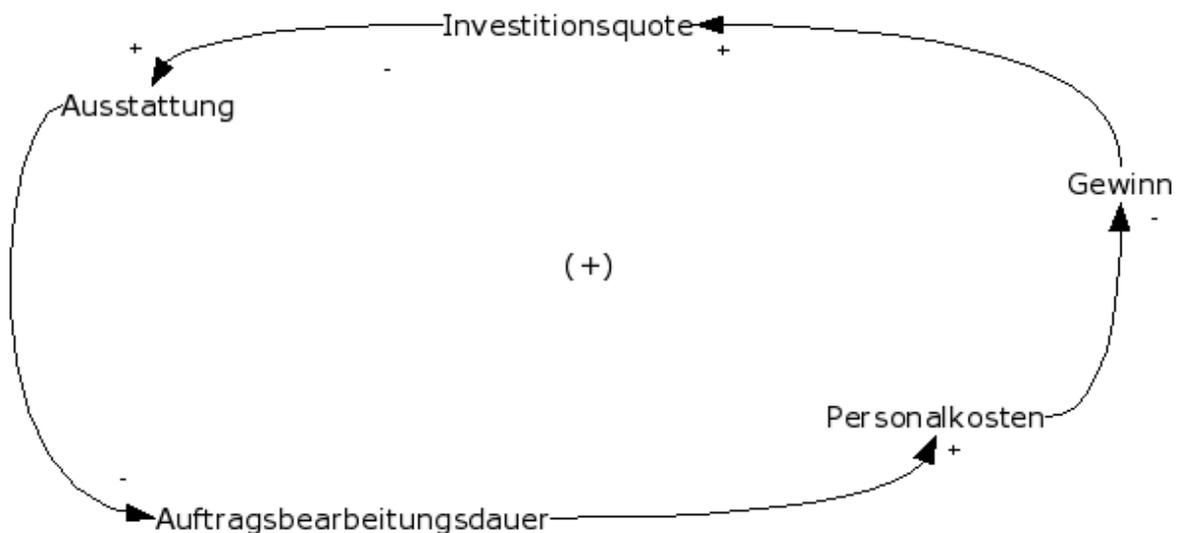


Abbildung 14: Beispiel eines positiven Rückkopplungskreises

Die Abbildung skizziert einen positiven Rückkopplungskreis, in dem Gewinn, Investitionsquote, Ausstattung, Auftragsbearbeitungsdauer und Personalkosten in Beziehung gesetzt sind. Mit Anstieg des Gewinns steigt die Investitionsquote. Die Investitionsquote lässt wiederum die Ausstattung steigen, was wiederum zu einer niedrigeren Auftragsbearbeitungsdauer führt. Eine geringe Auftragsbearbeitungsdauer verringert die Personalkosten, was letztlich zu einem höheren Gewinn führt.

2.5.5 Konzept der Kausalität

Allen Ursache-Wirkungs-Beziehungen liegt das Konzept der Kausalität zu Grunde. Kausalität, also das „Prinzip der Ursache“, sagt nach [Legasto et al 80, S. 15] aus, dass in einer Ursache-Wirkungs-Beziehung die Ursache eindeutig festgelegt ist. Für eine erfolgreiche Modellbildung ist es wichtig, eine Ursache als solche zu erkennen, damit auch der Wirkungsempfänger eindeutig zugeordnet werden kann.

2.5.6 Zusammenfassung

Zusammenfassend ist festzustellen, dass es bei der Anwendung der Methode Business Dynamics insbesondere darauf ankommt Ursache-Wirkungs-Beziehungen zu identifizieren, diese zueinander in Beziehung zu setzen und ihre Auswirkungen aufeinander in positiven und negativen Rückkopplungskreisen darzustellen. Ferner kommt es dabei darauf an, die wirklichen Ursachen eines Zusammenhangs zu benennen und den Gesamtkontext des umgebenden Gesamtsystems nicht aus den Augen zu verlieren.

3 Modellbildung

In diesem Kapitel werden die Vorgehensweise für die Bildung eines Business Dynamics Modells, die Business Dynamics Notation und die zugrunde liegenden Hypothesen beschrieben.

3.1 Hypothesen

Hypothesen sind im Allgemeinen Vermutungen über Ereignisse beziehungsweise vorläufige Antworten auf wissenschaftliche Fragestellungen. Hypothesen können jedoch auch aus analytischen Modellen abgeleitet werden. Die Richtigkeit der Aussage einer Hypothese steht nicht von vornherein fest. Hypothesen können bestätigt (verifiziert) oder aber widerlegt (falsifiziert) werden. (vgl. [Jakobs])

Der Sinn der Verifikation beziehungsweise der Falsifizierung von Hypothesen ist es, eine Überprüfung der Aussagen am Modell vorzunehmen oder mit anderen Worten die Behauptungen am Modell zu überprüfen.

Eine Hypothese ist umso gehaltvoller, je eher sie falsifizierbar ist. Sie kann umso leichter falsifiziert werden, je größer die Anzahl der möglichen Ereignisse ist, die mit ihr im Widerspruch stehen können. (vgl. [Jakobs])

Eine Hypothese ist umso mehr bewährt, je strenger sie geprüft wurde und je häufiger sie bestätigt werden konnte. Eine strenge Überprüfung zeichnet sich zum Beispiel dadurch aus, dass die Hypothese in einem Versuch an mehreren kritischen Stellen überprüft wurde. Eine Prüfung ist auch dann strenger, wenn sie die Beziehungen in solchen Bereichen prüft, die bisher noch nicht in Betrachtung gezogen wurden. (vgl. [Jakobs])

Dies ist möglich, da sich Hypothesen auf Variablen beziehen. Diese sind in öffentlich beobachtbar, das heißt sie lassen sich auf Wahrnehmungen wie zum Beispiel Sehen und Hören zurückführen. Des Weiteren lassen sie sich beliebig oft empirisch überprüfen. Damit stellen sich Hypothesen der öffentlichen Nachprüfbarkeit und Kritik.

Vorraussetzung zur empirischen Überprüfung von Hypothesen ist die Operationalisierung ihrer zentralen Begriffe.

Es gibt verschiedene Formen von Hypothesen; sie beziehen sich auf den Grad der Verallgemeinerung oder Generalisierung, also auf ihre Aussagekraft und Reichweite.

1. Universelle Hypothesen sind anwendbar auf Fälle einer bestimmten Art und sind räumlich und zeitlich unbeschränkt. Diese werden in unbeschränkt-universell, beschränkt-universell und quasi-universell unterschieden.
2. Singuläre Hypothesen sind anwendbar auf bestimmte Fälle und machen Aussagen über diese.
3. Existenzhypothesen behaupten das Vorliegen bestimmter Sachverhalte oder den Eintritt bestimmter Ereignisse.
4. Statische Hypothesen drücken statische Beziehungen aus, beispielsweise durch Mittelwerte (Durchschnitte) und Korrelationen (Zusammenhänge). Sie beziehen sich auf universelle Hypothesen in ihren verschiedenen Ausprägungen.

(vgl. [Weber])

Hypothesen sind also bedingte Aussagen, denn nicht unter allen beliebigen Umständen, sondern nur unter ganz bestimmten Umständen tritt eine Konsequenz ein. Diese Umstände gilt es bei der Hypothesenbildung besonders zu berücksichtigen.

Bei der Hypothesenbildung werden Probleme beziehungsweise Fragestellungen meist von einer, unter Umständen aber auch mehreren Haupthypothesen abgeleitet. Im Rahmen des Projekts wird von einer Haupthypothese ausgegangen.

„Die Einführung von mobilen Anwendungen im technischen Kundendienst erhöht die Kundenzufriedenheit und die Mitarbeiterproduktivität“

Die Ableitung geschieht dadurch, dass die Haupthypothese in mehrere Unterhypothesen zerlegt wird. Dies erfolgt aus dem Grund, dass die einzelnen Unterhypothesen für sich besser verifizierbar beziehungsweise falsifizierbar sind.

Eine vollständige Übersicht der Konstrukte, deren Dimensionen und Faktoren ist im Anhang zu finden. Dort sind auch die im Modell verwendeten Faktoren dargestellt.

Im Einzelnen werden mit dem Modell die folgenden Hypothesen überprüft:

1. Die Erfüllung eines Wartungsauftrages wird durch mobile Anwendungen beschleunigt. (K1.1)
2. Eine geringe Zahl von Reklamationen wirkt sich positiv auf die Kundenzufriedenheit aus. (K1.3)
3. Schnelle Reaktionszeiten beziehungsweise eine hohe Soforterledigungsquote durch mobile Anwendungen steigert die Kundenzufriedenheit. (K2.2)
4. Die schnelle Ausstellung von technischen und betriebswirtschaftlichen Rückmeldungen (zum Beispiel Prüfberichte, Rechnungen) erhöht die Transparenz und Planungssicherheit für den Kunden. (K3.2)

5. Kürzere Wartezeiten bis zum Beginn der Ausführung eines Auftrages erhöht die Kundenzufriedenheit. (K4.1)
6. Telefonische beziehungsweise IT-gestützte Problembeseitigung erhöht die Kundenzufriedenheit. (K5.2)
7. Abweichungen vom Kostenvoranschlag wirken sich auf Kundenzufriedenheit aus. (K6.3)
8. Eine Überlastung der Mitarbeiter durch eine Vielzahl von Aufträgen wirkt sich negativ auf die Mitarbeiterproduktivität aus. (M1.1)
9. Planerfüllung seitens der Mitarbeiter wirkt sich auf die Mitarbeiterproduktivität aus. (M2.3)
10. Durch mobile Anwendungen wird die Verwaltung der kunden-spezifischen Daten beschleunigt. (M3.1)
11. Mobile Anwendungen können trotz höherer Kosten die Effektivität der Arbeiten erhöhen. (M3.5)
12. Durch mobile Anwendungen werden die kundenspezifischen Daten besser standardisiert. (M4.4)
13. Eine qualitativ hochwertige Ausrüstung der Mitarbeiter (zum Beispiel durch mobile Anwendungen) erhöht die Mitarbeiterproduktivität. (M5.3)
14. Ein hoher Fortbildungsgrad wirkt sich positiv auf die Mitarbeiterproduktivität aus. (M6.1)

Die Beschreibungen der einzelnen Wirkungszusammenhänge befinden sich ebenfalls im Anhang. Diese Zusammenhänge sind elementar wichtig für die Modellbildung, da sie die Wirkung und Abhängigkeiten der einzelnen Variablen aufeinander beschreiben.

3.2 Business Dynamics Notation

Zu der Notwendigkeit von aussagekräftigen Business Dynamics Modellen, hat der Abschnitt Business Dynamics detailliert Stellung genommen. Die Aufstellung von Modellen bedarf geeigneter Notationselemente, die nicht nur den modellierten Sachverhalt wiedergeben, sondern auch konkret Bezug auf den Modellkontext aus der Business Dynamics Perspektive nehmen. (vgl. hierzu [Roberts et al. 83, S. 229 ff.]).

Business Dynamics Modelle bestehen nach [Roberts et al. 83] und [USDept 03] im Wesentlichen aus acht Elementen. Die Notation der Elemente und ihre tiefere Bedeutung werden im Folgenden erklärt. Am Ende dieses Kapitels befindet sich eine Kurzreferenz zu den Notationselementen.

Im englischen Sprachgebrauch werden Business Dynamics Modelle oft als „Flowcharts“ bezeichnet (vgl. [Roberts et al. 83]).

3.2.1 Speicher, Flüsse und das Akkumulationsprinzip

Die zwei wichtigsten Notationselemente in Business Dynamics Modellen sind „Speicher“ und „Flüsse“; mit diesen wird sich im Folgenden beschäftigt.

„Speicher“ und „Flüsse“ sind maßgeblich verantwortlich für die Abbildung des dynamischen Verhaltens eines Systems. Dynamisches Verhalten wird nach [USDept 03] mit dem Prinzip der Akkumulation erklärt. Dieses Prinzip besagt, dass überall auf der Welt, wo dynamisches Verhalten geschieht, sich Flüsse in Speichern akkumulieren.

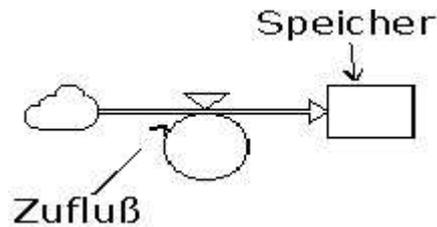


Abbildung 15: Beispiel einer einfachen Speicher-Fluss Struktur nach [USDept 03]

[USDept 03] benutzt Metaphern, um zu verdeutlichen, was unter den Begriffen „Speicher“ und „Fluss“ verstanden werden kann: Ein „Speicher“ entspricht zum Beispiel einer Badewanne, und ein „Fluss“ besteht aus einem Wasserhahn (Regulator) und einem Rohrsystem, das Wasser in die Wanne ein- oder ablässt. Bezogen auf den technischen Kundendienst wäre die Ausstattung der Mitarbeiter ein Speicher und die Investitionsquote der technischen Ausstattung der dazu gehörige Fluss. Die Speicher-Fluss Struktur ist das einfachste dynamische System (vgl. [USDept 03]). Bezogen auf das Akkumulationsprinzip entsteht dynamisches Verhalten, zum Beispiel Materie durch das Rohr beziehungsweise den Hahn fließt und sich im Speicher ansammelt (=akkumuliert). In der Business Dynamics Modellierung ist es unwesentlich, was sich im Fluss befindet und akkumuliert wird – relevant ist nur, dass ein Fluss sich über einen Zeitverlauf ($= \Delta t$) im Speicher ansammelt. Die folgende Abbildung ist eine Speicher-Fluss Struktur, die zwei Flüsse besitzt: einen Zufluss und einen Abfluss. Hier entsteht dynamisches Verhalten mittels Zufluss und Abfluss. Die Menge der Flüssigkeit, die zu einem Zeitpunkt t im Speicher verbleibt, ist gegeben durch: *Pegelstand = Zufluss – Abfluss*.

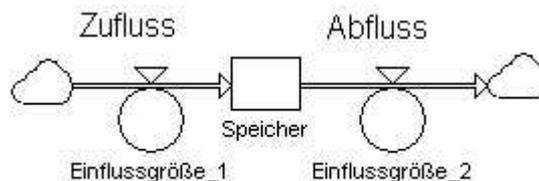


Abbildung 16: Beispiel für eine Zufluss-Abfluss Struktur nach [USDept 03]

Wenn der Zufluss größer als der Abfluss ist, steigt der Pegel im Speicher. Umgekehrt gilt, dass bei einem größeren Abfluss als Zufluss der Pegel sinkt. Sind Zufluss und Abfluss im Gleichgewicht, also gleicher Größe, bleibt der Pegel im Speicher konstant. Dieser Umstand wird nach [USDept 03] als „concept of equilibrium“ bezeichnet, und beschreibt Gleichgewichtszustände in Business Dynamics Modellen.

Das Akkumulationsprinzip gilt ungeachtet der Anzahl von Flüssen, die eine Ansammlung von Einheiten in einem Speicher verursachen (siehe hierzu [USDept 03]). Folglich kann ein Speicher jede beliebige Anzahl von Zu- und Abflüssen haben. In der Praxis besteht jedoch eine Speicher-Fluss Struktur aus nicht mehr als vier bis sechs Zu- und Abflüssen, da die meisten Strukturen in der realen Welt mit dieser Beschränkung ausreichend abgebildet werden können.

[USDept 03] nennt als eine fundamentale Fähigkeit im Umgang mit Business Dynamics Modellen die Identifizierung von Speichern und Flüssen, die dann anschließend in ein gültiges Modell übertragen werden. Damit Speicher und Flüsse eindeutig identifiziert werden, muss der System Modellierer entscheiden, welche Variablen im System, den Systemzustand definieren (die Speicher), und welche Variablen eine Veränderung im System hervorrufen (die Flüsse). [USDept 03] geben folgende Richtlinien zur Hand, um den Identifikationsprozess zu unterstützen:

- Speicher werden gewöhnlich durch Nomen, Flüsse durch Verben repräsentiert.
- Speicher verschwinden nicht, wenn die Zeit (hypothetisch) angehalten wird. Wird die Zeit angehalten, dann verbleiben die Einheiten im Speicher, während der Zu- und Abfluss verschwindet.
- Speicher senden Signale aus (Informationen über den Status des Systems) zum Rest des Systems.

Des Weiteren besitzen Speicher nach [USDept 03] vier Charakteristika, die hier erklärt werden, um das dynamische Verhalten eines Systems besser zu verstehen. Diese Eigenschaften sind die folgenden:

- Speicher besitzen die Fähigkeit, Einheiten zu speichern.
- Speicher verändern die Zeitform der Flüsse.
- Speicher entkuppeln Flüsse.
- Speicher verursachen Verzögerungen.

Jede dieser vier Eigenschaften wird im Folgenden kurz diskutiert, um ein detailliertes Verständnis von elementaren Business Dynamics Strukturen zu entwickeln.

Die erste Eigenschaft sagt aus, dass Speicher die Fähigkeit besitzen, einen Pegel (=Zustand) im Speicher zu erhalten. Ist der Zufluss abgestellt und existiert kein Abfluss, so verbleibt die aktuelle Anzahl der Einheiten im Speicher - der Pegel im Speicher bleibt konstant. Ein Abfluss dagegen zieht Einheiten vom Speicherbestand ab. Die Bedeutung dieser Eigenschaft sollte nicht unterbewertet werden, da die Zu-

flussrate oft mit dem Speicherstand gleichgesetzt wird und daraus Missverständnisse im Gesamtverständnis und Fehler im Modellierungsprozess entstehen.

Die zweite wichtige Eigenschaft von Speichern ist, dass der Akkumulationsprozess mittels Flüssen eine Veränderung des Speichers über Zeitverlauf Δt generiert. Dies wird deutlich bei der Simulation von Business Dynamics Modellen. Die folgende Abbildung zeigt die zeitliche Veränderung. Das zugrunde liegende Modell hat einen konstanten Zufluss von fünf Einheiten/Zeiteinheit. Eine Analyse des Graphen zeigt, dass der Akkumulationsprozess eine lineare Wachstumsfunktion bezüglich des Speichers generiert, während der Zufluss konstant ist.

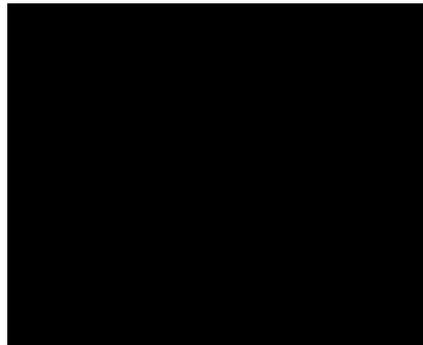


Abbildung 17: Veränderung des Speichers über Δt [USDept 03]

Die dritte Eigenschaft sagt aus, dass Speicher Flüsse entkoppeln beziehungsweise unterbrechen. Durch die Schaltung eines Speichers in eine Flussstruktur ist es möglich, dass ein Zufluss verschieden von seinem Abfluss sein kann. Dies führt zur Auslösung eines Ungleichgewichts in der Speicher-Fluss Struktur und letztlich im gesamten System.

Zusätzlich gibt der Entkoppelungsprozess die Möglichkeit, Zuflüsse von Informationsquellen zu steuern, die von denen der Abflüsse verschieden sind (spezielle Vorgaben für das Zufluss- und Abflussverhalten). Zu- beziehungsweise Abflüsse können als getrennte und unabhängige Komponenten aufgefasst werden, die aber im Gesamtsystem im Kontext zueinander verstanden werden müssen. Die folgende Abbildung zeigt ein Beispiel eines durch einen Speicher entkoppelten Flusses.

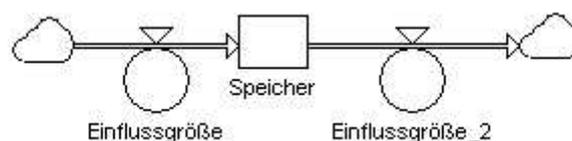


Abbildung 18: Entkoppelte Flussstruktur nach [USDept 03]

Die vierte Eigenschaft von Speichern in Speicher-Fluss Strukturen ist, dass sie Verzögerungen im System erzeugen können. Wenn ein Ereignis im System ausgelöst wird, kann man beobachten, dass die Auswirkungen dieses Ereignisses durch eine Kette von Flüssen in die Speicher fließen und die ursächliche Wirkung sich verzögert

bemerkbar macht (vgl. [USDept 03]). Diese Zeitspanne zwischen Ursache und Wirkung kann messbar gemacht werden.

Folglich ist es für die Arbeit mit Business Dynamics Modellen sehr wichtig, potentielle Zeitverzögerung zu identifizieren, da diese das Systemverhalten im hohen Maße nachhaltig beeinflussen können. Umso länger die Zeitspanne zwischen Ursache und Wirkung, desto wahrscheinlicher ist es, dass der Entscheidungsträger die unmittelbare Verbindung zwischen ihnen nicht erkennt. Die folgende Abbildung zeigt ein Beispiel einer Speicher-Fluss Struktur, die wesentliche Verzögerungen beinhaltet.

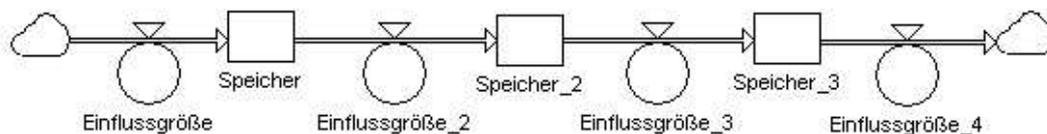


Abbildung 19: Systemverzögerung nach [USDept 03]

3.2.2 Einflussgrößen

Das vierte Grundelement der Business Dynamics Notation sind die so genannten Einflussgrößen. Einflussgrößen aggregieren das von den Speichern, Konstanten und Flüssen generierte Feedback (vgl. [Roberts et al 83]). Sie dienen als Knotenpunkte und Verteiler in Business Dynamics Modellen. Hauptgrund für die Verwendung von Einflussgrößen ist ihre Fähigkeit, Verhalten in mathematischen Formeln abzubilden und anschließend das Berechnungsergebnis auf ein anderes Element, zum Beispiel die Regulierung eines Flusses, oder auf eine andere Einflussgröße wirken zu lassen. Die folgende Abbildung zeigt eine Speicher-Fluss-Struktur mit Einflussgröße:

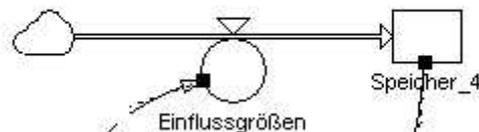


Abbildung 20: Einflussgrößen an Speicher-Fluss-Strukturen

Jede Einflussgröße besitzt eine mathematische Formel, zum Beispiel eine Entscheidungsformel, deren Ergebnis entscheidet inwiefern sich der modellierte Einfluss auf den gesamten Fluss auswirkt. Der Formelfindungs- und Modellierungsprozess bezüglich der Einflussgrößen, welche die reale Welt im Modell abbilden, ist nach [USDept 03] die größte Herausforderung im Umgang mit Einflussgrößen.

3.2.3 Rückkopplung

Der Begriff „Rückkopplung“, im englischen Sprachgebrauch als „Feedback“ bezeichnet, wurde im vorangegangenen Kapitel aufgegriffen. Feedback ist nach [Roberts et al. 83] ein weiteres zentrales Element von Business Dynamics. Mittels Feedback werden Informationen über aktuelle Werte (zu einem Zeitpunkt t) zwischen Einflussgrößen, Konstanten, Speichern und Flüssen transportiert. Feedback beziehungsweise Feedbacklinien verbinden die einzelnen Elemente in einem Modell. Sie sind dafür verantwortlich, dass das Modell als ein zusammenhängendes Ganzes funktioniert. Das Kapitel 2.5 behandelt ausführlich positive und negative Rückkopplungskreise. Die Unterscheidung zwischen negativem und positivem Feedback erfordert eine geeignete Kennzeichnung. [Roberts et al. 83, S.33 ff.] notieren hierzu eine Polarität, also „+“ (= positiv) oder „-“ (= negativ) für das Feedback, um die Wirkungsrichtung kenntlich zu machen. Feedback ohne Polarität ist standardmäßig als positives Feedback zu verstehen. Das folgende Beispiel veranschaulicht den Einsatz von Feedback.

3.2.4 Kurzreferenz zu weiteren Elementen

Nachdem die wichtigsten Notationselemente behandelt wurden, folgt abschließend eine Kurzreferenz zur Notation und Verwendung. Die folgenden Ausführungen beinhalten neben den schon genannten Elementen auch noch zusätzliche, neue Elemente. Die aufgeführten Elemente und ihre Notationsformen sind eine Zusammenfassung aus [USDept 03].

Speicher sind eines der elementarsten Notationselemente. Sie werden durch ein Rechteck notiert. Zuflüsse in den Speicher durch Flusselemente generieren einen Bestandspegel von Einheiten im Speicher. Abflüsse lassen Einheiten aus dem Speicher abfließen.

Flüsse repräsentieren einen konstanten Fluss von Einheiten über einen Zeitverlauf Δt . Flüsse liegen direkt an Speicherelementen an und generieren dort einen Zufluss beziehungsweise Abfluss. Das folgende Element wird zur Modellierung von Flüssen benutzt.

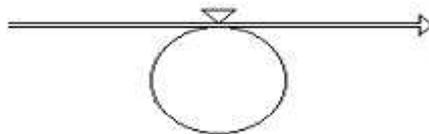


Abbildung 21: Notationselement
Flüsse

Systemgrenzen beschreiben exogene Größen, die nicht veränderbar sind und dem Modell zu Grunde liegen. Die Wolke ist das Notationselement für die Systemgrenzen. Diese bilden häufig den Ursprung von Flüssen, indem sie Flüsse „speisen“.



Abbildung 22: Systemgrenze

Konstanten beziehungsweise Koeffizienten sind feststehende Größen, die Einfluss auf Flüsse beziehungsweise deren Regulatoren mittels Feedback nehmen. Durch sie können Standardgrößen im System vorgeben. Konstanten werden durch das Raute Symbol repräsentiert.



Abbildung 23:
Notationselement
Konstante / Koeffizient

Feedback wird durch Verbindungslinien zwischen den Elementen repräsentiert. Im Feedback werden Informationen weitergereicht. Feedbacklinien sind mit einer Polarität versehen werden, um kenntlich zu machen, ob es sich um positives oder negatives Feedback handelt.

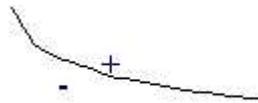


Abbildung 24:
Feedbacklinie

Einflussgrößen aggregieren Feedback anderer Größen. Sie dienen als Knotenpunkte und Feedbackverteilter. Einflussgrößen besitzen mathematische Formeln, um die Auswirkung der Aggregation beziehungsweise den, durch die Einflussgröße veränderten Fluss, zu beschreiben.

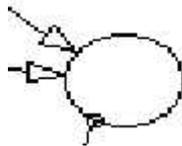


Abbildung 25: Notationselement Einflussgröße

Zeitelemente repräsentieren so genannte Schockgrößen, die ab einer bestimmten Zeit im System aktiviert werden und dessen Folgen sich über Ursache-Wirkungsketten im System fortpflanzen. Die Einführung einer mobilen Anwendung ist zum Beispiel eine Schockgröße. Notiert werden Zeitelemente als ein Kreis oder eine Raute mit einer Uhr darin.

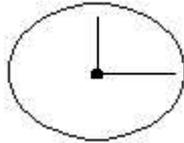


Abbildung 26: Notationselement Zeitelement

3.3 Aufstellung des Modells

Inhalt des Kapitels werden die theoretischen Grundlagen und eine Art „Kochrezept“ der Modellbildung sein. Diese werden anschaulich dargestellt und an einigen Abbildungen erläutert.

Im ersten Schritt der Aufstellung eines Modells wird zunächst der Sachverhalt der Aufgabenstellung geklärt und daraus die Anforderungen an das Modell definiert. Einer der wichtigsten Punkte der Modellierung mit Business Dynamics ist dabei der dynamische Aspekt des Modells. Dynamisch bedeutet hier, dass sich Größen innerhalb des Modells über die Zeit hinweg beeinflussen und dass die Ursachen dieser Beeinflussung beschrieben werden können. Des Weiteren wird schon von Beginn an eine Abgrenzung des Modells durchgeführt, das heißt, dass nur Größen mit in die Betrachtung gezogen werden, die auch wirklich von Bedeutung für die Untersuchung ist. Diese Modellabgrenzung zur Verdeutlichung des Sachverhaltes geschieht mit Hilfe eines Wortmodells, das die Problembeschreibung in einzelne Sätze als „Wenn-dann-Beziehungen“ unter Beachtung des Modellzwecks zerlegt.

Im nächsten Schritt wird ein einfaches Modell der beteiligten Größen und Faktoren aufgestellt. Dieses frühe Modell wird als Wirkungsgraph bezeichnet. Die Zusammenhänge in einem Wirkungsgraphen sind elementare Bestandteile bei der Erstellung und Modellierung eines dynamischen Modells. Sie beschreiben, in welcher Art und Weise die einzelnen Einflussgrößen des Systems aufeinander wirken. Allerdings werden bei der Erstellung des Wirkungsgraphen nur die Richtungen und die Arten der Wirkungen modelliert, nicht die genauen (mathematischen) Zusammenhänge. zeigt einen einfachen Wirkungsgraphen.

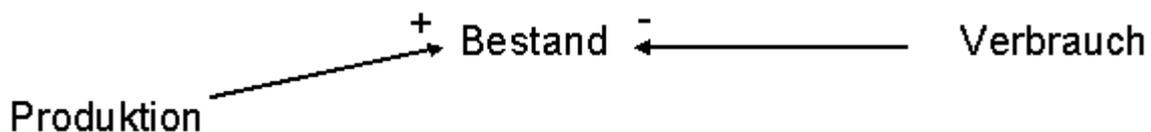


Abbildung 27: einfacher Wirkungsgraph (vgl. [Coyle 77])

Die Systemgrößen werden als Knoten des Graphen dargestellt, die Wirkungen als Kanten. Die Richtung der Wirkung zwischen zwei Größen wird durch Pfeile dargestellt. An deren Spitze wird die Art der Wirkung gekennzeichnet:

Ein Pluszeichen (+) symbolisiert gleiche Wirkungsart (wenn A steigt, steigt auch B beziehungsweise umgekehrt), ein Minuszeichen (−) die entgegengesetzte (wenn A steigt, sinkt B beziehungsweise umgekehrt).

Zur Erstellung von Wirkungsgraphen existieren verschiedene Vorgehensweisen. Der im Projekt erstellte Graph wurde mittels der „List Extension Methode“ erarbeitet. Diese wird nun an einigen Beispielbildern exemplarisch gezeigt. Die konkrete Anwendung auf die Aufgabenstellung erfolgt in Kapitel 4.

Bei der Methode werden die Systemgrößen in Spalten (list) dargestellt, die von rechts beginnend mit weiteren Spalten (extensions) ergänzt wird.

In der „Supplementary List“ werden alle Variablen eingetragen, die nur als Indikatoren des Systems beziehungsweise seiner Wirkungszusammenhänge fungieren.

Die „Model List“ enthält alle Variablen, die mit Hilfe des Modells betrachtet werden. Für jede dort eingetragene Variable werden in der „First Extension“ die Größen eingetragen, die diese beeinflussen. Durch Pfeile werden die Wirkungszusammenhänge wie oben beschrieben dargestellt. Solche Zusammenhänge können durchaus auch innerhalb einer Spalte auftreten, oder aber auch Spalten übergreifend (also z.B. von der „Supplementary List“ zu einer der „Extensions“). In ist ein Ausschnitt des Wirkungsgraphen zu sehen, der bis zur „First Extension“ modelliert ist.

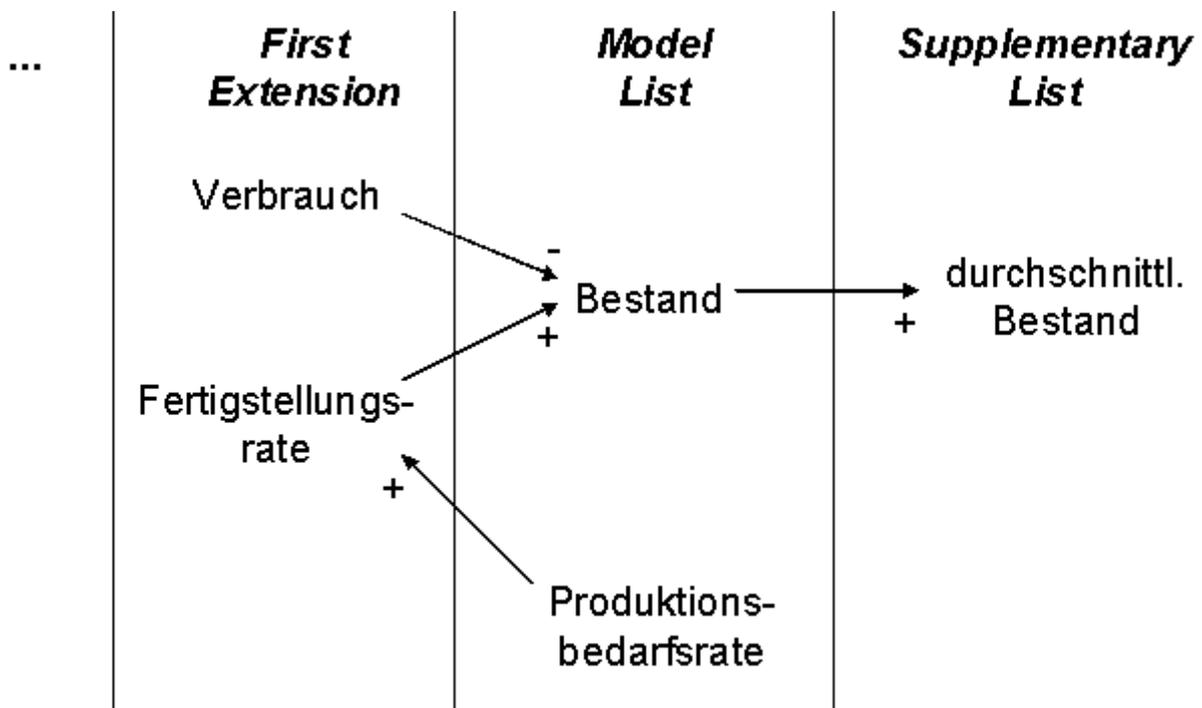


Abbildung 28: Wirkungsgraph „First Extension“ (vgl. [Coyle 77])

Ab diesem Stadium kommt ein sehr wichtiger Test bei der Erstellung eines dynamischen Modells zum Tragen: der Test auf Abgeschlossenheit.

Abgeschlossenheit bedeutet, dass in einem Modell mindestens eine Rückkopplungsschleife vorhanden ist.

Alle Variablen des Wirkungsgraphen müssen entweder auf dieser Schleife liegen, als exogene Einflüsse oder als Ergebnisse der Schleife deklariert sein. Dies begründet sich in der eigentlichen Idee der Modellierung dynamischer Systeme: ihre Dynamik erhalten die Modelle durch die Wirkung der Rückkopplungsschleifen der in sich geschlossenen Systeme.

Jedes Modell, das nicht mindestens eine dieser Schleifen enthält ist letztendlich ein statisches Modell. zeigt einen weiteren Ausschnitt des oben dargestellten Wirkungsgraphen. Durch Erweiterungen mit beeinflussenden Größen in der nächsten „Extension“ Spalte und weiteren Wirkungszusammenhängen ist nun eine Rückkopplungsschleife erkennen.

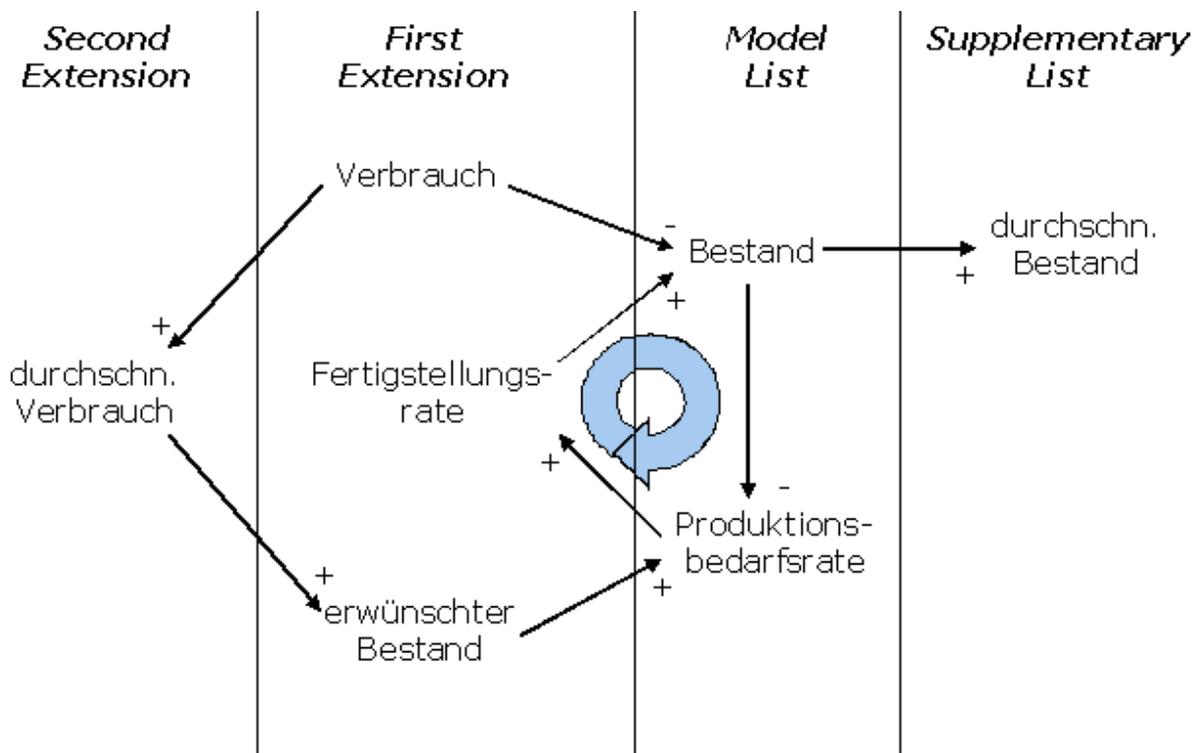


Abbildung 29: Wirkungsgraph mit Rückkopplungsschleife (vgl. [Coyle 77])

Aus der erarbeiteten Tabelle wird dann der Wirkungsgraph erstellt, dieser ist in zu sehen.

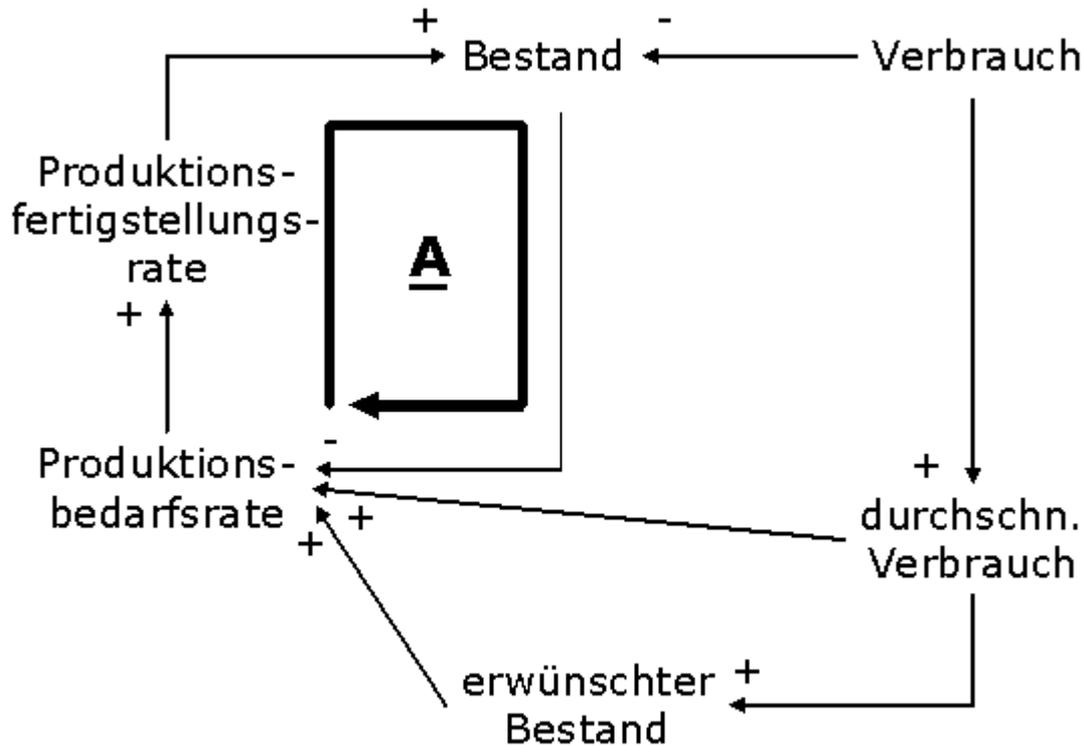


Abbildung 30: Wirkungsgraph (vgl. [Coyle 77])

Für die Darstellung in Simulationsprogrammen werden nun alle Beziehungen quantifiziert. Das bedeutet, dass alle externen oder Systemgrößen, die Anfangswerte der Zustandsgrößen und zusätzlich die Quantifizierungen aller funktionalen Verknüpfungen zwischen den Systemgrößen bestimmt werden. Dies kann einerseits durch bereits empirisch belegte Formeln und Daten geschehen oder aber durch eigene Überlegungen und damit verbundene Herleitungen.

Aus dem sich daraus ergebenden quantifizierten Wirkungsgraphen wird das eigentliche Modell mit Hilfe von Business Dynamics erstellt und in eine geeignete Software übertragen. Diese wird in einem späteren Kapitel beschrieben.

Mit den nächsten Schritten wird unter Nutzung der computergestützten Simulation des Modells das Verhalten aller Variablen über die Zeit hinweg beobachtet. Nach den ersten Simulationsdurchläufen wird eine Validierung des Modells anhand „Aspekte der Modellgültigkeit“ (vgl. [Bossel 94]) durchgeführt. Diese beinhalten die Strukturgültigkeit, die Verhaltensgültigkeit, die Anwendungsgültigkeit und die empirische Gültigkeit. Die Durchführung einer solchen Gültigkeitsüberprüfung wird eventuelle Modellierungsfehler aufzeigen, die es vor weiteren Simulationen zu beheben gilt.

Als abschließende Schritte werden die Analysen der Ergebnisse und eine Nutzenbetrachtung durchgeführt. Diese sind in Kapitel 5 näher erläutert. Bei der Analyse wird zum Beispiel auch über die Möglichkeit anderer Vorgehensweise nachgedacht, ganz besonders wenn die Simulation nicht die gewünschten Ergebnisse liefert.

Die Bewertung des Nutzens wird ebenfalls kritisch durchgeführt, d.h. es werden sowohl die Stärken, die Schwächen wie auch eventuell aufgetretene Probleme bei der Modellierung aufgegriffen und betrachtet. Denn nur so kann das Modell als eine der realen Welt angepasste Lösung zum anfangs gestellten Sachverhalt gesehen werden.

4 Simulation und Auswertung

Im folgenden Kapitel werden Softwaresysteme für die Simulation betrachtet. Anschließend wird das Modell für die Simulation entwickelt. Dieses Modell wird in die ausgewählte Simulationssoftware übertragen. Abschließend erfolgt eine Beschreibung der Simulationsszenarien.

4.1 Software

Dieser Abschnitt beschäftigt sich mit der Auswahl einer geeigneten Simulationssoftware, stellt die im Rahmen dieses Projekts ausgewählte Software vor und bewertet die am Markt verfügbare Simulationssoftware.

4.1.1 Auswahl einer Software

Ein Bestandteil dieses Projekts ist die Erstellung eines Modells mit Hilfe von Business Dynamics. Wie bereits zuvor erläutert ist eine Softwareunterstützung notwendig. Aus den am Markt verfügbaren Softwaresystemen wurde ein System ausgewählt. Eine Nutzwertanalyse ist eine geeignete Möglichkeit diese Auswahl durchzuführen. Die Softwareauswahl stand jedoch in diesem Projekt nicht im Mittelpunkt, sondern war vielmehr Mittel zum Zweck. Daher wurde nur eine angepasste Form der Nutzwertanalyse durchgeführt. Auf diese Weise wurde ein sinnvoller Zeitaufwand für diese Auswahl erreicht. Im Rahmen der Nutzwertanalyse werden Anforderungskriterien an die betrachteten Softwaresysteme aufgestellt und jeweils bewertet, so dass als Ergebnis für jede Software ein Nutzwert berechnet werden kann. Der höchste Nutzwert entspricht dabei dem höchsten Nutzen der Software bezogen auf Kriterien, Gewichtung und Bewertung. Abbildung 31 zeigt das Vorgehensmodell der Nutzwertanalyse. Im ersten Schritt werden die Anforderungskriterien definiert. Diese beziehen sich auf den jeweiligen Problembereich für den die Software eingesetzt werden soll. Anschließend werden die Kriterien gewichtet, so dass ein wichtiges Kriterium eine stärkere Bedeutung erhält als ein weniger wichtiges Kriterium. Das Ergebnis ist der Anforderungskatalog. Aus diesem Katalog werden anschließend die Kriterien ausgewählt, die notwendig für den Einsatz sind. Diese Kriterien werden als K.O. Kriterien bezeichnet. Im Rahmen dieses Projekts haben wir uns auf die Definition und Auswahl von K.O. Kriterien beschränkt, da bereits nach Anwendung des „K.O.-Kriterien-Filters“ nur eine sinnvolle Software übrig geblieben ist. Im Regelfall werden anhand der K.O. Kriterien fünf Alternativen ausgewählt. Diese Alternativen werden entsprechend der Anforderungskriterien bewertet. Entsprechend des Nutzwertes werden ein bis drei Softwaresysteme ausgewählt. In Workshops wird versucht herauszufinden

welche Software am besten geeignet ist. Im Anschluss an diesen Schritt erfolgt eine Testinstallation und abschließend die Entscheidung.

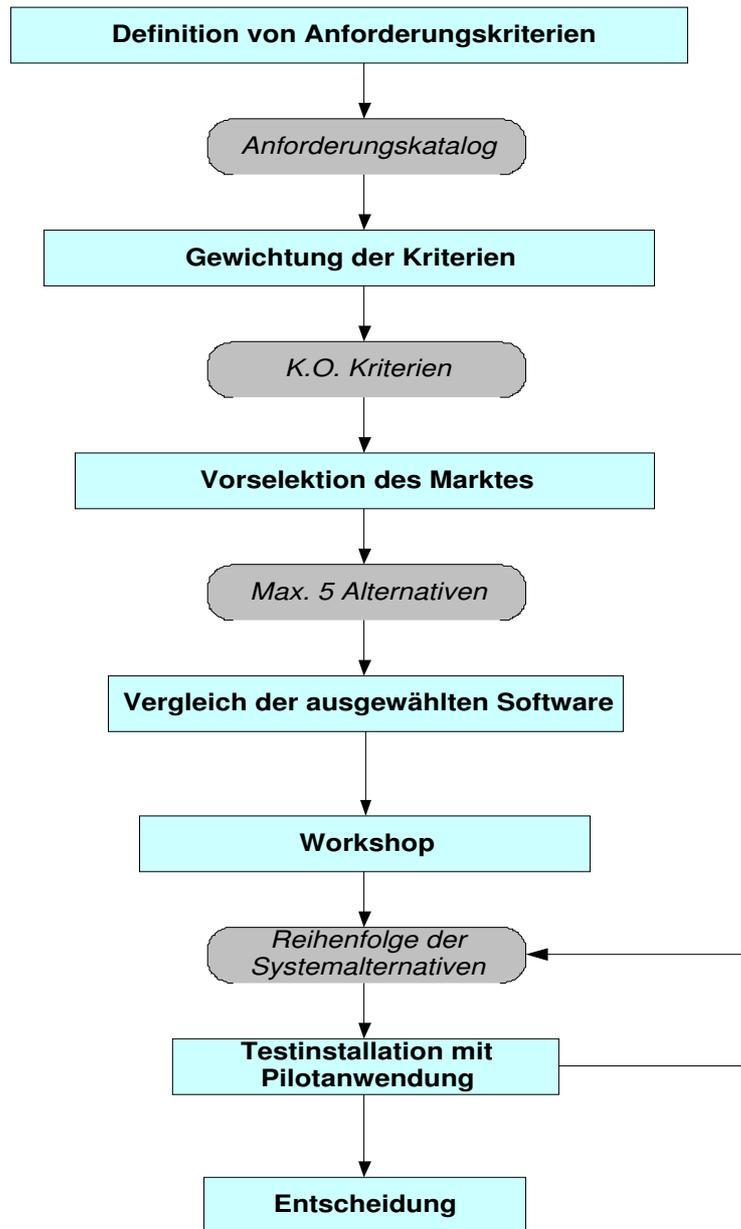


Abbildung 31: Vorgehensweise bei der Softwareauswahl

Tabelle 1 zeigt die gefundenen Softwaresysteme.

Tabelle 1: Softwaresysteme für die Anwendung von System Dynamics

| Produkt | Hersteller | Website |
|----------|--------------------------|---|
| I-Think | High Performance Systems | http://www.hps-inc.com |
| Powersim | Powersim | http://www.powersim.com |
| Vensim | Ventana Systems | http://www.vensim.com |
| Stella | High Performance Systems | http://www.hps-inc.com |
| Goldsim | GoldSim Technology Group | http://www.goldsim.com |

Für die Selektion wurden die folgenden K.O. Kriterien ausgewählt:

- Geringe Bedienerfreundlichkeit
- Hilfefunktion
- Mangelnder Funktionsumfang
- Automatische Überprüfung der Syntax des Modells
- Demo Version verfügbar

Ausschließlich Powersim Studio Express 2001 hat alle K.O. Kriterien erfüllt, so dass diese Software ohne weitere Anwendung der Nutzwertanalyse ausgewählt wurde.

4.1.2 Beschreibung der ausgewählten Software

Im vorangegangenen Kapitel wurde die Auswahl eines Softwaresystems für die Modellierung eines Business Dynamics Modells beschrieben. In diesem Abschnitt wird ein Überblick über die Leistungsfähigkeit der ausgewählten Software „Powersim Studio Express 2001“ gegeben. Die Funktionalität von Powersim lässt sich weitgehend über eine so genannte „Werkzeugleiste“ anwenden. Eine Werkzeugleiste ist eine Sammlung von Symbolen. Jedes Symbol stellt eine Funktion bereit. zeigt die Werkzeugleiste von Powersim.



Abbildung 32: Powersim Studio Express 2001 Werkzeugleiste

Im oberen linken Bereich befinden sich die typischen Standardsymbole einer Microsoft Windows Anwendung wie „Erstellen“, „Öffnen“ und „Speichern“ einer Simulation. Das zehnte Symbol von links oben aktiviert beziehungsweise deaktiviert die Ansicht des Projektfensters (). Mit Powersim ist die übersichtliche Verwaltung mehrerer Projekte und innerhalb eines Projekts von Komponenten möglich. zeigt ein solches Projektfenster.

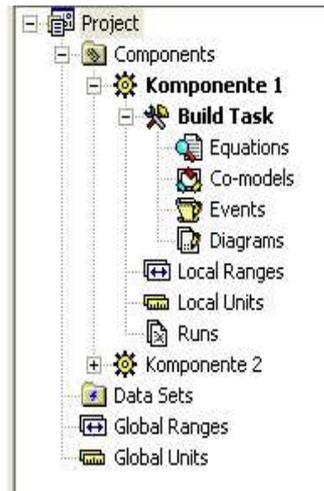


Abbildung 33: Powersim Studio Express 2001 Projektfenster

Durch dieses Projektfenster ist eine übersichtliche und einfache Bearbeitung des Modells beziehungsweise der Modellbestandteile möglich. Das nächste Symbol aktiviert die Powersim Hilfe (📖). Die Hilfe kann auch durch die Taste „F1“ aufgerufen. Es folgt das Symbol für die Sprachauswahl (Deutsch (Common)). Der Sprachauswahl folgt das Symbol zur Aktivierung des Variablenbaums (📊).

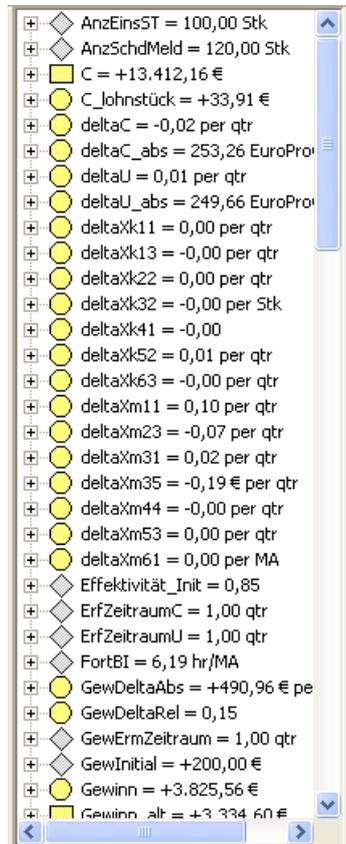


Abbildung 34: Powersim Studio Express 2001 Variablenbaum

Er enthält alle Variablen des aktuellen Modells. Weitere Symbole dienen der Suche nach Variablen und der Veränderung der Darstellungsgröße. Die zweite Zeile beginnt mit den Ausführungsschaltern der Simulation. Diese setzen die Simulation zurück, starten die Simulation oder führen die Simulation in einem Schritt durch (⏪ ▶ ⏩). Der vierte Schalter führt eine Autoskalierung durch (⏴⏵). Die Autoskalierung führt eine Achsenanpassung der Grafiken durch, damit alle Werte und Kurvenverläufe korrekt dargestellt werden. Das nächste Symbol stellt die festen Variablen wieder auf den Startwert zurück (↶). Dies ist ein Teil der kompletten Simulationszurücksetzung. Es folgt ein Symbol für die Aktivierung eines Mauszeigers ohne besondere Funktion (☞) und die sechs Grundelemente des Business Dynamics (■ ○ ◇ ↶ ↷ ↸). Diese wurden in vorangegangenen Kapiteln bereits erläutern. Die Elemente wie zum Beispiel ein Speicher oder eine Konstante können einfach ausgewählt und in die Simulation kopiert werden. Die folgenden sechs Symbole wurden von uns nicht weiter betrachtet, da sie weniger wichtige Funktionen bereitstellen. Es folgen zwei Symbole, die es ermöglichen Fenster in die Simulation einzufügen (📊 📅). Diese Fenster stellen im ersten Fall eine grafische und im zweiten Fall eine tabellarische Form von Simulationsergebnissen dar. und zeigen diese beiden Elemente beispielhaft.

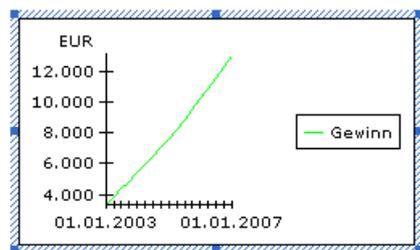


Abbildung 35: Powersim Studio
Express 2001 Zeitgraph

Diese Fenster können in das Modell an beliebigen Stellen eingefügt und frei eingestellt werden. Auf diese Weise ist es möglich beliebige Werte der Simulation zu überwachen.

| Zeit | Gewinn |
|------------|------------|
| 01.01.2003 | +3.334,60 |
| 01.04.2003 | +3.825,56 |
| 01.07.2003 | +4.328,48 |
| 01.10.2003 | +4.843,89 |
| 01.01.2004 | +5.372,26 |
| 01.04.2004 | +5.914,28 |
| 01.07.2004 | +6.470,53 |
| 01.10.2004 | +7.041,83 |
| 01.01.2005 | +7.628,94 |
| 01.04.2005 | +8.232,83 |
| 01.07.2005 | +8.854,41 |
| 01.10.2005 | +9.494,87 |
| 01.01.2006 | +10.155,34 |
| 01.04.2006 | +10.837,21 |
| 01.07.2006 | +11.541,89 |
| 01.10.2006 | +12.270,87 |
| 01.01.2007 | +13.026,06 |

Abbildung 36: Powersim Studio Express 2001 Zeittabelle

Das folgende Symbol ist ein „Chart-Control“ (📊). Mit dieser Funktion können Diagramme erstellt werden. Die verbleibenden Symbole sind weniger wichtig und werden hier nicht weiter betrachtet. Mit Hilfe der genannten Funktionen kann nun ein Modell erstellt werden. Nachdem die Notationselemente in das Modell eingefügt wurden können die Eigenschaften der Elemente über entsprechende Dialoge geändert werden.

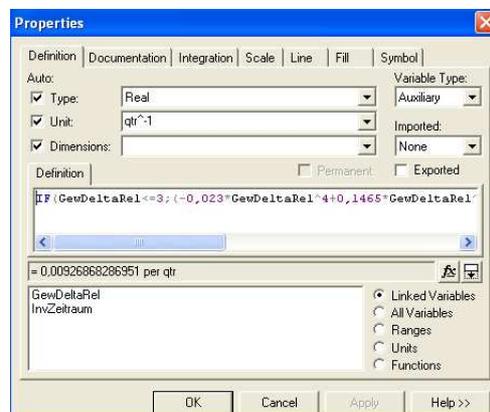


Abbildung 37: Powersim Studio Express 2001 Eigenschaften

Abbildung 37 zeigt einen solchen Eigenschaftsdialog. Hier können alle wichtigen Eigenschaften der verschiedenen Modellierungsentitäten, wie zum Beispiel Speicher, eingestellt werden. Dies bezieht sich auf Formeln, Dokumentationen und Eigenschaften, die auf den aktuellen Kontext der Entität bezogen sind. Nähere Informationen zu der Funktionalität können der Powersim Hilfe entnommen werden.

4.1.3 Bewertung verfügbarer Systeme

Im letzten Kapitel wurde der Funktionsumfang der von uns ausgewählten Software beschrieben. In diesem Kapitel erfolgt eine allgemeine Bewertung der verfügbaren Softwaresysteme. In vorangegangenen Kapiteln wurde bereits berichtet, dass die Simulationsmethode System Dynamics aus den 60er Jahren stammt. Dennoch handelt es sich um einen Bereich, der bisher die Potentiale bei der Verwendung von Softwaresystemen nur in einem geringen Umfang nutzt. Die vorhandenen Systeme sind wenig benutzerfreundlich. Teilweise verfügen die Softwaresysteme nicht einmal über eine Hilfefunktion. Dies erscheint insbesondere im Hinblick auf das komplizierte Umfeld der Simulation mit mathematischer Modellierung wenig sinnvoll. Einige Hersteller bieten keine Demoversion ihres Produkts. Gerade in einem Bereich, in dem die Ergebnisse wichtig für ein Unternehmen sind, ist die vergleichende Betrachtung vor dem Kauf eines Softwaresystems unbedingt notwendig. Während der Testweisen Modellierung ist aufgefallen, dass die Einarbeitungszeiten höher sind als notwendig, da sich die Systeme häufig nicht wie erwartet verhalten beziehungsweise unerwartet reagieren. Fehlermeldungen sind wenig aussagekräftig und machen eine intensive Fehlersuche erforderlich. Insgesamt lässt sich feststellen, dass der Markt für Softwaresysteme mit „System-Dynamics“ Unterstützung noch in den so genannten „Kinderschuhen“ steckt. Ein großes Verbesserungspotential ist hier vorhanden.

4.2 Aufstellung des Modells

Der vorliegende Abschnitt hat den Prozess der Modellaufstellung zum Inhalt. Dabei wird gezeigt, wie das theoretische Vorgehen, das in Kapitel 3.3 beschrieben wurde, bei der schrittweisen Erstellung des konkreten Modells, das als Projektergebnis zu erarbeiten war, angewendet wurde. Außerdem wird auch gezeigt, an welchen Stellen von der Anwendung eben dieser Vorgehensweise abgesehen wurde.

Das Wort-Modell, mit dem die Zusammenhänge im zu untersuchenden System zunächst in einfachen Sätzen grob aufgezeigt werden, wird an dieser Stelle übersprungen; es wurde im vorliegenden Fall nicht explizit erarbeitet, da die Zusammenhänge in ihrer Wirkung direkt aus den verwendeten Studien hervorgehen. In Anlehnung an das in Kapitel 3.3 theoretisch vorgestellte Schema beginnt der Abschnitt daher mit der Erstellung des Wirkungsgraphen, also der Qualifikation von Ursache-Wirkungs-Beziehungen zwischen den einzelnen Bestandteilen der Konstrukte und den betriebswirtschaftlichen Kenngrößen, an denen ein Nutzen in Geldeinheiten gemessen werden soll.

Dabei wird auf die verwendete Methode „List Extension Model“ und die sich bei ihrer Anwendung ergebenden verschiedenen „Runden“ (siehe unten) eingegangen. Im Anschluss daran wird die Übertragung des entstandenen Graphen in ein Modell mit den in Business Dynamics üblichen Notationselementen erklärt; der Übertragung in die entsprechende Simulationssoftware ist ein eigenes Unterkapitel gewidmet, um

die dabei auftretenden Besonderheiten genauer beschreiben zu können. Die Quantifizierung der Beziehungen ist ebenfalls nicht Bestandteil dieses Kapitels, sie wird stattdessen detailliert im Anhang A erläutert.

4.2.1 Wirkungsgraph und List Extension Model

Die bereits bekannten qualitativen Zusammenhängen zwischen Kennzahlen, Faktoren, Dimensionen und Konstrukten einerseits sowie den Konstrukten und den betrachteten Größen Umsatz und Kosten andererseits wurden zunächst in einem vereinfachten Wirkungsgraphen dargestellt, der zunächst nur die Konstrukte sowie die betrachteten Größen Umsatz, Kosten, Gewinn und Umsatzrentabilität enthielt. Dies diente zur Deutlichmachung grundlegender Zusammenhänge zwischen den betrachteten Größen und den Konstrukten.

Um zunächst verborgene Zusammenhänge systematisch aufzudecken, wurde ein zweiter, detaillierterer Wirkungsgraph mit der Methode „List Extension Model“ (vgl. [Coyle 96]) erstellt. Diese Methode und die Bedeutung ihrer einzelnen Schritte wird in Kapitel 3.3 vorgestellt, weswegen auf eine detaillierte Erläuterung der einzelnen Elemente hier verzichtet wird. Stattdessen werden hier nur die einzelnen notwendigen Schritte, das heißt die Erstellung der einzelnen Spalten, bei der Lösung der vorliegenden Problemstellung aufgezeigt. Diese Schritte entsprechen einer immer feineren Aufgliederung der betrachteten Größen; man kann dies als ein rundenweises Vorgehen betrachten, weswegen im Anschluss auch von Runden die Rede ist.

In der ersten Runde wurden die Größen Umsatz und Kosten als untersuchte Größen in die Spalte „Model List“ aufgenommen. Alle weiteren untersuchten Größen außerhalb der Konstrukte lassen sich rechnerisch direkt aus diesen beiden Größen ableiten und stehen daher bei der Modellierung im Zentrum der Betrachtungen. Aus der gleichen Überlegung heraus wurden dann die Größen Umsatzrentabilität, Gewinn und Reinvestition in der zweiten Runde in der Spalte „Supplementary List“ platziert und die Ursache-Wirkungs-Beziehungen zwischen den bisher notierten Elementen notiert.

Die Größen aus der Supplementary List werden nur von Elementen der Model List beziehungsweise aus der Supplementary List beeinflusst. Dabei stellt die Größe Reinvestition eine Besonderheit dar. Sie gibt im Modell den Teil des Gewinns an, der zum Werterhalt sowie zur Verbesserung der Geschäftsprozesse dem Unternehmen wieder zufließt. Während sich die anderen genannten Größen direkt gemäß ihrer betriebswirtschaftlichen Definition von Umsatz und Kosten ableiten lassen, basiert die Reinvestition auf einem Zusammenhang der als Teil der Problemlösung mit Hilfe mathematischer Regression ermittelt wurde (vergleiche Anhang A).

In der nächsten Runde der Modellierung wurden nun alle Größen, die direkt Umsatz, Kosten oder beide gleichzeitig beeinflussen, der Spalte „First Extension“ hinzugefügt. Abgeleitet aus den verwendeten Studien sind dies die beiden Konstrukte Mitarbeiterproduktivität und Kundenzufriedenheit. Entsprechend wurden in einer weiteren Runde die Dimensionen in die Spalte „Second Extension“ gestellt, die Faktoren wurden in einer weiteren Runde der Spalte „Third Extension“ zugeordnet.

In der letzten Runde wurden die Kennzahlen in der Spalte „Fourth Extension“ in den Graphen aufgenommen. Mit dieser letzten Spalte konnten nun auch die verschiedenen Ursache-Wirkungs-Beziehungen zwischen den Kennzahlen und Dimensionen aus der zweiten Erweiterung eingezeichnet werden. Da die beiden betrachteten Konstrukte bezüglich solcher Beziehungen auf der Ebene der Kennzahlen bisher nur sehr wenig untersucht sind, wurden dabei in den Annahmen bezüglich ihrer gegenseitigen Beeinflussung getroffen. Zum Beispiel wurde davon ausgegangen, dass eine bessere Ausstattung (M5) die Mitarbeiter des Technischen Kundendienstes tendenziell dazu befähigt, Serviceaufträge häufiger erfolgreich durchzuführen. Dies bedeutet, dass der Servicegrad als Kennzahl für die Behandlung der Anliegen (K5.2) positiv beeinflusst wird, was an der entsprechenden Wirkungskante ablesbar ist. Ähnliche Annahmen führten zu weiteren Wirkungskanten.

Aufgrund solcher Annahmen wurden auch Verbindungen zwischen der Spalte Supplementary List und Fourth Extension gefunden: die Größen Ausstattung und Mitarbeiterentwicklung wurden als Wirkungsempfänger der Größe Reinvestition identifiziert, das heißt es wurden Ursache-Wirkungs-Beziehungen zwischen der Reinvestition und diesen Größen gefunden. Der Wirkungsgraph enthält durch diese Beziehungen Schleifen (so genannte Feedback Loops). Für alle Größen gilt, dass sie entweder selbst auf einer solchen Schleife liegen, das heißt, dass es einen Weg durch den Graphen gibt, der von einer Größe wieder zu ihr zurückführt. Oder die Größen dienen als direkte Eingabeparameter oder Ausgabewerte für eine solche Schleife. Der Wirkungsgraph erfüllt damit formal die Bedingung der Abgeschlossenheit (vgl. Kapitel 3.3), die ihn zu einem Wirkungsgraphen im Sinne von Business Dynamics machen. Die Modellierung ist mit der Erfüllung dieser Bedingung abgeschlossen. Der erstellte Wirkungsgraph ist in Abbildung 38 abgebildet.

Es ist dabei zu beachten, dass hier nicht alle Faktoren und Kennzahlen aus den erarbeiteten Konstruktdefinitionen aufgenommen wurden; die Analyse von sich beeinflussenden Größen hat - auch vor dem Hintergrund der betrachteten Studien - zu der Erkenntnis geführt, dass ein großer Teil der Faktoren bezüglich ihres Einflusses auf andere Größen des Modells nicht zuzuordnen ist. Dementsprechend wurden diese im vorliegenden Modell nicht berücksichtigt.

4: Simulation und Auswertung

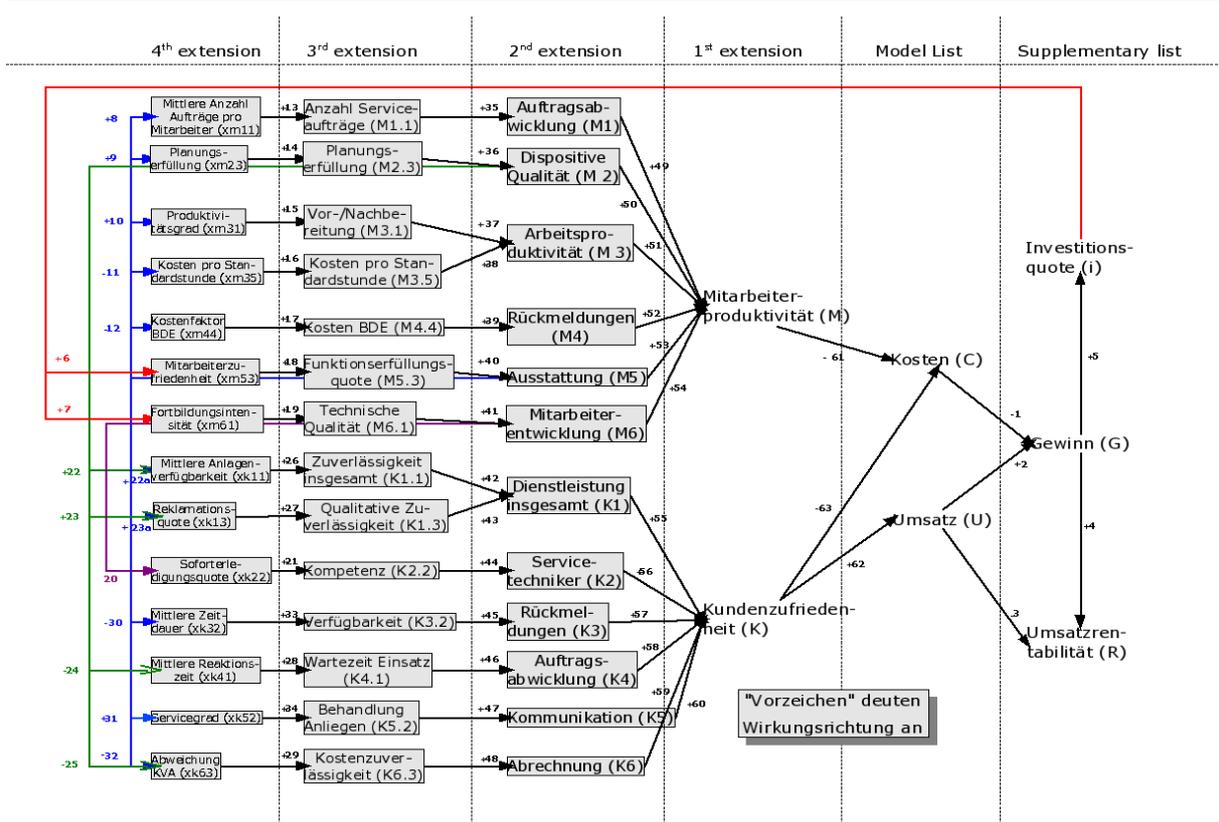


Abbildung 38: Wirkungsgraph nach List Extension Model Methode

Die so erarbeiteten Zusammenhänge dienen als Grundlage für die Aufstellung des mathematischen Teils des Modells, also der quantitativen Zusammenhänge, die hinter der graphischen Repräsentation wirken. Analog zu der Annahme, dass die Größen sich zum Teil gegenseitig beeinflussen, wurden auch Annahmen darüber getroffen, wie sie dies tun. Dabei wurden die aus den Studien bereits bekannten Zusammenhänge betrachtet und unter Berücksichtigung ihrer erwarteten gegenseitigen Abhängigkeiten graphisch dargestellt. Aus den so entstandenen Graphen wurden mit Hilfe von Regression polynomische Formeln erstellt, die das Verhalten der einzelnen Größen im Modell mathematisch nutzbar machen. Das genaue Vorgehen bei der Erstellung des mathematischen Zusammenhanges wird im Anhang A detailliert für jede Wirkungskante des Graphen erläutert. Dort findet sich auch eine Erläuterung zu den getroffenen Annahmen, wie die einzelnen Größen von einander abhängen.

4.2.2 Business Dynamics Modell

Nach Abschluss der beschriebenen Schritte und unter Verwendung der dabei gewonnen Erkenntnisse wurde das bisher erarbeitete Modell überführt in die Notation der Methode Business Dynamics. Bei diesem Prozess kommt es darauf an, den einzelnen Elementen des Wirkungsgraphen das ihrer Rolle im System entsprechende Notationselement zuzuweisen, damit die Art der Wirkungszusammenhänge korrekt wiedergegeben wird. Das genaue Ergebnis dieses Schrittes kann anhand des erstellten Modells, das dieser Arbeit in elektronischer Form beiliegt, nachvollzogen werden;

an dieser Stelle wird erläutert, wie es zu diesem Ergebnis gekommen ist. Analog zum Wirkungsgraphen wird dabei den Spalten des List Extension Model folgend vorgegangen.

Die Elemente Umsatz und Kosten, die im Mittelpunkt der Betrachtungen und damit in der Spalte Model List stehen, stellen das „Gedächtnis“ des Systems dar; das Modell ist darauf ausgelegt, dass Veränderungen im System zur Erhöhung oder zur Erniedrigung dieser Größen beitragen. Diese Veränderungen im System bewirken Zu- oder Abflüsse; daraus ergibt sich, dass diese Größen als Speicher modelliert werden. In der Spalte Supplementary List befinden sich die beiden Größen Gewinn und Umsatzrentabilität, die sich gemäß ihrer betriebswirtschaftlichen Definition direkt aus den beiden Größen Umsatz und Kosten ableiten lassen, und zwar als:

$$\text{Gewinn} = \text{Umsatz} - \text{Kosten}$$

$$\text{Umsatzrentabilität} = \text{Gewinn}/\text{Umsatz} = 1 - (\text{Kosten}/\text{Umsatz})$$

Dieser klar definierte Zusammenhang bedeutet, dass sich Gewinn und Umsatzrentabilität exakt analog zu den anderen beiden Größen verhalten müssen; eine „schwache“ Koppelung über Flüsse verbietet sich, das heißt diese Größen werden als Hilfsgrößen modelliert. Etwas anders verhält es sich mit der Reinvestition, sie ist nicht an den Betrag des Gewinns gebunden, sondern eine gewisse Veränderung im Gewinn löst eine gewisse Veränderung im Reinvestitionsniveau aus. Dieser Zusammenhang deutet bereits an, dass es sich bei der Reinvestition um einen Speicher handelt, deren Zufluss durch den Gewinn gesteuert wird.

Für die Konstrukte, die sich auf der ersten Erweiterungsebene (1st Extension) befinden, wurden ebenfalls exakte mathematischer Zusammenhang angenommen, die sich aus den Beträgen der Dimensionen ergeben. Dies macht für die Konstrukte auch eine Modellierung als Hilfsvariablen (vergleiche Kapitel 3.2) notwendig, die wiederum die Zuflüsse der Größen der Model List regeln. Gleiches gilt für die Dimensionen in der zweiten Erweiterung (2nd Extension). Sie hängen wiederum von den Beträgen der Faktoren auf der nächst höheren, der dritten Erweiterung (3rd Extension) gemäß den getroffenen Annahmen mathematisch exakt ab, nicht etwa von den Veränderungen in ihnen. Und die Faktoren hängen gemäß den getroffenen Annahmen mathematisch exakt von den Kennzahlen auf der vierten Erweiterungsebene (4th Extension) ab. Damit werden auch die Faktoren als Hilfsvariablen modelliert. Diese häufige Verwendung der absoluten Werte bei der Beeinflussung anderer Werte ist unter anderem dadurch zu erklären, dass auf diesen Ebenen mit Prozentzahlen gearbeitet wird, die im Wertebereich von 0 bis 100 (Prozent) begrenzt sind und damit eine exakte Zuordnung erlauben.

Anders stellt sich dies bei den Kennzahlen dar; zwar handelt es sich hier auch zum größten Teil um Prozentwerte, nichtsdestotrotz kommen auf dieser Ebene auch andere Einheiten vor. Die Beeinflussungen auf dieser Ebene durch Feedback von Dimensionen und von der Reinvestition lösen Veränderungen im jeweiligen Betrag

aus, die sich relativ aus den Veränderungen der beeinflussenden Größen sowie zum Teil aus dem ehemaligen Füllstand aus der Vorperiode einzelner Kennzahlen selbst ergeben.

Die Kennzahlen stellen die Ebene dar, auf der die Operationalisierung der Konstrukte überhaupt erst durch die Messbarkeit der Kennzahlen möglich wird; ihre Beträge sind ausschlaggebend für die Werte, die die Faktoren, Dimensionen und Konstrukte einnehmen. Diese Beträge sind also nicht das Ergebnis einer mathematischen Funktion, sondern sie sind konkret beobachtbar. Die Höhe der Beträge ist zwar durch einen mathematischen Zusammenhang beeinflussbar, aber das geschieht relativ zu der jeweils bereits realisierten Betragshöhe durch Aggregation. Um diese Aggregation darstellen zu können, wurden die Kennzahlen ausnahmslos als Speicher modelliert.

4.2.3 Einbindung von Szenarien

Der Verlauf der Simulation hängt von dem Anfangszustand der Speichervariablen ab. Aus diesem Zustand ergeben sich Flüsse, die über die erläuterten Zusammenhänge den Zustand des Systems während beziehungsweise am Ende der Simulation festlegen. Um diesen Anfangszustand festlegen zu können, werden allen Speichervariablen Konstanten beigelegt, die den Anfangszustand der jeweiligen Speichervariablen festlegen. Eine Zusammenfassung aller dieser Konstanten in einem Profil stellt somit ein genau definiertes Szenario dar; über diesen Mechanismus wird es somit möglich, verschiedene Anfangsszenarien und die mit ihnen verbundenen Endzustände einander gegenüber zu stellen. Dadurch kann das Modell herangezogen werden, um im Kontext der Hypothese die Einflüsse diverser Unternehmenskenngrößen bezüglich ihrer Auswirkungen auf Größen zu untersuchen, die eine Bewertung in Geldeinheiten möglich machen. Im vorliegenden Fall sind dies die Größen Umsatz und Kosten und - daraus wie oben erläutert abgeleitet - die Größe Umsatzrentabilität. Eine kurze Erläuterung der im Rahmen der Arbeit betrachteten Szenarien findet sich in Kapitel 4.4, das Modell liegt der Arbeit in elektronischer Form bei.

4.3 Übertragung des Modells in eine geeignete Simulationssoftware

Nach Beendigung des Modellierungsprozesses wird das Modell in eine geeignete Simulationssoftware übertragen. Dabei kann es je nach ausgewählter Software notwendig sein, modellierte Sachverhalte an die Möglichkeiten und Erfordernisse der Software anzupassen. In diesem Fall kommt es darauf an, dass die Zusammenhänge aus dem Wirkungsgraphen und aus dem mathematischen Modell so in der Syntax der Simulationssoftware abgebildet werden, dass die semantische Aussage dieser Modellierungsschritte erhalten bleibt.

Dieser Abschnitt wird sich damit beschäftigen, an welchen Stellen Kompromisse oder besondere Konstruktionen in der Modellierung der vorliegenden Problemstellung not-

wendig waren, um den Wirkungsgraph und die mathematischen Zusammenhänge in die ausgewählte Software „Powersim Studio Express 2001“ zu übertragen (zur Auswahl der Software siehe Abschnitt 4.1). Diese Fälle werden beispielhaft betrachtet und erläutert.

4.3.1 Problem der Referenzierung „alter“ Werte

In den mathematischen Zusammenhängen sind aufgrund der Zusammenhangsermittlung durch Regression fast ausnahmslos „alte“ Werte referenziert worden. „Alt“ bedeutet hierbei, dass es sich um Werte aus einer vorhergehenden Zeitperiode handelt. Die folgenden Formeln können als Beispiel dienen:

$$\Delta G = (G_{\text{neu}} - G_{\text{alt}}) / G_{\text{alt}}$$

$$G_{\text{neu}} = U - C$$

Diese Formel berechnet die Änderung des Gewinns in Prozent des Gewinns der Vorperiode. Dazu werden folgende Elemente gebraucht: Umsatz U , Kosten C , der resultierende Gewinn G_{neu} , der Gewinn der Vorperiode G beziehungsweise G_{alt} . Die Formel stellt also den Fall dar, dass bei der Berechnung eines weiterführenden Wertes sowohl auf den aktuellen Wert einer Größe (G_{neu}) als auch auf Werte aus der Vorperiode (G_{alt}) zugegriffen wird. Bei der Simulation mit der Methode Business Dynamics gibt es eigentlich keinen Weg, die Werte einer spezifischen, bereits abgelaufenen Zeitperiode zu referenzieren; die einzige Ausnahme besteht in der Betrachtung der Aggregation aller Vorperioden. Da der in der Vorperiode zur Verfügung stehende Gewinn gerade dieser Summe der Gewinnzuflüsse, die in allen Vorperioden zum Gewinn beigetragen haben, entspricht, kann dieser Wert nach den Regeln der Simulationmethode in einem Speicherelement aggregiert werden. Dies fand dementsprechend bei der Modellierung von G_{alt} Verwendung, dabei entsprechen im gezeigten Diagramm `deltaGewinnRelativ` der Variablen ΔG und `GewinnInitial` dem Initialwert des Gewinns. In Abbildung 39 werden die so modellierten Elemente dargestellt.

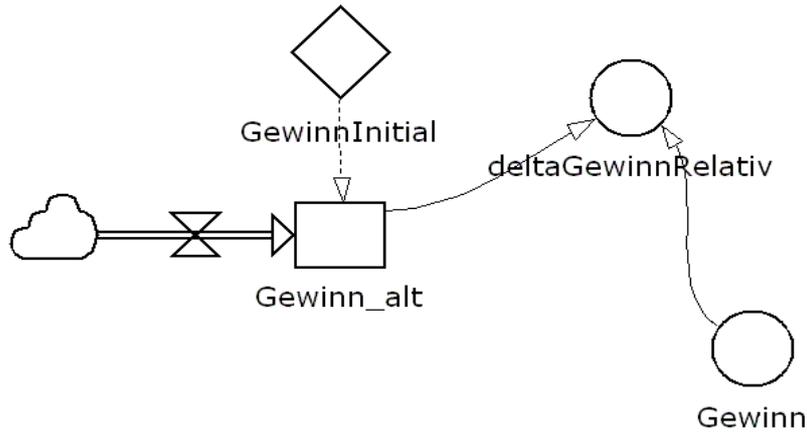


Abbildung 39: Modellierung der Gewinnveränderung mit einem Speicher

Mit dieser Konstruktion ist es möglich, ΔG aus altem und neuem Gewinnwert zu errechnen. Damit der errechnete Wert auch weiterhin in die Aggregation einfließt, ist es notwendig, die Differenz aus altem und neuem Gewinn zu errechnen und in den Speicher G_{alt} einfließen zu lassen. Dies wird erreicht, indem aus den beiden Werten G_{neu} und G_{alt} eine absolute Differenz in einer Hilfsvariablen errechnet wird, die als bestimmende Größe den Zufluss zu G_{alt} regelt. Da diese Differenz auch negative Werte annehmen kann, ist es nicht nötig, einen Abfluss zu modellieren; ein negativer Zufluss führt auch zur Abnahme des aggregierten Wertes. So ergibt sich insgesamt für den angeführten Fall die Konstruktion aus Abbildung 40 (deltaGewinnAbsolut entspricht dem absoluten Differenzbetrag).

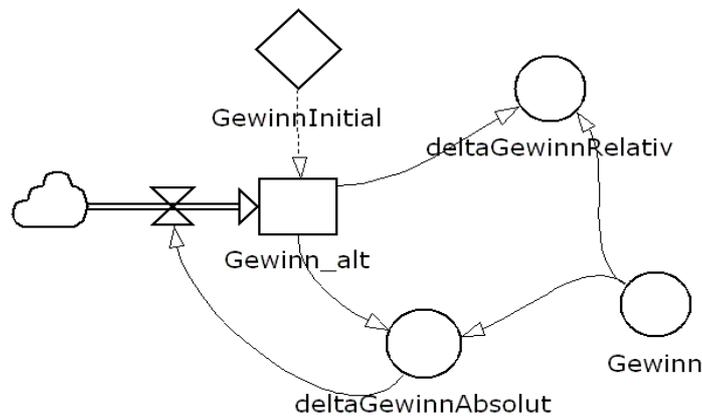


Abbildung 40: Rückfluss in den Gewinnspeicher

Eine etwas anders gelagerte Ausprägung des Problems der Referenzierung alter Werte ergibt sich bei den Kennzahlen auf der dritten Erweiterungsebene (3rd Extension) des Wirkungsgraphen. Hier ist häufig nötig, darauf zu achten, dass der Betrag nicht über 100 Prozent beziehungsweise 1 steigt. Um dies zu erreichen, wird in der Hilfsvariablen, die den Zufluss zur jeweiligen Kennzahl regelt, die vorgegebene Formel aus dem mathematischen Modell eingebettet in eine IF-Funktion. Diese testet, ob der alte Wert des Speichers aus der Vorperiode zusammen mit dem neuen

Zufluss über die Grenze von 1 hinausgeht. Ist dies der Fall, wird nur die Differenz aus dem Betrag 1 und dem altem Wert als Fluss weitergegeben. Das folgende Beispiel, das den Zufluss zum Kennzahl-speicher x_{k52} in Abhängigkeit vom Faktor M_5 regelt (vergleiche Anhang A), verdeutlicht dies:

$$\Delta x_{k52} = 0,0831M_5^3 - 0,0145M_5^2 + 0,0619M_5 - 0,0136$$

In der Software wird für das entsprechende Element die folgende Formel hinterlegt:

```
IF (
  0,0831*M5^3-0,0145*M5^2+0,0619*M5+xk52<1;
  (0,0831*M5^3-0,0145*M5^2+0,0619*M5)/Zeitraumkonstante;
  (1-xk52)/Zeitraumkonstante
)
```

Die Formel, die in der Software hinterlegt wurde, ist hier aus Gründen der Klarheit über mehrere Zeilen aufgelistet; in der Software wird der gesamte Ausdruck als eine Zeile hinterlegt. Die einzelnen Schritte der Überprüfung befinden sich dadurch jeweils auf einer eigenen Zeile: In der ersten Zeile innerhalb der IF-Funktion wird überprüft, ob durch den Zufluss das obere Limit von 1 eingehalten wird. Ist dies der Fall, wird der gesamte Betrag aus Zeile zwei der IF-Funktion (die Bedeutung der Variablen *Zeitkonstante* wird in Kapitel 4.3.3 erläutert) als Zufluss dem Speicher zugefügt. Wird das Limit jedoch verletzt, regelt die dritte Zeile der Funktion, dass nur die Differenz zwischen 1 und dem bestehenden Wert dem Speicher hinzugefügt wird (auch dieses Auftreten der Variablen *Zeitraumkonstante* geht aus Kapitel 3.3 hervor). In der Modellierung wird es dadurch nötig, dass die Hilfsvariable zur Zuflussregelung diejenige Variable referenziert, deren Höhe durch den zu regelnden Zufluss geändert wird. Da es sich bei x_{k52} um einen Speicher handelt, sind die beteiligten Elemente aus Sicht des Programms hinreichend entkoppelt; es kommt nicht zu einer unauflösbaren Zirkelreferenz. In Abbildung 41 wird die Modellierung für das erläuterte Beispiel gezeigt.

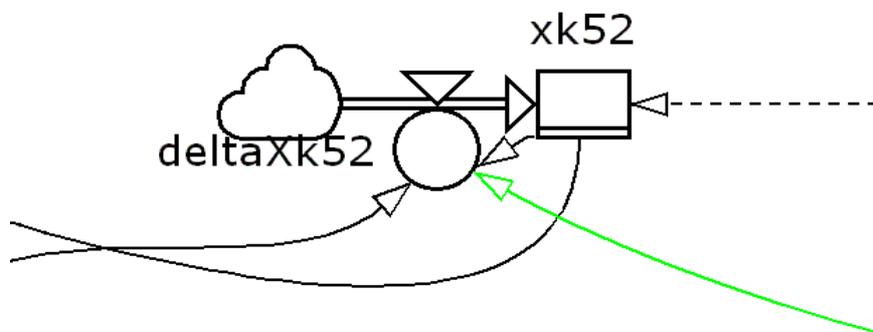


Abbildung 41: Modellierung von Speichern mit Wertgrenzen

4.3.2 Problem der Behaftung mit Einheiten

Aufgrund der Zusammenhangsermittlung mit Regressionsmethoden werden die meisten Werte im Modell mit polynomischen Formeln ermittelt. Als Beispiel hierfür dient die folgende Formel:

$$K_{3.2} = 0,0042 * x_{k32}^4 - 0,05 * x_{k32}^3 + 0,1458 * x_{k32}^2 - 0,15 * x_{k32} + 1,05$$

Wenn die Größe $K_{3.2}$ einen Betrag z in der Einheit $[a/b]$ hat, dann ergibt sich:

$$K_{3.2} = 0,0042 * z^4 [a/b]^4 - 0,05 * z^3 [a/b]^3 + 0,1458 * z^2 [a/b]^2 - 0,15 * z + 1,05$$

In diesem Fall können die einzelnen Terme nicht mehr zu einem Gesamtbetrag addiert beziehungsweise subtrahiert werden, da sie unterschiedliche Einheiten haben ($[a/b]^4$ ist nicht gleich $[a/b]^3$). Um dieses Problem zu umgehen und den gewünschten Zahlenbetrag zu erhalten, werden die von diesem Problem betroffenen Werte vor der Potenzierung mit einem Normierungsfaktor multipliziert, der lediglich aus dem Kehrwert der Einheit besteht. Durch die Multiplikation bleibt der einheitslose Betrag übrig, der weiter verwendet werden kann. Die Namen dieser Faktoren folgen im Modell dem Muster $norm\{X|M\}_{xx}$. In der unten stehenden Abbildung 42 liegt x_{k32} in der Einheit Tage/Stück (im Modell: da/Stk) vor, daher ist $normM35$ exakt 1 Stück/Tag. Insgesamt wird K_{32} in der Software durch die folgende Formel präsentiert:

```
K32:= IF(
  (xk32*normK32)<6;
  0,042*(xk32*normK32)^4-0,05*(xk32*normK32)^3+
  0,1485*(xk32*normK32)^2-0,15*(xk32*normK32)+1,05;
  0)
```

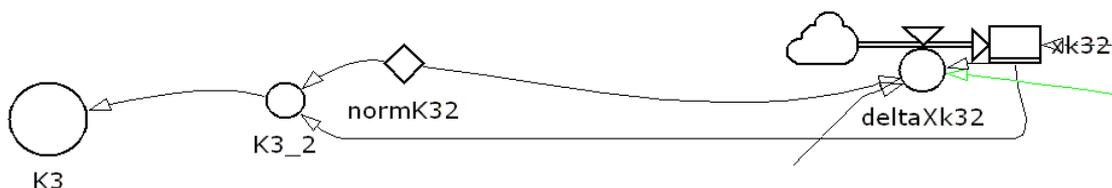


Abbildung 42: Normierungskonstanten zum Entfernen von Einheiten

4.3.3 Problem der fehlenden Zeiteinheiten

Laut den Regeln der Methode Business Dynamics werden Speicher im Zeitverlauf der Simulation über Zuläufe gefüllt und über Abläufe geleert. Die Größe dieser Flüsse wird durch zeitlich ratiierte Elemente beeinflusst. Eine solche Flussgröße

hängt also auch von der Zeit ab, in der der Fluss wirken kann. Ohne die Zeitdimension kann die Software den Fluss nicht in das Gesamtsystem einbeziehen, er bleibt ohne Wirkung auf die angebundenen Speicher.

Da die Einheiten - auch eventuelle zeitbezogene Einheiten - aus den meisten Größen herausgerechnet wurden, wurde den Raten, die auf die einzelnen Flüsse wirken, die Wirkungszeit in Form einer Konstante beigelegt. Diese Konstante hat den Wert eines Simulationsschritts, also jeweils ein Quartal. Auf den Ebenen der Dimensionen, Faktoren und Kennzahlen gibt es eine Konstante, die von den meisten auf einen Fluss wirkenden Größen referenziert wird. Die Konstante für diese Ebenen heißt *Zeitraumkonstante*. Wo dies unterlassen wurde, hatte dies optische Gründe, zum Beispiel dass die von der Konstante ausgehenden Referenzlinien störend über oder durch andere Elemente verlaufen wären.

Dieses Vorgehen kam weiterhin auch bei anderen Elementen zum Tragen, die zwar mit Einheiten versehen waren, bei denen aber die Zeitdimension bisher auch nicht betrachtet worden war; so wurde zum Beispiel der Hilfsgröße *deltaGewinnAbsolut*, die den absoluten Gewinnunterschied ausdrückt, die Konstante *Gewinnerfassungszeitraum* erweitert werden, um den Fluss periodengerecht ausdrücken zu können.

Diese Einschränkung ist zwar zunächst für den Modellierer äußerst lästig, stellt aber sicher, dass der Einfluss einer Größe wirklich über die richtige Anzahl von Perioden zum Tragen kommt. Zum Beispiel wäre es denkbar, dass ein Modell für jeden Simulationsschritt ein Jahr zu Grunde legt, aber der Wert einer Größe sich auf einen zweijährigen Wirkungszeitraum bezieht; durch die strikte Modellierungsvorschrift, die die Zeitkomponente erforderlich macht, wird sichergestellt, dass der Modellierer an dieser Stelle auch die Größe des Wertes durch zwei (Perioden) teilt.

Für das oben angeführte Beispiel der Größe *deltaGewinnAbsolut* führt die Modellkonstruktion aus Abbildung 43 zu richtigen, verwertbaren Ergebnissen.

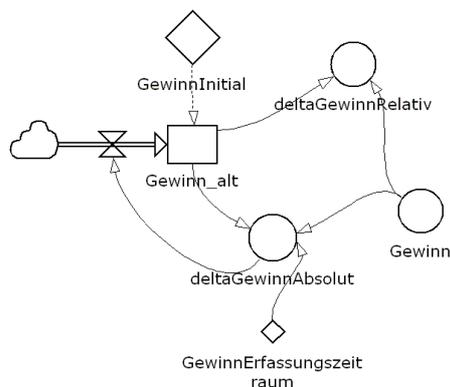


Abbildung 43: Konstante zur periodengerechten Ratierung

4.3.4 Betrachtung der erläuterten Problemlösungen

Die hier vorgestellten Lösungen für einzelne Probleme wurden zum größten Teil dadurch notwendig, dass zur Auffindung der mathematischen Zusammenhänge die Regression angewendet wurde. Insbesondere die Abstraktion von Einheiten ist im Hinblick auf den „Gedanken“ der Methode Business Dynamics durchaus kritisch zu betrachten, sie ist aber syntaktisch richtig. Da die dabei errechneten Werte auf höherer Ebene auf Prozentwerte (und damit einheitslose Werte) wirken, hätten die Einheiten auf dem Weg dahin sowieso schrittweise eliminiert werden müssen. Vor diesem Hintergrund kann der durch die Multiplikation mit dem Kehrwert frühzeitig erzwungene Informationsverlust als vertretbar bewertet werden.

4.4 Beschreibung der Simulationsszenarien

In diesem Abschnitt folgt eine Beschreibung der Szenarien, die als Grundlage für die Simulation verwendet wurden.

4.4.1 Funktionsweise von Szenarien

Für die Simulation wird zunächst eine Ausgangslage beschrieben, aus der heraus bei der Durchführung der Simulation Entwicklungen stattfinden. Diese Ausgangslage setzt sich aus der Kombination des Zustandes zahlreicher Eingabewerte zusammen. Die Eingabewerte legen die Startgrößen für Faktoren innerhalb des Simulationsmodells fest und werden in einem so genannten „Szenario“ zusammengefasst.

Eine derartige Zusammenfassung sorgt für Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Ausgangssituationen und stellt eine geeignete Methode zur Verwaltung jener Situationen dar. Für jede Situation kann eine schwerpunktmäßige Aussage festgelegt werden.

Im Anschluss an die Simulation kann überprüft werden, inwiefern das Szenario zu spezifischen Ergebnissen führt.

4.4.2 Struktur der Szenarien

Die im Rahmen dieser Arbeit verwendeten Szenarien stellen Startwerte für die aus den operationalisierten Konstrukten ausgewählten Kennziffern dar. Weitere Angaben beschreiben die Kennzahlen eines fiktiven Unternehmens. Eine Übersicht der verwendeten Kennzahlen ist in Tabelle 2 zu sehen. Die Bezeichnung „xk11“ bedeutet, dass es sich um den Eingabeparameter für die Kennziffer K1.1 handelt.

Tabelle 2: Kennziffern der Szenarien

| Parameter | Beschreibung der zugrunde liegenden Kennziffer |
|----------------------------|---|
| Kennziffern der Konstrukte | |
| xk11 | Mittlere Anlagenverfügbarkeit |
| xk13 | Reklamationsquote |
| xk22 | Sofort erledigungsquote |
| xk32 | Mittlere Zeitdauer bis zur Verfügbarkeit |
| xk41 | Mittlere Reaktionszeit bis zum Kundendienstesinsatz |
| xk52 | Servicegrad der Anliegen |
| xk63 | Mittlere Abweichung vom Kostenvoranschlag |
| xm11 | Mittlere Anzahl an Aufträgen je Mitarbeiter |
| xm23 | Planungserfüllung |
| xm31 | Produktivitätsgrad |
| xm35 | Kosteneffizienz pro Standardstunde |
| xm44 | Kostenfaktor BDE |
| xm53 | Mitarbeiterzufriedenheit |
| xm61 | Fortbildungsintensität |
| Unternehmensumfeld | |
| Q | Menge (Arbeitsstunden) |
| W | Lohnsatz (Stundenlohn) eines Servicetechnikers |
| InitialUmsatz | Anfangsumsatz |
| GewInitial | Anfangsgewinn |
| I | Investitionsquote für TKD |
| Steuern | Steuern |

4.4.3 Vorgehen beim Erstellung der Szenarien

Bei der Erstellung eines Szenarios wird zunächst die beabsichtigte (Kern)Aussage festgelegt. Im folgenden Szenario 2 sieht dies wie folgt aus:

„Beispielunternehmen A ist im Maschinen- und Anlagenbau tätig. Beim technischen Kundendienst werden keine mobilen Anwendungen verwendet. Dadurch werden bei Kundenanfragen in den meisten Fällen keine direkten Lösungshilfen geboten. Die Rückmeldung des Servicetechnikers trifft relativ spät bei der Leitstelle ein. Durch lange Anreisezeiten zu den Kundeneinsätzen ergibt sich ein großer Anteil unproduktiver Zeit.“

Für die bereits in der Struktur beschriebenen Kennziffern gilt in Bezug auf die Konstrukte, dass nur die im voraus ausgewählten, im Modell tatsächlich verwendeten Kennziffern mit Daten versehen werden. Daher wird beispielsweise die Kennziffern K1.1-„Mittlere Anlagenverfügbarkeit“ und K1.3 - „Reklamationsquote“, aber nicht die Kennziffer K1.2 – „Angemessenheit des Preis-/ Leistungsverhältnisses“ weiter betrachtet. Letztere wird zur Komplexitätsreduzierung im Szenario unterdrückt, da sie im Modell nicht weiter verwendet wird.

Für die einzelnen Kennziffern werden nun Einstufungen festgelegt.

- k11- „Mittlere Anlagenverfügbarkeit“ - durchschnittlich
- k13- „Reklamationsquote“ - gering

Dabei ist zu beachten, dass die Einstufung zur Kernaussage des Szenarios passt.

Bei den Einstufungsmöglichkeiten bestehen prinzipiell zwei mögliche Arten. Einerseits kann der Beitrag zur Erreichung des übergeordneten Konstruktes (z.B. „Kundenzufriedenheit“ für K1.1) festgelegt werden:

- starker positiver Beitrag (auf die Kundenzufriedenheit)
- positiver Beitrag (auf die Kundenzufriedenheit)
- neutraler Beitrag (zu der Kundenzufriedenheit)
- negativer Beitrag (zu der Kundenzufriedenheit)
- starker negativer Beitrag (zu der Kundenzufriedenheit)

Andererseits kann auch Bezug auf Größen wie beispielsweise den Branchendurchschnitt genommen werden. Dazu bieten sich folgende Einstufungen an:

- sehr hoch
- hoch
- durchschnittlich
- gering
- sehr gering

Es ist wichtig, die Art der Einstufung (Konstrukt/Branche) eindeutig festzulegen, um Probleme bei der Zuordnung der eigentlichen Parameterwerte zu vermeiden (siehe unten).

Als nächstes werden Funktionen des mathematischen Modells oder Branchenkennzahlen verwendet, um zu der gewählten Einstufung einen Wert zu ermitteln. Dabei wird hier im Anhang Wirkungszusammenhang die Methode zur Ermittlung der Werte näher beschrieben. Dabei ist der Effekt der gewählten Einstufung in Bezug auf die Konstrukte oder die Durchschnittswerte zu berücksichtigen. Ein mögliches Problem wird im Folgenden beschrieben: „k11– durchschnittlich“ oder „k11 – neutral“?

Die Einstufung „durchschnittlich“ verweist auf den Branchendurchschnitt oder einen vergleichbaren Durchschnittswert. Für den deutschen Maschinen- und Anlagenbau Industrie liegt die durchschnittliche Anlagenverfügbarkeit im Maschinenbau bei 89,3 Prozent (vgl. [VDMA 2002], S.169).

Wenn der Beitrag zur Kundenzufriedenheit gewählt wird, so liegt ein neutraler Beitrag zwischen 90 Prozent – 95 Prozent (vgl. [SIEBEL]). Es kann folglich einen unterschiedlichen Wert zwischen „neutral“ und „durchschnittlich“ geben. Bei der Entscheidung sollte die beabsichtigte Kernaussage beachtet werden. Im vorliegenden Fall wurde der Wert „0,9“ (90 Prozent) gewählt.

Bei der Untersuchung der Einflussgrößen auf die Kennziffern kann es vorkommen, dass Abhängigkeiten zu anderen bereits festgelegten Kennziffern entdeckt werden. Diese Abhängigkeiten sind zu berücksichtigen, gegebenenfalls werden die Einstufungen neu vorgenommen. Im verwendeten Modell wirkt der zugrunde liegende Faktor „Anzahl der Aufträge“ direkt auf mehrere Kennziffern (K2.3, K5.2, M1.1).

4.4.4 Beschreibung der Szenarien

Die erstellten Szenarien haben die folgenden Gemeinsamkeiten.

Es handelt sich um ein Unternehmen aus der Branche „Maschinen- und Anlagenbau“ mit dem Fokus auf den Funktionsbereich Technischer Kundendienst. Die Kennziffern, die das Unternehmen in Grundzügen beschreiben, sind gleich. Dazu gehören anfänglicher Umsatz, Gewinn, Steuern, Mitarbeiteranzahl des technischen Kundendienstes sowie die Investitionsquote in Ausstattungen des technischen Kundendienstes.

Soweit nicht anders gekennzeichnet, sind die Kennziffern auf eine Quartalsweise Betrachtung umgerechnet, wobei je 60 Arbeitstage unterstellt sind.

Bei der Behebung eines Schadens ist vertraglich zwischen dem Unternehmen und seinen Kunden eine Reaktionszeit von 24 Stunden vereinbart.

Szenario 1

Kernaussage: „Szenario 1 bezieht sich auf ein Unternehmen aus dem Maschinen- und Anlagenbau, das sich aus strategischen Gründen stark am technischen Kundendienst orientiert. Mobile Anwendungen sind nicht vorhanden. Kundenanliegen können jedoch zum Teil direkt gelöst werden durch entsprechende Organisation der Dokumentationsunterlagen. Die Rückmeldung des Servicetechnikers trifft zügig bei der Leitstelle ein. Durch lange Anreisezeiten zu den Kundeneinsätzen ergibt sich ein großer Anteil unproduktiver Zeit.“ Die Details sind in Tabelle 3 zu sehen.

Tabelle 3: Kennziffern zu Szenario 1

| Parameter | Beschreibung der zugrunde liegenden Kennziffer | Einstufung | Inputparameter („Stellschrauben“) |
|-----------|---|------------------|-----------------------------------|
| xk11 | Mittlere Anlagenverfügbarkeit | durchschnittlich | 0,9 |
| xk13 | Reklamationsquote | gering | 0,1 |
| xk22 | Sofort erledigungsquote | hoch | 0,83 |
| xk32 | Mittlere Zeitdauer bis zur Verfügbarkeit | gering | 3 |
| xk41 | Mittlere Reaktionszeit bis zum Kundendienstesinsatz | kurz | 0,3 |
| xk52 | Servicegrad der Anliegen | hoch | 0,3 |

4: Simulation und Auswertung

| | | | |
|---------------|--|--------|------------|
| xk63 | Mittlere Abweichung vom Kostenvoranschlag | gering | 0,1 |
| xm11 | Mittlere Anzahl an Aufträgen je Mitarbeiter | hoch | 12,5 |
| xm23 | Planungserfüllung | hoch | 0,95 |
| xm31 | Produktivitätsgrad | gering | 2 |
| xm35 | Kosteneffizienz pro Standardstunde | hoch | 0,85 |
| xm44 | Kostenfaktor BDE | hoch | 0,5 |
| xm53 | Mitarbeiterzufriedenheit | hoch | 0,8 |
| xm61 | Fortbildungsintensität | hoch | 6,2 |
| Q | Menge (Arbeitsstunden) | | 4800 |
| W | Lohnsatz (Stundenlohn) eines Servicetechnikers | | 64 |
| InitialUmsatz | Anfangsumsatz | | 1000000 |
| GewInitial | Anfangsgewinn | | 200000 |
| I | Investitionsquote für TKD | | 20 Prozent |
| steuern | Steuern | | 50 Prozent |

Szenario 2

Kernaussage: „Beispielunternehmen A ist im Maschinen- und Anlagenbau tätig. Beim technischen Kundendienst werden keine mobilen Anwendungen eingesetzt. Dadurch werden bei Kundenanfragen in den meisten Fällen keine direkten Lösungshilfen geboten. Die Rückmeldung des Servicetechnikers trifft relativ spät bei der Leitstelle ein. Durch lange Anreisezeiten zu den Kundeneinsätzen ergibt sich ein großer Anteil unproduktiver Zeit.“ Die Details sind in Tabelle 4 zu sehen.

Tabelle 4: Kennziffern zu Szenario 2

| Parameter | Beschreibung der zugrundeliegenden Kennziffer | Einstufung | Inputparameter („Stellschrauben“) |
|-----------|---|------------------|-----------------------------------|
| xk11 | Mittlere Anlagenverfügbarkeit | durchschnittlich | 0,9 |
| xk13 | Reklamationsquote | gering | 0,1 |
| xk22 | Soforterledigungsquote | gering | 0,42 |
| xk32 | Mittlere Zeitdauer bis zur Verfügbarkeit | lange | 5 |
| xk41 | Mittlere Reaktionszeit bis zum Kundendienstesinsatz | durchschnittlich | 0,9 |
| xk52 | Servicegrad der Anliegen | hoch | 0,3 |
| xk63 | Mittlere Abweichung vom Kostenvoranschlag | durchschnittlich | 0,15 |
| xm11 | Mittlere Anzahl an Aufträgen je Mitarbeiter | hoch | 12,5 |

4: Simulation und Auswertung

| | | | |
|---------------|--|------------------|------------|
| xm23 | Planungserfüllung | durchschnittlich | 0,6 |
| xm31 | Produktivitätsgrad | durchschnittlich | 2 |
| xm35 | Kosteneffizienz pro Standardstunde | durchschnittlich | 0,6 |
| xm44 | Kostenfaktor BDE | durchschnittlich | 0,25 |
| xm53 | Mitarbeiterzufriedenheit | hoch | 0,8 |
| xm61 | Fortbildungsintensität | hoch | 6,2 |
| q | Menge (Arbeitsstunden) | | 4800 |
| w | Lohnsatz (Stundenlohn) eines Servicetechnikers | | 64 |
| InitialUmsatz | Anfangsumsatz | | 1000000 |
| GewInitial | Anfangsgewinn | | 200000 |
| i | Investitionsquote für TKD | | 20 Prozent |
| steuern | Steuern | | 50 Prozent |

Szenario 3

Kernaussage: „Szenario 3 bezieht sich auf ein Unternehmen aus dem Maschinen- und Anlagenbau, das sich aus strategischen Gründen stark am technischen Kundendienst orientiert. Dort werden mobile Anwendungen erfolgreich eingesetzt. Kundenanliegen können meistens direkt beim telefonischen Kontakt gelöst werden, da der Servicebereich („Hotline“) direkt bei den Technikern Rückfragen kann. Die Rückmeldung des Servicetechnikers trifft wird per Funk nach Auftrags erledigung an die Leitstelle übermittelt. Die Anreisezeiten zu den Kundeneinsätzen werden mit mobilen Anwendungen zur produktiven Zeit, indem Berichte während der Zugfahrten geschrieben und Dokumentationen online gesichtet werden.“ Die Details sind in Tabelle 5 zu sehen.

Tabelle 5: Kennziffern zu Szenario 3

| Parameter | Beschreibung der zugrundeliegenden Kennziffer | Einstufung | Inputparameter („Stellschrauben“) |
|-----------|---|------------------|-----------------------------------|
| xk11 | Mittlere Anlagenverfügbarkeit | durchschnittlich | 0,9 |
| xk13 | Reklamationsquote | gering | 0,1 |
| xk22 | Soforterledigungsquote | sehr hoch | 0,92 |
| xk32 | Mittlere Zeitdauer bis zur Verfügbarkeit | sehr gering | 1,5 |
| xk41 | Mittlere Reaktionszeit bis zum Kundendienstesinsatz | kurz | 0,3 |
| xk52 | Servicegrad der Anliegen | hoch | 0,3 |

4: Simulation und Auswertung

| | | | |
|---------------|--|------------------|------------|
| xk63 | Mittlere Abweichung vom Kostenvoranschlag | gering | 0,1 |
| xm11 | Mittlere Anzahl an Aufträgen je Mitarbeiter | hoch | 12,5 |
| xm23 | Planungserfüllung | hoch | 0,95 |
| xm31 | Produktivitätsgrad | durchschnittlich | 5 |
| xm35 | Kosteneffizienz pro Standardstunde | hoch | 0,85 |
| xm44 | Kostenfaktor BDE | hoch | 0,5 |
| xm53 | Mitarbeiterzufriedenheit | hoch | 0,8 |
| xm61 | Fortbildungsintensität | hoch | 6,2 |
| Q | Menge (Arbeitsstunden) | | 4800 |
| W | Lohnsatz (Stundenlohn) eines Servicetechnikers | | 64 |
| InitialUmsatz | Anfangsumsatz | | 1000000 |
| GewInitial | Anfangsgewinn | | 200000 |
| I | Investitionsquote für TKD | | 20 Prozent |
| Steuern | Steuern | | 50 Prozent |

4.4.5 Vergleich der Szenarien

Beim Vergleich der Szenarien werden in Tabelle 6 die Einstufungen der Inputparameter gegenübergestellt und die Änderungen durch den Einsatz von mobilen Anwendungen beschrieben. Das Symbol „-“ steht verkürzend für eine geringe Einstufung der Inputparameter, „0“ für durchschnittliche Einstufung, „+“ für eine hohe und „++“ für eine sehr hohe Einstufung der Inputparameter.

Kundenzufriedenheit und Mitarbeiterproduktivität ergeben sich im Modell aus den Voreinstellungen der Inputparameter. Die Zusammenstellung dieser Inputparameter führt bei Szenario 1 und 3 zu einer erhöhten Kundenzufriedenheit und Mitarbeiterproduktivität als Ausgangslage (ca. 70 Prozent) und in Szenario 2 zu einer niedrigen Kundenzufriedenheit und Mitarbeiterproduktivität um die 50 Prozent – 60 Prozent.

Tabelle 6: Vergleich der Szenarien

| Kennziffer | Szenario 1 | Szenario 2 | Szenario 3 | Änderungen durch |
|---|---------------|---------------|---------------|---|
| Xk11 Mittlere Anlagenverfügbarkeit | 0 | 0 | 0 | |
| xk13 Reklamationsquote | + | + | + | |
| xk22 Soforterledigungsquote | + | - | ++ | Informationen stehen bereits bei einer Erstmeldung zur Verfügung. |
| xk32 Mittlere Zeitdauer bis zur Verfügbarkeit | + | - | ++ | Rückmeldungen werden direkt vor Ort erfasst, vom Kunden digital abgezeichnet und per Funk in die Zentrale übertragen. |
| xk41 Mittlere Reaktionszeit bis zum Kundendienstesatz | + | 0 | + | Techniker nehmen unabhängig von ihrem aktuellen Aufenthaltsort Serviceaufträge an. |
| xk52 Servicegrad der Anliegen | + | + | + | |
| xk63 Mittlere Abweichung vom Kostenvoranschlag | + | 0 | + | Vergleichbare Aufträge sind dokumentiert und dienen als Planungsgrundlage. |
| xm11 Mittlere Anzahl an Aufträgen je Mitarbeiter | + | + | + | |
| xm23 Planungserfüllung | + | 0 | + | |
| xm31 Produktivitätsgrad | - | - | 0 | Anreisezeiten werden durch den Einsatz von mobilen Anwendungen zur Produktivzeit, indem Berichte mit Laptops während einer Zugreise geschrieben werden. |
| xm35 Kosteneffizienz pro Standardstunde | + | 0 | + | Die generelle Produktivität steigt. |

4: Simulation und Auswertung

| | | | | |
|-------------------------------|---|---|---|---|
| xm44 Kostenfaktor BDE | + | 0 | + | Medienbrüche werden durch direkte Erfassung mit mobile Anwendungen vermieden. |
| xm53 Mitarbeiterzufriedenheit | + | + | + | |
| xm61 Fortbildungsintensität | + | + | + | |

4.4.6 Bemerkung zu den Szenarien

Kundenzufriedenheit und Mitarbeiterproduktivität ergeben sich im Modell aus den Voreinstellungen der Stellschrauben. In einem Szenario mit niedrigen Werten in Bezug auf die übergeordneten Konstrukte werden die berechneten Startwerte auch niedrig sein. Im vorliegenden Fall bedeutet dies, dass in Szenario 2 mit einer niedrigen Kundenzufriedenheit und Mitarbeiterproduktivität startet (um die 50 – 60 Prozent herum) und im Szenario 3 durch die erhöhten Kennziffern bereits ein erhöhtes Niveau um 70 Prozent herum.

5 Bewertung der Ergebnisse und Fazit

Dieses abschließende Kapitel enthält die Ergebnisse und Bewertungen dieses Projekts.

5.1 Darstellung der Ergebnisse im Kontext der Hypothese

Ausgangspunkt für die Auswertung der Simulationsergebnisse der betrachteten Szenarien ist die Hypothese der vorliegenden Arbeit (vergleiche Kapitel 3.1):

„Die Einführung einer Lösung unter zu Hilfenahme von mobilen Anwendungen im technischen Kundendienst erhöht die Kundenzufriedenheit und die Mitarbeiterproduktivität.“

Da es sich bei Kundenzufriedenheit und Mitarbeiterproduktivität um Konstrukte handelt, werden alternative Größen zur Bewertung des Erfolgs einer solchen Investition benötigt. Vor einem betriebswirtschaftlichen Hintergrund sind dabei Größen wünschenswert, die einen monetären Bezug aufweisen. Daher werden bei der folgenden Auswertung hauptsächlich Umsatz, Kosten und Umsatzrentabilität betrachtet.

Gegenstand der Auswertung sind die Ergebnisse der Simulationsläufe des erarbeiteten Modells für die in Kapitel 4.4 vorgestellten Szenarien.

5.1.1 Interpretation Szenario 1

Szenario 1 bezieht sich auf ein Unternehmen, bei dem die Ausrichtung an den Erfordernissen des Technischen Kundendienstes im Zentrum der Unternehmensstrategie steht. Eine mobile Anwendung findet jedoch bisher keine Anwendung. Der Simulationszeitraum beträgt 16 Quartale. Eine Simulation über den genannten Zeitraum ergibt eine Kundenzufriedenheit von 83% und eine Mitarbeiterproduktivität von 76%.

Diese Zahlen im Rahmen dieses Modells als relativ hoch zu bewerten, was durch die strategische Ausrichtung auf den Technischen Kundendienst erklärbar ist. Diese Ausrichtung zeigt sich unter anderem darin, dass das Konstrukt „Kundenzufriedenheit“ (vgl. dazu auch Kapitel 4.5) zu Anfang mit relativ guten Startgrößen durch die Faktoren Servicegradanliegen, Reaktionszeit, Kundendiensteinsatz, Sofort erledigungsquote, Reklamationsquote und Zeitdauer zur Verfügbarkeit ausgestattet wird. Hierbei hat die Dimension „Zufriedenheit mit der Reaktionszeit“ und ihr Faktor „Mittlere Reaktionszeit bis zum Kundendiensteinsatz“ die größte Auswirkung (28 %) auf das Konstrukt. Dadurch und durch die entsprechend starken Rückkoppelungseffekte wird ein relativ starker Einfluss auf die Umsatzrentabilität durch das Konstrukt ausgeübt. Der durchschnittliche Wert aus der Anlagenverfüg-

barkeit (K 1.1) wird durch die relativ guten Werte der übrigen Faktoren abgemildert, so dass eine Kundenzufriedenheit erreicht wird, die mit 83% im kundenbindenden Bereich liegt.

Im Konstrukt „Mitarbeiterproduktivität“ (vgl. dazu auch Kapitel 4.4) wird ebenfalls für alle Faktoren bis auf den Kostenfaktor für die Betriebsdatenerfassung (M 4.4) von als sehr gut anzusehenden Startgrößen ausgegangen. Der Einfluss der Dimensionen auf das Konstrukt ist, anders als beim Konstrukt „Kundenzufriedenheit“, proportional zur Anzahl der Dimensionen. Da sich die Ausrichtung des Unternehmens auf den Technischen Kundendienst unter anderem in einer hohen Fortbildungsintensität, Mitarbeiterzufriedenheit und Kosteneffizienz äußert, liegt die Mitarbeiterproduktivität bei 76%. Besonders stark fällt entsprechend das Feedback aus, welches von den Faktoren Ausstattung (M 5.1) und Mitarbeiterzufriedenheit (M 6.1) auf die restlichen Faktoren im Modell (siehe Wirkungsgraph in Kapitel 4.2) ausgeübt wird. Da die Ausstattung und Mitarbeiterzufriedenheit mit relativ hohen Startgrößen ausgestattet sind, wird in der Folge ein entsprechend starkes Feedback an die jeweiligen Faktoren weitergegeben. Dieses Feedback wirkt sich im weiteren Simulationsverlauf zunehmend stärkend auf das Gesamtergebnis aus. Ausstattung und Mitarbeiterzufriedenheit werden ihrerseits durch ein positives Feedback aus der Investitionsquote stärkend beeinflusst, so dass das Szenario in seiner Gesamtwirkung ein in Bezug auf die verfolgte Unternehmensstrategie der Ausrichtung am Technischen Kundendienst erfolgreiches Unternehmen darstellt. Dieser Sachverhalt schlägt sich in der Umsatzrentabilität von 15,82% nieder, die auch im Rahmen dieses Modell als hoch zu betrachten ist. Bei Betrachtung von Kosten und Gewinn im Simulationsverlauf fällt auf, dass die Kosten annähernd konstant bleiben bzw. gegen Ende der Simulation sogar leicht rückläufig sind. Der Umsatz nimmt fast linear zu, wie Abbildung 44 entnommen werden kann.

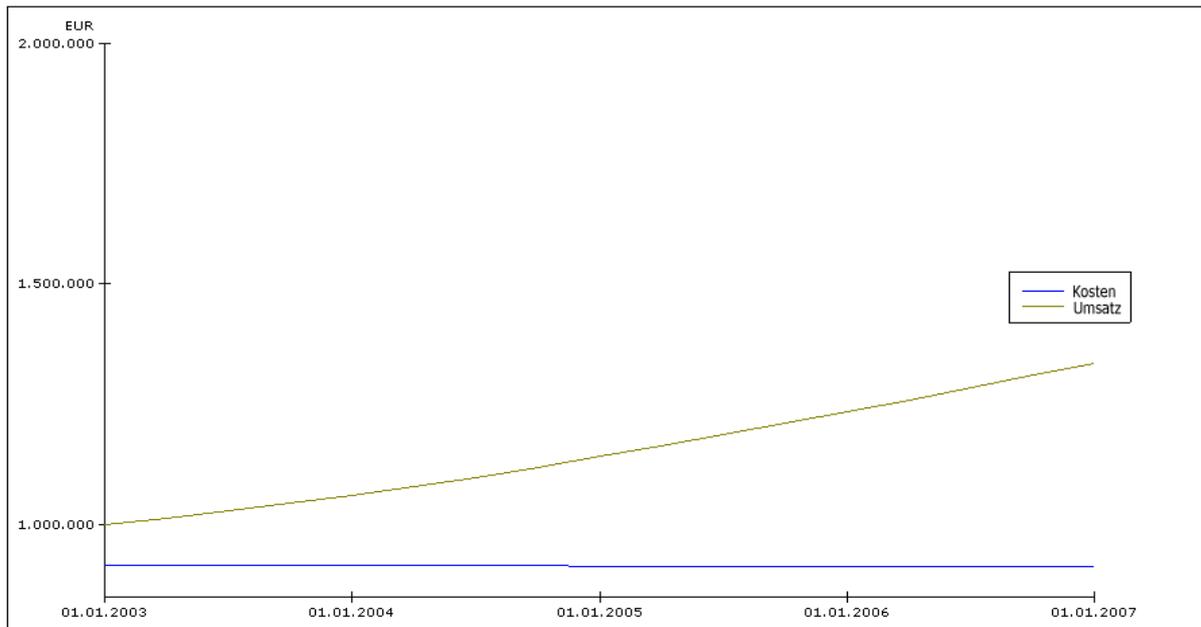


Abbildung 44: Kosten und Umsatz in Szenario 1

Bei diesem Ergebnis ist zu beachten, dass das betrachtete Unternehmen keine besonderen mobilen Anwendungen benutzt, obwohl die relativ hohe Umsatzrentabilität im Rahmen der Hypothese diesen Schluss ohne Kenntnis des Szenarios nahe legt.

5.1.2 Interpretation Szenario 2

Szenario 2 bezieht sich auf ein „normales“ Unternehmen, bei dem der technische Kundendienst nicht im Zentrum der Unternehmensstrategie steht. Das betrachtete Unternehmen arbeitet im technischen Kundendienst mit einer eher geringen Effektivität. Die Auftragsdisposition ist im Verhältnis ungenau und die Kommunikation mit den Mitarbeitern, die im Außendienst tätig sind, ist langsam und von niedrigem Informationsgehalt. Der genannte Sachverhalt spiegelt sich in den Startgrößen wider. Dementsprechend sind die Faktoren „Reklamationsquote“ (K 2.2) und „Sofort erledigungsquote“ (K 3.2) mit Startgrößen ausgestattet, die im Verhältnis als relativ schwach anzusehen sind. Der Faktor „Anlagenverfügbarkeit“ (K 1.3) wird mit einer durchschnittlichen Startgröße ausgestattet. Im Konstrukt „Mitarbeiterproduktivität“ sind die Faktoren „Planungserfüllung“ (M 2.3), „Produktivitätsgrad“ (M 3.1), „Kosteneffizienz pro Standardstunde“ (M 3.5) und der „Kostenfaktor BDE“ (M 4.4) mit für Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus durchschnittlichen Werte versehen, wodurch dem oben angeführten Sachverhalt Rechnung getragen wird. Zwar bewegt sich die Investitionsquote durchweg zwischen 17 % und 20 %, was die „Ausstattung“ (M 5.1) und „Mitarbeiterzufriedenheit“ (M 6.1) positiv beeinflusst. Ferner sind auch die Faktoren „Ausstattung“ (M 5.1) und „Mitarbeiterzufriedenheit“ (M 6.1), die den größten Teil des Feedbacks im Modell ver-

ursachen, anfangs mit überdurchschnittlich guten Startgrößen ausgestattet. Dennoch relativiert sich ihr positiver Einfluss auf das Gesamtsystem durch die durchschnittlichen bis geringen Vorgaben der übrigen Faktoren. Bei der Simulation über 16 Quartale erzielt das Unternehmen eine Kundenzufriedenheit von 70%, eine Mitarbeiterproduktivität von 74% und eine Umsatzrentabilität von 4,22%.

Wird der Verlauf von Kosten und Umsatz im Lauf der Simulation (Abbildung 45) betrachtet, fällt auf, dass der Umsatz zu Anfang zunächst sogar abnimmt, sich gegen Ende der Simulation aber noch erholen kann. Die Kosten bleiben über den ganzen Zeitraum hinweg fast konstant. Dadurch verläuft die Umsatzrentabilitätskurve parallel zur Umsatzkurve, was bewirkt, dass das betrachtete Unternehmen zu Anfang der Simulation sich kurzfristig sogar schlechter stellt, als dies in der Ausgangssituation der Fall ist. Anscheinend implizieren die schwachen Werte der Konstrukte am Anfang der Simulation, dass sich das Unternehmen in einem Bereich befindet, in dem es sehr leicht noch mehr Kunden verliert, in dem aber geringe Verbesserungen das Bild des Unternehmens in den Augen der Kunden auch schnell wieder besser werden lassen.

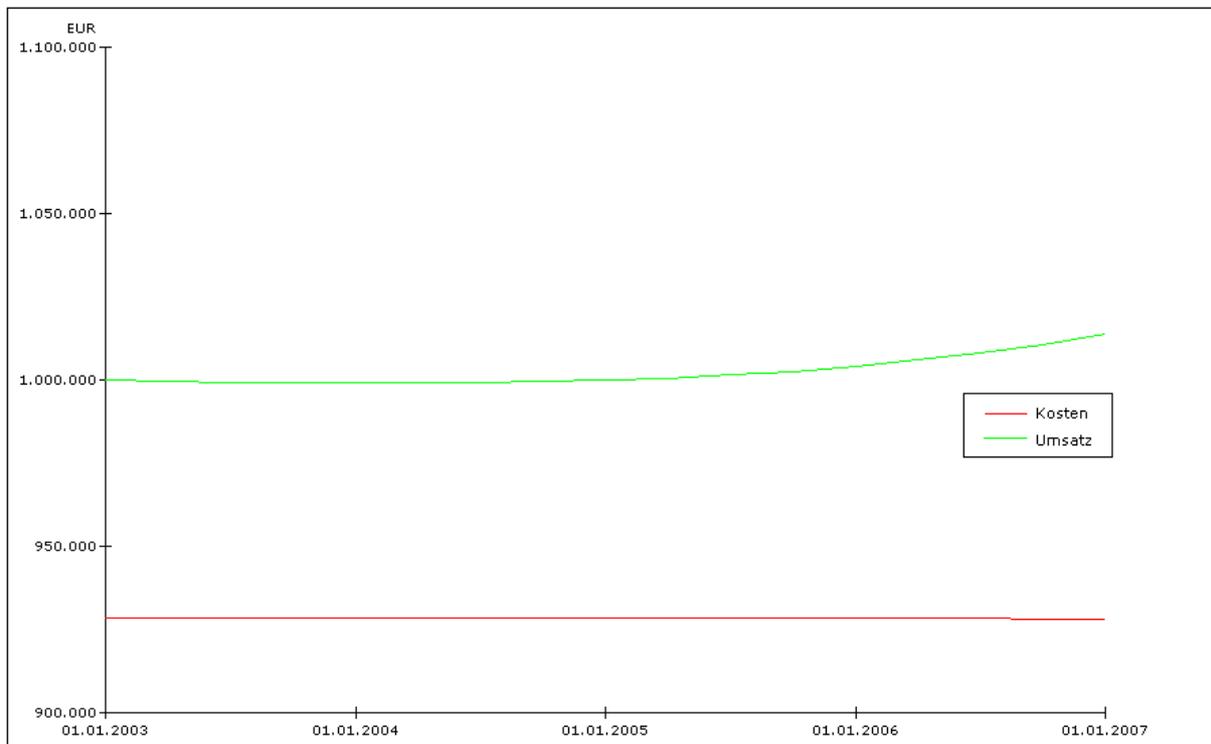


Abbildung 45: Umsatz und Kosten in Szenario 2

Insgesamt verdeutlicht dies, dass die Vernachlässigung des Technischen Kundendienstes dazu führen kann, dass der Gesamterfolg des Unternehmens deutlich geringer ausfällt, als dies bei Betrachtung der Unternehmensaufstellungen in den anderen Szenarien möglich scheint, bei denen der Technische Kundendienst im Zentrum der Unternehmensstrategien steht.

5.1.3 Interpretation Szenario 3

Szenario 3 gleicht bis auf die Faktoren Sofortigerledigungsquote (K 2.3), Mittlere Dauer zur Verfügbarkeit (K 3.2) und Produktivitätsgrad (M 3.1) dem ersten Szenario, diese Faktoren sind im vorliegenden dritten Szenario mit noch günstigeren Ausgangswerten belegt. Insbesondere ist der Faktor „Durchschnittliche Dauer bis zur Verfügbarkeit der Rückmeldung“ mit einem deutlich kleineren Wert belegt, was sich der Anwendung einer mobilen Anwendung zurechnen lässt. Über die 16 Quartale der Simulation bewirken die Werte dieser Kennzahlen einen stark erhöhenden Effekt auf die betrachtete Größe Umsatzrentabilität. Die Simulation des Unternehmens endet mit einer Mitarbeiterproduktivität von 79%, einer Kundenzufriedenheit von 84% und einer Umsatzrentabilität von 17,97%. Wie schon bei der Untersuchung von Szenario 1 angedeutet, sind diese Werte auch im Rahmen dieses Modell als hoch anzusehen; werden nur die Tendenzen in die Ergebnisbetrachtung einbezogen, so ist das dritte Szenario dasjenige, welches zum höchsten Niveau in Bezug auf die Umsatzrentabilität führt. Dies resultiert aus den höchsten Werten beim Umsatz und den gegen Ende geringfügig schneller sinkenden Kosten als in Szenario 1. Abbildung 46 zeigt diesen Verlauf.

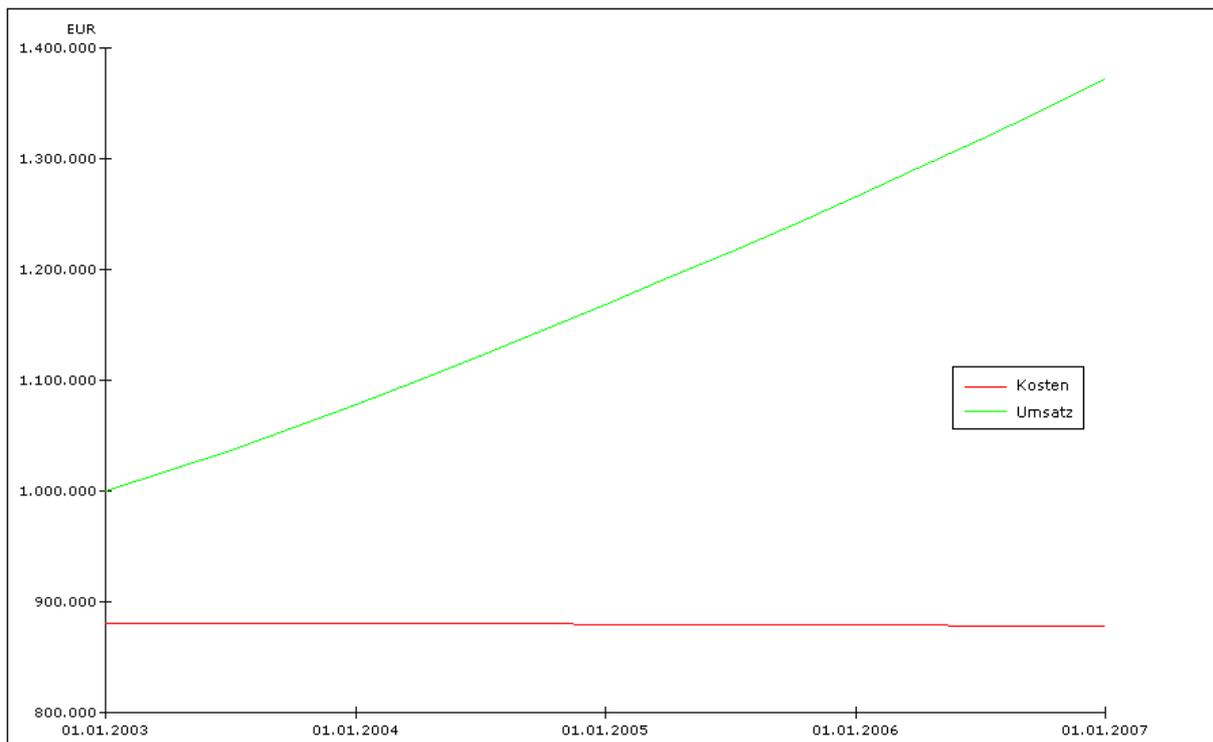


Abbildung 46: Kosten und Umsatz in Szenario 3

5.1.4 Zusammenfassung

Beim Vergleich der Ergebnisse fällt auf, dass die Umsatzrentabilität in Szenario 1 und Szenario 3 fast parallel zueinander verlaufen und nur in ihrer Höhe zu unterschiedlichen Werten führen, wie Abbildung 47 entnommen werden kann. Dies beruht

darauf, dass die Anfangswerte in Szenario 1 und 3 fast durchgängig gleich sind. Die wenigen leicht besseren Kennzahlen sowie die eine deutlich bessere Kennzahl sorgen für eine fast gleichbleibende Abweichung insgesamt, sie scheint aber die entstandenen Flüsse nicht dahingehend beeinflussen zu können, dass die Steigungen der Rentabilitätskurven sich signifikant unterscheiden. Letzteres ist hingegen in Szenario 2 der Fall, das sich in einer großen Zahl von Anfangswerten von den anderen beiden Szenarien unterscheidet. Wie Abbildung 47 entnommen werden kann, führt dieser Unterschied in den Anfangswerten zu einem völlig anderen Kurvenverlauf, der zunächst sogar zu einer Abnahme der Umsatzrentabilität führt.

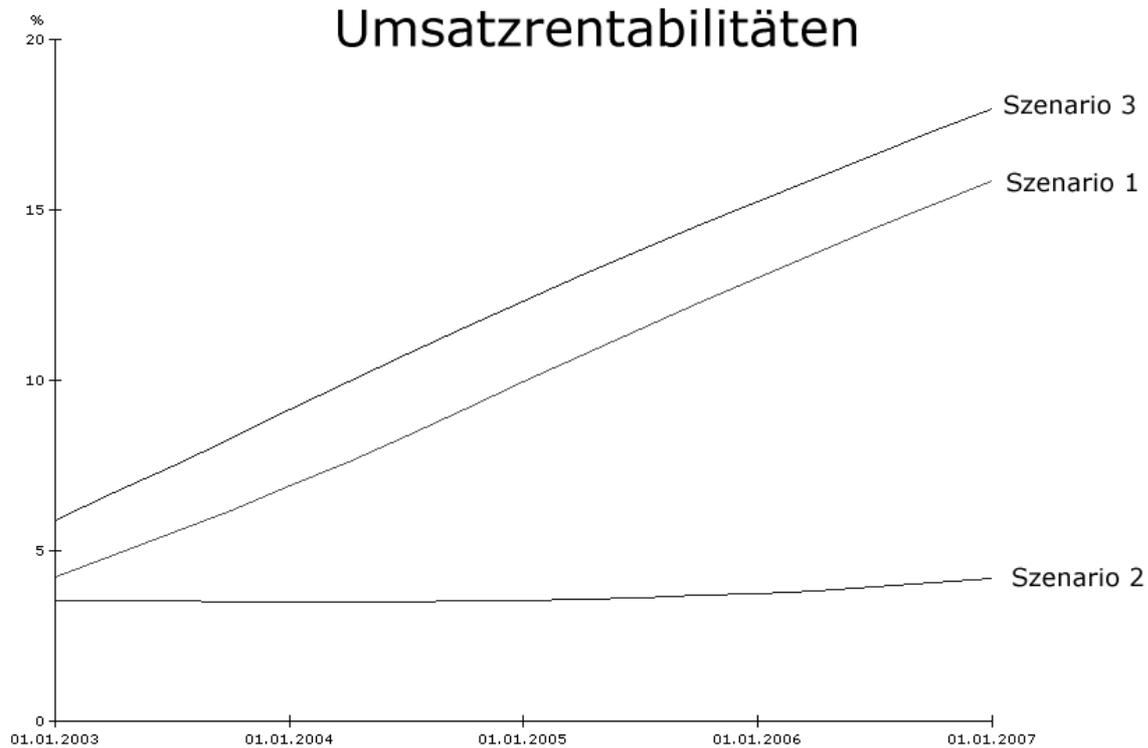


Abbildung 47: Umsatzrentabilitäten in den Szenarien

Die Kurven deuten an, dass eine große Anzahl ähnlicher Anfangsparameter zu einem ähnlichen Verhalten führt. Dies bedeutet insbesondere, dass es scheinbar möglich ist, bei gezielter Beeinflussung einiger Parameter die wirtschaftliche Entwicklung eines Unternehmens in ähnliche Bahnen zu lenken, wie das bei Unternehmen der Fall ist, die noch ein paar wenige Parameter mehr - allerdings zu unter Umständen erheblich höheren Kosten - verändern. Der Unterschied im Umfang der veränderten Parameter manifestiert sich hauptsächlich in der Höhe des Erfolgs, nur sehr wenig in der relativen Entwicklung.

Andersherum betrachtet setzt ein unterschiedlicher Kurvenverlauf bei der Umsatzrentabilität offensichtlich voraus, dass die Anfangswerte der einander gegenüber zu stellenden Szenarien unabhängig vom anfänglichen Niveau der Umsatzrentabilität hinreichend stark differieren. Dies impliziert, dass zwei Szenarien, die mit relativ stark unterschiedlichen Parametern zu Beginn eines Vergleichs auf dasselbe Rentabilitätsniveau kommen, im weiteren Verlauf der Simulation dennoch stark abweichende

Verhaltensweisen an den Tag legen. Bei ähnlicher wirtschaftlicher Ausgangslage können sich Unternehmen mit stark abweichenden Strategien, die sich in den Kennzahlen entsprechend manifestierten, in relativ kurzer Zeit nach diesem Modell sehr unterschiedlich entwickeln.

Bezug nehmend auf die der Arbeit zugrunde liegende Hypothese, dass mobile Anwendungen im Technischen Kundendienst zu einer höheren Rentabilität führen, lässt sich feststellen, dass diese Hypothese nach den Maßstäben des erarbeiteten Modells Bestand hat. Das Unternehmen in Szenario 3 erzielt die höchste Umsatzrentabilität. Wird der Unterschied zu den Unternehmen aus Szenario 1 und aus Szenario 2 betrachtet, kann allerdings auch festgestellt werden, dass die allgemeine Ausrichtung am Kundendienst (Szenario 1 und 3) deutlich stärker zum Unternehmenserfolg beiträgt, als eine etwa genutzte mobile Anwendung das tut. Dennoch bringt eine solche Anwendung aber einen Bonus: Erstens erzielt das Unternehmen im dritten Szenario die mit Abstand höchste Umsatzrentabilität. Und zweitens kann im Laufe der Simulation das Unternehmen aus Szenario 3 seine Umsatzrentabilität um weitere 0,4% mehr steigern als das kundendienstorientierte Unternehmen aus Szenario 1.

Die Szenarien 1 und 3 sind für diesen Vergleich gut geeignet; trotz weitgehend nur geringer Abweichungen in den Kennzahlen wird ein Unterschied von rund 2% in der Umsatzrentabilität erzielt. Der geringe Unterschied in den Startwerten macht zusammen mit dem deutlichen Abstand in der Umsatzrentabilität klar, dass der Einfluss einer mobilen Anwendung im Technischen Kundendienst des Maschinen- und Anlagenbaus zu deutlichen Wettbewerbsvorteilen führt. Dies verdeutlicht noch einmal, wie wichtig es ist, über den direkten Vorteil einer Investition hinaus den Rückkoppelungseffekt aus ihr, der sich im Verlauf der Zeit ergibt, nicht zu unterschätzen beziehungsweise zu vernachlässigen.

Szenario 2 ist eine gute Ergänzung zu den anderen beiden Szenarien. Das stark abweichende Verhalten dieses Szenarios mit dem noch weitaus größeren Abstand im Betrag der Umsatzrentabilität zu den Szenarien 1 und 3 hilft dabei, den Effekt einer mobilen Anwendung im Vergleich zu anderen Effekten (wie Einbeziehung des Technischen Kundendienstes in die Unternehmensstrategie) wertmäßig richtig einzuordnen.

5.2 Fazit und Ausblick

In diesem letzten Abschnitt folgen das Fazit der im vorangegangenen Kapitel bewerteten Ergebnisse der Simulation mit einer kritischen Betrachtung und ein Ausblick.

Bezogen auf die ursprüngliche Aufgabenstellung deckt die Arbeit des Projektes den folgenden Nutzen auf. Für Entscheidungsträger eines Unternehmens wird das Sys-

temverständnis hinsichtlich des technischen Kundendienstes und der Auswirkung mobiler Anwendungen gefördert. Bisher nicht betrachtete Aspekte der Ursache-Wirkungs-Beziehungen treten deutlicher zu Tage; direkte und indirekte Einflüsse zwischen Kennziffern werden aufgedeckt.

Der Entscheidungsträger erhält durch die Simulation auf Basis eines mathematischen Modells mit Business Dynamics eine fundierte Entscheidungsgrundlage über die Einführung mobiler Anwendungen in seinem Unternehmen. Dabei können die langfristigen Auswirkungen der Maßnahme dargestellt werden und insbesondere auf die bisher nicht darstellbare Effektivität in Bezug auf die Unternehmensziele „Mitarbeiterproduktivität“ und „Kundenzufriedenheit“ untersucht werden. Aussagen über die zeitliche Entwicklung der Konstrukte und Kennziffern werden trotz der Komplexität der untersuchten Aspekte durch den Einsatz einer Simulationssoftware in kurzer Zeit möglich. Dadurch kann ein breites Spektrum an Entscheidungen durchgespielt und in den Konsequenzen dargestellt werden.

Die Stärken einer solchen Simulation mit Business Dynamics liegen darin, dass der Einfluss von Maßnahmen auf Geschäftsprozesse in der Tendenz erkennbar wird und die Zukunft dadurch in bedingtem Maße kurz- bis mittelfristig vorhersagbar wird. Der im Rahmen des Projektes betrachtete Zeitraum von vier Jahren kann noch geringfügig erweitert werden, ohne an Aussagekraft zu verlieren.

Die Wirkungsweise in einem komplexen Zusammenhang wird darüber hinaus verdeutlicht. Dabei ist die ganzheitliche Betrachtung eines Systems und der möglichen Konsequenzen einer noch nicht gefällten Entscheidung als Ursache-Wirkungs-Beziehung möglich geworden.

Allerdings gibt es einige Schwächen in Bezug auf das erstellte Modell und der Modellierung allgemein.

Bei den Schwachpunkten des Modells sei hauptsächlich zu nennen, dass die mathematischen Zusammenhänge empirisch nicht hinterlegt sind. Für die Quantifizierung der Kennziffern sind empirisch nicht gesicherte Daten als Stichpunkte zur Funktionsbildung benutzt worden. Beim Zusammenwirken der einzelnen Faktoren auf die Dimensionen der Konstrukte stellt sich die Frage nach der korrekten Gewichtung der Konstrukte beziehungsweise ob eine lineare Konstruktabhängigkeit der Realität entspricht. Zur Verdeutlichung: bei der untersuchten Konstruktdimension „K1: Zufriedenheit mit der Dienstleistung insgesamt“ wirken die zwei Faktoren „K1.1: Zuverlässigkeit der Dienstleistung insgesamt“ und „K1.3: qualitative Zuverlässigkeit „je zur Hälfte ein. Dieser Faktor von 0,5 wurde frei gewählt.

Trotz starker Beschränkung der ausgewählten Kennziffern ergibt sich ein sehr komplexes Modell, dessen zahlreichen Wirkungsbeziehungen Potential für Fehlmodellierungen bietet. Mit 14 Kennziffern wurden weniger als die Hälfte der 37 aufgestellten Kennziffern der Konstrukte für die weitere Modellierung ausgewählt, und es

ergibt sich trotzdem eine sehr hohe Komplexität. Mit steigender Komplexität erhöht sich die Chance, einen Zusammenhang fehlerhaft zu modellieren oder zu quantifizieren. So ist beispielsweise die festgestellte Beschränkung der Kundenzufriedenheit auf rund 83 Prozent auf den ersten Blick nicht erklärbar, und erfordert weitere Untersuchungen.

Das vorgegebene Beispielszenario „Kundendienst mit mobilen Anwendungen“ ist bisher nicht empirisch untersucht worden, so dass hierfür keine Faktenbasis zur Verfügung steht. Die im Modell verwendeten Kennziffern sind aus mehreren Studien abgeleitet, und in dem neuen Zusammenhang daher nur bedingt gültig. Im Einzelfall kann eine Kennziffer aus dem ursprünglich untersuchten Rahmen gelöst und hier in einem neuen Kontext mit anderen Kennziffern kombiniert worden sein. Dadurch wurde die belegte Gültigkeit der Wirkungszusammenhänge verletzt. Ebenso sind Untersuchungen zur Mitarbeiterproduktivität bisher nur in geringem Umfang mit aussagekräftigen Ergebnissen durchgeführt worden. Die Resultate der vorhandenen Studien wurden neu kombiniert. Daher ist das operationalisierte Konstrukt „Mitarbeiterproduktivität“ zwar plausibel, aber aufgrund mangelnder empirischer Fundierung nach Ansicht der Verfasser nur mit eingeschränkter Aussagekraft verwendbar.

In Bezug auf die Simulation erscheinen die absoluten Ergebniswerte unrealistisch. Eine Umsatzrentabilität von 17 Prozent kann nur durch die Beschränkung der Betrachtung auf den vom Kundendienst beeinflussten Teil des Umsatzes gedeutet werden, oder, was in diesem Falle wahrscheinlicher ist, nur tendenziell Aussagekraft besitzen. Im Falle der Szenarien 1 und 3 ist die Umsatzrentabilität deutlich gestiegen, und beim Einsatz von mobilen Anwendungen in Szenario 3 liegt die Umsatzrentabilität höher.

Es existieren keine Szenarien mit gleichen Ausgangsniveaus für die Konstrukte Mitarbeiterproduktivität und Kundenzufriedenheit, die unterschiedliche (und damit eindeutige) Ergebnisse in Bezug auf die Umsatzrentabilität bei verschiedenen Startwerten für die Kennziffern erzeugen. Diese Startwerte verändern schließlich bereits die Startgrößen der Konstrukte. Es ist nicht auszuschließen, dass die Höhe des Startniveaus von Kundenzufriedenheit und Mitarbeiterproduktivität den weiteren Verlauf der Zielgröße stark beeinflusst.

Darüber hinaus finden sich weitere Schwächen bei der Modellierung allgemein. Die gewählte Form zur Bestimmung von Wirkungszusammenhängen mit Regression kann inhaltlich zu Problemen führen, da von den Einheiten abstrahiert wird. Ein generelles Problem bei einer solchen Simulation liegt in der beschränkten Gültigkeit der Ursprungsparameter während der Laufzeit. Die Nebenbedingungen können sich innerhalb eines mittel- bis langfristigen Zeitraumes ändern und dadurch werden die zu Beginn getroffenen Annahmen ungültig.

In diesem Projekt wurde eine Nutzenveränderung für den Geschäftserfolg von Unternehmen durch die Einführung von Informationstechnologien in Form von mobilen Anwendungen simuliert. Die Umsatzrentabilität stieg als Folge des in der Realität nicht direkt messbaren Nutzens von Mitarbeiterproduktivität und Kundenzufriedenheit. Diese Unternehmensziele wurden als Konstrukte mit quantifizierbaren Größe dargestellt. Die Nutzenveränderung durch Ursache-Wirkungszusammenhänge konnte anhand der erstellten Szenarien gezeigt werden.

Damit wurde gezeigt, dass es generell möglich ist, mit Hilfe eines mathematischen Modells die Geschäftsprozesse zu simulieren und die Simulationemethode Business Dynamics zur Unterstützung einer besseren Entscheidungsfindung in Unternehmen heranzuziehen. Die Vorgehensweise zur Modellierung und Simulationserstellung mit Business Dynamics wurde im Rahmen dieser Arbeit dokumentiert.

Zur Weiterführung dieses Projektes ist zu empfehlen, nur fundierte Daten und Zusammenhänge verwenden. Ein genaueres, aussagekräftigeres Ergebnis der Simulation wird dann erzielbar sein. Weitere Iterationen zur Nachmodellierung mit einer schrittweisen Verbesserung der mathematischen Zusammenhänge sind notwendig. Die bereits erwähnte wertmäßige Beschränkung von Konstrukten gibt einen Hinweis auf Verbesserungspotential bei dem Modell. Die festgestellte Beschränkung des Wertes bei der Kundenzufriedenheit ist auf Fehler zu untersuchen.

Mögliche zukünftige Entwicklungen bestehen darin, dass weitere Untersuchungen zu dem Konstrukt Mitarbeiterproduktivität und zur Wechselwirkung zwischen den Konstrukten, und die tatsächliche Wertveränderung der Kennzahlen durch mobile Anwendungen durch den verstärkten Einsatz in Unternehmen zur Verfügung stehen werden. Dadurch wird eine bessere Faktenbasis zur Erstellung einer solchen Simulation gewonnen.

Anhang A. Literatur- und Quellenverzeichnis

- [Bauer 00] Bauer, M.: Kundenzufriedenheit in industriellen Geschäftsbeziehungen: kritische Ereignisse, nichtlineare Zufriedenheitsbildung und Zufriedenheitsdynamik. Gabler, Wiesbaden, 2000.
- [Bossel 94] „Modellbildung und Simulation“, H. Bossel, Vieweg Verlagsgesellschaft 1994
- [Brockhaus 99] Brockhaus - Die Enzyklopädie in 24 Bänden. F. A. Brockhaus, Leipzig, Mannheim, 20. Auflage, 1996 - 99.
- [Coyle 77] „Management System Dynamics“, Coyle, R.G., Wiley & Sons Ltd. 1977
- [Coyle 96] „System-Dynamics-Modelling“, R. G. Coyle, First edition 1996, Chapman & Hall, London; Seiten 31 - 33
- [Enßner 92] Enßner, H.: EDV-Einsatz im Service. In: VDI-Berichte Nr. 964: Marketingerfolg durch Servicekompetenz. VDI-Verlag, Düsseldorf, 1992.
- [HinMatz 02] Hinterhuber, H. H., Matzler K. (Hrsg.): Kundenorientierte Unternehmensführung. Gabler, Wiesbaden, 3. Auflage, 2002.
- [HomDaum 97] Homburg, C., Daum D.: Marktorientiertes Kostenmanagement - Kosteneffizienz und Kundennähe verbinden. Frankfurter Allgemeine Zeitung Verlag, Frankfurt am Main, 1997.
- [HomGie 98] Homburg, C., Giering, A.: Konzeptualisierung komplexer Konstrukte - Ein Leitfaden für die Marketingforschung. In: Hildebrandt, L., Homburg, C.: Die Kausalanalyse - Ein Instrument der empirischen betriebswirtschaftlichen Forschung. Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 1998.
- [HomRu 98] Homburg, C., Rudolph B.: Die Kausalanalyse als Instrument zur Messung der Kundenzufriedenheit im Industriegütermarketing. In Hildebrandt, L., Homburg C. (Hrsg.): Die Kausalanalyse – Ein Instrument der empirischen betriebswirtschaftlichen Forschung. Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 1998.

- [Jacobs] Bernhard Jacobs, Homepage der Universität Saarland,
<http://www.phil.uni-sb.de/~jakobs/seminar/vpl/theorie/hypothesen.htm> [Stand: 22.02.2003]
- [Legasto et al 80] Legasto, A.A. et al. (Eds.): Studies in the Management Sciences – System Dynamics. North-Holland Publishing Company, Amsterdam et al., 1980.
- [Lehmann96] Lehmann, Axel P.: Qualität und Produktivität im Dienstleistungsmanagement: strategische Handlungsfelder im Versicherungs- und Finanzdienstleistungswettbewerb / Axel P. Lehmann Wiesbaden : Gabler, 1998.
- [Niemeier 94] Niemeier, Joachim: Mobile Computing – Informationstechnologie ortsgebunden nutzen. Computerwoche Verlag, München, 1994.
- [Roberts et al 83] Roberts, N. et al. (Eds.): Introduction to Computer Simulation – A System Dynamics Modeling Approach. Addison-Wesley Publishing Company, Massachusetts et al., 1983.
- [Schwetje99] Schwetje, Thomas: Kundenzufriedenheit und Arbeitszufriedenheit bei Dienstleistungen: Operationalisierung und Erklärung der Beziehungen am Beispiel des Handels / Thomas Schwetje Wiesbaden: Gabler, 1999.
- [Siebel] <http://www.siebel.com/de/about/customerfocus/>, zuletzt besucht am 2003-01-20
- [Tanto-Xipolis 02] Tanto Xipolis GmbH: Tanto-Xipolis Datenbank. Unter: <http://www.tanto.de>; eingesehen am 05.11.02
- [TöpfLuch 99] Töpfer, Armin [Herausgeber] Kundenzufriedenheit messen und steigern / mit Beitrag von Ewald Bauer Armin Töpfer (Herausgeber). - 2, erweiterte und überarbeitete Auflage Neuwied und andere: Luchterhand, 1999 - XVIII, S. 615
- [US Depart. of Energy 03] U.S. Departement of Energy: U.S. Departement of Energy's Introduction to System Dynamics. Unter: <http://www.albany.edu/cpr/sds/DL-IntroSysDyn/inside.htmS>; eingesehen am 07.01.2003.

- [VDMA 2002] VDMA Betriebswirtschaft: Kennzahlenkompass – Ausgabe 2002.
VDMA Verlag GmbH, Frankfurt/Main
- [Weber] Weber, Homepage der Fachhochschule Fulda <http://www.fh-fulda.de/fb/sw/profs/weber/wiss-doc.doc> [Stand 22.02.2003]

Anhang B. Aufstellung der erarbeiteten Konstrukte

Tabelle 7 und Tabelle 8 enthalten eine vollständige Beschreibung der im Rahmen dieser Arbeit ausgearbeiteten Konstrukte. Zu jeder Konstruktdimension sind die einzelnen Faktoren aufgeführt und im Hinblick auf die Wettbewerbsdimensionen „Zeit“, „Kosten“ und „Qualität“ klassifiziert. Die Spalte „Inhalt“ enthält jeweils eine kurze fachliche Charakterisierung des betreffenden Faktors. Es folgt die Nennung einer für die Messung des Faktors geeigneten Kennzahl und die Beschreibung des Verfahrens, anhand dessen der Wert der Kennzahl ermittelt werden kann. Die Spalte „Bewertung“ beschreibt schließlich eine im Sinne des Unternehmens positive Entwicklung der Kennzahl. Die für die Modellierung und Simulation ausgewählten Faktoren sind durch **Schattierung** hervorgehoben.

Tabelle 7: Das Konstrukt Kundenzufriedenheit

| Dimension | Faktor | Inhalt | Kennzahl | Messverfahren | Bewertung |
|--|--|--|-------------------------------|---|--|
| K1: Zufriedenheit mit der Dienstleistung insgesamt | K1.1: Zuverlässigkeit der Dienstleistung insgesamt (Zeit/Qualität) | Zuverlässige Erfüllung des Wartungsauftrags | Mittlere Anlagenverfügbarkeit | Mittlere durchschnittliche Nutzungszeit [Mean Time Between Failure (MTBF)] / (mittlere durchschnittliche Nutzungszeit [MTBF] + mittlere Ausfallzeit [Mean Time To Repair (MTTR)]) | Die Kennzahl sollte im Vergleich größer werden. |
| | K1.2: Angemessenheit des Preis-/ Leistungsverhältnisses (Kosten) | Subjektive Einschätzung der Qualität der Serviceleistung im Verhältnis zum Preis | Kundenzufriedenheit | Kundenbefragung | Die Kennzahl sollte im Vergleich größer werden. |
| | K1.3: qualitative Zuverlässigkeit (Qualität) | Anzahl der Reklamationen im Bezug auf Qualitätsmängel | Reklamationsquote | Anzahl der Reklamationen / Gesamtanzahl der Serviceaufträge | Die Kennzahl sollte im Vergleich kleiner werden. |
| | K1.4: zeitliche Zuverlässigkeit (Zeit) | Anteil von Vorgängen mit Terminezusagen, die im vorgegebenem Zeitrahmen erbracht worden sind | Termineinhaltungsquote | Anzahl der Vorgänge mit eingehaltenem Zeitrahmen / Gesamtzahl der Vorgänge mit Terminezusagen | Die Kennzahl sollte im Vergleich größer werden. |

| Dimension | Faktor | Inhalt | Kennzahl | Messverfahren | Bewertung |
|--|--|--|---|--|---|
| K2: Zufriedenheit mit dem technischen Kundendienst bzw. den Servicetechnikern | K2.1: Kenntnisse über die Einsatzbedingungen der Instandhaltungsobjekte (Qualität) | Kundenbezogene Kenntnisse des Servicetechnikers über das Instandhaltungsobjekt (Einsatzzweck, Kundenstamm, Historie) | Informationsgrad | Anzahl der fehlenden bzw. lückenhaften Einträge / Gesamtzahl der Einträge | Die Kennzahl sollte im Vergleich kleiner werden. |
| | K2.2: Kompetenz (Qualität, enthält auch Aspekte von K2.3) | Anteil der Servicevorgänge, bei denen die Leistung beim ersten Kundendienstesinsatz vollständig erbracht wird | Sofort erledigungsquote | Anzahl der Schadensmeldungen / Anzahl der Einsätze des Servicetechnikers | Die Kennzahl sollte im Vergleich größer werden. |
| | K2.3: Häufigkeit von Nachbearbeitungen (Zeit) | Nachbearbeitungszeit aufgrund von mangelhaft ausgeführten Aufträgen | Nachbearbeitungszeit | Nachbearbeitungszeit pro Zeitperiode | Die Kennzahl sollte im Vergleich kleiner werden. |
| K3: Zufriedenheit mit den technischen und betriebswirtschaftlichen Rückmeldungen | K3.1: Informationsgehalt der Rückmeldungen (Qualität) | Transparenz und Übersichtlichkeit von Rechnungen, Prüfberichten usw. | Reklamationsquote der Rückmeldungen | Anzahl der Rückfragen und Reklamationen / Anzahl der Rückmeldungen | Die Kennzahl sollte im Vergleich kleiner werden. |
| | K3.2: Verfügbarkeit der Rückmeldungen (Zeit) | Ausstellung von Rechnungen, Prüfberichten usw. | Mittlere Zeitdauer bis zur Verfügbarkeit | Summe (Zeitpunkt der Verfügbarkeit – Zeitpunkt der Erstellung durch den Servicetechniker) / Anzahl der Rückmeldungen | Die Kennzahl sollte im Vergleich kleiner werden (Bewertung anhand eines Branchenwerts). |
| K4: Zufriedenheit mit der Auftragsabwicklung | K4.1: Wartezeit bis zum Kundendienstesinsatz (Zeit) | Zeitdauer zwischen Anforderung und Einlösung des Kundendienstes | Mittlere Reaktionszeit bis zum Kundendienstesinsatz | Summe (Zeitpunkt der Anforderung – Zeitpunkt der Einlösung) / Gesamtzahl der Kundendienstesätze | Die Kennzahl sollte im Vergleich kleiner werden (Bewertung anhand eines Branchenwerts). |
| | K4.2: Zeitdauer der Durchführung (Zeit) | Zeitbedarf, der für die reine Ausführung der Serviceleistung benötigt wird | Mittlere Durchführungszeit | Summe (Zeit des Auftragseingangs bis zur vollständigen Bearbeitung) / Anzahl der Serviceaufträge | Die Kennzahl sollte im Vergleich kleiner werden (Bewertung anhand eines Branchenwerts). |
| | K4.3: Auftragsannahme (Qualität) | Vollständigkeit und Richtigkeit von kundenspezifischen Informationen (Kundenstamm und Wartungshistorie) | Fehlergrad | Anzahl der fehlerhaften bzw. lückenhaften Einträge / Gesamtzahl der Einträge | Die Kennzahl sollte im Vergleich kleiner werden. |
| | K4.4: Wartezeit bis zum Rechnungseingang (Zeit) | Zeitdauer bis zum Rechnungseingang beim Kunden | Mittlere Zeitdauer der Rechnungsstellung | Summe (Zeitpunkt der Rechnungsstellung – Endzeitpunkt der Auftragsabwicklung) / Gesamtzahl der Serviceaufträge | Die Kennzahl sollte im Vergleich kleiner werden. |

| Dimension | Faktor | Inhalt | Kennzahl | Messverfahren | Bewertung |
|---|--|---|---|--|---|
| K5: Zufriedenheit mit der Kommunikation | K5.1: Erreichbarkeit des Geschäftsbereichs bzw. des Servicetechnikers (Zeit) | Erstkontakt des Kunden mit dem Serviceanbieter und der ersten sichtbaren Maßnahme (Rückruf, Besuch) | Mittlere Reaktionszeit | Summe (Zeitpunkt des Erstkontaktes – Zeitpunkt der ersten sichtbaren Maßnahme) / Gesamtzahl der Erstkontakte | Die Kennzahl sollte im Vergleich kleiner werden. |
| | K5.2: Behandlung der Anliegen (Qualität) | Möglichkeit der telefonischen bzw. informationstechnologisch unterstützten Problembearbeitung | Servicegrad der Anliegen | Anzahl der erfolgreich abgeschlossenen Serviceanfragen / Gesamtzahl der Serviceaufträge | Die Kennzahl sollte im Vergleich größer werden. |
| K6: Zufriedenheit mit der Abrechnung | K6.1: Nachvollziehbarkeit der Abrechnung (Qualität) | Nachvollziehbarkeit der Abrechnung durch zeitnahe Rechnungsstellung | Reklamationsquote | Anzahl der Reklamationen / Anzahl der Abrechnungen | Die Kennzahl sollte im Vergleich kleiner werden (Bewertung anhand eines Branchenwerts). |
| | K6.2: Korrektheit der Abrechnung (Qualität) | Vermeidung von Korrekturaufwand | Reklamationsquote | Anzahl der Reklamationen / Anzahl der Abrechnungen | Die Kennzahl sollte im Vergleich kleiner werden (Bewertung anhand eines Branchenwerts). |
| | K6.3: Kostenmäßige Zuverlässigkeit (Kosten, Qualität) | Abweichung des Rechnungsbetrags vom Kostenvoranschlag | Mittlere Abweichung vom Kostenvoranschlag | Summe (Rechnungsbetrag – Kostenvoranschlag) / Summe (Kostenvoranschlag) | Die Kennzahl sollte im Vergleich kleiner werden. |

Tabelle 8: Das Konstrukt Mitarbeiterproduktivität

| Dimension | Faktor | Inhalt | Kennzahl | Messverfahren | Bewertung |
|--|--|--|---|---|--|
| M1: Produktivität der Auftragsabwicklung | M1.1: Anzahl der Serviceaufträge (Qualität, enthält auch Aspekte von M1.2) | Anzahl der ausgeführten Serviceaufträge je Mitarbeiter im Verhältnis zur Gesamtzahl an Aufträgen | Mittlere Anzahl an Aufträgen je Mitarbeiter | Anzahl der Serviceaufträge / Anzahl der Servicetechniker | Die Kennzahl sollte im Vergleich größer werden. |
| | M1.2: Durchlaufzeit (Zeit) | Gesamte Dauer des Serviceprozesses, vom Erstkontakt bis zur vollständigen Erbringung der Serviceleistung | Mittlere Durchlaufzeit | Summe (Zeitpunkt der Rückmeldung durch den Servicetechniker – Zeitpunkt des Erstkontaktes) / Gesamtanzahl der Serviceaufträge | Die Kennzahl sollte im Vergleich kleiner werden. |

| Dimension | Faktor | Inhalt | Kennzahl | Messverfahren | Bewertung |
|--------------------------|--|---|---------------------------|--|--|
| M2: Dispositive Qualität | M2.1: Überstundenanteil (Kosten) | Anteil von Überstunden an der Gesamtarbeitszeit | Überstundenanteil | Überstunden / Gesamtstunden | Die Kennzahl sollte im Vergleich kleiner werden. |
| | M2.2: Spontanitätsgrad (Qualität) | Zahl der ungeplanten Arbeitsstunden im Verhältnis zu den Gesamtarbeitsstunden | Spontanitätsgrad | Arbeitsstunden ungeplant / Gesamtarbeitsstunden | Die Kennzahl sollte im Vergleich kleiner werden. |
| | M2.3: Planungserfüllung (Zeit) | Istzeit im Verhältnis zur Planzeit (Soll) | Planungserfüllung | Istzeit / Planzeit (Soll) | Die Kennzahl sollte möglichst nah an 1 liegen. Ein Wert > 1 bedeutet Planüberschreitung, < 1 bedeutet Planunterschreitung. |
| M3: Arbeitsproduktivität | M3.1: Vor- und Nachbereitungszeit im Verhältnis zur Instandsetzungszeit (Qualität) | Zeitaufwand für die eigentliche Instandsetzung im Verhältnis zum nicht fakturierbaren Zeitaufwand | Produktivitätsgrad | Anzahl fakturierbare Auftragsstunden / nicht fakturierbare Auftragsstunden | Die Kennzahl sollte im Vergleich größer werden. |
| | M3.2: Informationseffizienz (Qualität) | Relation zwischen verfügbarem und benötigtem Informationsvolumen | Informationseffizienz | Mitarbeiterzufriedenheit | Die Kennzahl sollte im Vergleich größer werden. |
| | M3.3: Ausfallzeit des Instandhaltungsobjektes (Zeit) | Ausfallzeit des Instandhaltungsobjektes bis zur Instandsetzung im Durchschnitt | Mittlere Ausfallzeit | Summe der Ausfallzeiten / Anzahl der Ausfälle | Die Kennzahl sollte im Vergleich kleiner werden. |
| | M3.4: Effektivität im Lohn (Kosten) | | Effektivität im Lohn | | Die Kennzahl sollte im Vergleich größer werden. |
| | M3.5: Kosten pro Standardstunde (Kosten) | Höhe der Kosten einer Arbeitsstunde | Kosten pro Standardstunde | Stundensatz / Effektivität [Prozent] | Die Kennzahl sollte im Vergleich kleiner werden. |

| Dimension | Faktor | Inhalt | Kennzahl | Messverfahren | Bewertung |
|--|--|---|-----------------------------------|--|---|
| M4: Technische und betriebswirtschaftliche Rückmeldungen | M4.1: Verfügbarkeit der Rückmeldungen (Zeit) | Schnelligkeit der ad-hoc Verfügbarkeit von Rückmeldungen | Zeitdauer bis zur Verfügbarkeit | Summe (Zeitpunkt der Verfügbarkeit – Zeitpunkt der Erstellung durch den Servicetechniker) / Anzahl der Rückmeldungen | Die Kennzahl sollte im Vergleich kleiner werden. |
| | M4.2: Qualität der Datenerfassung (manuell / automatisch) (Qualität) | Vermeidung von fehlerhaften Rückmeldungen durch automatische Datenerfassung | Fehleranfälligkeit Datenerfassung | Anzahl fehlerhafter Rückmeldungen / Gesamtzahl Rückmeldungen bzw. Menge fehlerhafter Daten / Gesamtmenge Daten | Die Kennzahl sollte im Vergleich kleiner werden. |
| | M4.3: Zeitaufwand für Datenerfassung (manuell / automatisch) (Zeit) | Zeit benötigt für manuelle Datenerfassung pro Zeitperiode | Zeitaufwand Datenerfassung | Summe der benötigten Zeit je Rückmeldung / Gesamtzeit | Die Kennzahl sollte im Vergleich kleiner werden. |
| | M4.4: Kosten der Betriebsdatenerstellung (manuell / automatisch) (Kosten, enthält auch Flexibilitäts- und Zeitaspekte) | Kosten zur Erstellung einer Rückmeldung | Kostenfaktor BDE | Kosten der Datenerfassung [manuell / automatisch] / Kosten BDE gesamt | Die Ausprägung der Kennzahl sollte gleich bleiben oder größer werden. Die Kennzahl ist in Relation zu leistungs- und qualitätsorientierten Kennzahlen zu setzen. |
| | M4.5: BDE-Kausalfaktor (Flexibilität) | Nachweis hinsichtlich der Flexibilität der Rückmeldung | BDE-Kausalfaktor | Anzahl bzw. Menge kausal zu erfassender Betriebsdaten / Anzahl bzw. Menge Betriebsdaten Gesamt | Die Kennzahl zeigt zum einen, wie oft und wie flexibel die BDE auf zufällige Anforderungen reagiert, und zum anderen, wie viele Daten unstrukturiert und unorganisiert erfasst werden müssen. |
| M5: Ausstattung der Servicetechniker | M5.1 Qualität der Ausstattung (Qualität) | Zufriedenheit der Mitarbeiter mit der technischen Ausstattung | Mitarbeiterzufriedenheit | Mitarbeiterbefragung | Die Kennzahl sollte im Vergleich größer werden. |
| | M5.2 Verfügbarkeit der Anwendung (Qualität) | Grad des erfolgreichen Zugriffs auf die Anwendung | Einsatzverfügbarkeitsrate | Anzahl sofort verfügbarer Zugriffe / Gesamtanzahl versuchter Zugriffe | Die Ausprägung der Kennzahl sollte gegen 1 gehen. |
| | M5.3 Funktionserfüllungsquote (Qualität) | Grad der Unterstützung des Geschäftsprozesses durch die Anwendung | Mitarbeiterzufriedenheit | Anzahl der vorhandenen Funktionalität / Anzahl der geforderten Funktionalität | Die Kennzahl ist zur Bewertung bestehender Systeme geeignet. |

| Dimension | Faktor | Inhalt | Kennzahl | Messverfahren | Bewertung |
|----------------------------|---------------------------|---|------------------------|---|---|
| M6: Mitarbeiterentwicklung | M6.1: Technische Qualität | Allgemeine Qualifikation des Servicetechnikers (Ausbildung) | Fortbildungsintensität | Anzahl der Schulungsstunden durch Anzahl der Servicetechniker | Die Kennzahl sollte im Vergleich größer werden. |

Anhang C. Erläuterung und mathematische Formulierung der Wirkungszusammenhänge

Im folgenden Abschnitt werden die fachlichen und mathematischen Zusammenhänge beschrieben, die den einzelnen Kanten des Wirkungsgraphen zu Grunde liegen. Zu diesem Zweck erfolgt zunächst eine kurze exemplarische Erläuterung des gewählten Vorgehens bei der mathematischen Formulierung. Anschließend werden die fachlichen Zusammenhänge vollständig dargestellt und daraus das mathematische Modell abgeleitet.

Exemplarische Erläuterung der Vorgehensweise

Als Beispiel für die folgenden Ausführungen dient die Dimension „Zufriedenheit mit der Dienstleistung insgesamt“ (K1) des Konstrukts Kundenzufriedenheit. Sie besteht aus den Faktoren „Zuverlässigkeit der Dienstleistung insgesamt“ (K1.1) und „Qualitative Zuverlässigkeit“ (K1.3). Die Faktoren werden anhand der Kennzahlen „Mittlere Anlagenverfügbarkeit“ (xk11) und „Reklamationsquote“ (xk13) gemessen. Bei der Aufstellung des mathematischen Modells sind in diesem Fall zunächst zwei getrennte Funktionen zu ermitteln: K1.1 in Abhängigkeit von xk11 und K1.3 in Abhängigkeit von xk13. Darauf aufbauend wird dann in einem zweiten Schritt eine Funktion für K1 in Abhängigkeit von K1.1 und K1.3 gebildet.

Die Herleitung der Funktionen erfolgt auf der Grundlage von Stichproben (Punktreihen). Die zu einer Stichprobenmenge gehörende Funktion wird dabei mittels eines Polynoms bestimmt. Für eine Reihe mit n Punkten (n Freiheitsgraden) wird zur funktionalen Beschreibung ein Polynom des Grads n-1 benötigt. Enthält die betrachtete Stichprobenmenge jedoch „Ausreißer“, so ist die funktionale Abhängigkeit mit Hilfe der Regression zu ermitteln. Im Rahmen dieser Arbeit wird für alle betrachteten Stichproben angenommen, dass sie keine solchen Werte enthalten. Eine exakte Regressionsanalyse ist somit nicht erforderlich, da die Polynome durch die Punkte die funktionalen Abhängigkeiten in diesem Fall genauer beschreiben.

Im vorliegenden Projekt wird zur Herleitung der Funktionen Microsoft Excel eingesetzt. Mit Hilfe des Programms werden die zu Grunde liegenden Punktreihen zunächst als Wertetabellen erfasst und dann in Form eines Diagramms dargestellt. Aus diesem Verlauf wird anschließend mit der Funktion „Trendlinie hinzufügen“ ein entsprechendes Polynom beliebigen Grads generieren.

Für das in diesem Abschnitt betrachtete Beispiel ergeben sich auf diese Weise zunächst folgende Funktionen für K1.1 und K1.3 (vgl. Abbildung 48, Abbildung 49):

$$K1.1(xk11) = 4,5114 * xk11^5 - 8,3142 * xk11^4 + 7,5068 * xk11^3 - 4,0195 * xk11^2 + 1,3256 * xk11 + 0,0003$$

$$K1.3(xk13) = 4,8851 * xk13^5 - 14,198 * xk13^4 + 13,505 * xk13^3 - 3.8011 * xk13^2 + 1,3839 * xk13 + 0,9928$$

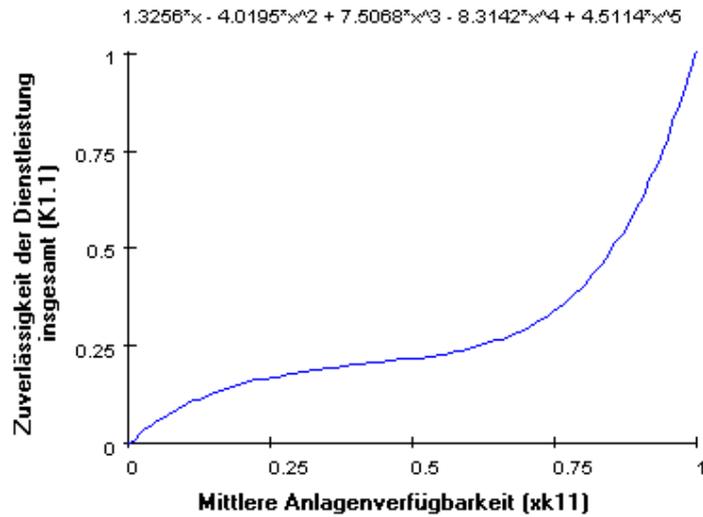


Abbildung 48: Zuverlässigkeit der Dienstleistung als Polynom fünften Grads

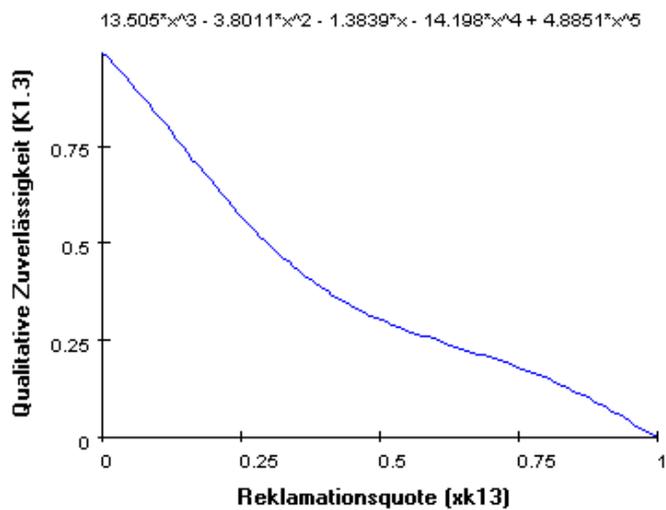


Abbildung 49: Qualitative Zuverlässigkeit als Polynom fünften Grads

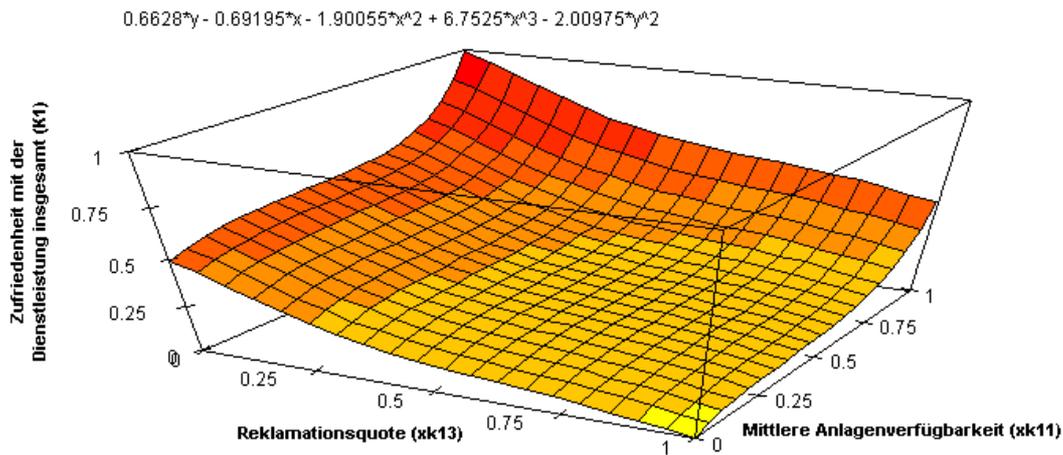


Abbildung 50: Zufriedenheit mit der Dienstleistung insgesamt als Polynom fünften Grads

Um K_1 in Abhängigkeit von $K_{1.1}$ und $K_{1.3}$ zu bestimmen, werden die gefundenen Funktionen für die beiden Faktoren in ein dreidimensionales Koordinatensystem übertragen (vgl. Abbildung 50). Für die Zufriedenheit mit der Dienstleistung insgesamt (K_1), also die Aggregation der Faktoren auf Dimensionsebene, ergibt sich folgende Formel:

$$K_1(xk11, xk13) = p * K_{1.1}(xk11) + K_{1.3}(xk13) * (1 - p)$$

Zur Vereinfachung wird angenommen, dass beide Funktionen in ihrer Wirkung auf die Dimension gleich gewichtet sind, d. h. $p = 0,5$. Ergibt sich bei einer eventuellen Präzisierung des Modells eine andere Gewichtung, so kann sie über den Faktor p variiert werden. Dabei gilt: $0 \leq p \leq 1$. Die Kundenzufriedenheit innerhalb der betrachteten Dimension (K_1) lässt sich nun über Einsetzen der Parameter $xk11$ und $xk13$ bestimmen. Es ergibt sich:

$$K_1(xk11, xk13) = 0,5 * (4,5114 * xk11^5 - 8,3142 * xk11^4 + 7,5068 * xk11^3 - 4,0195 * xk11^2 + 1,3256 * xk11 + 0,0003) + 0,5 * (4,8851 * xk13^5 - 14,198 * xk13^4 + 13,505 * xk13^3 - 3,8011 * xk13^2 + 1,3839 * xk13 + 0,9928)$$

Abschließend ist festzuhalten, dass der Umgang mit Polynomen hohen Grads sehr komplex ist. Aus Vereinfachungsgründen ist es daher ratsam, den Grad so niedrig wie möglich zu wählen. In vielen Fällen werden schon mit kubischen Polynomen sehr gute Annäherungen erreicht. Abbildung 51, Abbildung 52 und Abbildung 53 zeigen die Funktionen für $K_{1.1}$ und $K_{1.3}$ als Polynome dritten Grads sowie ihre Übertragung in ein dreidimensionales Koordinatensystem.

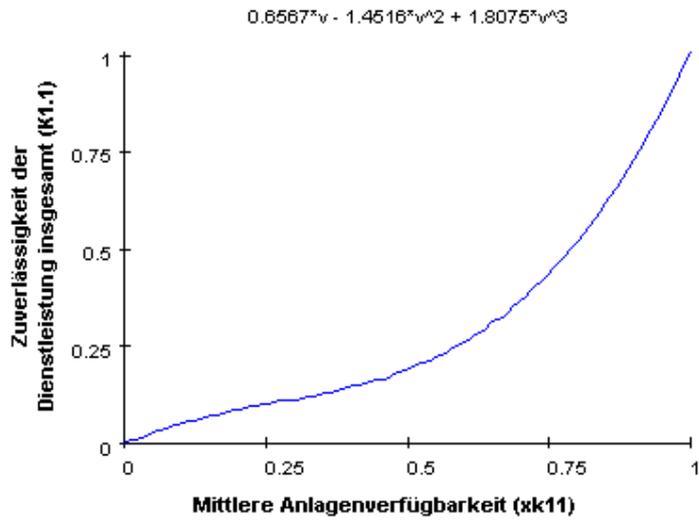


Abbildung 51: Zuverlässigkeit der Dienstleistung insgesamt als Polynom dritten Grads

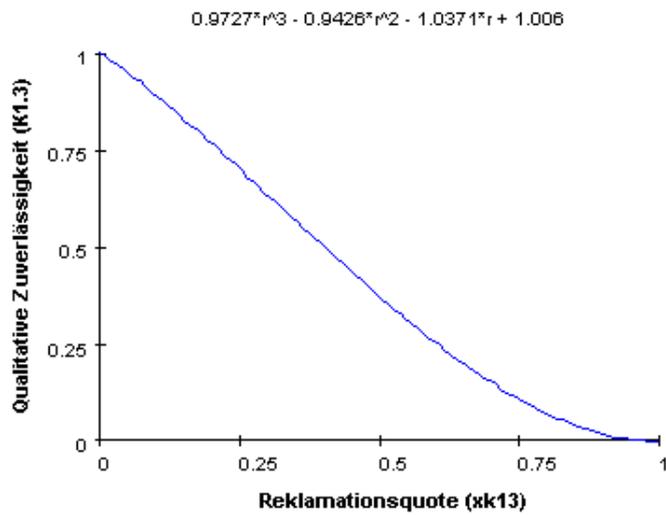


Abbildung 52: Qualitative Zuverlässigkeit als Polynom dritten Grads

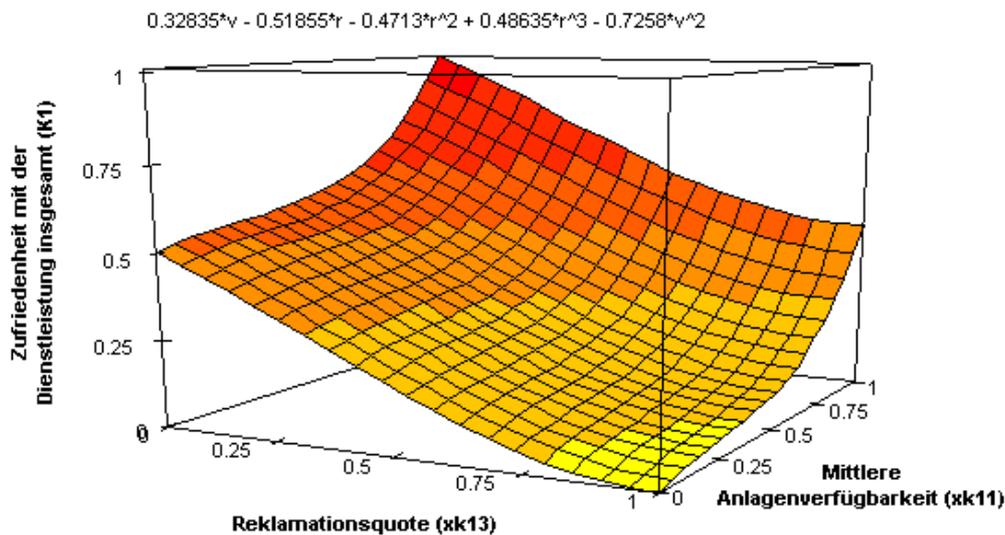


Abbildung 53: Zufriedenheit mit der Dienstleistung insgesamt als Polynom dritten Grads

Für K1 ergibt sich daraus folgende vereinfachte Formel:

$$K1(xk11, xk13) = 0,5 * (1.8075 * xk11^3 - 1,4516 * xk11^2 + 0,6567 * xk11) + 0,5 * (0,9727 * xk13^3 - 0,9426 * xk13^2 - 1,0371 * xk13 + 1,006)$$

Erläuterung der Wirkungszusammenhänge

Tabelle 9 enthält eine vollständige fachliche Beschreibung aller Wirkungszusammenhänge. Die Spalte „Nr.“ enthält jeweils einen Verweis auf die entsprechend nummerierte Kante des Wirkungsgraphen. Es folgt eine grafische Darstellung des jeweiligen Zusammenhangs. Dabei ist sowohl die betrachtete Punktreihe als auch das angenäherte Polynom eingetragen. Die letzte Spalte enthält eine kurze verbale Erläuterung. Die einzelnen Auswirkungen werden dabei unter der Annahme „ceteris paribus“ betrachtet.

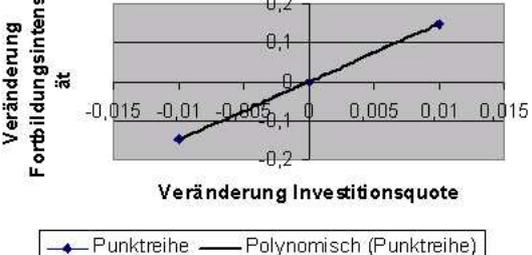
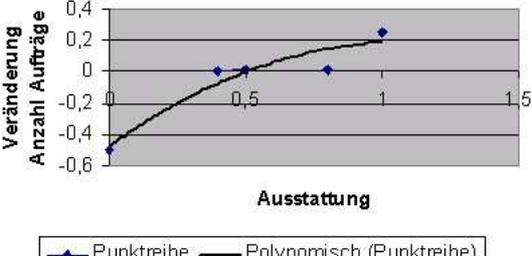
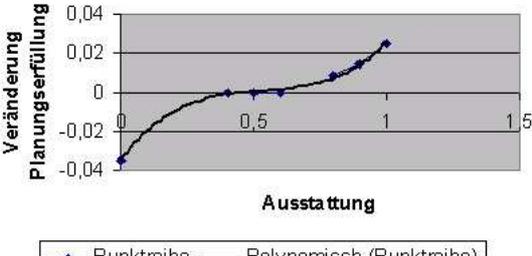
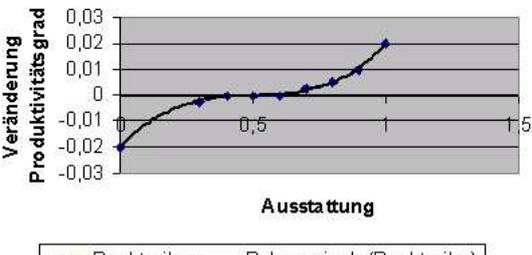
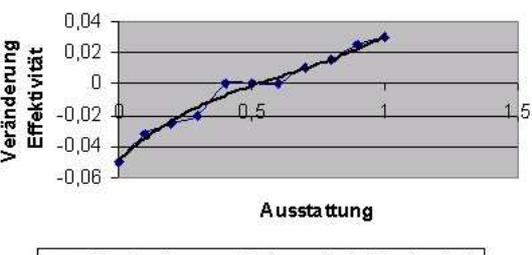
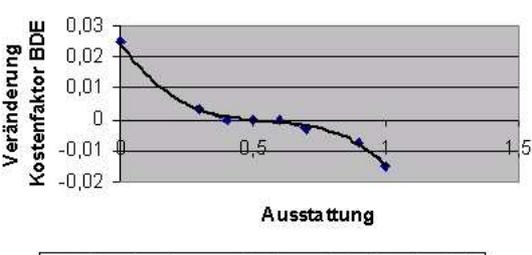
Die empirische Fundierung der Wirkungszusammenhänge ist nicht Bestandteil dieser Arbeit. Soweit bei den jeweiligen Erläuterungen keine Quellen genannt sind, beruhen die hier beschriebenen Sachverhalte daher auf Annahmen der Verfasser.

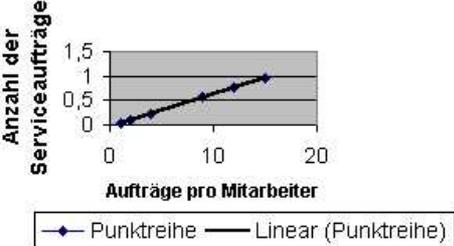
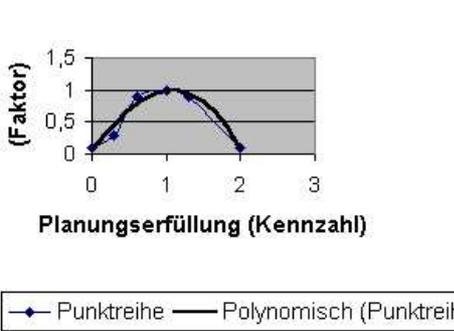
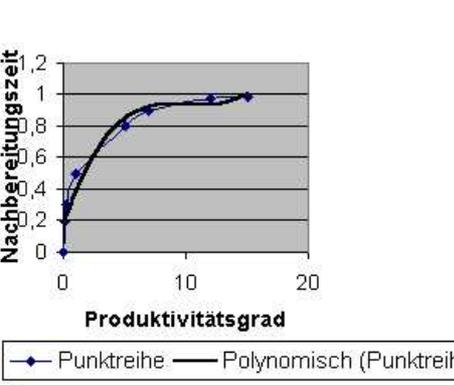
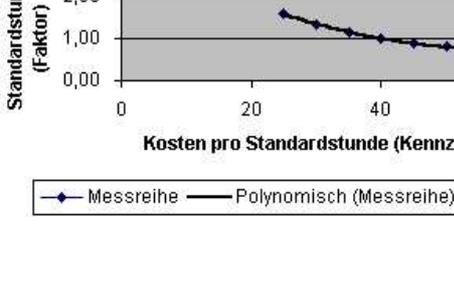
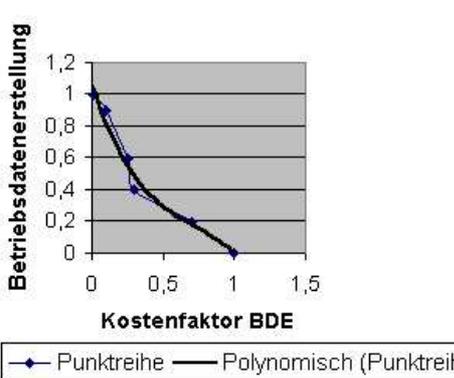
Im Bereich der Kundenzufriedenheit orientieren sich die Zusammenhänge an der Klassifizierung des „Kano-Modells“ der Kundenzufriedenheit. Es unterscheidet „Basisfaktoren“, „Leistungsfaktoren“ und „Begeisterungsfaktoren“. Basisfaktoren stellen Mindestanforderungen dar. Ihre Nichterfüllung sorgt zwar für Unzufriedenheit, eine besonders gute Erfüllung erzeugt jedoch keine Zufriedenheit. Leistungsfaktoren führen in gleichem Maße bei guter Erfüllung zu Zufriedenheit und bei schlechter Erfüllung zu Unzufriedenheit. Die Befriedigung von Begeisterungsfaktoren schafft

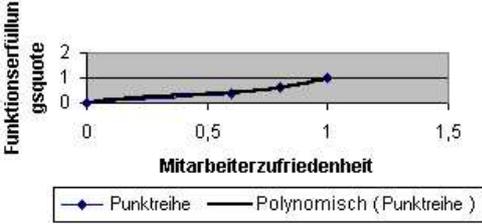
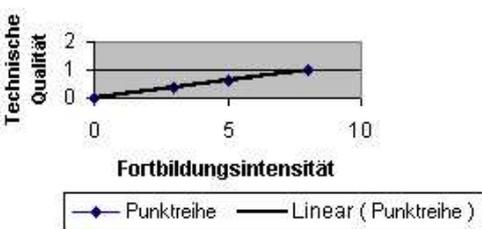
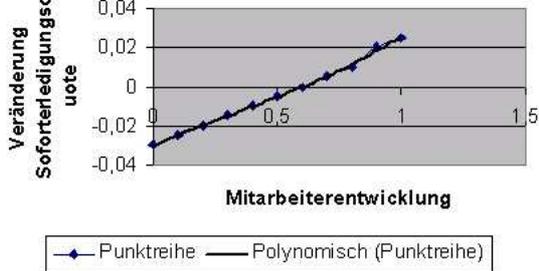
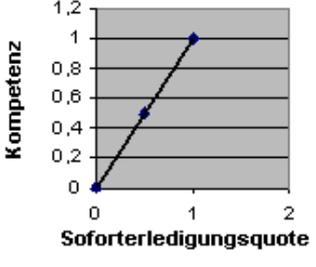
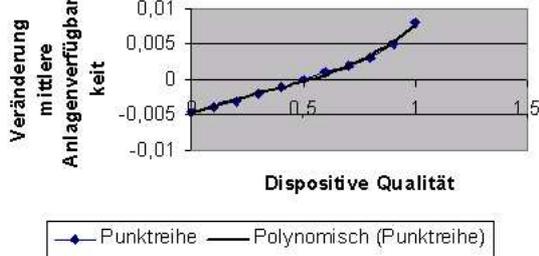
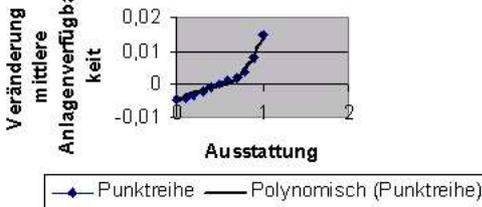
Kundenzufriedenheit. Ihr Fehlen ruft jedoch keine Unzufriedenheit hervor (vgl. [HinMatz 02, S. 19 ff.]).

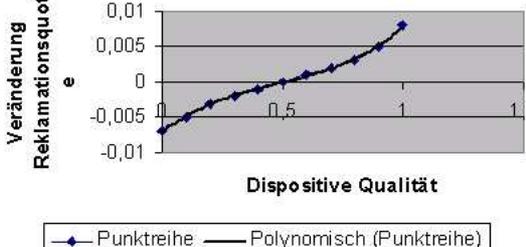
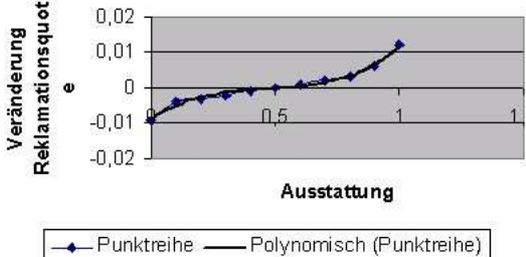
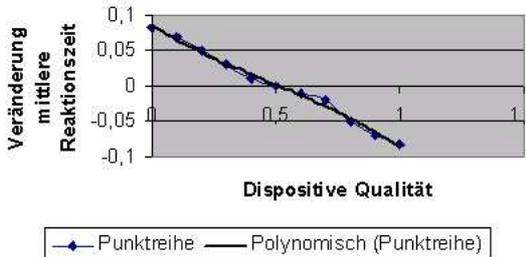
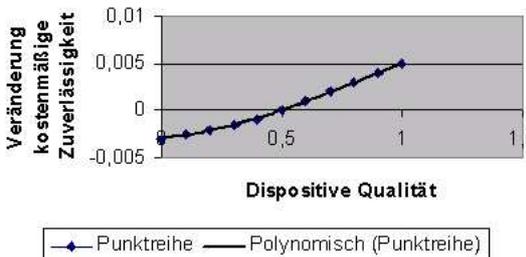
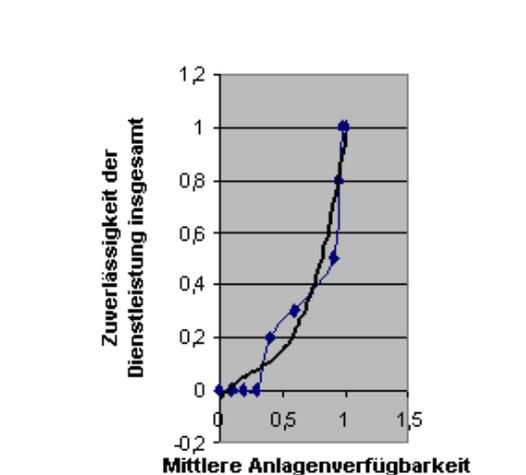
Tabelle 9: Wirkungszusammenhänge

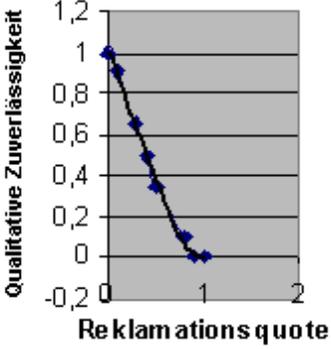
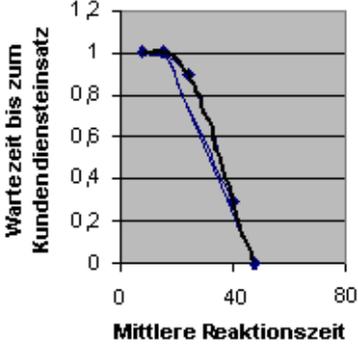
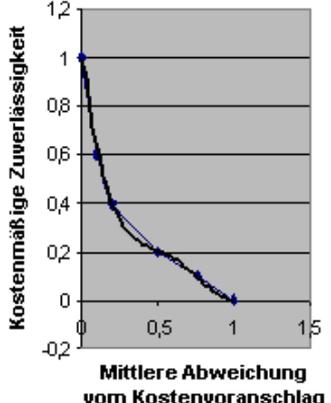
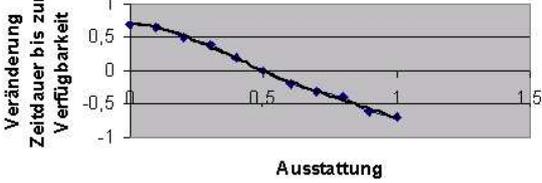
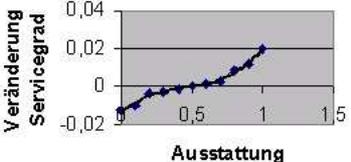
| Nr. | Grafische Darstellung | Erläuterung |
|-----|---|--|
| 1 | Dieser Zusammenhang ist grafisch nicht illustriert. | Der Zusammenhang ergibt sich aus der Definition des Gewinns als Differenz von Umsatz und Kosten. Steigende Kosten senken den Gewinn, fallende Kosten führen zu einer Gewinn-erhöhung. |
| 2 | Dieser Zusammenhang ist grafisch nicht illustriert. | Der Zusammenhang ergibt sich aus der Definition des Gewinns als Differenz von Umsatz und Kosten. Fallende Umsätze senken den Gewinn, steigende Umsätze führen zu einer Gewinn-erhöhung. |
| 3 | Dieser Zusammenhang ist grafisch nicht illustriert. | Der Zusammenhang ergibt sich aus der Definition der Umsatzrentabilität als Verhältnis von Gewinn und Umsatz. Ein steigender Umsatz führt zu einer geringeren Umsatzrentabilität. Umgekehrt lässt ein fallender Umsatz die Umsatzrentabilität steigen. |
| 4 | Dieser Zusammenhang ist grafisch nicht illustriert. | Der Zusammenhang ergibt sich aus der Definition der Umsatzrentabilität als Verhältnis von Gewinn und Umsatz. Ein steigender Gewinn führt zu einer höheren Umsatzrentabilität. Umgekehrt lässt ein fallender Gewinn die Umsatzrentabilität ebenfalls sinken. |
| 5 | | Die Höhe der Investitionsquote verändert sich in Abhängigkeit von der prozentualen Gewinnveränderung gegenüber der Vorperiode. Dabei wird unterstellt, dass die Investitionsquote bei einem Gewinnzuwachs langsamer zunimmt, als sie bei einem Gewinnrückgang abnimmt. |
| 6 | | Die Mitarbeiterzufriedenheit mit der Ausstattung steigt durch entsprechende Investitionen. Werden keine Investitionen getätigt, nimmt die Zufriedenheit ab (Veralterung u. ä.). Eine Investitionsquote von weniger als zehn Prozent führt zu einer Beibehaltung der vorhandenen Zufriedenheit. |

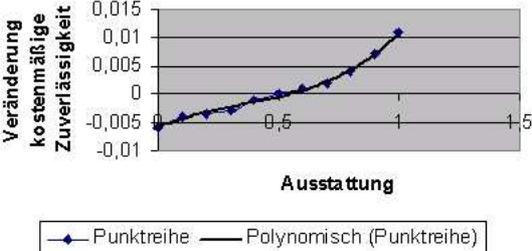
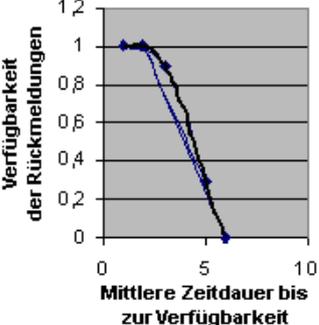
| Nr. | Grafische Darstellung | Erläuterung |
|-----|---|--|
| 7 |  | <p>Die Fortbildungsintensität hängt linear von der Veränderung der Investitionsquote ab. Dabei entspricht eine Veränderung der Investitionsquote um ein Prozent einer Veränderung der Fortbildungsintensität um 0,15 Schulungsstunden.</p> |
| 8 |  | <p>Durch eine gute Ausstattung der Servicetechniker kann die mittlere Anzahl an Aufträgen pro Mitarbeiter verbessert werden. Dabei kann bei optimaler Ausstattung ein zusätzlicher Auftrag pro Jahr bewältigt werden.</p> |
| 9 |  | <p>Die Qualität der Ausstattung beeinflusst die Planungserfüllung. So kann z. B. durch den Einsatz von mobilen Endgeräten besser disponiert und geplant werden.</p> |
| 10 |  | <p>Durch eine gute Ausstattung (mit mobilen Anwendungen) kann der Zeitaufwand für die nicht fakturierbaren Tätigkeiten (zum Beispiel für die Informationsbeschaffung) reduziert werden. Der Produktivitätsgrad steigt dadurch.</p> |
| 11 |  | <p>Die Qualität der Ausstattung beeinflusst die Effektivität der Servicetechniker. Sie hat somit einen Einfluss auf die Kosten pro Standardstunde.</p> |
| 12 |  | <p>Mobile Anwendungen (Ausstattung) können die Kosten für die Datenerfassung durch das Vermeiden von Medienbrüchen und Mehrfachersparungen reduzieren. Dadurch sinkt der Kostenfaktor BDE.</p> |

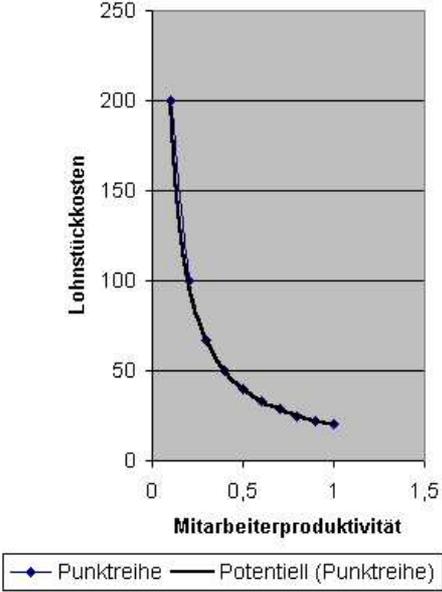
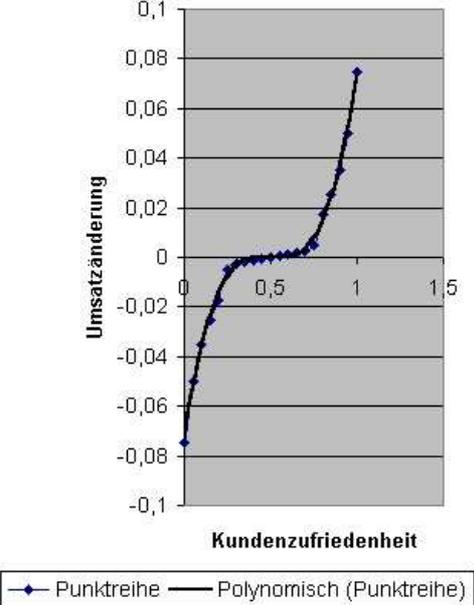
| Nr. | Grafische Darstellung | Erläuterung |
|-----|--|--|
| 13 |  <p>Anzahl der Serviceaufträge</p> <p>Aufträge pro Mitarbeiter</p> <p>—●— Punktreihe — Linear (Punktreihe)</p> | <p>Die Produktivität der Auftragsabwicklung ausgedrückt in der Anzahl der Serviceaufträge verhält sich linear zur mittleren Anzahl der Aufträge pro Mitarbeiter. Dabei wird unterstellt, dass 15 oder mehr Aufträge pro Quartal optimal sind.</p> |
| 14 |  <p>Planungserfüllung (Faktor)</p> <p>Planungserfüllung (Kennzahl)</p> <p>—●— Punktreihe — Polynomisch (Punktreihe)</p> | <p>Der Graph zeigt den Zusammenhang zwischen der Kennzahl „Planungserfüllung“ und dem Faktor „Planungserfüllung“. Die Planungserfüllung ist optimal, wenn Ist- und Sollstunden übereinstimmen. Sowohl Planüberschreitungen als auch Planunterschreitungen wirken sich somit negativ aus.</p> |
| 15 |  <p>Vor- und Nachbereitungszeit</p> <p>Produktivitätsgrad</p> <p>—●— Punktreihe — Polynomisch (Punktreihe)</p> | <p>Der Graph zeigt den Zusammenhang zwischen Produktivitätsgrad und Produktivität ausgedrückt als Vor- und Nachbereitungszeit im Verhältnis zur Instandsetzungszeit. Generell sollte der Anteil der fakturierbaren im Verhältnis zu den nicht fakturierbaren Stunden möglichst hoch sein. Dabei wird ab einem Verhältnis von 5:1 eine zufriedenstellende Produktivität in diesem Bereich von 80 Prozent unterstellt.</p> |
| 16 |  <p>Kosten pro Standardstunde (Faktor)</p> <p>Kosten pro Standardstunde (Kennzahl)</p> <p>—●— Messreihe — Polynomisch (Messreihe)</p> | <p>Der Graph zeigt exemplarisch den Faktor „Kosten pro Standardstunde“ in Abhängigkeit von der entsprechenden Kennzahl für einen Lohnsatz von 40 €. Die Produktivität gemessen an den Kosten pro Standardstunde ergibt sich aus der Auflösung der Formel für die Kosten pro Standardstunde (Lohnsatz / Effektivität) nach der Effektivität.</p> |
| 17 |  <p>Kosten der Betriebsdatenerstellung</p> <p>Kostenfaktor BDE</p> <p>—●— Punktreihe — Polynomisch (Punktreihe)</p> | <p>Der Graph beschreibt den Zusammenhang zwischen dem Kostenfaktor BDE und der Produktivität ausgedrückt in den Kosten der Betriebsdatenerstellung. Je geringer der Anteil der Erfassungskosten für die technischen und betriebswirtschaftlichen Rückmeldungen an den Gesamtkosten der BDE, desto höher ist die Produktivität in diesem Bereich.</p> |

| Nr. | Grafische Darstellung | Erläuterung |
|-----|---|---|
| 18 |  | <p>Die Funktionserfüllungsquote wird durch Mitarbeiterbefragung ermittelt. Sie kann nicht unmittelbar auf die Qualität der Ausstattung bezogen werden, da nicht von einer objektiven Bewertung ausgegangen werden kann.</p> |
| 19 |  | <p>Für eine optimale Mitarbeiterentwicklung sollte jeder Servicetechniker im Schnitt mind. acht Schulungsstunden (einen Arbeitstag) pro Quartal absolvieren.</p> |
| 20 |  | <p>Die Mitarbeiterentwicklung beeinflusst die Problemlösungsfähigkeit der Servicetechniker. Dadurch hat sie Auswirkungen auf die Soforterledigungsquote.</p> |
| 21 |  | <p>Eine hohe Soforterledigungsquote generiert hohe Kundenzufriedenheit mit der Kompetenz der Servicetechniker. Der Zusammenhang ist streng linear (Leistungsfaktor).</p> |
| 22 |  | <p>Durch eine höhere dispositive Qualität können Ausfallzeiten beim Kunden reduziert werden.</p> |
| 22a |  | <p>Eine gute Ausstattung (mit mobilen Anwendungen) trägt unter anderem dazu bei, die Problemlösungsfähigkeit der Techniker zu verbessern. Dadurch können Ausfallzeiten beim Kunden reduziert werden.</p> |

| Nr. | Grafische Darstellung | Erläuterung |
|-----|---|--|
| 23 |  | <p>Durch eine höhere dispositive Qualität können Reklamationen des Kunden vermieden werden, indem zum Beispiel geeignete Techniker für ein Kundenproblem eingesetzt werden.</p> |
| 23a |  | <p>Eine gute Ausstattung (mit mobilen Anwendungen) trägt unter anderem dazu bei, die Problemlösungsfähigkeit der Techniker zu verbessern. Dadurch können Reklamationen vermieden werden.</p> |
| 24 |  | <p>Durch eine gute Planung (hohe dispositive Qualität) kann die mittlere Reaktionszeit bis zum Kundendienstesatz reduziert werden.</p> |
| 25 |  | <p>Eine hohe dispositive Qualität führt zu einer Verbesserung der Zuverlässigkeit der Kostenvoranschläge.</p> |
| 26 |  | <p>Der Graph repräsentiert das Verhältnis von Kundenzufriedenheit mit der Zuverlässigkeit der Dienstleistung zur Anlagenverfügbarkeit. Maximale Anlagenverfügbarkeit generiert maximale Kundenzufriedenheit. Dabei wird eine Anlagenverfügbarkeit von 95 Prozent als Mindestanforderung betrachtet. Entsprechend stark fällt die Kundenzufriedenheit bei einer Anlagenverfügbarkeit von weniger als 90 Prozent ab.</p> |

| Nr. | Grafische Darstellung | Erläuterung |
|-----|--|---|
| 27 |  | <p>Die Reklamationsquote bestimmt die Zufriedenheit mit der qualitativen Zuverlässigkeit. Im besten Fall (Reklamationsquote nahe Null) wird eine Kundenzufriedenheit von 100 Prozent generiert.</p> |
| 28 |  | <p>Die mittlere Reaktionszeit bestimmt die Zufriedenheit des Kunden mit der Wartezeit bis zum Kundendienstesatz. Dabei sind Wartezeiten von mehr als 48 Stunden nicht akzeptabel. Geringere Wartezeiten erzeugen somit Kundenzufriedenheit in diesem Bereich.</p> |
| 29 |  | <p>Die Zufriedenheit mit der kostenmäßigen Zuverlässigkeit des Kostenvoranschlags hängt von der mittleren Abweichung ab. Eine Abweichung von weniger als zehn Prozent erzeugt eine hohe Kundenzufriedenheit. Abweichungen von mehr als 20 Prozent lösen erhebliche Unzufriedenheit aus.</p> |
| 30 |  <p style="text-align: center;">—●— Punktreihe — Polynomisch (Punktreihe)</p> | <p>Eine gute Ausstattung (mit mobilen Anwendungen) reduziert den Zeitaufwand für die Datenerfassung. Rückmeldungen werden dadurch schneller verfügbar.</p> |
| 31 |  <p style="text-align: center;">—●— Punktreihe — Polynomisch (Punktreihe)</p> | <p>Durch mobile Anwendungen (Ausstattung) werden die Servicetechniker in die Lage versetzt, Anfragen entfernter Kunden sofort zu bearbeiten (zum Beispiel per Fernwartung).</p> |

| Nr. | Grafische Darstellung | Erläuterung |
|---------|---|--|
| 32 |  <p>Veränderung kostenmäßige Zuverlässigkeit</p> <p>Ausstattung</p> <p>—●— Punktreihe — Polynomisch (Punktreihe)</p> | <p>Durch eine bessere Ausstattung (mit mobilen Anwendungen) lassen sich vor Ort beim Kunden präzisere Kostenvoranschläge erstellen, da zum Beispiel Ersatzteilkataloge direkt verfügbar sind.</p> |
| 33 |  <p>Verfügbarkeit der Rückmeldungen</p> <p>Mittlere Zeitdauer bis zur Verfügbarkeit</p> | <p>Die mittlere Zeitdauer bis zur Verfügbarkeit einer Rückmeldung in Tagen bestimmt die Zufriedenheit mit der Verfügbarkeit der Rückmeldungen. Dabei wird eine Wartezeit von mehr als sechs Tagen als inakzeptabel angesehen.</p> |
| 34 | <p>Dieser Zusammenhang ist grafisch nicht illustriert.</p> | <p>Die Zufriedenheit mit der Behandlung der Anliegen wird durch den Servicegrad bestimmt. Es liegt ein streng linearer Zusammenhang vor. Ein maximaler Servicegrad generiert somit eine hohe Zufriedenheit.</p> |
| 35 - 48 | <p>Diese Zusammenhänge sind grafisch nicht illustriert.</p> | <p>Die Werte der einzelnen Dimensionen ergeben sich in den einfaktoriellen Fällen unmittelbar aus dem Wert des entsprechenden Faktors. In den zweifaktoriellen Fällen fließen beide Faktoren zu gleichen Teilen in die jeweilige Dimension ein.</p> |
| 49 - 54 | <p>Diese Zusammenhänge sind grafisch nicht illustriert.</p> | <p>Die einzelnen Dimensionen gehen zu gleichen Teilen in die Mitarbeiterproduktivität ein.</p> |
| 55 - 60 | <p>Diese Zusammenhänge sind grafisch nicht illustriert.</p> | <p>Die Gewichtung der einzelnen Dimensionen der Kundenzufriedenheit orientiert sich an [HomRu 98, S. 257]. Für das konkrete Problemumfeld sind aus Sicht der Verfasser jedoch kleinere Anpassungen nötig. Die gewählte Gewichtung kann dem mathematischen Modell entnommen werden.</p> |

| Nr. | Grafische Darstellung | Erläuterung |
|-----|--|---|
| 61 |  | <p>Der Graph beschreibt exemplarisch den Zusammenhang zwischen Mitarbeiterproduktivität und Kosten bei einem Lohnsatz von 20 €. Er ergibt sich aus der Definition der Lohnstückkosten als Quotient von Lohnsatz und Mitarbeiterproduktivität.</p> |
| 62 |  | <p>Der Graph beschreibt die prozentuale Umsatzveränderung in Abhängigkeit von der Kundenzufriedenheit. Eine hohe Kundenzufriedenheit führt über die Erhöhung der Kundenbindung zu einer Steigerung des Umsatzes. Im einzelnen beeinflusst die Kundenzufriedenheit die Absatzmenge und den erzielbaren Preis. Im Bereich mittlerer Kundenzufriedenheit sind jedoch keine bzw. nur sehr geringe Effekte zu erwarten. Eine niedrige Kundenzufriedenheit führt umgekehrt zu einer geringeren Kundenbindung und somit zu einem geringeren Umsatz (vgl. [HomDaum 97, S. 29 ff.]).</p> |

| Nr. | Grafische Darstellung | Erläuterung |
|-----|---|--|
| 63 | <p>The graph plots 'Kostenveränderung' on the y-axis (ranging from -0.06 to 0.01) against 'Kundenzufriedenheit' on the x-axis (ranging from 0 to 1.5). The data points, represented by blue diamonds, show a curve that is flat at 0 for satisfaction levels up to 0.5, then drops sharply to -0.05 at a satisfaction level of 1.0. A black line represents a polynomial fit to these points.</p> | <p>Der Graph beschreibt die prozentuale Kostenveränderung in Abhängigkeit von der Kundenzufriedenheit. Eine hohe Kundenzufriedenheit kann zur Senkung der Kosten beitragen. Bei hoher Kundenzufriedenheit (> 50 Prozent) stellt sich eine Kundenbindung ein, die auf Dauer zu stabileren Kundenbeziehungen führt. Damit sind wiederum tendenziell geringere Kosten verbunden (vgl. [HomDaum 97, S. 32</p> |

Aufstellung des mathematischen Modells

Tabelle 10, Tabelle 11, Tabelle 12, Tabelle 13, Tabelle 14, Tabelle 15 und Tabelle 16 enthalten die mathematischen Formulierungen der im vorangegangenen Abschnitt vorgestellten Wirkungszusammenhänge. Zur besseren Orientierung sind die Formeln entsprechend der Spalten des Wirkungsgraphen zusammengefasst.

Tabelle 10: Exogene Variablen

| Symbol | Beschreibung |
|--------|--|
| q | Menge (Arbeitsstunden) |
| W | Lohnsatz (Stundenlohn) eines Servicetechnikers |

Tabelle 11: Variablen der Supplementary List

| Symbol | Beschreibung | Funktion |
|------------|--|--|
| G | Gewinn | $G = U - C$ |
| ΔG | Gewinnveränderung gegenüber der Vorperiode | $\Delta G = (G_{\text{neu}} - G_{\text{alt}}) / G_{\text{alt}}$ |
| i | Investitionsquote | $i_{\text{neu}} = i_{\text{alt}} + \Delta i; 0 \leq i \leq 1$ |
| Δi | Veränderung der Investitionsquote gegenüber der Vorperiode | $\Delta i(\Delta G) = -0,023 * \Delta G^4 + 0,1465 * \Delta G^3 - 0,3104 * \Delta G^2 + 0,2699 * \Delta G - 0,0062$; falls $\Delta G > 3$, dann $\Delta i = 0,1$ |
| R | Umsatzrentabilität | $R = G / U$ |

Tabelle 12: Variablen der Model List

| Symbol | Beschreibung | Funktion |
|------------|---|--|
| C | Kosten (hier: Menge * Lohnstückkosten mit Lohnstückkosten = w / M) | $C(q, w, M, \Delta C) = q * w / M + (q * w / M) * \Delta C$ |
| ΔC | Korrekturfaktor für die Kostenveränderung gegenüber der Vorperiode | $\Delta C(K) = -0,1204 * K^3 + 0,0839 * K^2 - 0,0139 * K + 0,0003$; falls $K \leq 0,55$, dann $\Delta C = 0$ |
| U | Umsatz | $U_{\text{neu}} = U_{\text{alt}} + U_{\text{alt}} * \Delta U$ |
| ΔU | Korrekturfaktor für die Umsatzveränderung gegenüber der Vorperiode | $\Delta U(K) = 0,6139 * K^3 - 0,9209 * K^2 + 0,4531 * K - 0,0731$ |

Tabelle 13: Variablen der 1st Extension (Konstrukte)

| Symbol | Beschreibung | Funktion |
|--------|--------------------------|---|
| M | Mitarbeiterproduktivität | $M = 1/6 * (M1 + M2 + M3 + M4 + M5 + M6)$ |
| K | Kundenzufriedenheit | $K = 0,22 * K1 + 0,17 * K2 + 0,11 * K3 + 0,28 * K4 + 0,06 * K5 + 0,16 * K6$ |

Tabelle 14: Variablen der 2nd Extension (Dimensionen)

| Symbol | Beschreibung | Funktion |
|--------|--|--------------------------------|
| K1 | Zufriedenheit mit der Dienstleistung insgesamt | $K1 = 0,5 * K1.1 + 0,5 * K1.3$ |
| K2 | Zufriedenheit mit dem technischen Kundendienst bzw. den Servicetechnikern | $K2 = K2.2$ |
| K3 | Zufriedenheit mit den technischen und betriebswirtschaftlichen Rückmeldungen | $K3 = K3.2$ |
| K4 | Zufriedenheit mit der Auftragsabwicklung | $K4 = K4.1$ |
| K5 | Zufriedenheit mit der Kommunikation | $K5 = K5.2$ |
| K6 | Zufriedenheit mit der Abrechnung | $K6 = K6.3$ |
| M1 | Produktivität der Auftragsabwicklung | $M1 = M1.1$ |
| M2 | Dispositive Qualität | $M2 = M2.3$ |

| Symbol | Beschreibung | Funktion |
|--------|--|--------------------------------|
| M3 | Arbeitsproduktivität | $M3 = 0,5 * M3.1 + 0,5 * M3.5$ |
| M4 | Technische und betriebswirtschaftliche Rückmeldungen | $M4 = M4.4$ |
| M5 | Ausstattung der Servicetechniker | $M5 = M5.3$ |
| M6 | Mitarbeiterentwicklung | $M6 = M6.1$ |

Tabelle 15: Variablen der 3rd Extension (Faktoren)

| Symbol | Beschreibung | Funktion |
|--------|---|--|
| K1.1 | Zuverlässigkeit der Dienstleistung insgesamt | $K1.1 = 1,8 * xk11^3 - 1,5 * xk11^2 + 0,6 * xk11$ |
| K1.3 | Qualitative Zuverlässigkeit | $K1.3 = 0,9727 * xk13^3 - 0,9426 * xk13^2 - 1,0371 * xk13 + 1,006$; falls $xk13 \geq 1$, dann $K1.3 = 0$ |
| K2.2 | Kompetenz | $K2.2 = xk22$ |
| K3.2 | Verfügbarkeit der Rückmeldungen | $K3.2 = 0,0042 * xk32^4 - 0,05 * xk32^3 + 0,1458 * xk32^2 - 0,15 * xk32 + 1,05$; falls $xk32 > 6$, dann $K3.2 = 0$ |
| K4.1 | Wartezeit bis zum Kundendienstesatz | $K4.1 = -0,0003 * xk41^2 - 0,0044 * xk41 + 1,0047$; falls $xk41 > 48$, dann $K4.1 = 0$ |
| K5.2 | Behandlung der Anliegen | $K5.2 = xk52$ |
| K6.3 | Kostenmäßige Zuverlässigkeit | $K6.3 = 5,438 * xk63^4 - 13,754 * xk63^3 + 12,298 * xk63^2 - 4,9789 * xk63 + 0,9972$ |
| M1.1 | Anzahl der Serviceaufträge | $M1.1 = 0,0677 * xm11 - 0,0477$; falls $xm11 > 15$, dann $M1.1 = 1$ |
| M2.3 | Planungserfüllung | $M2.3 = -0,1635 * xm23^3 - 0,4215 * xm23^2 + 1,5197 * xm23 + 0,0463$; falls $xm23 \geq 2$, dann $M2.3 = 0$ |
| M3.1 | Vor- und Nachbereitungszeit im Verhältnis zur Instandsetzungszeit | $M3.1 = 0,0008 * xm31^3 - 0,0237 * xm31^2 + 0,2367 * xm31 + 0,1592$; falls $xm31 \geq 15$, dann $M3.1 = 1$ |
| M3.5 | Kosten pro Standardstunde | $M3.5 = w / xm35$ |
| M4.4 | Kosten der Betriebsdatenerfassung | $M4.4 = -1,4203 * xm44^3 + 3,1005 * xm44^2 - 2,7464 * xm44 + 1,0712$ |
| M5.3 | Funktionserfüllungsquote | $M5.3 = 2,0833 * xm53^3 - 2,5 * xm53^2 + 1,4167 * xm53$ |
| M6.1 | Technische Qualität | $M6.1 = 0,1235 * xm61 + 0,0059$; falls $xm61 > 8$, dann $M6.1 = 1$ |

Tabelle 16: Variablen der 4th Extension (Kennzahlen)

| Symbol | Beschreibung | Funktion |
|---------------|--|---|
| xk11 | Mittlere Anlagenverfügbarkeit | $xk11_{neu} = xk11_{alt} + \Delta xk11$; $0 \leq xk11 \leq 1$ |
| $\Delta xk11$ | Veränderung der mittleren Anlagenverfügbarkeit gegenüber der Vorperiode | $\Delta xk11 = 0,5 * (0,0134 * M2^3 - 0,0133 * M2^2 + 0,0123 * M2 - 0,0048) + 0,5 * (0,0464 * M5^3 - 0,0486 * M5^2 + 0,0216 * M5 - 0,0051)$ |
| xk13 | Reklamationsquote | $xk13_{neu} = xk13_{alt} + \Delta xk13$; $0 \leq xk13 \leq 1$ |
| $\Delta xk13$ | Veränderung der Reklamationsquote gegenüber der Vorperiode | $\Delta xk13 = 0,5 * (0,0268 * M2^3 - 0,0385 * M2^2 + 0,0266 * M2 - 0,0071) + 0,5 * (0,0618 * M5^3 - 0,086 * M5^2 + 0,0444 * M5 - 0,0086)$ |
| xk22 | Sofort erledigungsquote | $xk22_{neu} = xk22_{alt} + \Delta xk22$; $0 \leq xk22 \leq 1$ |
| $\Delta xk22$ | Veränderung der Sofort erledigungsquote gegenüber der Vorperiode | $\Delta xk22 = 0,0233 * M6^3 - 0,0227 * M6^2 + 0,0552 * M6 - 0,0301$ |
| xk32 | Mittlere Zeitdauer bis zur Verfügbarkeit | $xk32_{neu} = xk32_{alt} + \Delta xk32$; $xk32 \geq 0$ |
| $\Delta xk32$ | Veränderung der mittleren Zeitdauer bis zur Verfügbarkeit gegenüber der Vorperiode | $\Delta xk32 = 0,0874 * M5^3 + 0,0787 * M5^2 - 0,8234 * M5 + 0,3601$ |
| xk41 | Mittlere Reaktionszeit bis zum Kundendienstesatz | $xk41_{neu} = xk41_{alt} + \Delta xk41$; $xk41 \geq 0$ |

| Symbol | Beschreibung | Funktion |
|------------------|---|---|
| Δx_{k41} | Veränderung der mittleren Reaktionszeit bis zum Kundendienstesatz gegenüber der Vorperiode | $\Delta x_{k41} = 0,1029 * M_2^3 - 0,1614 * M_2^2 + 0,2307 * M_2 - 0,0863$ |
| x_{k52} | Servicegrad der Anliegen | $x_{k52_{neu}} = x_{k52_{alt}} + \Delta x_{k52}; 0 \leq x_{k52} \leq 1$ |
| Δx_{k52} | Veränderung des Servicegrads der Anliegen gegenüber der Vorperiode | $\Delta x_{k52} = 0,0831 * M_5^3 - 0,1115 * M_5^2 + 0,0619 * M_5 - 0,0136$ |
| x_{k63} | Mittlere Abweichung vom Kostenvoranschlag (Prozent) | $x_{k63_{neu}} = x_{k63_{alt}} + \Delta x_{k63}; 0 \leq x_{k63} \leq 1$ |
| Δx_{k63} | Veränderung der mittleren Abweichung vom Kostenvoranschlag gegenüber der Vorperiode | $\Delta x_{k63} = 0,5 * (-0,0061 * M_2^3 + 0,0141 * M_2^2 - 0,0004 * M_2 - 0,0025) + 0,5 * (0,0264 * M_5^3 - 0,0281 * M_5^2 + 0,0185 * M_5 - 0,006)$ |
| x_{m11} | Mittlere Anzahl an Aufträgen je Mitarbeiter pro Quartal | $x_{m11_{neu}} = x_{m11_{alt}} + \Delta x_{m11}; x_{m11} \geq 0$ |
| Δx_{m11} | Veränderung der mittleren Anzahl an Aufträgen je Mitarbeiter pro Quartal gegenüber der Vorperiode | $\Delta x_{m11} = -0,5808 * M_5^2 + 1,2401 * M_5 - 0,476$ |
| x_{m23} | Planungserfüllung | $x_{m23_{neu}} = x_{m23_{alt}} + \Delta x_{m23}; 0 \leq x_{m23} \leq 1$ |
| Δx_{m23} | Veränderung der Planungserfüllung gegenüber der Vorperiode | $\Delta x_{m23} = 0,1977 * M_5^3 - 0,3167 * M_5^2 + 0,1795 * M_5 - 0,0349$ |
| x_{m31} | Produktivitätsgrad | $x_{m31_{neu}} = x_{m31_{alt}} + \Delta x_{m31}; x_{m31} \geq 0$ |
| Δx_{m31} | Veränderung des Produktivitätsgrads gegenüber der Vorperiode | $\Delta x_{m31} = 0,1431 * M_5^3 - 0,2152 * M_5^2 + 0,1119 * M_5$; falls $M_5 > 1$, dann $\Delta x_{m31} = 0,02$; falls $M_5 < 0$, dann $\Delta x_{m31} = -0,02$ |
| x_{m35} | Kosten pro Standardstunde | $x_{m35_{neu}} = x_{m35_{alt}} + \Delta x_{m35}; x_{m35} \geq 0$ |
| Δx_{m35} | Veränderung der Kosten pro Standardstunde gegenüber der Vorperiode | $\Delta x_{m35} = w / ((w / x_{m35}) + 0,0942 * M_5^3 - 0,1734 * M_5^2 + 0,1596 * M_5 - 0,0493)$; falls $M_5 > 1$, dann $\Delta x_{m35} = 0,03$; falls $M_5 < 0$, dann $\Delta x_{m35} = -0,05$ |
| x_{m44} | Kostenfaktor BDE | $x_{m44_{neu}} = x_{m44_{alt}} + \Delta x_{m44}; 0 \leq x_{m44} \leq 1$ |
| Δx_{m44} | Veränderung des Kostenfaktors BDE gegenüber der Vorperiode | $\Delta x_{m44} = -0,1291 * M_5^3 + 0,2155 * M_5^2 - 0,1262 * M_5 + 0,025$ |
| x_{m53} | Mitarbeiterzufriedenheit | $x_{m53_{neu}} = x_{m53_{alt}} + \Delta x_{m53}; 0 \leq x_{m53} \leq 1$ |
| Δx_{m53} | Veränderung der Mitarbeiterzufriedenheit gegenüber der Vorperiode | $\Delta x_{m53} = 0,0076 * i^3 - 0,0132 * i^2 + 0,0184 * i - 0,0025$ |
| x_{m61} | Fortbildungsintensität (Stunden pro Mitarbeiter pro Quartal) | $x_{m61_{neu}} = x_{m61_{alt}} + \Delta x_{m61}; x_{m61} \geq 0$ |
| Δx_{m61} | Veränderung der Fortbildungsintensität gegenüber der Vorperiode | $\Delta x_{m61} = 15 * i$ |