



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

Diplomarbeit

Einteilung und Beurteilung von Prognoseverfahren zur Optimierung der kurzfristigen, mittelfristigen und langfristigen Planung in der Transportlogistik

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines

Diplom-Ingenieurs

unter der Leitung von

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl. Wirt.-Ing. Prof. eh. Dr. h.c. Wilfried Sihn

(E330 Institut für Managementwissenschaften, Bereich: Betriebstechnik und Systemplanung)

Proj.-Ass. Dipl.-Ing. Georg Brunnhaller

(E330 Institut für Managementwissenschaften, Bereich: Betriebstechnik und Systemplanung,
Fraunhofer Austria Research GmbH)

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Maschinenwesen und Betriebswissenschaften

von

Clara Bock

0625348 (066 482)

Kalvarienberggasse 24/9

1170 Wien

Wien, im Juli 2017

Clara Bock



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

Ich habe zur Kenntnis genommen, dass ich zur Drucklegung meiner Arbeit unter der Bezeichnung

Diplomarbeit

nur mit Bewilligung der Prüfungskommission berechtigt bin.

Ich erkläre weiters Eides statt, dass ich meine Diplomarbeit nach den anerkannten Grundsätzen für wissenschaftliche Abhandlungen selbstständig ausgeführt habe und alle verwendeten Hilfsmittel, insbesondere die zugrunde gelegte Literatur, genannt habe.

Weiters erkläre ich, dass ich dieses Diplomarbeitsthema bisher weder im In- noch Ausland (einer Beurteilerin/einem Beurteiler zur Begutachtung) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe und dass diese Arbeit mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit übereinstimmt.

Wien, im Juli 2017

Clara Bock

Danksagung

Ich möchte mich an jener Stelle bei allen bedanken, die durch ihre persönliche oder fachliche Unterstützung zum Gelingen dieser Diplomarbeit beigetragen haben.

Ein besonderer Dank gilt hier Proj.-Ass. Dipl.-Ing. Georg Brunnhaller, für die wissenschaftliche Unterstützung und die wegweisenden und konstruktiven Vorschläge, sowie Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl. Wirt.-Ing. Prof. eh. Dr. h.c. Wilfried Sihl.

Weiters möchte ich mich bei den Interviewpartnern bedanken, die sich nicht nur Zeit für die spannenden Gespräche genommen haben, sondern mir dadurch auch einen Einblick in das tatsächliche Vorgehen innerhalb der Transportlogistik, sowie in das über ihren Bereich hinausgehenden Geschehen gegeben haben.

Auch nicht zu vergessen ist der große Dank, der an meine Freunde und meine Familie geht – insbesondere an meine Schwester Agnes, sowie meine Freunde und Unikollegen Sammy, David und Manuel. Sie haben mir besonderen Rückhalt und Zuspruch während meiner gesamten Studienzzeit gegeben und viele Momente der Lachtränen geschenkt.

Danke!

Kurzfassung

Die vorliegende Diplomarbeit liefert einen Überblick über mögliche Prognoseverfahren, sowie deren Eigenschaften und im Speziellen eine Anwendungsempfehlung hinsichtlich ihres Einsatzes innerhalb der drei Planungsebenen – strategisch, taktisch, operativ – der Transportlogistik.

Dazu wurde eine intensive Literaturrecherche mit einer anschließenden strukturierten Inhaltsanalyse, sowie Expertenbefragungen durchgeführt.

Bei Letztgenannten wurden sieben Experten aus verschiedenen Transportunternehmen zu den mit den Planungsaufgaben verbundenen Anforderungen, sowie einem möglichen Einsatz von Prognoseverfahren befragt. Weiters resultiert daraus ein spannender Einblick in die alltäglichen Aufgaben, Prozesse und Herausforderungen der Transportlogistik.

Anhand der aus den Experteninterviews gewonnenen Anforderungsprofile der Planungsaufgaben, sowie der Methodenprofile (Ergebnis der Inhaltsanalyse) wurde eine entsprechende Anwendungsempfehlung abgeleitet.

Jene Anwendungsempfehlung soll den optimierten Einsatz von Prognoseverfahren unterstützen, um in der Praxis der Transportlogistik den Problemen wie u.a. Abweichungen der Plankapazitäten, sowie Steigerung von Leerkilometern entgegenwirken.

Ziel der geeigneten Verwendung von Prognoseverfahren ist es daher Entscheidungen und das Vorausplanen innerhalb der damit verbundenen Planungsaufgaben zu unterstützen, vereinfachen und hinsichtlich Genauigkeit zu verbessern. Dies gilt besonders bei dem aufgrund von hoher Volatilität des Marktes schwer vorauszuplanenden Transport.

Abstract

The theses should give you an impression of different forecasting methods and their characteristics. The main question includes the recommended use of those methods for the strategic, tactical and operative planning in the field of transport logistics.

An intense literature research, followed by a context analysis and expert interviews should help to find an answer.

Seven experts from different transport companies have shared their know-how, their experiences and their opinion to conditions of the planning tasks and the use of forecasts in transport logistics. As a result, these interviews give a good insight into the daily business, the processes as well as into the problems of transport logistics.

The requirements profiles (earned from the expert interviews) of the three planning levels and the profiles of the forecast methods (received from the context analysis) form the basis for the recommendation of an optimal use of the forecasting methods.

This recommendation should help to reduce problems like empty mileage and deviation of planned capacities.

The main aim of using the right forecasting procedures is, especially because of the high volatility of the market, to make decisions easier and to support planning tasks and increase the precision of the associated forecasts.

Inhalt

1	Einleitung	1
1.1	Problemstellung	1
1.2	Methodisches Vorgehen	1
1.3	Zielsetzung	3
1.4	Eingrenzung	3
2	Theoretische Grundlagen	4
2.1	Grundlagen – Transportlogistik	4
2.1.1	Logistik allgemein	4
2.1.2	Transportlogistik	4
2.1.3	Transport	4
2.1.4	Verkehrsträger und Verkehrsträgerwahl.....	5
2.1.5	Spediteur	6
2.2	Grundlagen – Planung	7
2.2.1	Planung	7
2.2.2	Planungshorizonte allgemein	8
2.2.3	Planungsaufgaben der Transportlogistik	10
2.2.4	Planungshorizonte und damit verbundene Aufgaben in der Transportlogistik ..	11
2.2.5	Vorlaufzeit als zu berücksichtigender Faktor	14
2.3	Grundlagen – Prognosen	15
2.3.1	Prognose	15
2.3.2	Einflussfaktoren	16
2.3.3	Risiken von Prognosen	17
2.3.4	Prognosequalität.....	18
2.3.5	Prognosefehler	19
2.3.6	Einsatzgebiete in der Logistik	21
2.3.7	Einsatzgebiete in der Transportlogistik.....	22
2.3.8	Potentiale von Prognosen in der Transportlogistik	23
2.4	Grundlagen – Prognoseverfahren	24
2.4.1	Einteilungsmöglichkeiten von Prognoseverfahren	24
2.4.2	Verwendete Einteilung der aufgezeigten Prognoseverfahren	26
2.4.3	Auswahlkriterien von Prognoseverfahren	27
3	State of the art.....	30
3.1	Prognoseverfahren – Charakteristik, Ablauf und ihre Vor- und Nachteile.....	30

3.1.1	Qualitative Verfahren	30
3.1.1.1	Szenario-Technik	31
3.1.1.2	Expertenbefragung.....	34
3.1.1.3	Delphi-Methode.....	35
3.1.1.4	Analogieschlussverfahren	37
3.1.1.5	Brainstorming.....	39
3.1.2	Quantitative Verfahren – Zeitreihenanalyse	41
3.1.2.1	Komponentenmodelle	43
3.1.2.2	Trendextrapolation	46
3.1.2.3	Glättungsverfahren.....	48
3.1.2.4	Autoregressive Verfahren – Box-Jenkins-Verfahren.....	53
3.1.3	Quantitative Verfahren – Computational Intelligence (CI).....	56
3.1.3.1	Genetische Programmierung (GP)	56
3.1.3.2	Neuronale Netze bzw. Künstlich Neuronale Netze	58
3.1.3.3	Fuzzy Logik.....	61
3.1.4	Quantitative Verfahren – Regressionsanalyse	65
3.1.4.1	OLS-Regressionsanalyse.....	68
3.1.4.2	Multivariate Regression.....	71
3.1.4.3	Maximum-Likelihood-Methode	72
3.2	Prognoseverfahren – Anwendungsempfehlungen hinsichtlich des Planungshorizontes	75
4	Verwendete Methoden.....	80
4.1	Literaturrecherche.....	80
4.2	Qualitative Inhaltsanalyse	81
4.3	Expertenbefragung	82
4.4	Nutzwertanalyse	84
4.5	Abweichungsanalyse	85
5	Umsetzung und Implementierung	86
5.1	Umsetzung der qualitativen Inhaltsanalyse	87
5.2	Umsetzung der Experteninterviews	89
5.3	Umsetzung der Nutzwertanalyse	93
5.4	Umsetzung der Abweichungsanalyse	96
6	Auswertung / Resultate	98
6.1	Resultate der Inhaltsanalyse.....	98
6.1.1	Prognoseverfahren – Bewertung nach Prognosequalität, Kosten, Durchlaufzeit, sowie geforderte Datenqualität	98
6.2	Resultate der Experteninterviews	102

6.2.1	Planungsaufgaben und deren Prognosegegenstand.....	102
6.2.2	Das Anforderungsprofil der Planungsaufgaben.....	106
6.2.3	Herausforderungen beim Einsatz von Prognoseverfahren und mögliche entgegenwirkende Maßnahmen.....	109
6.2.4	Chancen und Nutzen von Prognoseverfahren.....	112
6.2.5	Einsatz von Prognoseverfahren in der Transportlogistik	114
6.3	Resultate in Bezug auf die Problemstellung.....	117
6.4	Resultate in Bezug auf die Forschungsfragen.....	118
6.4.1	Resultat – Modellebene 1	119
6.4.2	Resultat – Modellebene 2	121
6.4.3	Resultate – Verknüpfungsebene	123
6.4.3.1	Ergebnisse Nutzwertanalyse	123
6.4.3.2	Ergebnisse der Abweichungsanalyse.....	125
6.4.4	Resultat – Anwendungsempfehlung: Prognoseverfahren in der langfristigen, mittelfristigen und kurzfristigen Planung.....	131
6.4.4.1	Gegenüberstellung: State of the art vs. Ergebnisse der Abweichungsanalyse	131
6.4.4.2	Anwendungsempfehlung auf Basis der priorisierten Anforderung	132
6.4.4.3	Stellungnahme zur Anwendungsempfehlung	134
7	Schlussfolgerungen / Resümee / Ausblick.....	135
7.1	Zusammenfassung der Ergebnisse	135
7.2	Einschränkungen der Ansätze und Ergebnisse.....	136
7.3	Nächste mögliche Schritte zur Weiterentwicklung.....	136
8	Anhang	I
8.1	Zitelliste inkl. Literaturhinweise	I
8.1.1	Quantitative Verfahren – Zeitreihenanalyse	I
8.1.2	Quantitative Verfahren – Computational Intelligence.....	II
8.1.3	Quantitative Verfahren – Regressionsanalyse	II
8.1.4	Qualitative Verfahren	III
8.2	Interviewleitfaden – Fragensammlung	V
9	Literaturverzeichnis.....	VI
10	Abbildungsverzeichnis.....	XIX
11	Formelverzeichnis	XXI
12	Tabellenverzeichnis.....	XXIII
13	Abkürzungsverzeichnis.....	XXIV

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

In der Transportlogistik findet sich als äußerst komplexes Problem die Transportminimierung und dabei die gleichzeitig maximale Kapazitätsauslastung aufgrund schwankenden Marktbedarfs. Höhere Variantenvielfalt, geringere Produktlebenszyklen, globale Märkte oder zum Beispiel auch „Modular Sourcing“ beeinflussen und verkomplizieren die optimale Verkehrsträgerwahl.¹

Die Planung unterteilt sich dabei in drei Zeitfenster: langfristig (Netzwerkgestaltung, Vorhersage des Marktbedarfs und entsprechende Ressourcendeckung), mittelfristig (Transportplanungsprozesse, Allokation der Ressourcen) und zuletzt kurzfristig (operative Ausführung, optimale Erfüllung des Logistikbedarfs unter bestmöglicher Auslastung verfügbarer Kapazitäten).²

Im Bereich Güterverkehr existieren aktuell große Abweichungen zwischen den Planaufträgen der Auftraggeber und den tatsächlich durchgeführten Abrufen von Transportdienstleistungen. Für die Logistikdienstleister entsteht eine zunehmend geringe Planungssicherheit, wodurch vermehrt Planungsfehler hervorgerufen werden und kurzfristiges ineffizientes Handeln hervorgerufen wird.³

Aus Kostengründen, ökonomischen Aspekten, aber auch aus dem zunehmenden Umweltbewusstsein und ökologischem Denken steigt der Wunsch nach Bedarfsprognose und Veranschaulichung aktueller Bedarfsentwicklungen.⁴

Um möglichst effiziente Prognosen zur Verminderung der aufgeführten Probleme zu erreichen, stellt sich nun die Frage, welche Prognoseverfahren im Bereich der Optimierung von Planungsaufgaben in der kurzfristigen, mittelfristigen und langfristigen Planung hinsichtlich entsprechender Anforderungen in der Transportlogistik am geeignetsten sind. Dies soll in dieser Arbeit näher beleuchtet werden.

1.2 Methodisches Vorgehen

Um diese Frage beantworten zu können, erfolgt zunächst eine ausführliche *Literaturrecherche*. Dabei sollen allgemeine Grundlagen und Begriffe für ein gemeinsames Verständnis definiert und anschließend die für diese Arbeit ausgewählten Prognoseverfahren beschrieben werden. Im zweiten Schritt werden die

¹ Vgl. Wannenwetsch, 2010, S.409

² Vgl. Zesch, 2011, S.45f.

³ Vgl. Günthner, 2007, S.31

⁴ Vgl. Florian/Kemper/Sihn, 2010, S.20

aufgeführten Prognoseverfahren anhand von Aussagen betrachteter Literatur eingeteilt, um den Stand der Anwendungsempfehlungen hinsichtlich der Planungshorizonte zu ermitteln.

Anschließend werden mit Hilfe einer *qualitativen Inhaltsanalyse* die vorgegebenen Prognoseverfahren bezogen auf Prognosequalität, Kosten, Zeitaufwand und die von ihnen geforderten Daten bewertet.

Anhand einer *qualitativen Analyse* in Form der Durchführung und Auswertung von *Experteninterviews* sollen die Planungsaufgaben in der Transportlogistik sowie mit ihnen verbundenen Anforderungen gewonnen werden. Dazu werden die Interviews zielorientiert vorbereitet, durchgeführt, auszugsweise daraus zitiert und die daraus gewonnenen Ergebnisse dargestellt.

Ziel der Bewertungsmethoden – Nutzwertanalyse und Abweichungsanalyse – ist es die gesammelten Ergebnisse aus der Inhaltsanalyse und den Experteninterviews gegenüberzustellen und daraus Anwendungsempfehlungen aufgrund der Bewertungskriterien für die einzelnen Planungsaufgaben und ihre Anforderungen zu generieren.

Zuletzt werden im Resümee der Arbeit die Ergebnisse und Erkenntnisse des Autors anschaulich zusammengefasst beziehungsweise dargestellt.

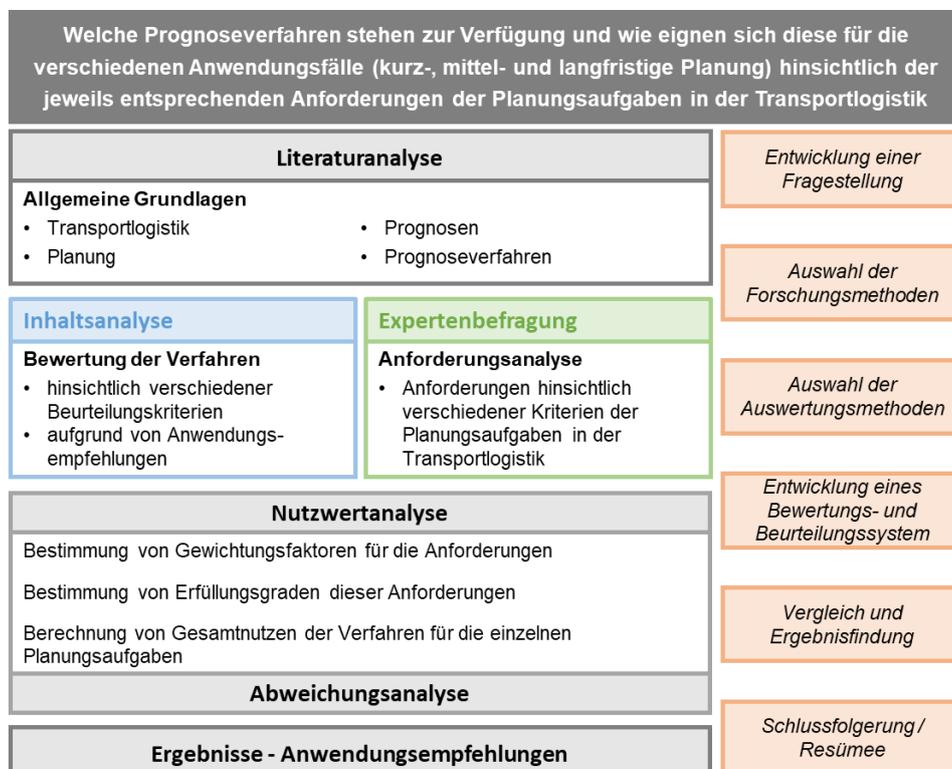


Abbildung 1: Aufbau der Arbeit, sowie methodisches Vorgehen⁵

⁵ Eigene Grafik

1.3 Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist es, nach Beschreibung der Prognoseverfahren, den Nutzen dieser aufzuzeigen und eine Empfehlung hinsichtlich ihres optimierten Einsatzes für einen Planungshorizont bzw. den damit verbundenen Anforderungen und Planungsaufgaben der Transportlogistik abzugeben.

Folgende Punkte sollen dabei berücksichtigt werden:

- Detaillierte Aufstellung von Prognoseverfahren (Einordnung, Charakteristik, Ablauf, Vor- und Nachteile)
- Beurteilung hinsichtlich Einsatzgebiete in der Logistik
- Aufzeigen des Nutzens von Prognoseverfahren in der Transportlogistik
- Anforderungsanalyse der Planungsaufgaben innerhalb der Transportlogistik und Zuordnung geeigneter Verfahren (Methodenauswahl)
- Beurteilung hinsichtlich Prognosequalität und Einflüsse auf die Prognosequalität
- Bewertung der analysierten Verfahren hinsichtlich folgender Anwendungsfälle in der Transportlogistik:
 - langfristige Planung
 - mittelfristige Planung
 - kurzfristige Planung

1.4 Eingrenzung

Die ausgewählten Prognoseverfahren sind als Input gekoppelt mit der Fragestellung gegeben und sind als beispielhafter Auszug verschiedener Methoden und Verfahrenskategorien anzusehen.

Die Transportlogistik ist ein umfassendes Thema mit vielen Teilbereichen, so soll in dieser Arbeit eine Eingrenzung hinsichtlich der darunterliegenden Punkte bzw. Bereiche vorgenommen werden.

- Die Analyse bezieht sich zunächst auf Österreich bzw. österreichische Transportunternehmen.
- Im Weiteren wird in Bezug auf die Verkehrsträgerwahl der Fokus auch auf die für Österreich relevanten Verkehrsträger (*siehe Zahlen auf www.statistik-austria.at für den Einsatz von Verkehrsträgern*) – Straßen- und Schienenverkehr – gelegt.
- Zuletzt soll im Zentrum der Transport selbst bzw. folglich der Spediteur stehen.

2 Theoretische Grundlagen

Dieses Kapitel dient zur Sicherstellung eines gemeinsamen Basiswissens und eines einheitlichen Verständnisses. Nach der Definition mehrerer Grundbegriffe, wie Logistik, Transportlogistik, Transport, Verkehrsträger, etc., enthält dieses Kapitel für die Fragestellung essentiellen Informationen bezüglich der Aufgaben der Transportlogistik, den damit verbundenen Anforderungen, sowie dazugehörig erforderlichen Zeithorizonten.

2.1 Grundlagen – Transportlogistik

2.1.1 Logistik allgemein

Die Grundaufgabe der Logistik ist ein...

„Effizientes Bereitstellen der geforderten Mengen benötigter Objekte in der richtigen Zusammensetzung zur rechten Zeit am richtigen Ort.“⁶

Der Funktionsumfang der Logistik kann dabei entsprechend differenziert werden:⁷

- Beschaffungslogistik
- Distributionslogistik
- Entsorgungslogistik
- Transportlogistik
- Lagerlogistik
- Materialwirtschaft

2.1.2 Transportlogistik

Die Transportlogistik umfasst in ganzheitlicher Betrachtung alle für den Transportvorgang notwendigen Arbeits- und Informationsweisen und es kann darunter das Zusammenwirken von allen dafür erforderlichen administrativen, dispositiven und operativen Größen verstanden werden. Zu den administrativen Größen zählen z.B. Personalverwaltung, Transport, Fahrzeugverwaltung, während zu den dispositiven bzw. operativen Größen z.B. Transportstrategien und Transportsteuerung bzw. Transporttechnik und Datenübertragungstechnik zählen.⁸

2.1.3 Transport

Der Transport für sich stellt einen wesentlichen Teil der (Transport-) Logistik dar. Er dient zur Überwindung von räumlichen Distanzen, ob von Personen, Gütern oder

⁶ Gudehus, 2004, S.7

⁷ Eigene Grafik: Vgl. Inhalt Gleißner/Femerling, 2008, S.14

⁸ Vgl. Martin, 2014, S.97

Material. Als technische Hilfsmittel des außerbetrieblichen Transports dienen Verkehrsmittel. Wenngleich folgender Begriff in dieser Arbeit nicht von Bedeutung ist, sei vollständigshalber erwähnt, dass bei innerbetrieblichem Transport äquivalent dazu von Fördern bzw. Fördermitteln gesprochen wird.⁹

2.1.4 Verkehrsträger und Verkehrsträgerwahl

Für den in dieser Arbeit im Fokus stehenden außerbetrieblichen Güterverkehr stehen folgende Verkehrsträger zur Auswahl:¹⁰

- LKWs
- Schienenfahrzeuge
- Flugzeuge und
- Schiffe
- (Rohrleitung).

Bei der richtigen Wahl des Verkehrsträgers gibt es eine Reihe an Einflussfaktoren, die zu berücksichtigen sind. Dazu gehören z.B. die Standorte von Lieferant und Empfänger, die Zugänglichkeit vom Transportnetz, die zu überbrückende Entfernung, die Produktbeschaffenheit, die Sicherheit, die Schnelligkeit, sowie aber auch gesetzliche Bestimmungen und natürlich Kosten.¹¹

Die dabei auftretenden im Fokus stehenden Zielgrößen werden in [Abbildung 2](#) dargestellt.¹²



Abbildung 2: Zielgrößen der Verkehrsträgerwahl¹³

⁹ Vgl. Heiserich/Helbig/Ullmann, 2011, S.53f.

¹⁰ Vgl. Arnold/Kuhn/Furmans/Isermann/Tempelmeier, 2008, S.408

¹¹ Vgl. ebd.

¹² Vgl. Zesch, 2011, S.26

¹³ Zesch, 2011, S.26

Die Hauptkriterien zur Verkehrsträgerwahl stellen u.a. Transportgeschwindigkeit, Transportkosten, Umweltfreundlichkeit, sowie Netzbildungsfähigkeit dar. Die Auswirkung bzw. der Zusammenhang von Kosten- und Servicekonsequenzen auf andere Bereiche sollten jedoch dabei nicht unberücksichtigt bleiben.¹⁴

Zusammengefasst sind in der folgenden Tabelle – für die in der Arbeit relevanten Verkehrsträger – die wesentlichen Vor- und Nachteile von LKW und vom Schienenverkehr dargestellt (*siehe* Tabelle 1).¹⁵

Verkehrsträger	Vorteile	Nachteile
LKW	Haus-zu-Haus-Beförderung	Verkehrsstörungen
	Weniger Stillstands- und Wartezeiten	Eingeschränktes Transportvolumen
	Hohe Flexibilität	Lenk- und Ruhezeiten
Eisenbahn	Kostengünstig bei großen Entfernungen	Unterlegenheit bei Transport auf kurzen Strecken und häufigen Transportwechsel
	Unabhängigkeit von Fahrverboten	Kaum bis keine Flexibilität (feste Fahrpläne, etc.)
	Eignung für Massengüter	Monopolstellung des Hauptbetreibers

Tabelle 1: Vor- und Nachteile der Verkehrsträger LKW und Eisenbahn¹⁶

2.1.5 Spediteur

„Der Spediteur besorgt alle Arbeiten oder führt sie selbst aus, die mit der Güterbeförderung, mit der Lagerung und dem Güterumschlag zusammenhängen. Sein Aufgabengebiet umfasst den Abschluss, die Abwicklung und Überwachung von Frachtverträgen und anderen Verträgen, den Empfang und die Weiterleitung von Gütern sowie eine unüberschaubare Zahl von damit verbundenen Dienstleistungen.“¹⁷

Hieraus lässt sich erkennen, dass die Aufgaben des Spediteurs Inhalt eines komplexen Entscheidungssystems sind und mehr dazu gehört, als nur die Logistikstrategie zu bestimmen. Die Struktur dieses Systems baut sich dabei ebenfalls über drei Level auf, die durch kurzfristige, mittelfristige und langfristige Entscheidungen gekennzeichnet sind (*Details: siehe Kapitel 2.2.3-0*).¹⁸

¹⁴ Vgl. Wehberg, 1997, S.195

¹⁵ Vgl. Wannowetsch, 2014, S.741

¹⁶ Vgl. ebd.

¹⁷ Oelfke, 2005, S.4

¹⁸ Vgl. Bektas/Crainic, 2007, S.7

2.2 Grundlagen – Planung

Nach dem Kapitel „Allgemeine Grundlagen der Transportlogistik“ (*siehe Kapitel 2.1*) soll dieses für ein allgemeines und einheitliches Verständnis der dieser Arbeit zugrundeliegenden Begriffe führen.

Dazu wird hier zunächst der Begriff Planung definiert und im Weiteren beschrieben und teilweise auch grafisch aufbereitet, was unter Planungshorizonten verstanden wird, welche Charakteristik diese aufweisen und welche allgemeinen Planungsaufgaben daraus resultieren.

2.2.1 Planung

Die Planung kann als systematisches, zukunftsbezogenes Durchdenken und Festlegen von Zielen, Maßnahmen, Mitteln und Wegen – nicht nur unternehmensbezogener Zielerreichung – gesehen werden. So enthält die Unternehmensplanung zum Beispiel: ¹⁹

- die Formulierung von Zielen,
- die Bestimmung von Maßnahmen, Mitteln und Verfahren,
- Auswahlentscheidungen, oder auch
- Anweisungen zur Realisierung von gewählten Alternativen.

Allgemein wird zwischen langfristiger, mittelfristiger und kurzfristiger Planung unterschieden, die sich – wie aus der Bezeichnung zu erkennen – primär im betrachteten Zeithorizont unterscheiden (*siehe auch Kapitel Abbildung 3*).²⁰

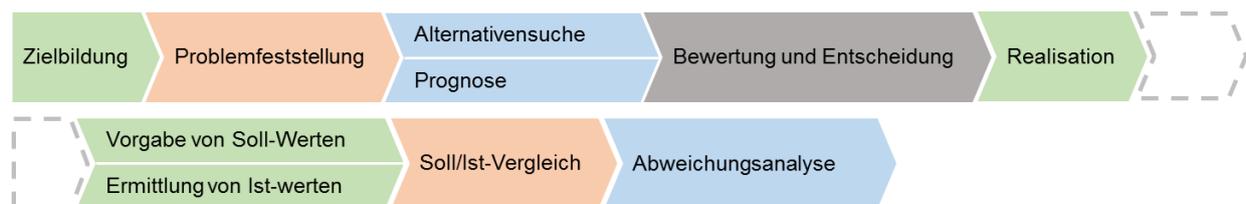


Abbildung 3: Ablauf – Planung²¹

In dieser Abbildung (*siehe Abbildung 3*) ist das allgemeine schrittweise Vorgehen dargestellt. Zielbildung bildet hierbei den Anfang, mit der das Problem bzw. die Planungsaufgabe festgelegt wird. Hauptaugenmerk liegt in dieser Arbeit auf dem dritten Schritt, der Prognose, zu der die Alternativensuche parallel verläuft. Aufbauend darauf folgen die Planungsschritte bis zur Abweichungsanalyse, der Überprüfung, ob Planungsziele auch hinreichend erreicht wurden.²²

¹⁹ Vgl. Hammer, 2015, S.40

²⁰ Vgl. ebd., S.42f.

²¹ Eigene Grafik: Vgl. Inhalt Götze, 1991, S.6

²² Vgl. Götze, 1991, S.6

2.2.2 Planungshorizonte allgemein

Wie bereits in der Fragestellung angedeutet, kann die Planung in drei zeitliche Dimensionen unterteilt werden, die für die Prognose, als Komponente der Planung, auch unterschiedliche Anforderungen mit sich bringen. Unterschieden werden dabei die langfristige, mittelfristige und kurzfristige Planung, wobei in der Literatur hierbei auch oftmals die Bezeichnungen strategische, taktische und operative Planung verwendet werden. Der Zeitraum, den ein Planungshorizont dabei umfasst, hängt entscheidend vom Planungs- bzw. Geschäftsfeld ab.²³

Eine häufig vorkommende Einteilung der Zeiträume dieser Planungshorizonte lautet wie folgt: Der langfristige Planungshorizont kann sich über mehrere Jahre erstrecken, während hingegen bei einem mittelfristigen Planungshorizont Entscheidungen für einen Zeitraum von etwa sechs bis zwölf Monaten im Voraus getroffen werden. Den Zeitraum von wenigen Tagen bis hin zu ca. drei Monaten umfasst typischer Weise die kurzfristige Planung (siehe Abbildung 4: Planungshorizonte).²⁴

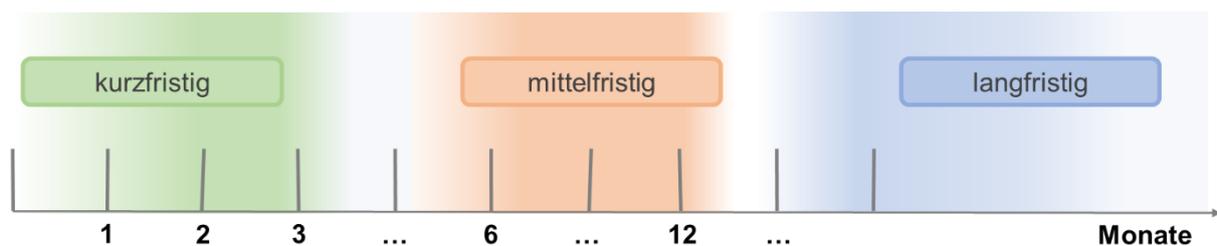


Abbildung 4: Planungshorizonte²⁵

Langfristige Planung – strategisch

In der langfristigen Planung kann zum Beispiel die Frage im Zentrum stehen, ob mit den vorhandenen Kapazitäten die Kapazitätsbedarfe erfüllt werden können. Hier ist zu beachten, dass eigene Kapazitäten in der Regel nur langfristig entscheidend vergrößert oder verkleinert werden können.²⁶

Sie dient dazu, einen groben Rahmen festzulegen und zunächst nur allgemeine Strukturen des Unternehmens zu definieren. Diese können meist bereits kurzfristigen Schwankungen (z.B. der Nachfrage) dämpfend entgegenwirken.²⁷

²³ Vgl. Pfohl, 2000, S.189

²⁴ Vgl. Ostertag, 2008, S.22

²⁵ Eigene Grafik: Vgl. Inhalt ebd.

²⁶ Vgl. Schuh, 2006, S.813

²⁷ Vgl. Baur, 1967, S.6

Mittelfristige Planung – taktisch

Die mittelfristige Planung beinhaltet die detailliertere Ausarbeitung und Festlegung der Aufgaben der in der langzeitigen Planung zuvor definierten Richtlinien und ist vor allem in der Produktionsplanung von großer Bedeutung.²⁸

Kurzfristige Planung – operativ

Die kurzfristige Planung kann im Wesentlichen als Steuerungsinstrument der Unternehmensführung verstanden werden, welche den augenblicklichen Ablauf bestimmt.²⁹

Es findet z.B. eine detaillierte Zuordnung der Aufträge auf die vorhandenen Kapazitäten statt, die primär durch das Kapazitätsangebot bestimmt ist.³⁰

Anwendungsbeispiel: Supply-Chain-Planning-Matrix

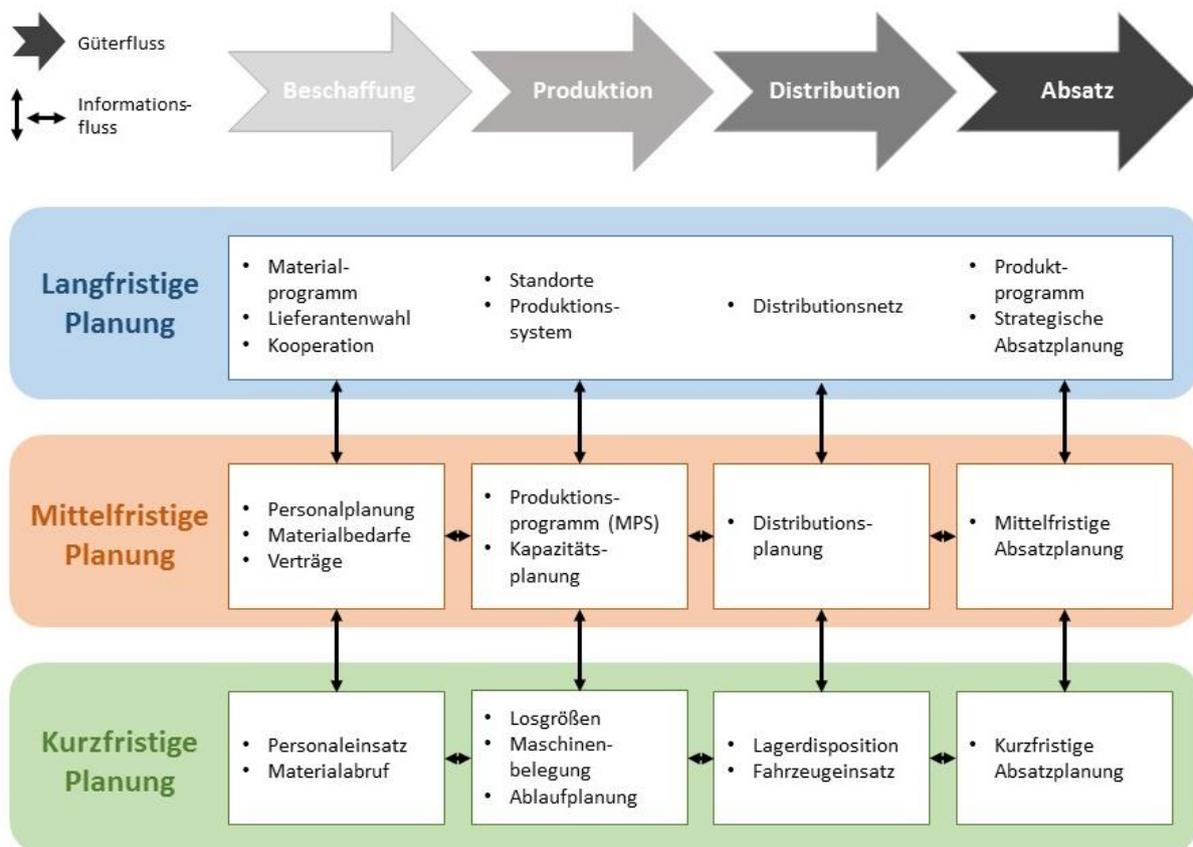


Abbildung 5: Supply-Chain-Matrix³¹

²⁸ Vgl. Baur, 1967, S.6

²⁹ Vgl. ebd.

³⁰ Vgl. Schuh, 2006, S.813

³¹ Vgl. Ostertag, 2008, S.25

Für die Supply-Chain lässt sich z.B. diese Unterteilung anhand der so genannten Supply-Chain-Planning-Matrix darstellen, bei der neben den Planungshorizonten eine Strukturierung der Supply-Chain Prozesse – Beschaffung, Produktion, Distribution, Absatz – veranschaulicht wird (*siehe* Abbildung 5). Mit jedem der Prozesse sind dabei unterschiedliche Aufgaben, gekoppelt an den jeweiligen Planungshorizont, verbunden.³²

2.2.3 Planungsaufgaben der Transportlogistik

Die Transportlogistik umfasst unterschiedlichste Planungsaufgaben und damit verbundene Entscheidungsfelder. Die Entscheidungen betreffen u.a.:³³

- Standorte
- Ressourcenausstattung
- Leistungen
- Tarife
- Netzwerkdesign, wie auch Linienpläne
- Leerfahrzeugausgleich
- Tourenplanung und nicht zuletzt die
- Steuerung der Ressourcen.

Ziel der Planungsprobleme in der Transportlogistik ist die Optimierung der einzelnen Transportabwicklungsstufen, sowie des Gesamtsystems des Transportvorgangs. Zu den zu optimierenden Bereichen zählen unter anderen Beladung, Entladung, Auslastung, Transportwege, Transportmittel, oder auch die Identifizierung des Transports.³⁴

³² Vgl. Schuh, 2006, S.22f.

³³ Vgl. Voss/Pahl/Schwarze, 2009, S.265

³⁴ Vgl. Heinrich, 2011, S.97

2.2.4 Planungshorizonte und damit verbundene Aufgaben in der Transportlogistik

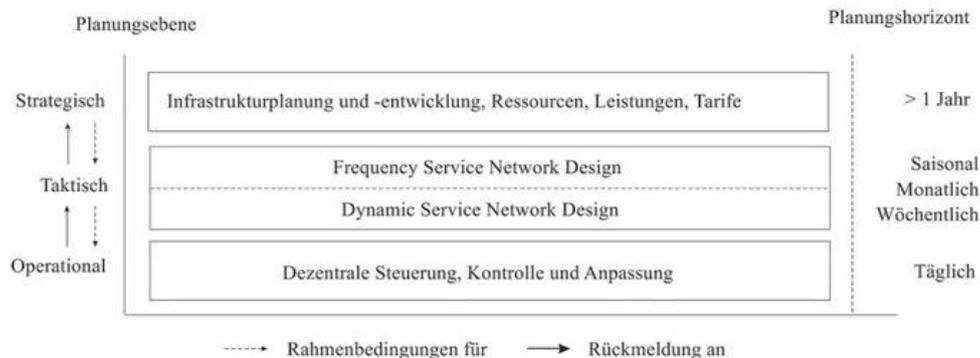


Abbildung 6: Planungsebenen und Planungshorizonte der Transportlogistik³⁵

Wie in der gezeigten Grafik (*siehe* Abbildung 6) dargestellt, lassen sich auch die Aufgaben der Transportlogistik (ohne im Moment auf diese hier genau einzugehen) in drei nicht ganz unbekannte Kategorien unterteilen – in strategische, taktische und operative Aufgaben – die äquivalent zu den in Kapitel 2.2.2 beschriebenen Planungsebenen bzw. -horizonten sind. Der Unterschied liegt in den dafür definierten Zeiträumen, die der eben genannten Grafik zu entnehmen sind: täglich (kurzfristig), wöchentlich/monatlich/saisonal (mittelfristig) und mehr als ein Jahr (langfristig).³⁶

In der Regel liegt damit eine hierarchische Planung vor. Das bedeutet, dass die unterschiedlichen in den jeweiligen Planungshorizonten getroffenen Entscheidungen Auswirkung auf die zeitlich nachgelagerten Planungsprobleme haben. Auch geben die in der strategischen und taktischen Ebene festgelegten Strukturen usw. den Handlungsspielraum für kurzfristigere Entscheidungen vor.³⁷

In Tabelle 2 wird ein erster Überblick über mögliche Aufgaben der Transportlogistik innerhalb der drei Planungsebenen gegeben. Die dabei gemeinsam verfolgten Hauptziele sind:³⁸

- Effizienz
- Effektivität
- Robustheit
- Sicherheit
- Nachhaltigkeit
- sowie Wirtschaftlichkeit.

³⁵ Grafik: Voss/Pahl/Schwarze, 2009, S.265

³⁶ Vgl. Voss/Pahl/Schwarze, 2009, S.264

³⁷ Vgl. Ohrt, 2008, S.7

³⁸ Vgl. Clausen/Geiger, 2013, S.5

strategisch	taktisch	operativ
Kooperation zw. Rollgeld-Firmen	Verteilung und Auswahl der Versand- und Empfangsstellen	Streckenführung der Fahrzeuge
LKW- und Fahrzeugbestand / Fuhrparkgröße	Preisstrategie	Umverteilung der Container- und Ladeeinheiten
Terminaldesign	Auslastungsgrad der Einrichtung und des Personals	Ressourcenverteilung
Konfiguration des Infrastruktur-Netzwerkes	Re-Design von operativen Routinen und Layout-Strukturen	Zeitplanung der Arbeiten
Standorte der Terminals	Konfiguration des Netzwerkes	Beladungsreihenfolge der Züge
	Produktionsmodell	Neu- bzw. Umverteilung der Schienenfahrzeuge, Last- und Ladeeinheiten
	Preisstrategie	Ablaufplanung und Neu- bzw. Umpositionierung

Tabelle 2: Aufgaben der intermodalen Transportlogistik innerhalb der drei Planungshorizonte³⁹

Langfristige Planungsebene und ihre strategischen Aufgaben

STRATEGISCHE AUFGABEN

Logistische Systemplanung, Verkehrsnachfragemodellierung, Netzwerkoptimierung, Flächen- und Funktionsplanung, Angebotsplanung, Produktentwicklung, Preisgestaltung

Abbildung 7: Strategische Aufgaben in der Transportlogistik⁴⁰

Kern des strategischen Planungsprozesses bildet die Netzbildung. Effiziente Transportverbindungen zwischen den Transportpunkten im Planungsgebiet zu schaffen, bildet hierbei eine nicht wegdenkbare Komponente. In der darüber dargestellten Grafik (siehe Abbildung 7) werden die weiteren Inhalte der langfristigen Planung und die damit verbundenen strategischen Aufgaben aufgezeigt.⁴¹

Die strategische Aufgabe, der in dieser Arbeit im Fokus stehenden Transportplanung ist vor allem die Definition der Anzahl und Lage von Umschlags- und Lagerorten. Zwar in untergeordneter Rolle, aber dennoch, findet sich in diesem Sektor auch die Bestimmung von Absender- und Empfangsorten wieder.⁴²

³⁹ Vgl. Caris/Macharis/Janssens, 2008, S.280

⁴⁰ Grafik: Vgl. Clausen/Geiger, 2013, S.5

⁴¹ Vgl. Clausen/Geiger, 2013, S.277/ SteadieSeifi et.al., 2013, S.2f.

⁴² Vgl. Grunewald, 2015, S.29

Mittelfristige Planungsebene und ihre taktischen Aufgaben

Nach der in der strategischen Transportplanung entstandenen Festlegung des Netzwerkes, erfolgt in der taktischen Ebene die Auswahl eines Transportkonzepts, welches von der Anzahl der Lager- und Umschlagsorte bzw. der Absender und Empfänger abhängig ist. Auch soll hier eine geeignete Transportmittelwahl getroffen werden. Diese Entscheidung ist vor allem verbunden mit der Berücksichtigung der Faktoren:

- Erreichbarkeit der Netzwerkknotenpunkte
- Transportkapazität
- Transportgeschwindigkeit, sowie
- Flexibilität in der Fahrplangestaltung

und beinhaltet zunächst erst eine grobe Festlegung und allgemeine Klärung über die Regelmäßigkeit bzw. die Frequenz des Transportes.⁴³

In der nächsten Grafik findet sich eine Auflistung weiterer taktische Aufgaben der Transportlogistik (*siehe* Abbildung 8).⁴⁴

TAKTISCHE AUFGABEN

Sammeln, Verteilen, Bündeln, Disponieren, Scheduling, Verkehrsträgerwahl, Behälter- und Leergutmanagement, Torbelegung, Touren- und Routenplanung

Abbildung 8: Taktische Aufgaben in der Transportlogistik⁴⁵

Kurzfristige Planungsebene und ihre operativen Aufgaben

Wesentliche Aufgabe der kurzfristigen Planung ist die detaillierte Transportplanung. Im Zuge des Transports erfolgen dabei u.a. die Bestimmung:⁴⁶

- des Transportweges
- der Verkehrsträger
- der Transportmittel
- der Beladung und ggf.
- der Routen.

Weitere Aufgaben, neben den eben genannten Planungsaufgaben, werden in der Abbildung 9 dargestellt.⁴⁷

⁴³ Vgl. Grunewald, 2015, S.29

⁴⁴ Vgl. Clausen/Geiger, 2013, S.5

⁴⁵ Eigene Grafik: Vgl. Inhalt ebd.

⁴⁶ Vgl. Jung, 2015, S.37

⁴⁷ Vgl. Clausen/Geiger, 2013, S.5

OPERATIVE AUFGABEN

Befördern, Be- und Entladen, Etikettieren, Verpacken, Konfektionieren, Sichern,
Identifizieren, Umschlagen, Dokumentieren, Avisieren

Abbildung 9: Operative Aufgaben in der Transportlogistik⁴⁸

Während die taktischen Planung noch recht grob ist und die genaue Entscheidung z.B. hinsichtlich Zeitpunkt des Transports noch nicht getroffen ist, ist der Kern der operativen Planung die Fragestellung: wie viele Transportmittel wann und wohin fahren. Die Aufgaben der drei Planungshorizonte betrachtend lässt sich erkennen, dass der Detaillierungsgrad mit kürzer werdendem zeitlichen Horizont zunimmt.⁴⁹

2.2.5 Vorlaufzeit als zu berücksichtigender Faktor

Neben den zuvor genannten geforderten Planungshorizonten und den damit verknüpften Aufgaben darf nicht vergessen werden, dass der Einsatz der unterschiedlichen Verkehrsträger, auch unabhängig von der Kapazitätsplanung, eine gewisse Vorplanzeit benötigt. So werden vom Schienenverkehr allgemein größere Planungshorizonte verlangt, da dieser meist mit einem komplexeren Netz von Koordinationspartnern einhergeht. In der folgenden Grafik (siehe Abbildung 10) sei der minimal notwendige Planungsvorlauf beispielhaft für verschiedene mögliche Verkehrsträger dargestellt.⁵⁰

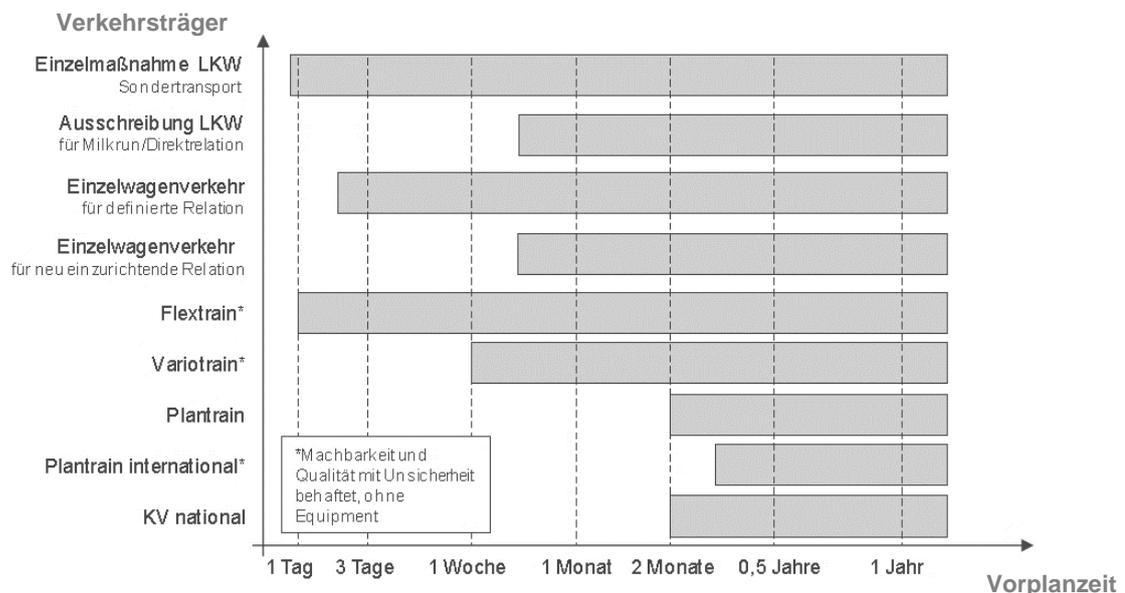


Abbildung 10: Minimaler Planungsvorlauf für Straßen- und Schienenverkehr⁵¹

⁴⁸ Eigene Grafik: Vgl. Clausen/Geiger, 2013, S.5

⁴⁹ Vgl. Grunewald, 2015, S.30

⁵⁰ Vgl. Zesch, 2011, S.45f.

⁵¹ Zesch, 2011, S.46

2.3 Grundlagen – Prognosen

Nach der Definition der Basisbegriffe sollen in diesem Kapitel verschiedene Punkte und Aspekte von Prognosen bzw. allgemein von Prognoseverfahren erläutert werden. So findet sich zunächst die Beschreibung wieder, worum es sich eigentlich bei einer Prognose handelt und welche Risiken und Fehlermöglichkeiten damit verknüpft sein können, die ebenfalls Einfluss auf die Prognosequalität haben. Daneben soll aufgezeigt werden, welche Parameter hier einfließen können und nach welchen Kriterien die Auswahl des „richtigen“ Prognoseverfahrens getroffen werden kann.

2.3.1 Prognose

Der Begriff Prognose stammt aus dem Griechischen und wird übersetzt mit „das Vorwissen“ oder „die Vorauskenntnis“. Sie bezeichnet eine Aussage über ein zukünftiges, unbekanntes Ereignis, einen Zustand oder eine Entwicklung, wobei diese stets mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit verknüpft ist. Je weiter die Prognose in die Zukunft reicht, desto geringer wird die Präzision der Aussage und somit nimmt die Prognosequalität mit steigender zeitlicher Reichweite ab.⁵²

Die Prognose – in der Literatur auch oft mit dem englischen Begriff „Forecast“ bezeichnet – dient nicht als eindeutige und sichere Aussage über zukünftige Verläufe, aber sie kann die Reichweite von Unsicherheiten der unternehmerischen Entscheidungen wesentlich reduzieren.⁵³

Sie dient somit vor allem in Form einer Information als Grundlage zum Treffen oder auch Unterlassen von Entscheidungen, welche wiederum Basis der Planung sind. Die Planung kann in diesem Zusammenhang als Ergebnis von Entscheidungen verstanden werden.⁵⁴

Die Position der Prognose in der Planung ist in folgender Abbildung dargestellt (*siehe* Abbildung 11).

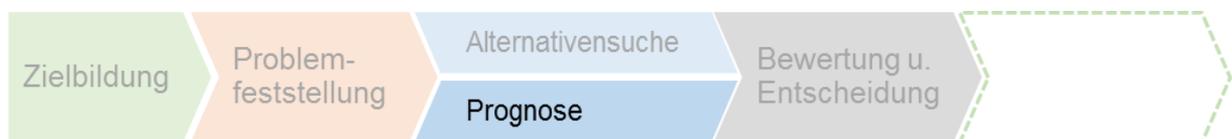


Abbildung 11: Prognose im Planungsablauf⁵⁵

Ziel einer Prognose ist aus der Analyse des vergangenen Verläufe bzw. Ereignisse der Zukunft vorherzusagen, die sowohl auf Beobachtungen als auch auf einer Theorie

⁵² Vgl. Crone, 2010, S.67

⁵³ Vgl. Hoshmand, 2010, S.15

⁵⁴ Vgl. Hüttner, 1986, S.1f.

⁵⁵ Eigene Grafik: Vgl. Inhalt Götze, 1991; S.6

beruhen. Dies bedeutet, dass eine Prognose empirisch fundiert sein muss und kein Erraten zukünftiger Vorkommnisse beinhaltet.⁵⁶

2.3.2 Einflussfaktoren

Für die Prognose und in weiterer Folge für die Prognosegüte sollte unbedingt die Frage gestellt werden, ob und wenn ja, welche Faktoren eine Rolle spielen könnten bzw. auf die Prognose und ihre Qualität Einfluss nehmen. Die Einflussfaktoren lassen sich dabei in exogene und endogene Faktoren unterteilen. Erstere umfassen Faktoren des Unternehmensfeldes, wie zum Beispiel: ⁵⁷

- demografische
- politische
- gesetzliche
- und ökonomische Faktoren.

Endogene Einflussfaktoren hingegen beinhalten unternehmensinterne Parameter wie z.B. Produktion, Beschaffung, Finanzen, etc.⁵⁸

Die genannten Größen können einen Trend bewirken oder auch verhindern. Zu den zukünftigen Herausforderungen für effiziente die Wirtschaft betreffende Prognosen zählen für unterschiedliche Wirtschaftsbereiche unter anderen auch: ⁵⁹

- der Klimawandel
- die weitere Zunahme der Globalisierung
- neue Wachstumsmärkte
- eine Gefährdung durch Industriespionage, Kriminalität, Terrorismus
- der Anstieg der Nachfrage an lokal entwickelten und produzierten Gütern
- die zunehmende Individualisierung der Kundenwünsche
- der Anstieg der zwischenbetrieblichen Datenkomplexität
- die zunehmenden infrastrukturellen Engpässe
- die Zunahme der Bedeutung von Logistikservices
- der erwartete Anstieg von Transportkosten

Jene Faktoren beeinflussen die Zukunftsentwicklungen und können als zusätzlich zu beachtende Parameter das Erzielen genauer Prognosen erschweren. In der folgenden Abbildung (*siehe* Abbildung 12) wird die durchschnittliche Bedeutung der eben genannten Einflussfaktoren dargestellt. Während der erwartete Anstieg von

⁵⁶ Vgl. Hansmann, 1983, S.11

⁵⁷ Vgl. Pepels, 2008, S.151

⁵⁸ Vgl. ebd.

⁵⁹ Vgl. Göpfert/Braun/Schulz, 2013, S.8

Transportkosten eine wesentliche Rolle zu spielen scheint, wird z.B. der Gefährdung durch Kriminalität etc. hier weniger Bedeutung geschenkt.⁶⁰

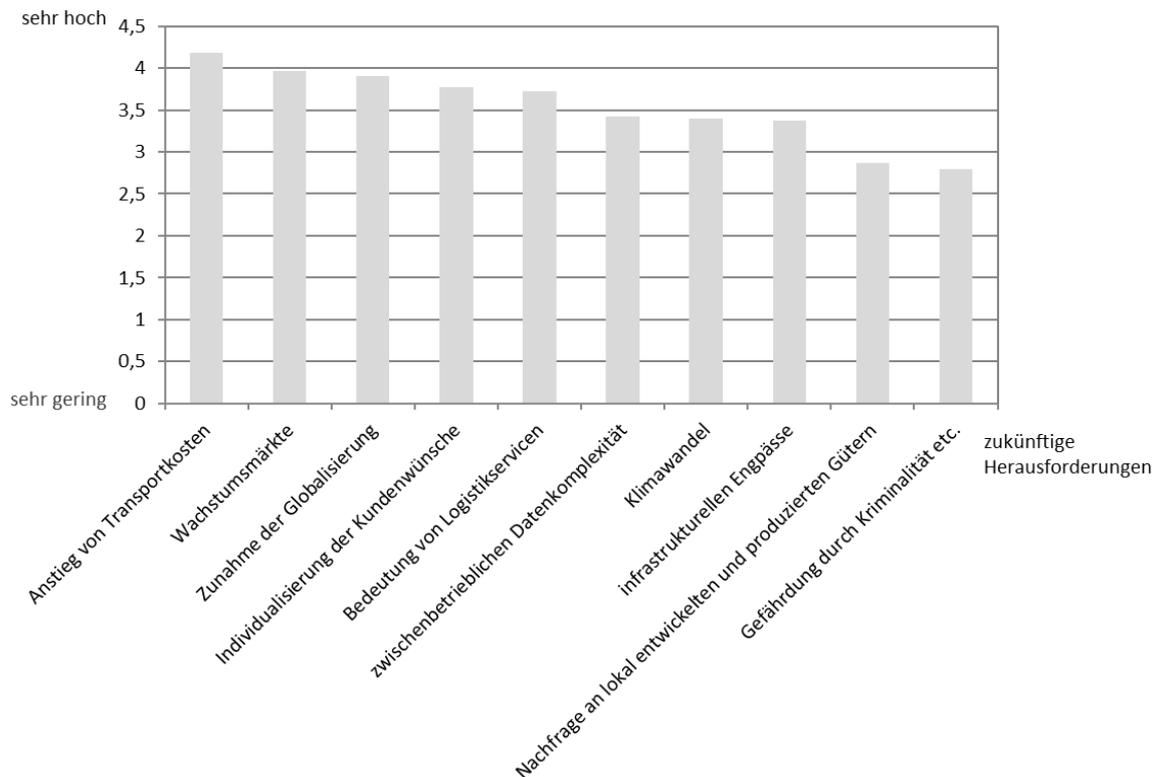


Abbildung 12: Zukünftige Herausforderungen – Einflussgrößen auf Prognosen⁶¹

2.3.3 Risiken von Prognosen

In der Wirtschaft bzw. in der Planung von Wirtschaftsaktivitäten ist das Nutzen von Prognosen zur Entscheidungsfindung, wie eben beschrieben, kaum wegzudenken. Entscheidend ist hierbei jedoch das Wissen darüber, dass es sich um ein mögliches Szenario oder eine mögliche Entwicklung handelt, die nicht zwangsläufig der Realität entsprechen muss und somit die Klarheit darüber, dass Prognosen – unabhängig vom gewählten Verfahren – nie mit einer hundertprozentigen Sicherheit Aussage über die tatsächliche Entwicklung liefern können. Ein nicht unerhebliches Risiko zur Färbung eines Zukunftsbildes stellen dabei die so genannte „Self-fulfilling prophecy“, sowie der gegenläufige Effekt der „self-defeating prediction“ dar.⁶²

„Eine selbsterfüllende Prophezeiung ist eine falsche Definition einer Situation, die ein neues Verhalten hervorruft, welches die ursprünglich falsche Auffassung bewahrheitet.“⁶³

⁶⁰ Vgl. ebd.

⁶¹ Vgl. Göpfert/Braun/Schulz, 2013, S.8

⁶² Vgl. Hüttner, 1986, S.2

⁶³ Vgl. Vedung, 1999, S.150

„A prediction that becomes false as a consequence of having been made.“⁶⁴

Diese Effekte lassen sich ganz einfach beschreiben. Es ist kaum bis gar nicht möglich subjektive Aspekte beim Entwickeln und Erstellen von Prognosen vollständig zu eliminieren. Wünsche, Hoffnungen, Erwartungen, aber auch Befürchtungen fließen nahezu zwangsläufig in die Prognosefindung ein und haben somit Einfluss auf die Prognose und in weitere Folge auch auf deren Qualität.⁶⁵

Wenngleich Prognosen keinesfalls eine eindeutige und sichere Aussage über zukünftige Verläufe bieten, können sie die Reichweite der Unsicherheit der unternehmerischen Entscheidungen wesentlich reduzieren.⁶⁶

2.3.4 Prognosequalität

Eine Prognose von hoher Qualität liegt dann vor, wenn der vorhergesagte „Wert“ dem Zukunftswert exakt oder, um realistischer zu bleiben, möglichst genau diesem entspricht. Als entscheidendes Kriterium für die Auswahl eines geeigneten Prognoseverfahrens spielt daher, neben der Überschaubarkeit des gesamten Prognosesystems, vor allem die Prognosequalität eine im Fokus stehende Rolle. Stark abweichende bzw. fehlerhaften Prognosen können zu einem deutlichen Mehraufwand und erheblichen Kosten führen. Der zunehmend komplexe Markt mit seinen aktuellen Entwicklungen – wie z.B. Globalisierung, kürzere Produktlebenszyklen, Individualisierung, steigende Kundenanforderung – erschweren jedoch den Unternehmen Zukunftsentwicklungen, Trends und Marktpotentiale frühzeitig und zuverlässig zu identifizieren.⁶⁷

Gemessen wird die Prognosequalität zumeist zu zwei Zeitpunkten, wovon sich parallel dazu folgende Qualitätsarten ableiten lassen:⁶⁸

- Ex-Ante-Qualität
- Ex-Post-Qualität

Erste wird bereits vor Beginn der Prognoseerstellung ermittelt, indem gefragt wird, welchen Nutzen die erwarteten Prognoseergebnisse aufweisen und ob diese einen relevanten Einfluss auf Handlungsentscheidungen besitzen. Hingegen dazu beschreibt die Ex-Post-Qualität im Nachhinein die Qualität und somit die Genauigkeit – Richtigkeit bzw. Präzision – der Prognose.⁶⁹

⁶⁴ Vgl. Colman, 2015, S.679

⁶⁵ Vgl. Acatech, 2012, S.11

⁶⁶ Vgl. Hoshmand, 2010, S.15

⁶⁷ Vgl. Riekhof/Riekhof/Brinkhoff, 2012, S.4

⁶⁸ Vgl. Kühnapfel, 2015, S.150

⁶⁹ Vgl. ebd.

Der Unterschied zwischen den beiden vorkommenden Begriffen Richtigkeit (=Validität) und Präzision (=Reliabilität) wird in der nachstehenden Grafik (siehe Abbildung 13) veranschaulicht.⁷⁰

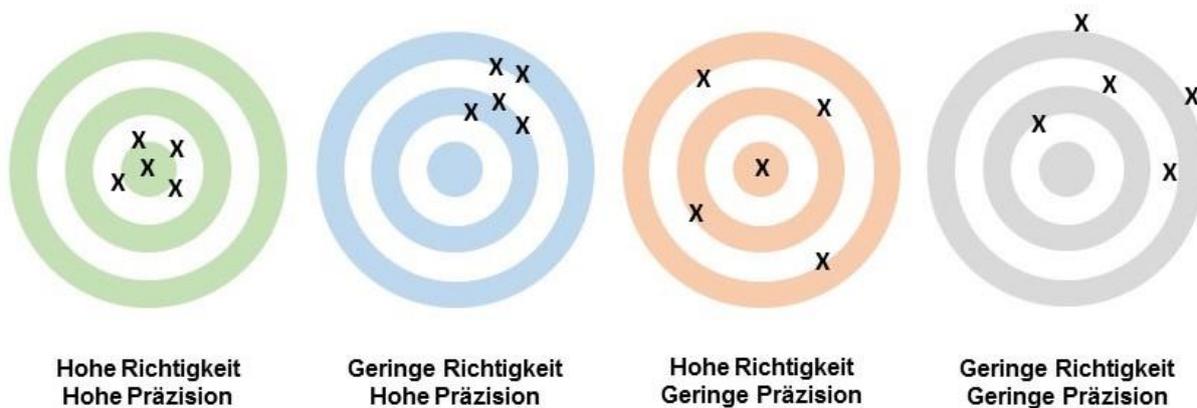


Abbildung 13: Richtigkeit vs. Präzision⁷¹

2.3.5 Prognosefehler

Wesentliche Faktoren zur Bewertung der Prognosequalität (siehe Kapitel 2.3.4) stellen Prognosefehler dar, die somit als quantitative Kennzahlen der Prognosequalität zu verstehen sind. Prognosefehler sind kurz gesagt...⁷²

„...bei Prognosen der Unterschied zwischen dem prognostizierten Wert und dem tatsächlich eingetroffenen Wert. Er ist nur im Nachhinein bestimmbar.“⁷³

Dies lässt sich (siehe Formel 1) in einfachster Form mathematisch wie folgt beschreiben:

$$\epsilon_n = x_n - p_n$$

ϵ_n ... Prognosefehler

x_n ... tatsächliche Wert

p_n ... prognostizierter Wert

Formel 1: Prognosefehler⁷⁴

Differenzierter betrachtet, lassen sich unterschiedliche Arten von Fehlern finden, die sich auch formal bzw. in der Art der Berechnung (siehe Formel 2-Formel 4) unterscheiden. Zu den Bekanntesten Fehlermaßen zählen:

⁷⁰ Vgl. Heinrich/Linke/Glückler, 2015, S.43

⁷¹ Eigene Grafik: Vgl. Inhalt Kühnapfel, 2015, S.153

⁷² <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/prognosefehler.html> (22.05.2017)

⁷³ ebd.

⁷⁴ Vgl. Balakrishnan, 2010, S.113

- **MSE:** *Mean Squared Error*, beschreibt die durchschnittliche quadratische Abweichung ϵ der Prognosewerte vom tatsächlichen Wert über T Perioden.
- **MAD:** *Mean Absolute Deviation*, stellt den durchschnittlichen absoluten Fehler dar, der ebenfalls über T Perioden ermittelt wird und tendenziell eine intuitive besser interpretierbare Kennzahl als MSE darstellt.
- **MAPE:** *Mean Absolute Percentage Error*, berechnet die mittlere prozentuale Abweichung der Prognose zum tatsächlichen Wert y_t und dient zur besseren Vergleichbarkeit der vorhergehenden Kennzahlen, indem diese normiert werden bzw. das Verhältnis des Prognosefehlers zur Nachfrage betrachtet wird.⁷⁵

$$MSE = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \epsilon_t^2$$

mit $\epsilon = \hat{y}_t - y_t$

y_t ... Beobachtungswerte

\hat{y}_t ... Prognosewerte

Formel 2: Mean Squared Error⁷⁶

$$MAD = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T |\epsilon_t|$$

Formel 3: Mean Absolute Deviation⁷⁷

$$MAPE = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \left| \frac{\epsilon_t}{y_t} \right|$$

Formel 4: Mean Absolute Percentage Error⁷⁸

Neben den drei angeführten klassischen Fehlergrößen findet sich eine Reihe an weiteren Fehlermaßen (*siehe* Formel 5-Formel 8):⁷⁹

$$ME = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T y_t - \hat{y}_t$$

Formel 5: Mittlerer Fehler

⁷⁵ Vgl. Balakrishnan, 2010, S.113

⁷⁶ Vgl. Thonemann, 2010, S.68

⁷⁷ Vgl. ebd.

⁷⁸ Vgl. ebd.

⁷⁹ Vgl. Speckenbach, 2017, S.59

$$RMSE = \sqrt{MSE}$$

Formel 6: Standardabweichung

$$MPE = 100\% * \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \frac{\epsilon_t}{y_t}$$

Formel 7: Mittlerer prozentualer Fehler in [%]

$$MAPE_s = 100\% * \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \left| \frac{\epsilon_t}{\frac{y_t + \hat{y}_t}{2}} \right|$$

Formel 8: symmetrischer mittlerer absoluter prozentualer Fehler in [%]

2.3.6 Einsatzgebiete in der Logistik

Prognosen können in unterschiedlichen Funktionsbereichen der Logistik eingesetzt werden, sowie z.B. im Zuge der:⁸⁰

- Bedarfsplanung
- Absatzplanung
- Kapazitätsplanung
- Technologieprognose

Ganz allgemein werden innerhalb der Prognoseverfahren (*siehe Kapitel 0*) quantitative Verfahren (*siehe Kapitel 3.1.2 bzw. 3.1.4*) bevorzugt angewandt, wenn eine hohe Datenqualität und ein regelmäßiger Verbrauch gegeben sind, während hingegen qualitative Verfahren (*siehe Kapitel 3.1.1*) tendenziell ihren Einsatz finden bei:⁸¹

- stark schwankender Nachfrage
- speziellen Ereignissen
- wenigen bzw. schlechten historischen Daten.

Bei der *Bedarfsplanung* ist die Ermittlung des erwarteten zukünftigen Bedarfs essentiell, die verbrauchsgebunden mit Prognoseverfahren durchgeführt werden kann. Zur Anwendung bei Bedarfsprognosen kommen vor allem mathematisch-statistische Methoden, zur Fortschreibung von Vergangenheitswerten in die Zukunft – die Zeitreihenanalyse.⁸²

Abhängig vom Bedarfsniveau – konstant, trendförmig oder saisonal schwankender Bedarf – können bevorzugt unterschiedliche Verfahren angewandt werden. Für

⁸⁰ Vgl. Woschank/Zsifkovits, 2014, S.10 / et al

⁸¹ Vgl. ebd., S.18f.

⁸² Vgl. Corbat, 2009, S.137

Ersteres werden z.B. die Verfahren Gleitender Durchschnitt und Exponentielle Glättung 1.Ordnung empfohlen, bei trendförmigen Bedarf Lineare Regression, sowie Exponentielle Glättung 2.Ordnung. Zeitreihendekomposition und u.a. Multiple Lineare Regression werden im Zuge von saisonal schwankendem Bedarf als zu bevorzugende Prognosemethoden genannt.⁸³

Die in der *Absatzplanung* enthaltene Absatzprognose enthält eine Reihe an Annahmen, die für eine hohe Qualität – Genauigkeit – der Prognose auf ein Minimum reduziert werden, um den damit Unsicherheit bringenden Part bestmöglich zu eliminieren. Zudem ist die Berücksichtigung der Kausalbeziehung zwischen Absatz und Marktanteil, sei es gedanklich oder durch eine ermittelte Regressionsgleichung, empfohlen.⁸⁴

Bei der Absatzplanung finden die qualitativen Verfahren (auch allgemein) vor allem bei schlecht strukturierten Problemen bzw. beim Fehlen von historischen Daten und im konkret genannten Fall der Absatzplanung besonders bei Produktneueinführungen ihren Einsatz. Im Untersektor der Absatzplanung, der Nachschubversorgung, wird bei Vorhandensein der erforderlichen Daten der Vergangenheit im Gegenteil dazu auf quantitative Verfahren hingewiesen.⁸⁵

Die *Kapazitätsplanung* setzt sich aus mehreren Komponenten zusammen und umfasst mehrere Arten von Prognosen. So ist ein wesentlicher Bestandteil die Planung des langfristigen Bedarfsvolumens. Ein Unternehmen soll dabei die langfristige Auslastung der Potentiale und somit eine nachfragegerechte Dimensionierung aufweisen. Damit kann die langfristige Kapazitätsplanung als Bedarfsplanung verstanden werden, die mit der bereits zuvor genannten Bedarfsprognose einhergeht. Die zukünftige Nachfrage ist meist mit starken Schwankungen verbunden und fordert somit für die Bestimmung des Kapazitätsbedarfs eine Nachfrageprognose.⁸⁶

Im Bereich der *Technologieprognose*, für die Prognose von technischen Entwicklungen und der Nachfrage neuer Produkte und Dienstleistungen werden gerne qualitative Verfahren wie z.B. Expertenbefragungen oder die Delphi-Methode herangezogen.⁸⁷

2.3.7 Einsatzgebiete in der Transportlogistik

Auch im Bereich der *Transportlogistik* finden Prognosen, wie schon erwähnt und wesentlich für diese Arbeit, ihre Anwendung.

⁸³ Vgl. Tempelmeier, 2015, S.64f.

⁸⁴ Vgl. Saval, 1972, S.63

⁸⁵ Vgl. Draenert, 2001, S.31

⁸⁶ Vgl. Klinge, 1997, S.166f.

⁸⁷ Vgl. Thonemann, 2010, S.35f.

Mit Hilfe von Prognosen – vor allem auf Basis von Absatz- und Bedarfsprognosen – sollen im Zuge der im Fokus stehenden *Transportplanung* Entscheidungen hinsichtlich

- der Auswahl der Transportart
- der Tourenplanung
- der Transportmittelplanung
- der Transportmittelbeladung

vereinfacht und mit dem Ziel der Optimierung getroffen werden.⁸⁸

2.3.8 Potentiale von Prognosen in der Transportlogistik

In der Problemstellung wurde teilweise bereits auf mögliche Potentiale von Prognosen in der Transportlogistik eingegangen. Ein aktuelles Hauptproblem stellt dabei im Moment die Tatsache dar, dass es oftmals zu (auch starken) Abweichungen der Prognosewerte als Folge von Volatilitäten, sowie starren Strukturen in der Planung – z.B. hinsichtlich geforderten Kapazitäten von tatsächlich notwendigen Kapazitäten – kommt.⁸⁹

Voraussetzung für den gesteigerten Nutzen von Prognosen ist daher ein optimierter Einsatz von Prognoseverfahren und einer damit verbundenen Verbesserung der Prognose hinsichtlich Prognosequalität – sowohl auf Richtigkeit als auch auf Prognosesicherheit bezogen. Der richtige Einsatz von Prognoseverfahren in der Transportlogistik, gekoppelt mit einer höheren Prognosegüte könnte u.a. positive Effekte, wie:

- die Reduktion von Planungsfehlern,
- die Verringerung von Leerkilometern,
- die Steigerung von ökologischer Effizienz,
- den Anstieg der ökonomischen Effizienz,
- die Erhöhung des Einsatzes von nachhaltigen Verkehrsträgern, aufgrund der geforderten Vorplanzeit und Planungssicherheit,
- und nicht zuletzt eine Kostenreduktion, sowie erhöhte Kundenzufriedenheit, als resultierende Folge

mit sich bringen.⁹⁰

Die positiven Effekte lassen sich unter anderem durch die Ziele der strategischen, taktischen und operativen Planung erklären. So ist z.B. mit der Aufgabe der strategischen Netzwerkgestaltung – die langfristige Gestaltung einer optimalen

⁸⁸ Vgl. Heusler, 2004, S.302f.

⁸⁹ Vgl. Günthner, 2007, S.31 / Fite/et al, 2001, S.299

⁹⁰ Vgl. Wagenitz, 2007, S.22 / Zesch et al, 2011, S.11

Logistikkette – einhergehend mit dem Ziel, kostenoptimale Entscheidungen zu treffen.⁹¹

Die Auswahl der Verkehrsträger im Zuge der taktischen Planung wird unter der Berücksichtigung der Faktoren Kosten, Kapazität, Geschwindigkeit, Produkthanforderungen, Kundenvorgaben, Flexibilität, sowie der Umweltkomponente getroffen, welche wiederum unmittelbar die effizienzsteigernden Effekte bzw. Potentiale erkennen lassen.⁹²

„Eine rollierende Wiederholung der taktischen Planungsschritte ermöglicht darüber hinaus regelmäßige Verfeinerungen und Korrekturen, was zu einer zusätzlichen Verbesserung der Planungsergebnisse führt. Des Weiteren können durch den Prozess die längeren Vorlaufzeiten von Bahn- und Schiffstransporten berücksichtigt und damit der Anteil tendenziell umweltfreundlicherer Verkehrsmittel am Transportaufkommen erhöht werden.“⁹³

Zu guter Letzt bringt die operative Planung ganz allgemein, sowohl Kosten- als auch Serviceziele, wie Lieferzeit, Lieferzuverlässigkeit, Lieferungsbereitschaft und Lieferflexibilität mit sich. Die Berücksichtigung jener Aspekte führt, neben zu den bereits erwähnten möglichen Potentialen, zu dem positiven Effekt einer Steigerung der Kundenzufriedenheit.⁹⁴

2.4 Grundlagen – Prognoseverfahren

Um das Prognoseproblem zu lösen und eine gewünschte Prognose zu erhalten, werden mehrere Prognoseverfahren angewendet. Diese können nach unterschiedlichen Merkmalen, Charakteristiken oder Methoden unterschieden und eingeteilt werden.⁹⁵

2.4.1 Einteilungsmöglichkeiten von Prognoseverfahren

In der Literatur finden sich verschiedene Möglichkeiten zur Einteilung von Prognoseverfahren. Eine oft genutzte Einordnungsoption liefert die Trennung in zwei Hauptkategorien – in qualitative und quantitative Verfahren – wobei es zu Überschneidungen kommen kann.⁹⁶

Eine weitere Möglichkeit der Einordnung liegt z.B. in der primären Unterscheidung zwischen Verfahren ohne Ursachenforschung und Verfahren mit Erforschung des zugrundeliegenden Ursachensystems. Wobei hier das Zusammenwirken

⁹¹ Vgl. Wannewetsch, 2005, S.82

⁹² Vgl. Schuh/Stich, 2013, S.139

⁹³ Zesch, 2010, S.34

⁹⁴ Vgl. Schuh/Stich, 2013, S.139

⁹⁵ Vgl. Kiel/Born/Dürr/Hesse/Kraft/Lampert/Rose/Rupp/Scherf/Schmidt/Wittmann, 1981, S.125

⁹⁶ Vgl. Vogel, 2015, S.11

verschiedener Gegebenheiten und Einflüsse auf das Prognoseobjekt zu verstehen ist. Im ersten Fall ist es zweckmäßig von der Zeitstabilitätshypothese Gebrauch zu machen. Bei der Zeitstabilitätshypothese wird davon ausgegangen, dass Ursachensysteme der Vergangenheit bzw. der Vergangenheitsbeobachtung unverändert, oder nur gering verändert, in der Zukunft fortbestehen. Diese Hypothese wird von vielen statistisch-mathematischen Verfahren, wie z.B. der Trendextrapolation (*siehe Kapitel 3.1.2.2*) vorausgesetzt. Stark an diese angelehnt oder als Abwandlung der Zeitstabilitätshypothese kann das Analogieverfahren gesehen werden (*siehe Kapitel 3.1.1.4*).⁹⁷

Auch ist die Einteilung in vergangenheitsorientierte und in zukunftsorientierte Prognoseverfahren mit den Untereinordnungen mathematische und grafische bzw. mathematische und intuitive Verfahren möglich (*siehe Abbildung 14*).⁹⁸

Prognoseverfahren			
vergangenheitsorientierte Prognoseverfahren		zukunftsorientierte Prognoseverfahren	
mathematische Verfahren	grafische Verfahren	mathematische Verfahren	intuitive Verfahren
z. B.: - gleitender Durchschnitt - Exp. Glättung - Regression - Croston-Methode -	z. B.: - Manuelle Vorhersage -	z. B.: - Hochrechnung -	z. B.: - Methode von Delphi -

Abbildung 14: Einteilungsoption von Prognoseverfahren⁹⁹

Eine durchaus auch bekannte und häufige Einteilung der Prognosetechniken ist die Klassifizierung in exakte und heuristische Verfahren. Letztere finden nicht nur, aber oftmals dann ihren Einsatz, wenn exakte Verfahren nicht möglich sind. Der Name der heuristischen Verfahren leitet sich von dem griechischen Wort „heuriskein“ ab, welches die Bedeutung „systematisch suchen“ hat. Allgemein beinhalten heuristische Prognoseverfahren zweckmäßige, methodisch erarbeitete Prognoseregeln ohne schematisiertes Prognosemodell. Auch bedienen sie sich kaum an statistisch-mathematischen Instrumenten.¹⁰⁰

⁹⁷ Vgl. Kiel/Born/Dürr/Hesse/Kraft/Lampert/Rose/Rupp/Scherf/Schmidt/Wittmann, 1981, S.125

⁹⁸ Vgl. Pawellek, 2016, S.357

⁹⁹ ebd.

¹⁰⁰ Vgl. Hansmann, 1983, S.18

2.4.2 Verwendete Einteilung der aufgezeigten Prognoseverfahren

Die gewählte Einteilung der Prognoseverfahren in dieser Arbeit ist angelehnt an die Systematisierung (qualitative und quantitative Verfahren) von Ernst¹⁰¹, der damit einen übersichtlichen Einblick in mögliche Verfahren liefert.¹⁰²

Für eine bessere Übersicht wird eine zusätzliche Kategorie „Computational Intelligence“ (siehe Kapitel 3.1.3) in der Klasse der quantitativen Verfahren neben „Zeitreihenanalyse“ (siehe Kapitel 3.1.2) aufgenommen.

Qualitative Verfahren

Eine wesentliche Charakteristik von qualitativen Verfahren besteht darin, dass die Beurteilungen zukünftiger Entwicklungen in erster Linie subjektiv und nicht zwingend quantifizierbar sind und so auch selten mit Zahlen verbunden sind.¹⁰³

Zu den qualitativen Verfahren zählen zum Beispiel die Delphi-Methode, die Szenario-Technik oder auch die Analogiemethode. Zeitreihenverfahren und die darauf aufbauenden Methoden bilden wiederum einen großen Teil der quantitativen Verfahren.¹⁰⁴

Quantitative Verfahren

Im Gegensatz zu den qualitativen Verfahren beruhen die quantitativen Verfahren zumeist auf Rechenverfahren zur Auswertung empirischer Daten, die quantifizierte Beurteilungen zukünftiger Zustände (*Entwicklungsprognose*) bzw. Wirkungen (*Wirkungsprognose*) liefern. Zum Beispiel zählt zur Entwicklung einer Entwicklungsprognose die Zeitreihenanalyse und die Regressionsanalyse als Vertreter zur Gewinnung einer Wirkungsprognose.¹⁰⁵

„Von einer reinen Entwicklungsprognose wird gesprochen, wenn die Zeitreihe einer zur erklärenden Größe in Abhängigkeit von Einflußgrößen erklärt wird, die das Unternehmen selbst nicht steuern kann. [...] Bei der Wirkungsprognose geht es also generell um die Vorhersage der Auswirkungen bestimmter Planungsentscheidungen des Unternehmens auf eine zu erklärende Größe.“¹⁰⁶

Die Einteilung der in dieser Arbeit beschriebenen Prognoseverfahren wird in der Grafik auf der nächsten Seite dargestellt (siehe Abbildung 15) und entspricht auch dem Aufbau der Kapitel mit ihren Unterkapiteln dieser Arbeit.

¹⁰¹ Vgl. Ernst, 1996, S.136

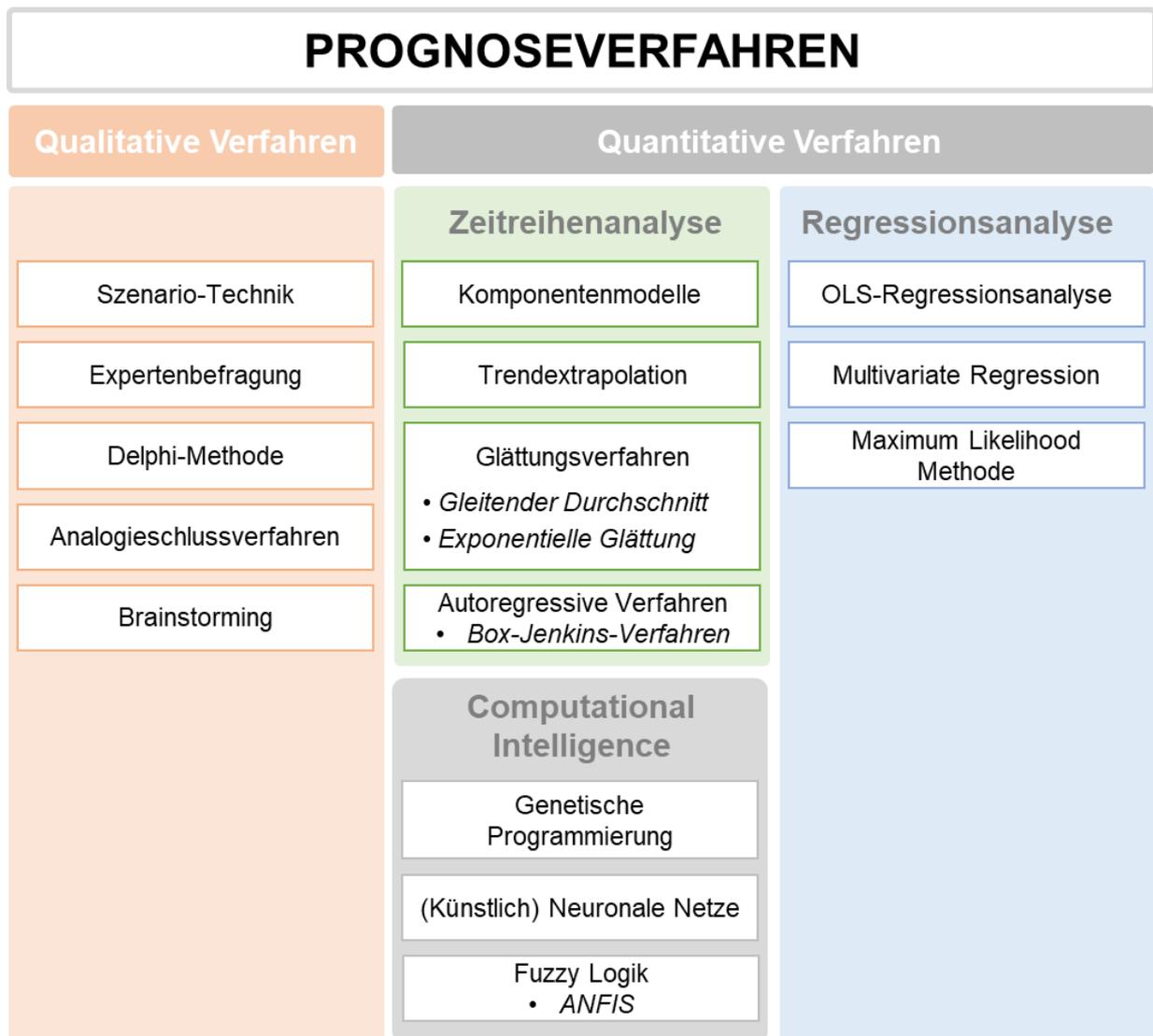
¹⁰² Vgl. Vogel, 2015, S.15

¹⁰³ Vgl. ebd. S.11

¹⁰⁴ Vgl. Böning-Spohr, 1997, S.1

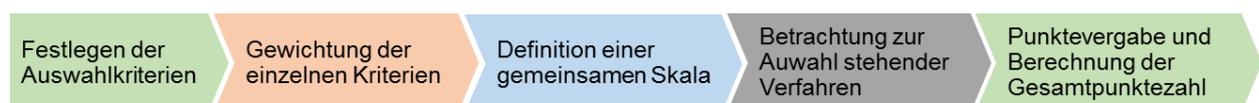
¹⁰⁵ Vgl. Vogel, 2015, S.13

¹⁰⁶ Adam, 1992, S.178

Abbildung 15: Einteilung von Prognoseverfahren¹⁰⁷

2.4.3 Auswahlkriterien von Prognoseverfahren

Es gibt unterschiedliche Beweggründe die verschiedenen Prognoseverfahren in bestimmten Anwendungsfällen einzusetzen. Ein mögliches Vorgehen zur Wahl der geeigneten Methode wird in [Abbildung 16](#) dargestellt. Die Gesamtpunkte erhält man dabei durch Multiplikation der vergebenen Punkte mit den Gewichten und anschließender Aufsummierung (*siehe auch Nutzwertanalyse, Kapitel 4.4 und 5.3*).¹⁰⁸

Abbildung 16: Vorgehen zur Auswahl des geeigneten Prognoseverfahrens¹⁰⁹

¹⁰⁷ Eigene Grafik: Vgl. Inhalt Vogl, 2015, S.11f. / Ernst, 1996, S.136

¹⁰⁸ Vgl. Hüttner, 1986, S.283

¹⁰⁹ Eigene Grafik: Vgl. Inhalt ebd.

Für jene Auswahl finden sich unterschiedlichste Kriterien, die – wie schon erwähnt – jeweils abhängig von den Anforderungen an die Prognose eine unterschiedlich gewichtete Bedeutung haben. Zu ihnen zählen zum Beispiel: ¹¹⁰

- Bequemlichkeit
- Marktpopularität
- Strukturelle Kriterien wie:
 - Genauigkeit,
 - Kosten und
 - Flexibilität
- Statistische Kriterien wie:
 - Prognosegenauigkeit beziehungsweise
 - Prognosequalität
- Analyse der Leistungsfähigkeit in der Vergangenheit
- Metaanalyse der Leistungsfähigkeit in vergleichbaren Situationen.

Genauigkeit, Kosten und Komplexität weisen eine Abhängig voneinander auf und sollten in diesem Sinne gemeinsam betrachtet werden. So ist z.B. zu erwarten, dass mit höheren Anforderungen an die Genauigkeit höhere Kosten einhergehen. Neben der Bequemlichkeit, lässt sich ganz allgemein die Benutzerfreundlichkeit als weiteres Kriterium erwähnen. Schon aus der Fragestellung ist zu erahnen, dass der Prognosezeitraum ebenfalls ein für die Wahl des geeigneten Prognoseverfahrens entscheidendes Merkmal darstellt. Zuletzt sei nun das Kriterium der Prognosedatenbasis genannt, das folgende Punkte berücksichtigt:

- quantitative Daten oder subjektive Einschätzungen
- eine Zeitreihe oder zusätzliche erklärende Zeitreihen
- Umfang der Zeitreihe
- Zeitreihenmuster wie Trend oder Saison.¹¹¹

Auch erwähnt sei der Produktlebenszyklus, der nicht nur als Hilfsmittel für Prognosen dient, sondern auch eine weitere Einflussgröße auf die Entscheidung hinsichtlich eines geeigneten Prognoseverfahrens darstellt.¹¹²

Eine kausale Antwort ganz allgemein für die richtige Wahl von Prognoseverfahren gibt es wahrscheinlich nicht, jedoch können Überlegungen zu den bereits genannten Kriterien, sowie den nachfolgend aufgezählten Punkten helfen, eine bestmögliche Entscheidung zu treffen: ¹¹³

¹¹⁰ Vgl. Mertens/Rässler, 2005, S.367

¹¹¹ Vgl. Hansmann, 1983, S.141f.

¹¹² Vgl. Büter, 2013, S.140

¹¹³ Vgl. Rieg, 2015, S.108

- Zieldefinition – Wofür wird die Prognose benötigt?
- Bestimmung des Prognoseobjekts
- Welche Daten sind vorhanden?
- Prognosehorizonte
- Prognosehäufigkeit
- Verfügbare Zeit (Vorlaufzeit und Durchlaufzeit).

3 State of the art

In diesem Kapitel soll zunächst ein Überblick über die vorgegebenen Prognoseverfahren gegeben werden.

Im zweiten Abschnitt wird auf die in der Literatur vorhandenen Anwendungsempfehlungen dieser hinsichtlich des zu bevorzugenden Planungshorizontes eingegangen.

3.1 Prognoseverfahren – Charakteristik, Ablauf und ihre Vor- und Nachteile

Welche Vorgehensweisen existieren und was sind die Charakteristiken der unterschiedlichen Verfahren? Welche Vor- und Nachteile liefern unterschiedliche Prognosemethoden? Diese Fragen sollen in diesem Kapitel beleuchtet und beantwortet werden.

Entsprechend der Einteilung von Prognoseverfahren in dieser Arbeit (*siehe Kapitel 2.4.2*) werden die verschiedenen Methoden nacheinander dargelegt. Nach einer allgemeinen Beschreibung folgen überblicksmäßig der Ablauf des Verfahrens und zuletzt der Hinweis auf mögliche Vor- und Nachteile des jeweiligen Verfahrens.

Die Erläuterung und Darstellung der unterschiedlichen Prognoseverfahren ist von unverzichtbarem Wert für ein einheitliches Verständnis der darauffolgenden Auswertung.

Die gewünschte Bewertung erfordert jedoch keine ins Detail gehende Beschreibung der Verfahren, weshalb auf eine tiefgehende Darstellung dieser verzichtet wird bzw. die Verfahren lediglich überblicksmäßig beschrieben werden. Die Arbeit weist daher keine Vollständigkeit hinsichtlich der genauen schrittweisen Vorgehensweise bis hin zur Gewinnung definierten Prognosewerten auf. Für jene detaillierten Informationen sei auf die in dieser Arbeit verwendete Literatur bzw. weiterführende Literatur hingewiesen.

3.1.1 Qualitative Verfahren

Im Kapitel „Qualitative Verfahren“ soll näher auf die einzelnen Methoden – angefangen bei der Szenario-Technik bis hin zum Brainstorming – dieser Kategorie eingegangen werden. Inhalt dieser Beschreibung sollen Charakteristik, allgemeine Aspekte, Ablauf und jeweils die Vor- und Nachteile sein.

3.1.1.1 Szenario-Technik

Kernstück der Szenario-Technik ist, wie schon der Name sagt, die Bildung von Szenarien. Das Szenario selbst beschreibt eine zukünftige Entwicklung und/oder Situation bzw. den Weg dorthin. Bei der Szenario-Technik werden (meist zwei) verschiedene mögliche und konsistente Szenarien entwickelt und dargestellt, die als Planungsgrundlage dienen (*siehe* Abbildung 17). Von ihnen können mögliche Konsequenzen für das Unternehmen, Teilbereiche dessen und auch einzelner Personen abgeleitet werden und dahingehend verbesserte Entscheidungen, die Planung betreffend, getroffen werden.¹¹⁴

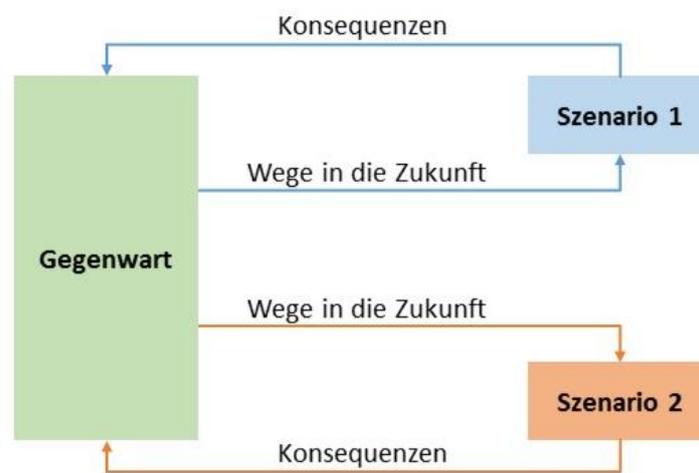


Abbildung 17: Szenario-Technik¹¹⁵

Eine oftmals verwendete Darstellung der Szenarien ist der so genannte Szenario-Trichter (*siehe* Abbildung 18). Ausgegangen wird von dem auf der Zeitachse aufgespannten Trendszenario, welches von stabilen Umweltentwicklungen ausgeht. Da die Umweltentwicklungen in der Realität meist nicht beständig sind und bleiben, werden zwei weitere Szenarien entwickelt – das „Best Case“- und das „Worst Case“-Szenario. Je weiter die zeitliche Reichweite der Prognose geht, desto größer werden die Abweichungen vom Trendszenario und desto höher wird die Spannweite des Trichters. Der Abstand zwischen der bestmöglichen zur schlechtmöglichsten Entwicklung steigt somit entlang der Zeitachse.¹¹⁶

¹¹⁴ Vgl. Reibnitz, 1992, S.14

¹¹⁵ Eigene Grafik: Vgl. Inhalt Reibnitz, 1992, S.15

¹¹⁶ Vgl. Corbat, 2009, S.154

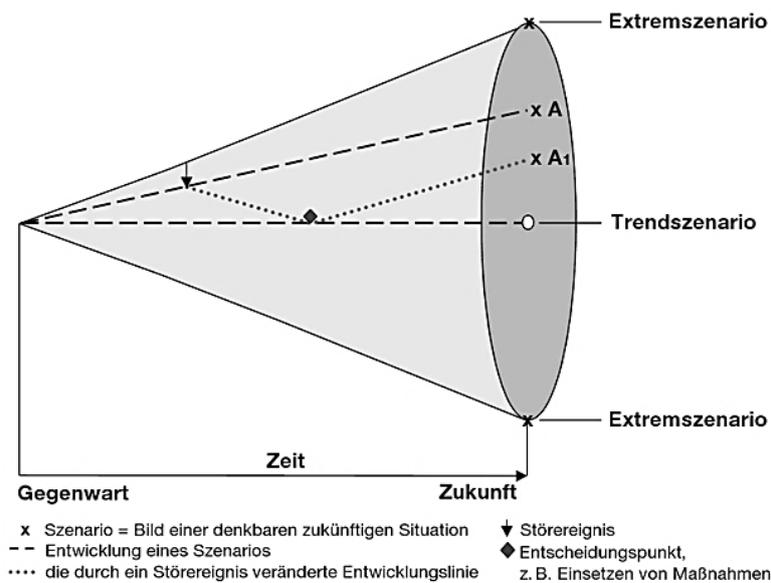


Abbildung 18: Szenario-Trichter¹¹⁷

Die Szenario-Technik ist eines der meist eingesetzten Prognoseverfahren, wenngleich es auch wenige Studien über ihre Effektivität gibt. Als Hauptgründe dafür, die Szenario-Technik nicht anzuwenden, gelten der zeitliche Aufwand für die Erstellung und die Implementierung von Szenarien, sowie der Zweifel an ihrer Wirksamkeit.¹¹⁸

Der ungefähre Zeitrahmen für die Durchführung der Planung mithilfe der Szenario-Technik beträgt fünf bis acht Monate und sollte neun Monate nicht überschreiten. Gerechnet wird bei diesem Zeitrahmen angefangen bei dem Planungsgespräch zu Beginn, bis hin zum Abschlussgespräch.¹¹⁹

Für die Möglichkeit einer Prognose sind Regelmäßigkeiten bzw. Trends von entscheidender Wichtigkeit. Die Zeitreihe kann dahingehend unterschiedliche Komponenten aufweisen, die verschieden stark ausgeprägt sein können. Zu diesen Komponenten zählen folgende:¹²⁰

- der Trend (eine langfristig einseitige Änderung)
- die zyklische Änderung
- die konjunkturelle Änderung
- die saisonale Komponente, sowie
- die zufällige, irreguläre Änderung

Auch nicht zu unterschätzen, und deshalb auch erwähnt, sei die Bedeutung der Teamzusammensetzung für den erfolgreichen Einsatz dieses Prognoseverfahrens und die Qualität der Prognose. Dieses Faktum sollte also nicht vergessen werden. So

¹¹⁷ Von der Gathen, 2014, S.80

¹¹⁸ Vgl. Dönitz, 2009, S.41f.

¹¹⁹ Vgl. Reibnitz, 1992, S.19f.

¹²⁰ Vgl. Bucker, 2003, S.111f.

sollte ein geeignetes Team über Entscheidungs- und Umsetzungskompetenz, Know-How und Erfahrung zum Thema, fachliche und altersmäßige Heterogenität, sowie soziale Homogenität verfügen.¹²¹

Ablauf:

Das strategische Planungsinstrument „Szenario-Technik“ setzt sich aus den folgenden acht Phasen zusammen (*siehe* Abbildung 19):



Abbildung 19: Ablauf Szenario-Technik¹²²

Mit der Problemanalyse wird zunächst der Untersuchungsgegenstand festgelegt, strukturiert und abgegrenzt. In den Schritten zwei bzw. drei werden die Einflussbereiche identifiziert und die entscheidenden Einflussfaktoren für die Zukunftsprojektion ausgewählt. Aufbauend auf Letzterem werden konsistente Annahmen gebündelt – Annahmebündelung. Im Schritt der Szenario-Konkretisierung werden erst die eigentlichen Trendszenarien festgelegt, anschließend in der Störfallanalyse positive und negative Störereignisse erkannt und in der folgenden Phase, der Auswirkungsanalyse, entsprechende Anpassungen der vorhandenen Szenarien vorgenommen. Zuletzt werden die Unternehmensstrategien formuliert.¹²³

Vorteile / Nachteile

Zu den Vorteilen der Szenario-Technik zählen unter anderen:¹²⁴

- hoher Anregungswert für neue Denkanstöße
- Beleuchten der entscheidenden Risikofaktoren durch die Ermittlung von Trendbrüchen
- Hinterfragen und ggf. Anpassung bestehender Modelle bzw. Strategien
- Erzielen eines Wettbewerbsvorsprungs
- Erfassung der wichtigsten Marktsignale und Trends sowie Identifizierung der sogenannten schwachen Signale
- Nachvollziehbarkeit der Ereignisse in den Szenarien durch den Erzählcharakter

Diesen stehen jedoch folgende Nachteile gegenüber:¹²⁵

- keine unmittelbare Handlungsanweisung zur Problemlösung
- Notwendigkeit der Vorbereitung verschiedener Lösungsansätze

¹²¹ Vgl. Reibnitz, 1992, S.19f.

¹²² Eigene Grafik: Vgl. Inhalt Ebert, 2011, S.216f.

¹²³ Vgl. Ebert, 2011, S.216f.

¹²⁴ Vgl. Dönitz, 2009, S.43f.

¹²⁵ Vgl. ebd.

- keine Vorhersagegenauigkeit
- Untersuchung von unsicheren Größen und ihrer Wechselwirkungen unbekannter Art
- Überzeugung, dass der Szenario-Planungshorizont zu weit entfernt ist
- abnehmender Grad der Vorhersagbarkeit mit zunehmender zeitlicher Distanz aufgrund der sinkenden Stabilität des Systems.

3.1.1.2 Expertenbefragung

Bei der Expertenbefragung findet die Informationsbeschaffung und die Auseinandersetzung mit bestimmten Themen über gezielt ausgewählte Personen statt – den Experten. Die Experten sollen anhand ihres Wissens und ihrer Erfahrungen zukünftige Entwicklungen und entsprechend günstige Entscheidungen, Vorgehensweisen und Methoden offenlegen.¹²⁶

Kern der Expertenbefragung können leitfadengestützte Interviews sein, so genannte Experteninterviews. Diese sollen einen individuellen Erzählfreiraum mit persönlichen Relevanzspielräumen zulassen, wenngleich auch nicht vergessen werden darf, dass die Befragungen verglichen und ausgewertet werden sollen, weshalb ein inhaltlicher Rahmen eingehalten werden muss.¹²⁷

Ablauf

Ein mögliches Vorgehen bei der Expertenbefragung ist in folgender Grafik (siehe Abbildung 20) dargestellt bzw. im anschließenden Absatz beschrieben.

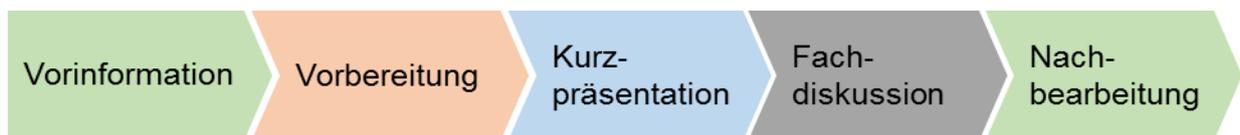


Abbildung 20: Ablauf Expertenbefragung¹²⁸

Zunächst erfordert die Expertenbefragung eine intensive Vorbereitung, sowohl inhaltlich als auch zum geplanten Vorgehen. In der Durchführung selbst findet zuerst eine Kurzpräsentation zur Vorstellung der Inhalte und Methoden statt und anschließend die eigentliche Fachdiskussion unter den Experten. Auch dort findet eine Stellungnahme und Mitteilung der individuellen Standpunkte, Meinungen und Thesen statt. In der Nachbereitung werden die Ergebnisse der Expertenbewertungen ausgearbeitet.¹²⁹

¹²⁶ Vgl. Simon, 2011, S.160

¹²⁷ Vgl. Kühl/Strodholz/Taffertshofer, 2009, S.32f.

¹²⁸ Eigene Grafik: Vgl. Inhalt Offergeld, 2011, S.197

¹²⁹ Vgl. Offergeld, 2011, S.197

Die Durchführung eines Experteninterviews, einer speziellen Form der Expertenbefragung, startet ebenfalls mit einer intensiven Vorbereitung des Interviewers. Allgemein setzt es sich aus den nachfolgend aufgezeigten Schritten (siehe Abbildung 21) zusammen.



Abbildung 21: Ablauf Experteninterviews¹³⁰

Nach oder auch schon während ausgiebiger Vorbereitung und Sammlung von Fachwissen über den zu behandelnden Inhalt erfolgt die geeignete Auswahl von Experten. Mit der Kontaktaufnahme erfolgt eine Terminfestlegung und der Experte erhält vorab Informationen über den Interviewablauf und -Inhalt. Für die Durchführung gibt es den Interviewleitfaden, der zuvor entwickelt und erstellt werden muss. Nach dem tatsächlichen Interview bzw. gesammelt nach allen geplanten Interviews erfolgt die Auswertung dieser. Hierzu finden sich verschiedene Methoden, auf die jedoch hier nicht weiter eingegangen wird.¹³¹

Vorteile / Nachteile

Ein Problem dieses Prognoseverfahrens ist die Gefahr, dass persönliche Wünsche und Zielvorstellungen des Experten in die Prognose einfließen und diese verfälschen. Dieser Effekt wird auch, wie schon im Kapitel „Risiken von Prognosen“ genannt, als „Self-fulfilling Prophecy“ bezeichnet.¹³²

Die Hauptkritik an der Expertenbefragung liegt somit darin, dass die Prognose eigentlich nicht objektiv sein kann und hier oft das gesehen wird, was gesehen werden will. Wenn auch für kurzfristige Prognosen diese Methode häufig zu zufriedenstellenden Ergebnissen führt, hat sich gezeigt, dass längerfristige Prognosen hier mehrfach abweichen, nicht zuletzt auch deshalb, weil sich die Meinung der Experten über die Monate bzw. vor allem Jahre häufig weiterentwickelt oder oftmals auch ändert.¹³³

3.1.1.3 Delphi-Methode

„Delphi may be characterized as a method for structuring a group communication process so that the process is effective in allowing a group of individuals, as a whole, to deal with a complex problem.“¹³⁴

¹³⁰ Eigene Grafik: Vgl. Inhalt Kurzrock, 2014, S.2f.

¹³¹ Vgl. Kurzrock, 2014, S.2f.

¹³² Vgl. Berekoven/Eckert/Ellenrieder, 1989, S.275f.

¹³³ Vgl. Simon, 2011, S.164

¹³⁴ Linstone/Turoff/Helmer, 2002, S.3

Die Delphi-Methode, die erstmals in den 50ern eingesetzt und stetig weiterentwickelt wurde, stellt ein verbalargumentatives Prognoseverfahren dar. Ohne mathematisch-statistischen Methoden, sondern über iterative Expertenbefragung werden Zukunftsentwicklungen vorausgesagt. Die verschiedenen Varianten neben dem klassischen Aufbau des Verfahrens (*siehe Unterkapitel „Ablauf“*) werden durch z.B. jene Aspekte ausgelöst: ¹³⁵

- Anzahl von Experten
- Gestaltung des Feedbacks
- Erfahrungsniveau der Experten
- Erforderliche Anzahl an Iterationsdurchläufen

Prinzipiell sollte von groben Adaptionen des Verfahrens aber abgesehen werden. ¹³⁶

Zu den wesentlichen Merkmalen zählen bei der Delphi-Methode die Anonymität der Experten, kein Kontakt zwischen den Teilnehmern, die Mehrstufigkeit, die statische Auswertung, der kontrollierte Rückfluss von Informationen und nicht zuletzt die Bewertung der Informationen. ¹³⁷

Ablauf:

Das typische Modell der Delphi-Methode beinhaltet fünf Stufen. Zunächst werden vom Moderator Fragebögen erstellt und an die Experten ausgeteilt. Diese müssen die Fragen individuell und nach ihrer persönlichen Erfahrung und somit entstandenen Sichtweise beantworten. Im Allgemeinen verläuft die Befragung dabei anonym, solange keine Extrema auftreten, die eine Erklärung fordern. Im weiteren Schritt werden die Antworten durch den Moderator ausgewertet und die Ergebnisse den Experten offengelegt. Aufgrund der gewonnenen Informationen wird ein neuer Fragebogen erstellt und der Prozess erneut, wie in der ersten Runde, durchgeführt. Die Experten können durch die dargelegten Meinungen und Auskünfte ihre Antworten neu überdenken bzw. auch ihr Gesamtbild ändern. Diese Schritte werden solange wiederholt, bis ein Konsens gebildet werden kann, der als Grundlage der Prognose dient (*siehe Abbildung 22*). ¹³⁸

¹³⁵ Vgl. Häder/Häder, 2000, S.11f.

¹³⁶ Vgl. ebd.

¹³⁷ Vgl. Drews/Hillebrand, 2007, S.55

¹³⁸ Vgl. Thonemann, 2010, S.37

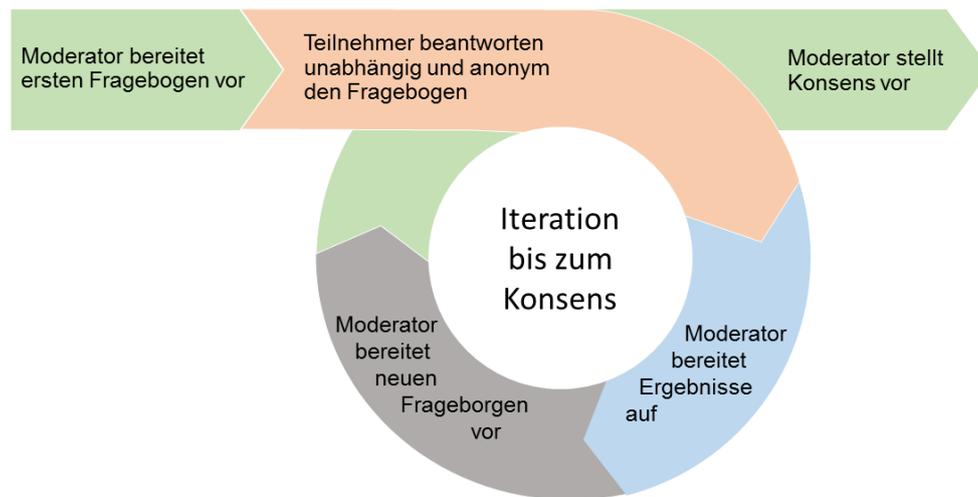


Abbildung 22: Ablauf Delphi-Methode¹³⁹

Vorteile / Nachteile

Die Delphi-Methode stellt eine oft umstrittene Methode dar. Wie schon der Name an das Orakel von Delphi erinnert, wird sie häufig als Wahrsagerei und weniger als Prognosewerkzeug empfunden. Der Variantenreichtum, der nicht zu unterschätzende Einfluss des Moderators, der auch kaum kontrollierbar ist, die mangelhafte experimentelle Absicherung des Verfahrens, sowie z.B. fehlende verbindliche Standards schaffen Möglichkeit zur Kritik dieser Methode.¹⁴⁰

Der Vorteil dieses Prognoseverfahrens liegt hingegen darin, dass es auch angewendet werden kann, wenn keine mathematischen bzw. analytischen Techniken zur Ermittlung einer Prognose möglich sind. Ganz allgemein und unabhängig von der Prognosequalität empfiehlt sich daher im Wesentlichen die Delphi-Methode in gerade genannten Fällen anzuwenden.¹⁴¹

3.1.1.4 Analogieschlussverfahren

Grundlage für Analogieschlüsse bildet die Annahme, dass etwas das für eine Situation stimmt, auch für eine andere ähnliche Situation gelten kann bzw. muss. Im Besonderen geht es hier um den Vergleich zweier Situationen und das Bilden einer plausiblen Schlussfolgerung über eine Eigenschaft der Objekte, die in vielen anderen Eigenschaften gleich oder zumindest sehr ähnlich sind. Wie das Wort plausibel ausdrückt, gibt es hier keine Garantie auf Richtigkeit, dennoch bietet sie eine leichte und nach Menschenverstand logische Antwort auf ungewisse Zukunftsfragen.¹⁴²

Es lassen sich zwei Arten von Analogieschlussverfahren finden. Zum einen die Trendanalogie, die darauf beruht, dass Annahmen aus der Vergangenheit auch in der

¹³⁹ Eigene Graik: Vgl. Inhalt Thonemann, 2010, S.37

¹⁴⁰ Vgl. Umlauf/Fühles-Ubach/Seadle, 2013, S.458

¹⁴¹ Vgl. ebd.

¹⁴² Vgl. Sombé, 1992, S.113

Zukunft bestehen und zum anderen die Regressionsanalyse, die sich mit Ab- und Unabhängigkeiten (Korrelationen) von Größen befasst.¹⁴³

$$\frac{P_1(x_0)}{P'(y_0)}; \dots; \frac{P_n(x_0)}{P'(y_0)}$$

$$\frac{Q(x_0)}{Q'(y_0)}$$

Formel 9: Schematische Darstellung des Analogieschlussverfahrens¹⁴⁴

In der darüberliegenden Grafik (siehe Formel 9) wird ein Weg zur schematischen Darstellung des Analogieschlusses aufgezeigt. Ausgegangen wird dabei von zwei Objekten x_0 bzw. y_0 die in vielerlei Hinsicht ähnliche Merkmale und Eigenschaften aufweisen. P_i bzw. P'_i mit $(i = 1, \dots, n)$ beschreiben die elementaren Eigenschaften für x_0 bzw. y_0 , die für jedes i als identisch oder ähnlich angesehen werden. Der Analogieschluss besagt nun, dass eine Eigenschaft Q' , die identisch oder ähnlich der Eigenschaft Q vom Objekt x_0 ist, auch vom Objekt y_0 erfüllt wird und somit sich $Q'(y_0)$ zu $Q(x_0)$ wie $P'(y_0)$ zu $P(x_0)$ verhalten muss.¹⁴⁵

Ablauf:

Ein möglicher Ablauf für Analogieschlussverfahren wird in der darunterliegenden Grafik dargestellt (siehe Abbildung 23). Dabei wird von einem Administrator die Zielsituation beschrieben und von diesem auch Experten, die Analogien identifizieren und beschreiben sollen, ausgewählt. Die Anzahl von Experten ist variabel, wobei sich gezeigt hat, dass die Prognosequalität bei mehreren Experten steigt und so fünf als Minimum empfohlen werden. Nach einer ausführlichen Sammlung von Analogien wird die Ähnlichkeit bewertet und auf Basis dessen eine Prognose vom Administrator entwickelt und abgeleitet.¹⁴⁶

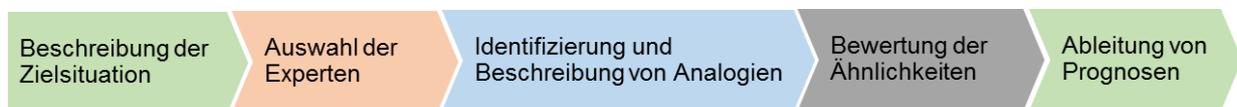


Abbildung 23: Ablauf Analogieschlussverfahren¹⁴⁷

Vorteile / Nachteile

Das Analogieschlussverfahren stellt eine sehr einfache und schnelle Methode dar Prognosen zu entwickeln, jedoch liefert die Grenze des sinnvollen Einsatzes dieses

¹⁴³ Vgl. Wolfschmidt, 2015, S.23

¹⁴⁴ Sombé, 1992, S.113

¹⁴⁵ Vgl. ebd.

¹⁴⁶ Vgl. Green/Armstrong, 2007, S.4

¹⁴⁷ Eigene Grafik: Vgl. Inhalt Green/Armstrong, 2007, S.4f.

Vorgehens einen entscheidenden Nachteil. Die Zulässigkeit ist nur so lange gegeben, solange eine strukturelle Gleichheit des Problems, sowie ein kausaler Zusammenhang vorliegen.¹⁴⁸

3.1.1.5 Brainstorming

Die Methode Brainstorming kann als Befragung mit besonderen Regeln verstanden werden. Eine Gruppe von begrenzten Teilnehmern (max. 12 Personen) gibt spontan und kreativ zu Prognoseproblemen Äußerungen und im weiteren Prognosen ab. Für den erfolgreichen Brainstorming-Prozess gelten folgende Grundregeln:

- Der Phantasie sind keine Grenzen gesetzt.
- Quantität hinsichtlich Aussagen geht vor Qualität.
- Ideen von Teilnehmern können aufgegriffen und weiterentwickelt werden.
- Es darf keine Kritik geäußert werden.¹⁴⁹

Ursprünglich wurde Brainstorming als Kreativtechnik eingeführt und vor allem zur Generierung von Neuproduktideen eingesetzt. Es sei an diesem Punkt noch erwähnt, dass sich die Gruppierungen der Befragten aus Personen durchaus unterschiedlicher Funktionalbereiche und Hierarchieebenen zusammenfinden (kann hilfreich für die Bildung neuer Blickwinkel und Herangehensweisen sein).¹⁵⁰

Ablauf

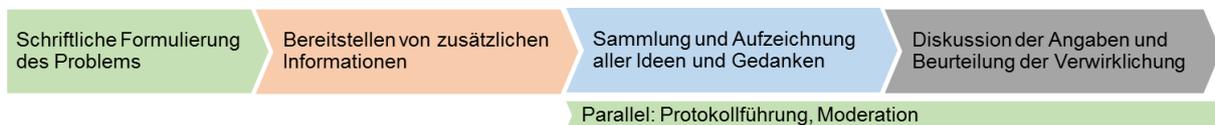


Abbildung 24: Ablauf Brainstorming¹⁵¹

Das methodische Vorgehen kann in folgenden Schritten beschrieben werden (*siehe* Abbildung 24): Neben der schriftlichen Formulierung des Problems, dem Liefern von ergänzenden Informationen und der tatsächlichen Durchführung des Brainstormings mit seiner anschließenden Prognosefindung, ist eine erfahrene Moderation für eine erfolgreiche Durchführung entscheidend. Sie leitet und steuert Fragen und soll Hemmungen der Befragten abbauen.¹⁵²

Vorteile / Nachteile

Wie auch bei der Expertenbefragung und der speziellen Form dieser, der Delphi-Methode, ist kaum eine subjektive Färbung der Prognose zu vermeiden. Durch das

¹⁴⁸ Vgl. Macharzina/Wolf, 2008, S.839

¹⁴⁹ Vgl. Hrsg. Pepels, 2008, S.176

¹⁵⁰ Vgl. Von der Gathen, 2014, S.79

¹⁵¹ Eigene Grafik: Vgl. Inhalt Hrsg. Pepels, 2008, S.176

¹⁵² Vgl. Hrsg. Pepels, 2008, S.176

Verbot, vor allem in der ersten Phase der Ideenfindung, Kritik zu äußern, entstehen zwar neue Perspektiven und die Horizonte erweitern sich, jedoch hat sich auch gezeigt, dass sich unter anderem deswegen die Gefahr entwickelt, dass einzelne Personen dominieren und sich in der Abstimmungsphase nicht getraut wird, Kritik bzw. Bedenken zu äußern.¹⁵³

¹⁵³ Vgl. Brezski, 1993, S.169

3.1.2 Quantitative Verfahren – Zeitreihenanalyse

Eine Zeitreihe enthält eine Menge von Beobachtungswerten $y(t)$, mit $t = 1, 2, \dots, n$ als Beobachtungszeitpunkt. Die Beobachtungswerte werden allgemein äquidistant, also im gleichbleibenden zeitlichen Abstand, aufgenommen und festgehalten. Hierbei wird nicht auf Zusammenhänge bzw. Wechselwirkungen zwischen den betrachteten Variablen eingegangen. Voraussetzung für dieses auf Vergangenheitswerten aufbauende Prognoseverfahren ist, dass die Zeitstabilitätshypothese erfüllt ist.¹⁵⁴

In der Zeitstabilitätshypothese wird wie bereits erwähnt davon ausgegangen, dass die in der Vergangenheit aufgetretenen Ursachensysteme, welche Einfluss auf die Beobachtungswerte hatten, unverändert bleiben oder sich maximal geringfügig verändern und somit für die Zukunft fortbestehen.¹⁵⁵

Zentraler Punkt der Zeitreihenanalyse ist die Darstellung der Beobachtungswerte in einem entsprechenden Diagramm. Wie der Name bereits vermuten lässt, erfolgt diese über die Zeitskala. Die Grafik ermöglicht zunächst eine schnelle erste Aussage über mögliche Trends, Regelmäßigkeiten oder eventuelle Muster über das Beobachtungsintervall (siehe Abbildung 25). Im Unterkapitel 3.1.2.1 erfolgt die nähere Beschreibung möglicher Komponenten.¹⁵⁶

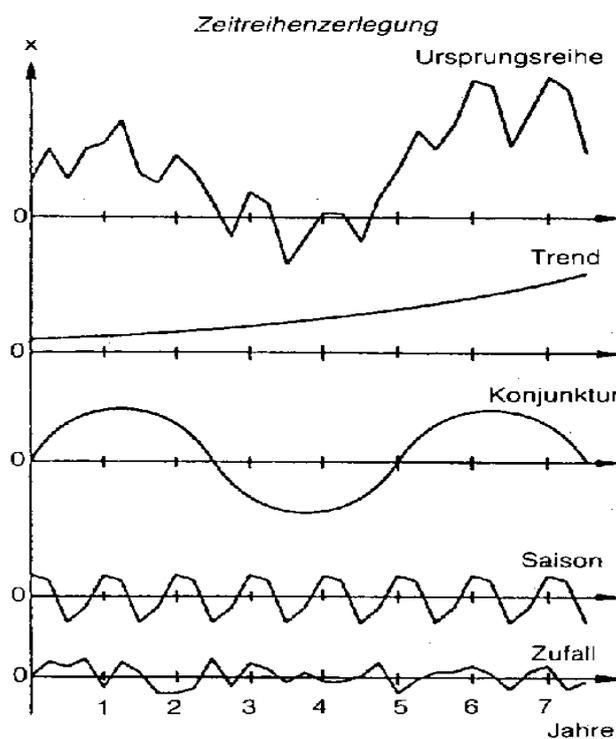


Abbildung 25: Mögliche Ausprägungen und Verlaufsbeispiele von Zeitreihen¹⁵⁷

¹⁵⁴ Vgl. Wenger/Geiger/Kleine, 2011, S.323

¹⁵⁵ Vgl. Kiel/Born/Dürr/Hesse/Kraft/Lampert/Rose/Rupp/Scherf/Schmidt/Wittmann, 1981, S.125

¹⁵⁶ Vgl. Backhaus, 2011, S.120f.

¹⁵⁷ Grafik: <http://www.wirtschaftslexikon24.com/d/zeitreihenanalyse/zeitreihenanalyse.htm> (12.12.2016)

Die Zeitreihenanalyse soll somit bei sorgfältiger Analyse vorhergehender Verläufe eine Prognose des zukünftigen Verhaltens des Betrachtungssystems ermöglichen. Dazu gibt es einfache (univariate Verfahren), aber auch komplexere Methoden (multivariate Verfahren). Der große Unterschied zwischen den zwei Vorgehensweisen liegt darin, dass im Gegensatz zu den multivariaten Verfahren (*siehe Regressionsanalyse, Kapitel 3.1.4*), bei univariaten Verfahren die zu prognostizierende Variable unabhängig von möglichen anderen Einflussgrößen berechnet wird. Realitätsnäher, aber eben auch komplexer, sind dadurch multivariate Verfahren, da die Kausalbeziehungen zwischen den zu untersuchenden Größen berücksichtigt werden. In Folge erzielen jene auch im Allgemeinen eine höhere Prognosequalität.¹⁵⁸

In diesem Verfahren finden sich drei typische Größen, deren Berechnungsmöglichkeiten in folgenden Formeln (*siehe Formel 10-Formel 12*) dargestellt werden:¹⁵⁹

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N x_t$$

Formel 10: Arithmetischer Mittelwert

$$s^2 = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (x_t - \bar{x})^2$$

Formel 11: Varianz

$$s = \sqrt{s^2}$$

Formel 12: Standardabweichung

Der arithmetische Mittelwert beschreibt den mittleren Wert, um den die Beobachtungswerte schwanken, während mithilfe der Varianz und der Standardabweichung die Stärke der Schwankung bewertet werden kann.

Ablauf

Eine Möglichkeit für das detailliertere methodische Vorgehen bei einer Zeitreihenanalyse wird in folgender Grafik (*siehe Abbildung 26*) dargestellt. Dabei wird mit der Festlegung der Anzahl an Komponenten gestartet und darauffolgend u.a. die grafische Darstellung, Auswertung und Berechnung dieser vorgenommen. Im letzten Schritt erfolgt die Bewertung der Aussagefähigkeit der Analyse bzw. des Modells.¹⁶⁰

¹⁵⁸ Vgl. Göpfert, 2009, S.15

¹⁵⁹ Vgl. Schlittgen/Streitberg, 2001, S.3f.

¹⁶⁰ Vgl. Müller/Poguntke, 2010, S.68



Abbildung 26: Ablauf Zeitreihenanalyse¹⁶¹

Die Analyse und Prognose einer Zeitreihe ist über fünf Stufen aufgebaut (siehe Abbildung 27). Die Visualisierung der Zeitreihe bildet hierbei eine unerlässliche Grundlage zur Bildung eines geeigneten Modells. Sie schafft einen Überblick über den Verlauf, der kaum durch die reine Liste von Zahlen gegeben wird. Es lassen sich jedoch maximal drei Dimensionen darstellen, was vor allem bei multivariaten Datenanalysen hinsichtlich ihrer Darstellbarkeit zu berücksichtigen ist.¹⁶²



Abbildung 27: Ablaufschritte der Analyse und Prognose einer Zeitreihe¹⁶³

Vorteile / Nachteile

Ein Nachteil der Zeitreihenanalyse liegt im Datenverlust, der sich durch die Vernachlässigung weiterer Reihen und der Beziehungen von Variablen erklären lässt, da sich die Zeitreihe rein auf vorliegende Daten stützt.¹⁶⁴

Die Visualisierung der Zeitreihe liefert als Vorteil die Anschaulichkeit und die Möglichkeit zu Erkennung von Trends auf einen Blick, jedoch wird bei multivariaten Datenanalyse hier auch eine Grenze durch die Darstellungsbegrenzung von maximal drei Dimensionen erreicht.¹⁶⁵

3.1.2.1 Komponentenmodelle

Die Methode von Komponentenmodellen liefert die Möglichkeit Prognosen auch für instationäre Prozesse aus einer einzigen Zeitreihe zu gewinnen. Der Gesamtprozess wird dazu in kleine überschaubare Komponenten mit einfachen Strukturen zerlegt, die anschließend extrapoliert werden. Zuletzt werden die einzelnen prognostizierten Komponenten wieder zu einem Gesamtbild für die Zukunft – zu einer Prognose – zusammengesetzt.¹⁶⁶

¹⁶¹ Vgl. Müller/Poguntke, 2010, S.68

¹⁶² Vgl. Backhaus, 2011, S.124

¹⁶³ Eigene Grafik: Vgl. Inhalt ebd.

¹⁶⁴ Vgl. Assenmacher, 2002, S.201

¹⁶⁵ Vgl. Backhaus/Erichson/Plinke/Weiber, 2016, S.140

¹⁶⁶ Vgl. Vogel, 2015, S.41

Zur Bildung einer Prognose ist bei Komponentenmodellen primäres Ziel, die einzelnen Komponenten zu erkennen und zu bestimmen. Anschließend kann dieses Wissen für zeitlich weiterführende Prognosen genutzt werden. Hauptaugenmerk wird dabei meist auf die Trendbestimmung gelegt, was durch folgende Punkte zu erklären ist. Zum einen kann so ein längerfristiger Grundzug bestimmt werden, zum anderen liefert sie die Möglichkeit zur Trendreinigung. Der Vorteil der Trendreinigung besteht darin, dass – wenn vorhanden – zyklische Komponenten deutlicher hervortreten und folglich besser analysiert und prognostiziert werden können.¹⁶⁷

Die Zeitreihe als Ergebnis des Zusammenwirkens mehrere Einflussgrößen kann in folgende vier Komponenten zerlegt werden (*siehe auch* Abbildung 25):¹⁶⁸

- der Trend: beschreibt die Grundrichtung und die langfristige Entwicklungsrichtung der Zeitreihe
- die zyklische Komponente: umfasst mittelfristige Einflüsse, die insbesondere durch konjunkturelle Schwankungen hervorgerufen werden
- die Saisonkomponente: gibt jahreszeitliche Änderungen bedingte Einflüsse wieder, sie enthält kurzfristige Daten wie Viertel- und Halbjahreswerte bzw. Monatswerte und besteht nicht aus Jahreswerten
- die Restkomponente: beinhaltet zusammengefasst alle einmaligen zufälligen bzw. nicht erklärbaren und erklärbaren Einflüsse

Die Verknüpfung dieser Komponenten erfolgt meist rein additiv oder rein multiplikativ. Die Ansätze dazu sind in jener Weise aufgebaut (*siehe* Formel 13-Formel 15):¹⁶⁹

$$y_t = g_t + s_t + \varepsilon_t$$

g_t ... glatte Komponente

s_t ... Saisonkomponente

ε_t ... irreguläre Komponente

Formel 13: Additiver Ansatz

$$y_t = g_t * s_t * \varepsilon_t$$

Formel 14: Multiplikativer Ansatz

¹⁶⁷ Vgl. Höhn, 1999, S.15

¹⁶⁸ Vgl. Scharnbacher, 2004, S.124

¹⁶⁹ Vgl. Vogel, 2015, S.41

Wobei Letzterer durch Logarithmieren leicht auf einen additiven Ansatz zurückzuführen ist:¹⁷⁰

$$\log y_t = \log g_t + \log s_t + \log \varepsilon_t$$

Formel 15: Additiver Ansatz durch Logarithmieren

Im Allgemeinen werden die Komponenten bzw. die Komponentenmodelle bei diesem Prognoseverfahren jeweils in zwei Gruppen geteilt – glatte und exponentielle Komponenten bzw. globale und lokale Komponentenmodelle.¹⁷¹

Die glatten Komponenten können dabei als Summe von Trend- und Konjunkturkomponenten verstanden werden. Die Trendkomponente erfasst dabei die langfristige Veränderung im Mittel einer Zeitreihe, während die Konjunkturkomponente mittelfristige Einflüsse in Form von zyklischen Schwankungen beinhaltet.¹⁷²

Der entscheidende Unterschied zwischen den Kategorien lokale und globale Komponentenmodelle liegt in den betrachteten Bereichen der Zeitreihe. Während lokale Modelle lediglich Eigenschaften von Teilen (Stützbereichen) der Zeitreihe beschreiben, beleuchten globale Komponentenmodelle Eigenschaften der gesamten Zeitreihe. Letztere können wiederum formal in zwei Kategorien eingeteilt werden – strukturelle und kompakte Modelle.¹⁷³

Ablauf



Abbildung 28: Ablauf Komponentenmodelle¹⁷⁴

Bei strukturellen Modellen wird jede Komponente zunächst einzeln modelliert, diese anschließend zu einem Gesamtmodell zusammenfasst, eine zugehörige Gütefunktion definiert und die Zeitreihe optimal nach dieser zerlegt. Anschließend folgt die Interpretation und Auswertung, um zuletzt zur Erstellung der Prognose zu gelangen (siehe Abbildung 28). Wie bereits erwähnt finden sich neben den strukturellen Modellen die kompakten Modelle. Ihre Charakteristik liegt in einem primär einheitlichen Modell für die gesamte Zeitreihe und darin, dass spezielle Eigenschaften der Reihe für die Zerlegung herangezogen werden.¹⁷⁵

¹⁷⁰ Vgl. Vogel, 2015, S.41

¹⁷¹ Vgl. Simon, 2011, S.191f.

¹⁷² Vgl. Scharnbacher, 2004, S.123f.

¹⁷³ Vgl. Edel/Schäffer/Stier, 1997, S.36f.

¹⁷⁴ Eigene Grafik: Vgl. Inhalt ebd.

¹⁷⁵ Vgl. Edel/Schäffer/Stier, 1997, S.36f.

Vorteile / Nachteile

Vorteile der lokalen Komponentenmodelle ist im Allgemeinen, dass es für die Stützbereiche einfacher ist zu einer zufriedenstellenden Beschreibung der Eigenschaften zu kommen, ohne übertriebenen Rechenaufwand Modellparameter abschätzen zu können und zu einer gewünschten Schätzgenauigkeit zu gelangen. Der Nachteil liegt klar im Umgang mit den Zerlegungen an den Rändern der Zeitreihe, insbesondere an dem für die Interpretation des Reihenverlaufs wesentlichen aktuellen Rand. Mit globalen Komponentenmodellen kann der Nachteil der lokalen umgangen werden, jedoch erfordern sie meist einen weit höheren Rechenaufwand.¹⁷⁶

3.1.2.2 Trendextrapolation

„Trendextrapolation (explorative Fortschreibung) = Fortschreibung vergangener Trends“¹⁷⁷

Die Trendextrapolation bedient sich in der Vergangenheit beobachteter Entwicklungen und schreibt diese für die Zukunft fort. Hierbei werden drei Methoden unterschieden – die Extrapolation einfacher Trends, die Extrapolation kombinierter Trends und zuletzt die Extrapolation der Entwicklung von Systemen für Systemprognosen. Die einfache Trendextrapolation ist weit verbreitet bei längerfristigen Prognosen. Vergangene Entwicklungen eines Parameters werden fortgeschrieben und sie fordert nur einen geringen Daten- und Rechenaufwand. Bei der Extrapolation kombinierter Trends wird berücksichtigt, dass die Entwicklung des Prognoseobjekts von mehreren Faktoren abhängig sein kann. Das einfachste Vorgehen hierbei ist die Kombination mehrerer Trendprognosen. Letztes – die Systemprognose – findet in der Praxis nur wenig Bedeutung. Sie fordert eine Extrapolation aller im System berücksichtigten Entwicklungen und geht mit einem erheblichen Datenaufwand einher.¹⁷⁸

Ablauf



Abbildung 29: Ablauf Trendextrapolation¹⁷⁹

In der zuvor gezeigten Abbildung (*siehe* Abbildung 29) wird schematisch der Ablauf der Trendextrapolation dargestellt. Neben dem standardmäßigen Vorgehen zur Erstellung einer Zeitreihe, ist die Bestimmung des Funktionstyps von entscheidender

¹⁷⁶ Vgl. Edel/Schäffer/Stier, 1997, S.36f.

¹⁷⁷ Wolfschmidt, 2015, S.23

¹⁷⁸ Vgl. Bühner, 1985, S.95

¹⁷⁹ Eigene Grafik: Vgl. Inhalt Macharzina, 2008, S.663

Wichtigkeit. Zur Auswahl stehen folgende vier Funktionstypen: der lineare, der quadratische, der exponentielle oder der logistische Trend (siehe Abbildung 30).¹⁸⁰

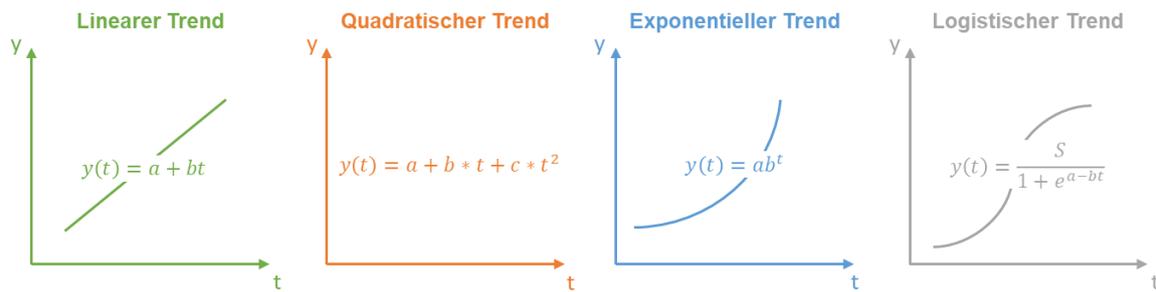


Abbildung 30: Trendtypen beim Verfahren der Trendextrapolation¹⁸¹

Die Trends können anschließend sowohl grafisch, als auch arithmetisch, z.B. mit Hilfe der Methode der kleinsten Quadrate, ermittelt werden. Durch die Bewertung der Ergebnisse und Extrapolation können die möglichen zukünftigen Entwicklungen und Prognosewerte gewonnen werden.¹⁸²

Beim Beispiel eines linearen Trends, soll bei der Methode der kleinsten Quadrate nach Gauß jene Gerade gefunden werden, bei der die quadratischen Abstände zwischen der Gerade und den tatsächlichen Merkmalsausprägungen der Variable y möglichst gering ist.¹⁸³

Vorteile / Nachteile

Als Vorteil dieses Verfahrens kann die Tatsache gesehen werden, dass die Vergangenheit dynamisch extrapoliert wird, in dem Sinne, dass nicht der Zustand, sondern der Wandel dabei betrachtet wird. Dies lässt jedoch auch schnell die Schwierigkeiten bzw. die Problematik dieser Methode erkennen.¹⁸⁴

So liegt ein Nachteil der Trendextrapolation darin, dass sie nur anwendbar ist, wenn sich die Einflussgrößen auf die Entwicklung des Parameters nicht oder max. nur sehr gering verändert haben. Besonders sprunghafte Veränderungen führen zu erheblichen Fehlern bei den Prognosen. Außerdem werden Änderungen der Entwicklung, so genannte Diskontinuitäten, die sowohl Chancen, als auch Bedrohungen mit sich bringen können, bei der Trendextrapolation nicht erkannt. So bleiben sie z.B. ebenso in der strategischen Planung unberücksichtigt.¹⁸⁵

¹⁸⁰ Vgl. Macharzina, 2008, S.663

¹⁸¹ Eigene Grafik: Vgl. Inhalt Lippold, 2016, S.347 / Scharnbacher, 2004, S.128

¹⁸² Vgl. Macharzina, 2008, S.663

¹⁸³ Vgl. Sibbertsen/Lehne, 2012, S.137

¹⁸⁴ Vgl. Weißner, 1989, S.40

¹⁸⁵ Vgl. Bühner, 1985, S.95

3.1.2.3 Glättungsverfahren

Basis für Glättungsverfahren bildet die Annahme, dass die vorherzusagenden Variablen ein Grundmuster besitzen, das durch ihre Vergangenheitswerte, die auch zufällige Fluktuationen aufzeigen, wiedergegeben wird. Die Unterscheidung von den eben genannten Grundmustern und den zufälligen Fluktuationen ist primäres Ziel dieses Verfahrens. Dazu müssen Extremwerte der Zeitreihe eliminiert werden und anschließend die Prognose anhand der geglätteten Zwischenwerte abgeleitet werden.¹⁸⁶

Sind eine Vielzahl an Ausreißern oder Extrema zu finden, dann kommen robuste Glättungsverfahren zum Einsatz. Dabei werden einzelne Ausreißer durch die Bildung zentrierter gleitender Mediane geglättet bzw. wenn mit mehreren zu rechnen ist, sollte dies mehrstufig eingesetzt werden. Bei nicht robusten Glättungsverfahren, die dann verwendet werden sollten, wenn nur einzelne Extremwerte zu finden sind kommt der einfache Glättungsalgorithmus zum Einsatz, mit dem die Mittelwerte zeitlich aufeinanderfolgender Werte berechnet werden.¹⁸⁷

Allgemein sollte ein Glättungsverfahren über einen Glättungsparameter bzw. auch einen Robustheitsparameter, hinsichtlich extremer Glättung bis hin zur Nichtglättung und von nicht robuster Glättung bis zu sehr hoch robuster Glättung, einstellbar sein. Im Weiteren sollte das Glättungsverfahren eine glatte Funktion genau reproduzieren und Niveausprünge in den Daten nicht über weitere Bereiche „verschmieren“.¹⁸⁸

Ablauf

Die Berechnung des geglätteten Werts aufgrund der Vergangenheitsdaten, so wie die Verwendung der Berechnungswerte für Prognosen, liefern bei der Anwendung von Glättungsverfahren die zwei entscheidenden Kernschritte (*siehe* Abbildung 31).¹⁸⁹



Abbildung 31: Kernkomponenten beim Ablauf von Glättungsverfahren¹⁹⁰

Für die Umsetzung dieser Schritte stehen verschiedene Methoden zur Verfügung. Zu diesen zählen zum Beispiel Gleitender Durchschnitt und Exponentielle Glättung, die im Kapitel 3.1.2.3.1 bzw. Kapitel 3.1.2.3.2 anschließend näher beschrieben werden.¹⁹¹

¹⁸⁶ Vgl. Makridakis/Reschke/Wheelwright, 1980, S.54

¹⁸⁷ Vgl. Krauß/Raithel, 2011, S.4

¹⁸⁸ Vgl. Rinner/Rüger/Strecke, 1995, S.142

¹⁸⁹ Vgl. Makridakis/Reschke/Wheelwright, 1980, S.53f.

¹⁹⁰ Eigene Grafik: Vgl. Inhalt ebd.

¹⁹¹ Vgl. Hartung/Elpelt/Klösener, 2009, S.660

Vorteile / Nachteile

Ein entscheidender allgemeiner Vorteil der Glättungsverfahren liegt darin, dass Ausgangspunkt der Analyse Daten und nicht, wie in vielen anderen Fällen, Modelle sind. Gefordert wird hier lediglich eine gewisse Glätte der zugrundeliegenden Struktur. Auch steigt zusätzlich durch den Wegfall von Modellgrenzen die Flexibilität des Schätzverfahrens – die so von absoluter Datentreue bis hin zur maximalen Glättung alle Schätzungen zulässt.¹⁹²

3.1.2.3.1 Gleitender Durchschnitt

Eine mögliche Form des Glättungsverfahrens stellt die Methode „Gleitender Durchschnitt“ dar. Der Name des „gleitenden Durchschnitts“ lässt sich mit der konstanten Anzahl N (in der Literatur auch oft n) und der über diesen Bereich gewonnenen Mittelwerte in diesem Verfahren erklären.¹⁹³

„...es werden nicht alle verfügbaren Vergangenheitsdaten gemittelt, sondern mit jedem folgenden Zeitpunkt wird die aktuellste Beobachtung gegen Wegfall der Beobachtung zum Zeitpunkt $T - N$ neu in die Berechnung aufgenommen.“¹⁹⁴

Eine rasche Anpassungsfähigkeit auf systematische Änderungen, ohne zu starke Reaktionen auf Zufallsschwankungen, sollte unbedingt bei der richtigen Wahl von n berücksichtigt werden.¹⁹⁵

Die Berechnung erfolgt mit Hilfe (nicht ganz unbekannter) Formeln für Mittelwert und Standardabweichung (siehe Formel 16-Formel 17):¹⁹⁶

$$P_t(t+k) = M_t = \frac{1}{n} \sum N_{t-1} \quad 0 \leq i \leq n-1, 1 \leq k \leq \infty$$

M_t ... Mittelwert, berechnet am Ende der Periode t

$P_t(t+k)$... Prognosewert für die Periode $t+k$ am Ende der Periode t

$\sigma_t(t+k)$... Prognosefehler für die Periode $t+k$ am Ende der Periode t

N_i ... Nachfrage in der Periode am Ende der Periode i

n ... konstante Periodenzahl

k ... Abstand einer künftigen von der soeben beendeten Periode

Formel 16: Prognosewert für die Periode $t+k$ am Ende der Periode t

¹⁹² Vgl. Seeber/Minder, 1991, S.55

¹⁹³ Vgl. Becker, 1981, S.39

¹⁹⁴ ebd.

¹⁹⁵ Vgl. Schönsleben, 2011, S.478

¹⁹⁶ Vgl. ebd. S.476f.

$$\sigma_t(t+k) = \sqrt{\frac{1}{n-1} * \sum (N_{t-1} - M_t)^2} \quad 0 \leq i \leq n-1, 1 \leq k \leq \infty$$

Formel 17: Prognosefehler für die Periode t+k am Ende der Periode t

Ablauf

Berechnung arithmetisches Mittel über jeweils eine konstante Anzahl an Beobachtungswerten

Gegenüberstellung Berechnungswert mit dem jeweils in der Mitte liegenden Beobachtungswert

Erhalt der Trendlinie

Abbildung 32: Ablauf Gleitender Durchschnitt¹⁹⁷

Für den Ablauf (*siehe* Abbildung 32) bedeutet dieses Verfahren, dass jeweils über eine konstante Anzahl an Beobachtungswerten das arithmetische Mittel gebildet und bei einem neu dazukommenden Beobachtungswert der älteste weggelassen wird, um die konstante Anzahl beizubehalten. Die berechneten Werte werden anschließend dem jeweils in der Mitte liegenden Beobachtungswert der Zeitreihe gegenübergestellt, um die Trendgerade zu erhalten. Die Aussagekraft der Trendgerade hängt nicht unwesentlich von der in die Berechnung miteinbezogenen Anzahl von Beobachtungswerten ab. Eine zu hohe Anzahl kann dabei zu einer zu starken Glättung führen, während hingegen eine zu geringe Anzahl an miteinbezogenen Beobachtungswerten die gewünschte Elimination von Restkomponenten verhindern kann. Um zu vermeiden, dass Saison- und Konjunkturkomponenten zu unerwünschten Verzerrung führen, ist daher die richtige Wahl des Gleitzeitraums zu beachten.¹⁹⁸

Vorteile / Nachteile

Die Einfachheit, Praktikabilität und die Wirksamkeit bei der Aufdeckung der Grundtendenz einer saisonal bedingten Zeitreihe bilden den Vorteil des gleitenden Durchschnittes. Der große Nachteil liegt an der reduzierten Anzahl an Werten ($n - 2k$) einer geglätteten Zeitreihe, mit k als Stützbereichskonstanten. Die Wahl dieser Konstante hängt vom Umfang und der Beschaffenheit der Zeitreihe ab und hat unmittelbaren Einfluss auf die Größe des Stützbereichs und im Weiteren auf den Grad der Glättung. Je kleiner k ist, desto kleiner ist der Stützbereich r und umso geringer ist die Glättung der Zeitreihe.¹⁹⁹

3.1.2.3.2 Exponentielle Glättung

Die exponentielle Glättung stellt eine weitere Möglichkeit im Zuge der Glättungsverfahren dar. Sie findet ebenfalls in der Praxis, besonders für kurzfristige Prognosen, zunehmend Anwendung. Sie ist eine Weiterentwicklung der zuvor beschriebenen Methode des gleitenden Durchschnitts. Charakterisierend dafür ist,

¹⁹⁷ Eigene Grafik: Vgl. Inhalt Tscheulin, D.K./Helmig, B. (Hrsg), 2004, S.128

¹⁹⁸ Vgl. Tscheulin, D.K./Helmig, B. (Hrsg), 2004, S.128

¹⁹⁹ Vgl. Eckstein, 2014, S.117

dass Vergangenheitswerte desto geringer gewichtet werden, je weiter sie zurückliegen, also je älter sie sind. Die Grundformel für den Prognosewert \hat{y}_{t+1} (siehe Formel 18) setzt sich dabei aus dem Gewichtungsfaktor α , dem Schätzwert \hat{y}_t für die Periode t und den Beobachtungswert y_t für die Periode t zusammen.²⁰⁰

$$\hat{y}_{t+1} = \alpha * y_t + (1 - \alpha) * \hat{y}_t \quad \text{bzw.} \quad S_{t+1} = \alpha * y_t + (1 - \alpha) * S_t$$

S_{t+1} ... Schätzwert für die neue Periode

α ... frei gewählter Gewichtungsfaktor für y_t

y_t ... jüngster Beobachtungswert

$1 - \alpha$... Gewichtungsfaktor für den vorher geschätzten Wert

S_t ... ehemaliger Schätzwert für den vorliegenden Beobachtungswert

Formel 18: Exponentielle Glättung: Grundformel 1. Ordnung für den Prognosewert²⁰¹

Zu beachten gilt, dass bei der Exponentiellen Glättung allgemein von einer stationären Zeitreihe ausgegangen wird und somit von Zeitreihen ohne Trend. Hierbei wird sich der exponentiellen Glättung 1.Ordnung bedient.²⁰²

Die exponentielle Glättung 2.Ordnung findet ihren Einsatz, wenn ein linearer Trend zu erkennen ist. Ihr Konzept ist analog zu dem der ersten Ordnung, jedoch wird eine weitere geglättete Reihe durch die zusätzliche Anwendung des Rechensystems auf die Schätzwerte gewonnen (siehe Formel 19-Formel 22):²⁰³

$$S'_t = \alpha * y_t + (1 - \alpha) * S'_{t-1}$$

S'_{t-1} ... Schätzwert 1. Ordnung für die Vorperiode

y_t ... empirischer Wert der Beobachtungsperiode

Formel 19: Schätzwert 1.Ordnung für die Beobachtungsperiode t

$$S'' = \alpha * S'_t + (1 - \alpha) * S''_{t-1}$$

S''_{t-1} ... Schätzwert 2. Ordnung für die Vorperiode

Formel 20: Schätzwert 2.Ordnung für die Beobachtungsperiode

$$a_t = 2S'_t - S'_t \quad \text{und} \quad b_t = \frac{\alpha}{1 - \alpha} * (S'_t - S''_t)$$

Formel 21: Absoluter Wert (links) und Steigungsfaktor (rechts) des Trends

$$S_{t+m} = a_t + b_t m$$

Formel 22: Prognosewert für die Periode t+m

²⁰⁰ Vgl. Vollerthun, 2001, S.85

²⁰¹ Vgl. ebd.

²⁰² Vgl. Böning-Spohr, 1997, S.26

²⁰³ Vgl. Scharnbacher, 2004, S.155

Durch den zuvor erwähnten Gewichtungsfaktor oder auch die so genannte Glättungskonstante α ($0 \leq \alpha \leq 1$) wird beschrieben, mit welchem Prozentsatz mit zunehmender Zeitnähe die Gewichtung der Beobachtungswerte steigt und mit welchem Gewicht die jüngsten Beobachtungswerte in den Mittelwert eingehen. Eine große Glättungskonstante α führt zu einer geringen Glättung der Zeitreihe, einer schnellen Anpassung der Niveauverschiebung und einer geringen Berücksichtigung von Vergangenheitswerten, während hingegen die neuesten Werte am meisten berücksichtigt werden. Ein großes α führt zu gegenläufigen Effekten.²⁰⁴

Ablauf

Die algorithmische Beschreibung der Berechnung der exponentiellen Glättung erfolgt über folgende Schritte (*siehe* Abbildung 33):

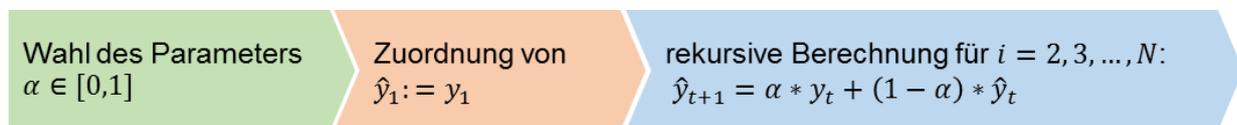


Abbildung 33: Ablauf Berechnung der exponentiellen Glättung²⁰⁵

Vorteile / Nachteile

Ein entscheidender Vorteil dieser Methode liegt darin, dass eine Gewichtung der Zeitreihenwerte vorgenommen wird, dahingehend, dass zeitlich näherliegende Werte mit einem höheren Gewicht in die Berechnung eingehen. Es hat sich gezeigt, dass es besonders im betriebswirtschaftlichen Bereich sinnvoll ist, erst kürzlich vergangenen Entwicklungen eine höhere Bedeutung zuzuschreiben. Einen weiteren Vorteil liefert die Tatsache, dass nur der Beobachtungswert, der Prognosewert der Vorperiode und die Trendprognose der Vorperiode vorhanden sein müssen und nicht die gesamte Zeitreihe zur Verfügung stehen muss.²⁰⁶

Ein Nachteil der einfachen exponentiellen Glättung stellt die systematische Verzerrung dar. Dies wird durch den Effekt beschrieben, dass bei Zeitreihen, die einen Trend aufweisen, die prognostizierten Werte den tatsächlichen Zeitreihenwerten nachhinken. Diesem Problem kann man durch eine exponentielle Glättung höherer Ordnung jedoch entgegenwirken. Als besonderer Vorteil gilt andererseits, dass die Schätzer der unbekannt Parameter des Polynoms leicht zu berechnen sind, wenngleich auch der Aufwand und die Komplexität mit steigendem Polynomgrad zunehmen.²⁰⁷

²⁰⁴ Vgl. Scharnbacher, 2004, S.155

²⁰⁵ Eigene Grafik: Vgl. Inhalt Klinker/Skoruppa, 2011, S.33

²⁰⁶ Vgl. Scharnbacher, 2004, S.153f.

²⁰⁷ Vgl. Brockhoff, 1977, S.98

3.1.2.4 Autoregressive Verfahren – Box-Jenkins-Verfahren

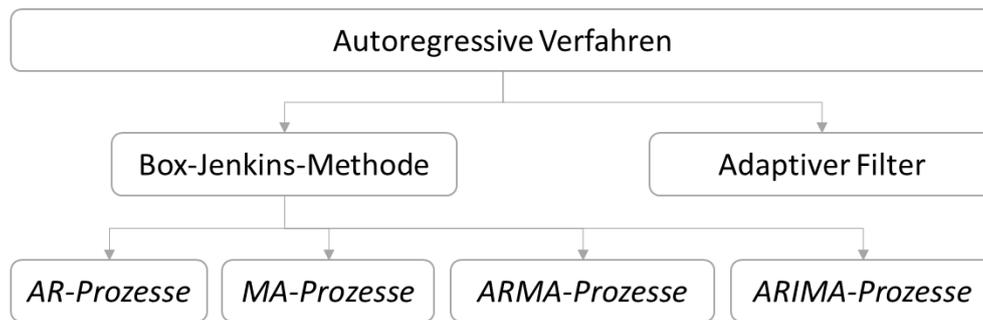


Abbildung 34: Autoregressive Verfahren²⁰⁸

Der Ansatz des Box-Jenkins-Verfahren und dazugehörige Unterkategorien, sowie auch die Methode des adaptiven Filters (*sei später noch kurz im Absatz Vorteile / Nachteile erwähnt*), zählen zu den autoregressiven Verfahren (*siehe Abbildung 34*), die wiederum zu der Gruppe der univariaten Prognoseverfahren gehören.²⁰⁹

„Autoregressive Verfahren: Hier werden die künftigen Werte der Zeitreihe auf Basis der Vergangenheitswerte derselben Zeitreihe ermittelt, indem Gewichtungsfaktoren optimiert werden.“²¹⁰

Dies bedeutet, dass der Zukunftswert dabei aus der Regression der Variable mit sich selbst ermittelt wird. Durch den im Vergleich zu anderen Prognoseverfahren hohen Rechenaufwand, findet dieses Vorgehen in der Praxis jedoch eine geringere Bedeutung.²¹¹

Charakteristisch für das Box-Jenkins-Verfahren sind die drei Kernbereiche Modellidentifikation, Modellschätzung und Modellverifikation. Die Bewegungsgesetze eines beobachteten Prozesses sollen dabei aufgedeckt und in einem geeigneten ARMA-Modell nachgebildet werden. Trotz vorhandener Regeln zur Diagnose und Erstellung von Modellen, fordert dieses Verfahren theoretische und fachliche Kenntnisse, sowie praktische Erfahrung, um es zielgerecht einsetzen zu können.²¹²

Das Modell ARMA – „autoregressive moving average“ – bildet hierbei den universellen Ansatz zur Beschreibung und Prognose von stationären Prozessen (*siehe Formel 23*). Es setzt sich aus dem AR(p)-Modell – der autoregressiven Komponente – und dem MA(q)-Modell – der „moving average“ Komponente – zusammen.²¹³

$$Y_t - \varphi_1 * Y_{t-1} - \dots - \varphi_p * Y_{t-p} = C + \theta_1 * a_{t-1} + \dots + \theta_q * a_{t-q}$$

²⁰⁸ Eigene Grafik: Vgl. Inhalt: Ernst, 1996, S.136

²⁰⁹ Vgl. Benkenstein, 2001, S.299

²¹⁰ Schütte-Biastoch, 2001, S.62

²¹¹ Vgl. Benkenstein, 2001, S.299

²¹² Vgl. Eckstein, 2012, S.276

²¹³ Vgl. Thome, 1992, S.39

mit $t = 1, 2, \dots, n$

Y_t ... Zeitreihe, die nicht durch Ausreißer kontaminiert ist

a_t ... eine Folge von Zufallsgrößen,

die identisch und unabhängig voneinander normalverteilt sind

mit dem Erwartungswert $E(a_t) = 0$ und der Varianz $\text{var}(a_t) = \sigma^2$

φ ... φ – Gewichte

θ ... θ – Gewichte

Formel 23: ARMA(p,q)-Modell²¹⁴

Nichtlineare Prozesse können durch die Integration eines solchen Prozesses (ARIMA) beschrieben werden, die durch etwaige Trends entstehende Verzerrungen eliminieren. Beide dieser genannten Modelle gehören jedoch zur Klasse der linearen Modelle auf die hier nun nicht näher eingegangen wird.²¹⁵

Ablauf

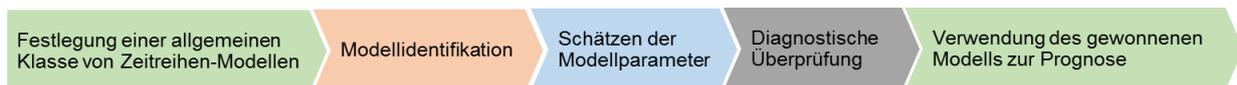


Abbildung 35: Ablauf Box-Jenkins-Verfahren²¹⁶

Der Ablauf bei diesem Verfahren erfolgt iterativ und setzt sich nach Box und Jenkins aus fünf Punkten zusammen (siehe Abbildung 35). Nach Festlegung der Zeitreihen-Modell-Klasse wird bei der Modellidentifikation die Frage gestellt, welches hypothetische Modell angesetzt wird. Der für das iterative Vorgehen entscheidende Schritt liegt in der diagnostischen Überprüfung, bei der entschieden wird, ob das verwendete Modell geeignet ist. Wenn nicht, dann wird beim Schritt der Modellidentifikation wieder gestartet und ein neues Modell probiert. Wurde das passende Modell gefunden, erfolgt die eigentliche Erstellung und Gewinnung der Prognose.²¹⁷

Die hier beispielhafte Modellierung eines stochastischen Prozesses durch ARMA-Modelle kann im Allgemeinen durch drei Schritte beschrieben werden (siehe Abbildung 36), auf die hier jedoch nur überblicksmäßig eingegangen wird.²¹⁸



Abbildung 36: Modellierung stochastischer Prozesse durch ARMA-Modelle²¹⁹

²¹⁴ Vgl. Thome, 1992, S.39

²¹⁵ Vgl. Vogel, 2015, S.77

²¹⁶ Eigene Grafik: Vgl. Inhalt Vogel, 2015, S.78

²¹⁷ Vgl. Inhalt Vogel, 2015, S.78

²¹⁸ Vgl. Neusser, 2006, S.91

²¹⁹ Eigene Grafik: Vgl. Inhalt Neusser, 2006, S.91

Da ökonomische Zeitreihen oft nicht stationär sind, wird zunächst eine stationäre resultierende Zeitreihe durch Transformation gebildet. Dieses Vorgehen wird gefolgt von der Wahl der Ordnung von p und q , die in der Praxis meist nicht bekannt sind und für die mehrere Verfahren zur Bestimmung zur Verfügung stehen. Wie nahezu bei jedem Modellverfahren ist die im dritten Schritt genannte Prüfung der Plausibilität vom Modell und ihren Parametern nicht wegdenkbar und bei unzureichender Zufriedenstellung eine Wiederholung der ersten beiden Phasen erforderlich.²²⁰

Vorteile / Nachteile

Einer der Nachteile – der erhebliche Rechenaufwand – wurde bereits erwähnt. Dieser lässt sich durch die anspruchsvolle und komplexe Methodik erklären und hat hohe Verfahrenskosten zur Folge. Den entscheidenden Vorteil des Box-Jenkins-Verfahrens liefert hingegen die hohe Prognosegenauigkeit, die jedoch auf einen kurzen und maximal mittleren Prognosezeitraum begrenzt ist.²²¹

Weitere Vorteile dieses Prognoseverfahrens sind zudem,

- dass die konsequente Anwendung der Theorie der stationären Prozesse eine gute theoretische Fundierung liefert
- die Behandelbarkeit von stationären und nicht stationären Zeitreihen, durch das umfassend ausgelegte allgemeine ARIMA-Modell
- die sehr flexible Anpassbarkeit des Modells an eine gegebene Zeitreihe durch eine Vielzahl möglicher Kombinationen der Parameter

Eine Möglichkeit den Nachteil des mathematischen Komplexitätsgrads zu verringern, wurde durch die Methode des adaptiven Filters geschaffen. Dieser Methode liegt dieselbe Prognosegleichung zugrunde und sie ist auch sonst nahezu mit dem Box-Jenkins-Verfahren ident. Der entscheidende Unterschied vom adaptiven Filter zum Box-Jenkins-Verfahren liegt in der dynamischen Anpassung der Modellparameter und in der Verwendung einer Lernkonstante zur Steuerung der Schrittweite des Anpassungsprozesses, auf die hier jedoch nicht näher eingegangen wird.²²²

²²⁰ Vgl. ebd.

²²¹ Vgl. Böning-Spohr, 1997, S.29

²²² Vgl. Hansmann, 1983, S.98

3.1.3 Quantitative Verfahren – Computational Intelligence (CI)

Zu der sogenannten „Computational Intelligence“ zählen, neben evolutionären Algorithmen (genetischer Programmierung), künstlich neuronale Netze, sowie Fuzzy-Systeme wie z.B. ANFIS, die in weiterer Folge beschrieben werden sollen (siehe Kapitel 3.1.3.1-3.1.3.3).²²³

Sie stellt die Schnittmenge unterschiedlicher Forschungsgebiete zusammen, deren Zusammenhang bzw. ihre Unterschiede in der Abbildung 37 veranschaulicht werden sollen. Während der Fokus bei evolutionären Algorithmen bei der Gewinnung von Modellen für die Optimierung liegt, sollen durch künstlich neuronale Netze bzw. durch die Fuzzy Logik Modelle für die Verarbeitung von vollständigem Wissen bzw. für die exakte Verarbeitung von vagem Wissen generiert werden.²²⁴

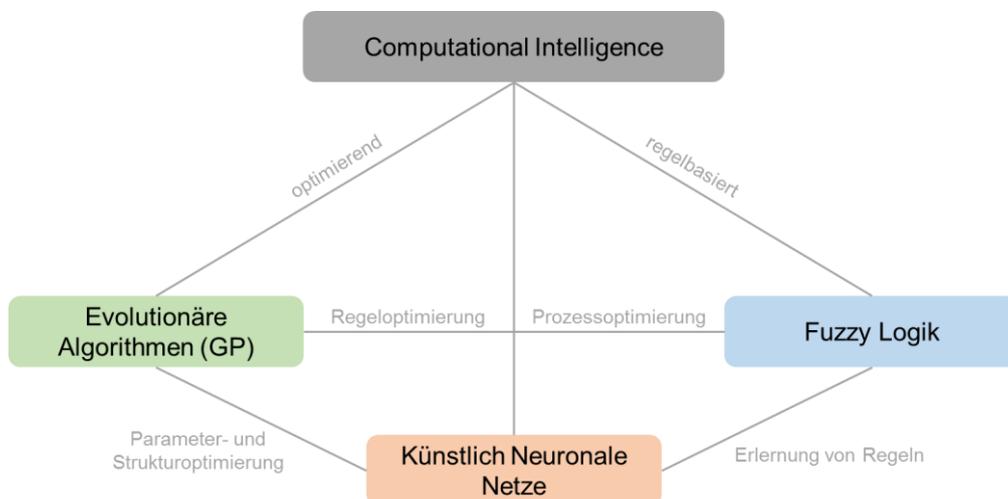


Abbildung 37: Computational Intelligence²²⁵

3.1.3.1 Genetische Programmierung (GP)

„Die Bedeutung Evolutionärer Algorithmen für die Prognose von Zeitreihen liegt darin, dass mit diesen andere Prognose-Verfahren modelliert und optimiert werden können.“²²⁶

Die genetische Programmierung dient primär dazu hinreichende bzw. bestmögliche Lösungslogarithmen für ein Problem automatisch zu erstellen bzw. zu finden und so die Aufgabe, die zuvor keinen Logarithmus aufweist, zu lösen. Der GP-Algorithmus kann als Suchlogarithmus aufgefasst werden, der den gesamten Suchraum durchforstet, um eine gute Lösung zu erhalten. Anwendung findet sie im Besonderen dort wo zum Beispiel: ²²⁷

²²³ Vgl. Rutkowsiki, 2008, S.2

²²⁴ Vgl. Grauel, S.5

²²⁵ Eigene Grafik: Vgl. ebd.

²²⁶ Eisenbach, 2005, S.37

²²⁷ Vgl. Ebersberger, 2002, S.110

- Zusammenhänge zwischen entscheidenden Variablen unbekannt sind
- die Größe und Struktur der Lösung zu finden, ein zentrales Problem darstellt
- eine Näherungslösung ohnehin eine akzeptable Lösung darstellt
- herkömmliche mathematische oder statistische Analysen zu keinem zufriedenstellenden Ergebnis führen
- vorhandene Daten so vorliegen, dass sie computergestützte Manipulation ermöglichen.

Wesentliche Komponenten der GP sind die zwei Mengen \mathfrak{S} und F , wobei \mathfrak{S} eine Menge von Operatoren und F eine von Variablen und Konstanten darstellt (*siehe* Formel 24). Diese sind problemspezifisch und sollten immer endlich sein, um Abgrenzungen für den Suchraum zu gewährleisten und somit die Lösung des Problems zu ermöglichen. Wünschenswert ist bei der Menge F , dass alle Funktionen vollständig sind, um die Eingabe jeglichen denkbaren Werts zu ermöglichen. Andernfalls kann es zu Fehlern bei der Ausführung kommen, denen jedoch durch Reparaturmechanismen entgegengewirkt werden kann (*Details siehe Literatur*).²²⁸

$$F = \{and, or, not, if, \dots then \dots else \dots, \dots\}$$

$$\mathfrak{S} = \{x_1, \dots, x_n, 1.0\} \quad \text{oder} \quad \mathfrak{S} = \{x_1, \dots, x_n, true, false\}$$

Formel 24: Mögliche Darstellung der Mengen der Genetischen Programmierung²²⁹

Ablauf

Der Prozess der genetischen Programmierung (*siehe* Abbildung 38), der eine immer weitere Entwicklung von neuen „Generationen“ an Ergebnissen beinhaltet, kann aufgrund verschiedener Abbruchbedingungen beendet werden:²³⁰

- Die zufriedenstellende Lösung ist gefunden.
- Eine ausreichend gute Lösung liegt vor.
- Nach mehrfacher Wiederholung wurde keine bessere Lösung gefunden.
- Das Limit an Generationen von Lösungen wurde erreicht.

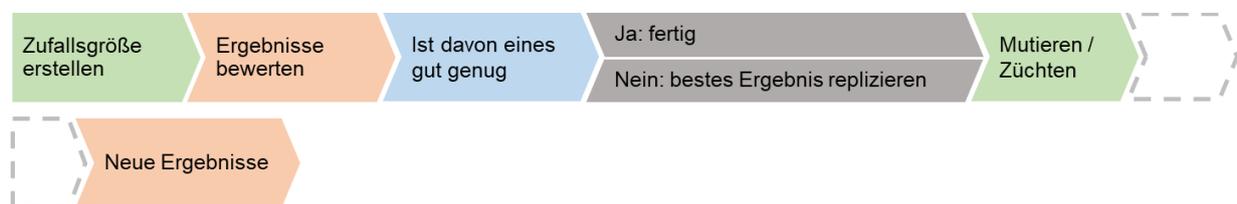


Abbildung 38: Ablauf Genetische Programmierung²³¹

²²⁸ Vgl. Kruse et al, 2015, S.243

²²⁹ Vgl. ebd.

²³⁰ Vgl. Segaran, 2008, S.278

²³¹ Vgl. Grafik: Inhalt ebd.

Vorteile / Nachteile

Ein Vorteil der genetischen Programmierung gekoppelt mit immer schneller laufenden Computern liegt in der Anwendbarkeit auf immer komplexere Probleme.²³²

Zusätzlich zählen zu den Vorteilen der genetischen Programmierung:²³³

- der Besitz einer evolutionsgetriebenen Konzeptionierungsmethode zur Problemlösung
- die Möglichkeit der Programme selbst Funktionsblöcke zusammenzufassen und wiederzuverwenden
- die Option problemspezifische Funktionen zu implementieren und zur Suche einzusetzen
- die Mitlieferung einer Erklärungskomponente.

3.1.3.2 Neuronale Netze bzw. Künstlich Neuronale Netze

Die Methode der (künstlich) neuronalen Netze baut auf der biologischen Struktur bzw. dem neuronalen Netz des menschlichen oder auch tierischen Gehirns auf. Sie kann als mathematische Beschreibung, in einer mehr oder weniger abgewandelten Form, und technische Realisation dieser verstanden werden.²³⁴

Neuronale Netze finden nicht nur für die Entwicklung von Prognosen, sondern auch in anderen Bereichen – wie z.B. Mustererkennung, Kategorisierung und Optimierung – ihren Einsatz. Als Abbildungsvorschrift verstanden, bildet das neuronale Netz eine Menge von Eingaben in eine Menge von Ausgaben, die und deren Eigenschaften jeweils in Form von Vektoren beschrieben werden, ab (*siehe Abbildung 39, links*). Auch kann es als Verbindungsstruktur einfacher Prozessoren verstanden werden, deren Prozessoren nur einfache Rechnungen durchführen können. Durch Modifikation der durch Gewichte bewerteten Verbindungen kann das Aus- und Eingabeverhalten des Netzes in gewünschte Formen gebracht werden (*siehe Abbildung 39, rechts*).²³⁵

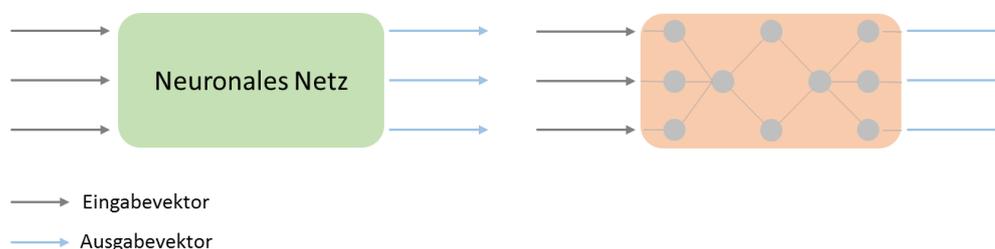


Abbildung 39: Neuronales Netz als Abbildungsvorschrift (links) und als Verbindungsstruktur (rechts)²³⁶

²³² Vgl. Segaran, 2008, S.278

²³³ Vgl. Spalek, 2010, S.171

²³⁴ Vgl. Wedra, 2012, S.11

²³⁵ Vgl. Scherer, 1997, S.4

²³⁶ Eigne Grafik: Vgl. Inhalt Scherer, 1997, S.4

„Die Anwendungen Neuronaler Netze für Prognoseaufgaben basieren auf einem vom Netz gebildeten Modell des zu prognostizierenden Systems, mit dem das Netz in die Lage versetzt werden soll, aus Vergangenheitsdaten Zukunftswerte zu generieren.“²³⁷

Auch werden in der Literatur neuronale Netze bzw. Netzwerke als sehr flexible Form einer Regressionsanalyse (siehe Kapitel 3.1.4) angesehen, mit der statistische Analysen durchgeführt werden und im Zuge dessen zum Beispiel Auffälligkeiten von Variablen getestet werden können.²³⁸

Die Gestaltungsmöglichkeiten eines neuronalen Netzes liegen in den folgenden drei Bereichen:²³⁹

- **Neuronen-Modell:** Basis des Neuronen-Modells bilden die unabhängig voneinander arbeitenden Neuronen, weshalb auch von paralleler Verarbeitung gesprochen wird.
- **Netzarchitektur:** Die Netzwerkarchitektur setzt sich aus der Eingabe-Schicht, Ausgabe-Schicht und einer oder mehreren verborgenen Schichten zusammen, wobei im Gegensatz zu den ersten zwei genannten Schichten, die verborgenen Schichten keinen direkten Kontakt mit der Umwelt haben. Die Eingabe-Schicht dient hierbei zur Verarbeitung der Eingangssignale, während die Bereitstellung des Ausgangssignals Aufgabe der Ausgabe-Schicht ist.
- **Lernverfahren:** Das Lernverfahren gibt einen Backpropagation-Algorithmus (generalisierte Delta-Regel) vor, wobei dieser meist in einer modifizierten und nicht ursprünglichen Form zum Einsatz kommt. Ziel dabei ist, die Lerngeschwindigkeit zu erhöhen und das Steckenbleiben in lokalen Minima zu verhindern.

Ablauf

Bei der generalisierten Delta-Regel beim Backpropagation-Netz – einem möglichen Netztypen – werden mit Hilfe der dem Netz zugeführten Eingabedaten die Aktivierungszustände der einzelnen Neuronen und somit auch die Ausgabewerte des Netzes berechnet. Anschließend werden die Fehlerwerte sowohl der Ausgabeschicht, als auch der verborgenen Schichten schichtweise zurückgeführt und auf Grundlage dessen die Gewichtsänderungen berechnet. Zur Reduzierung vom Netz produzierter

²³⁷ May, 1996, S.94

²³⁸ Vgl. Anders/Szczesny, 1996, S.5

²³⁹ Vgl. May, 1996, S.122f.

Fehler, werden diese Schritte (*siehe* Abbildung 40) für alle Trainingsdatensätze wiederholt.²⁴⁰

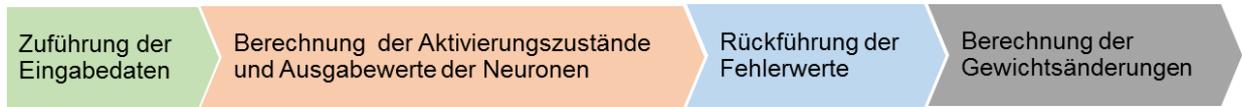


Abbildung 40: Ablauf Künstlich Neuronale Netze²⁴¹

Wie mit Künstlich Neuronalen Netzen die Modellierung einer Prognose erfolgt, wird in der folgenden Abbildung 41 beispielhaft dargestellt. Unterschieden werden hierbei die Zeitreihenprognosen (*siehe links*) und die kausalen Prognosen (*siehe rechts*) die auch kombiniert werden können.²⁴²

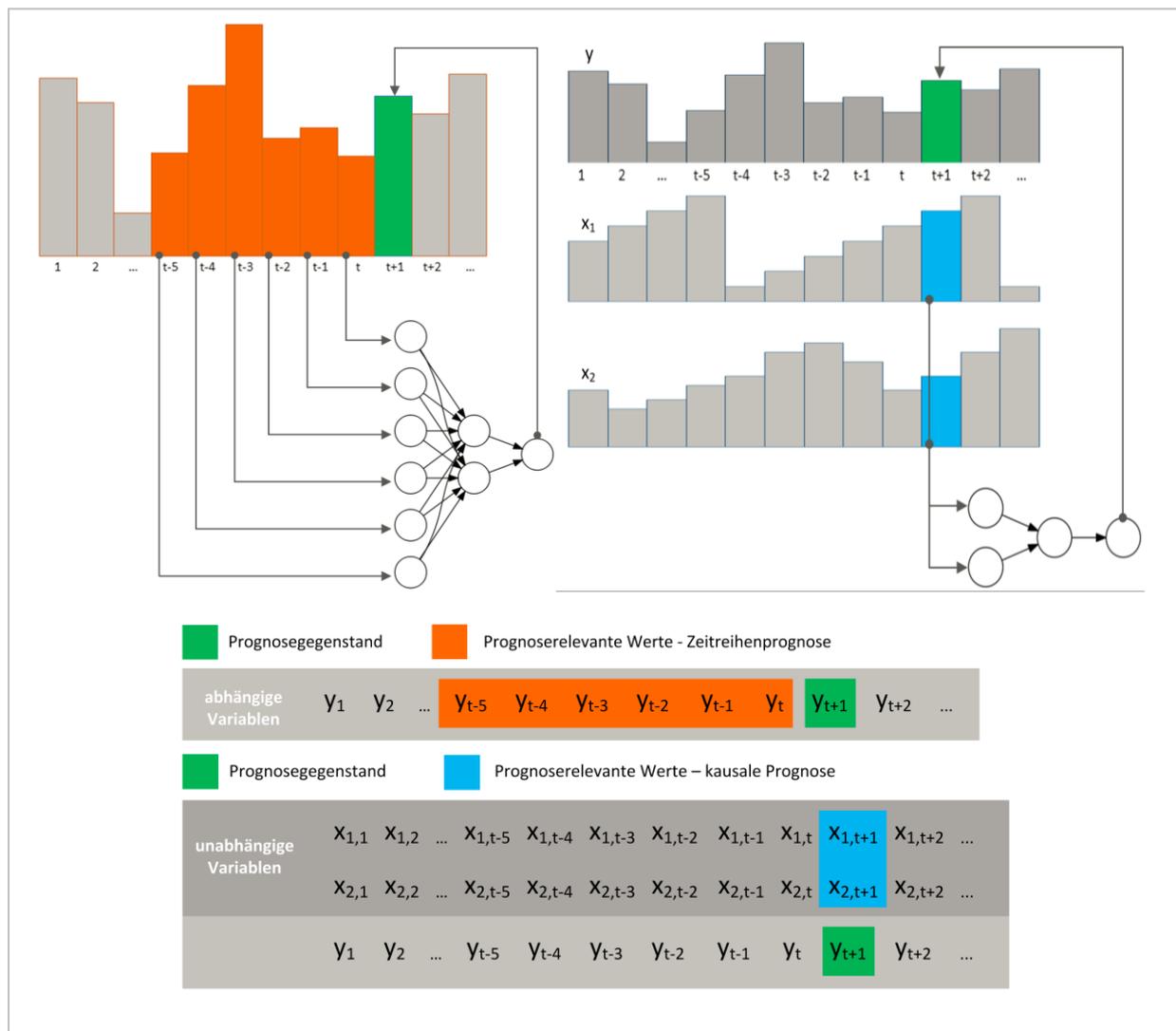


Abbildung 41: KNN - Modellierung einer Prognose²⁴³

²⁴⁰ Vgl. May, 1996, S.84f.

²⁴¹ Eigene Grafik: Vgl. Inhalt May, 1996, S.84f.

²⁴² Vgl. Ott, 2013, S.45

²⁴³ Grafik: Ott, 2013, S.46f.

Vorteile / Nachteile

Das Besondere an künstlich neuronalen Netzen – kurz KNN – liegt darin, dass sie auch bei komplexen, multikorrelierenden Wirkungszusammenhängen zu zufriedenstellenden Prognosen führen, die durch einfache monokausale Erklärungsversuche nicht erzielt werden können. Wieso dies von Vorteil sein kann ist ganz einfach dadurch zu erklären, dass meist bei Prognosen in der dynamischen Realität eine Vielzahl an Einflüssen, die ev. auch noch stark korrelieren, vorliegt.²⁴⁴

3.1.3.3 Fuzzy Logik

Als beispielhafter Vertreter wird hier das ANFIS-Modell beschrieben. In der Literatur auch als „Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference Systems“ vorkommend, zählt es zu den Modellen der modernen Neuro-Fuzzy Systeme. Regeln R_l spezieller Form bilden dabei die Basis und müssen für die Funktion f_l , die das System im Bereich der Eingabe spezifizieren soll, zutreffen. Die Ausgabe $y(\underline{x})$ wird wie folgt berechnet (siehe Formel 25):²⁴⁵

$$y(\underline{x}) = \sum_{l=1}^r f_l(\underline{x}) \frac{\mu_l(\underline{x})}{\sum_{j=1}^r \mu_j(\underline{x})}$$

R_l : WENN $(\xi = A_{1l})$ UND ... UND $(\xi_n = A_{nl})$ DANN $y = f_l(\xi_1, \dots, \xi_n)$

$\underline{x} := (x_1, \dots, x_n)$

$f_l = a_{1l}x_1 + \dots + a_{nl}x_n$

Formel 25: ANFIS - Regelform und Funktion²⁴⁶

Die Inferenz, eine regelbasierte Schlussfolgerung, erfolgt nach der Fuzzifizierung (Die Fuzzifizierung ermöglicht die unscharfe Verarbeitung über einen Fuzzy-Inferenzmechanismus durch die Abbildung scharfer Werte in entsprechende Fuzzysets) aller Kenngrößen in den drei Schritten Aggregation, Implikation oder Kompensation und zuletzt der Akkumulation oder Ergebnis-Aggregation. Bei der Aggregation wird für jede Regel bestimmt, welcher Erfüllungsgrad durch die Prämisse aufgrund der momentanen Eingangswerte gegeben ist. Dieser Erfüllungsgrad dient im Folgeschritt, der Implikation, zur Berechnung des Erfülltheitsgrades der zugehörigen Konklusion (DANN-Teil der Regel). Durch sogenannte Gewichtungsfaktoren können die unterschiedlichen Regeln im Systems nach Relevanz gewichtet bzw. gesteuert werden. Zuletzt werden bei der Akkumulation Einzelergebnisse, wenn mehrere aktive Regeln die gleiche Schlussfolgerung liefern, zu einem Gesamtergebnis zusammengefasst. Aufgrund der unterschiedlichen Charaktere der Regeln, findet oftmals hier der ODER-Operator seinen Einsatz. Die Fuzzy-Inferenz kann als

²⁴⁴ Weber, 1999, S.39

²⁴⁵ Vgl. Siekmann, 1999, S.34

²⁴⁶ Vgl. ebd.

Verarbeitungsvorschrift für Regeln bzw. ganzer Gruppen von Regeln auf unscharfe Aussagen verstanden werden. WENN, UND, ODER bzw. NICHT, werden dabei als Prämisse gesehen, während hingegen DANN als Konklusion steht.²⁴⁷

Simuliert wird das ANFIS-Modell durch ein vorwärtsbetriebenes mehrschichtiges Netzwerk. Dieses besteht aus ungewichteten Neuronen mit speziellen Aktivierungsfunktionen.²⁴⁸

Das ANFIS-Netz besteht dabei aus fünf Schichten (*siehe* Abbildung 42):²⁴⁹

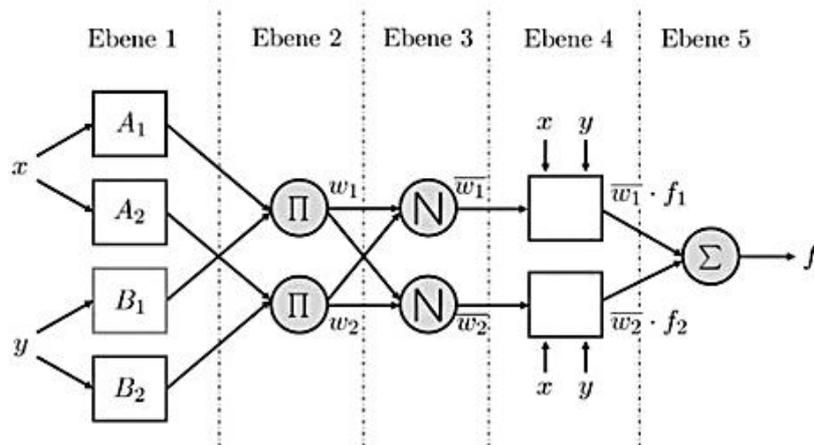


Abbildung 42: ANFIS-Modell²⁵⁰

- Schicht 1: beinhalte ein Neuron für jede Eingabe-Partitions-Menge
- Schicht 2: enthält für jede Regel ein Neuron, das jeweils mit genau einem Neuron der ersten Schicht verbunden ist, wodurch die Prämisse der Regel in dieser Verbindung gespeichert wird
- Schicht 3: enthält für jede Regel ein Neuron und ist vollkommen mit Schicht 2 verbunden
- Schicht 4: enthält ebenfalls für jede Regel ein Neuron, welches jeweils mit dem Neuron aus der Schicht 3 verbunden ist, das die selbe Regel repräsentiert
- Schicht 5: enthaltene Ausgabeneuronen sind jeweils mit allen Neuronen aus der vierten Schicht verknüpft, deren zugehörige Regel sich auf die entsprechende Ausgabedimension bezieht.

Ablauf

Das Vorgehen verläuft schrittweise, beginnend bei der Abspeicherung der Parameter (*siehe* Abbildung 43). Die in der ersten Schicht zugeordneten Parameter dienen zur Illustration eines linguistischen Ausdrucks A_{il} durch eine Fuzzy-Menge $\mu_{A_{il}}$. Durch die

²⁴⁷ Vgl. Nellessen, 2005, S.31

²⁴⁸ Vgl. Siekmann, 1999, S.34

²⁴⁹ Vgl. Lippe, 2006, S.438

²⁵⁰ Boll, 2011, S.94

Verbindung der ersten zwei Schichten werden die Prämissen gebildet und die ankommenden Werte zum Ausgabewert $\mu_l(\underline{x})$ multipliziert. Die Berechnung des Erfülltheitsgrades $w_l(\underline{x})$ wird ebenfalls in den darunterliegenden Formeln beschrieben. Nach Schritt vier (siehe Formel 29) erfolgt in Schicht fünf die Berechnung der Ausgabe $y(\underline{x})$.²⁵¹

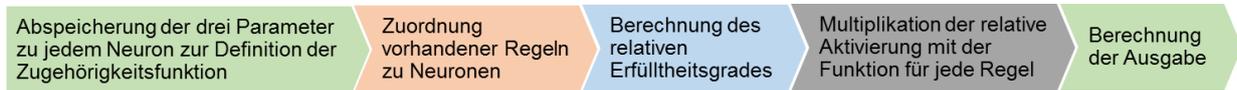


Abbildung 43: Ablauf ANFIS²⁵²

Die zur Durchführung notwendigen Formeln lassen sich wie folgt darstellen (siehe Formel 26-Formel 30):²⁵³

$$\mu_{A_{il}}(x_i) := \frac{1}{1 + \left(\frac{(x_i - c_{il})^2}{s_{il}} \right)^{b_{il}}}$$

Formel 26: Fuzzy-Menge

$$\mu_l(\underline{x}) := \prod_{j=1}^n \mu_{A_{jl}}(x_j)$$

Formel 27: Ausgabewert

$$w_l(\underline{x}) := \prod_{j=1}^n \frac{\mu_l(\underline{x})}{\sum_{i=1}^r \mu_i(\underline{x})}$$

Formel 28: Erfülltheitsgrad

$$o_4^l(\underline{x}) := f(\underline{x}) * w_l(\underline{x}) \quad \text{es gilt } f_l(\underline{x}) = a_{1l}x_1 + \dots + a_{nl}x_n$$

Formel 29: Multiplikation der relativen Aktivierung mit der Funktion für jede Regel

$$y(\underline{x}) = \sum_{l=1}^r o_4^l(\underline{x}) = \sum_{l=1}^r f_l(\underline{x}) w_l(\underline{x})$$

Formel 30: ANFIS-Modell – Berechnungen der Ausgabe

„Für die Prognose von Zeitreihen mit Fuzzy-Daten werden optimale Ein- und Mehrschritt-Prognosen, Fuzzy-Prognoseintervalle und Fuzzy-Zufallsprognosen eingeführt.“²⁵⁴

²⁵¹ Vgl. Siekmann, 1999, S.35

²⁵² Eigne Grafik: Vgl. Inhalt Siekmann, 1999, S.35

²⁵³ Vgl. ebd. S.34f.

²⁵⁴ Reuter, 2006, S.3

Ersteres liefert konkrete Folgewerte, die eine hohe Prognosequalität aufweisen, während hingegen Fuzzy-Intervallen einen Bereich angeben, in denen der zu erwartende Wert liegen wird. Letztere, die Fuzzy-Zufallsprognosen, liefern detaillierte Aussagen über die Eigenschaften der Verteilung der zukünftigen Zufallsgrößen.²⁵⁵

Vorteile / Nachteile

ANFIS kombiniert die Vorteile eines Fuzzy Inference Systems – transparente Speicherung und Verwaltung von Expertenwissen in Form von Regeln im Regelwerk – mit der Lernfähigkeit eines KNN. Entscheidender Vorteil ist Letzteres in Form eines Lern-Algorithmus, um so das System selbstlernend und adaptiv zu gestalten. Dies beinhaltet vor allem die selbstständige Gewichtung der Parameter und die Steigerung der Erfolgsquote bei der Vermittlung.²⁵⁶

Zu beachten ist, dass der Lernalgorithmus sehr aufwendig ist und effizient implementiert werden sollte. Im Weiteren kann die Interpretation des Lernergebnisses eine Schwierigkeit darstellen, da ANFIS nur Fuzzy-Systeme von einem Typ implementiert. Die Anwendung empfiehlt sich daher dort, wo die Gesamtleistung des Systems im Fokus steht und Interpretation nur von untergeordneter Bedeutung ist.²⁵⁷

²⁵⁵ Vgl. Reuter, 2006, S.3

²⁵⁶ Vgl. Fasel/Meier, 2016, S.363

²⁵⁷ Vgl. Borgelt/Klawonn/Kruse/Nauck, 2003, S.237

3.1.4 Quantitative Verfahren – Regressionsanalyse

Die Regressionsanalyse umfasst vor allem die Analyse hinsichtlich der quantitativen Zusammenhänge von Variablen. Kernziel dabei ist, Veränderung von Variablen und deren Abhängigkeiten aufzudecken und transparent zu machen. In weiterer Folge können somit Aussagen über zukünftiges Verhalten getroffen und Prognosen erstellt werden.²⁵⁸

Um die Kausalzusammenhänge erfassen zu können, wird eine zweite Sachgröße, neben der zu prognostizierenden Größe eingeführt. Für die Beschreibung oder gar Erklärung der Kausalbeziehung ist ein theoretisches Modell erforderlich, da hier querschnittorientierte statistische Verfahren alleine nicht ausreichend sind. Es werden dabei zwei Arten von Modellen unterschieden: Eingleichungsmodelle und Mehrgleichungsmodelle. Erste, bei denen funktionale Beziehungen durch Regressionsgleichungen zum Ausdruck gebracht werden, lassen sich wiederum in Eingleichungsmodelle mit einer oder mehreren Variablen unterteilen. Aufgrund der Seltenheit von Monokausalität hat Letzteres von diesen Zweien eine höhere Bedeutung und lässt sich mit folgender Grundformel beschreiben (*siehe Formel 31*).²⁵⁹

$$y_t = f(x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{nt}) + u_t$$

y_t ... die zu prognostizierende Größe

x_{it} ... Ausprägungen der unabhängigen Variablen im Zeitablauf

u_t ... Störvariable

Formel 31: Eingleichungsmodell mit mehreren Variablen²⁶⁰

Der Kern der Regressionsanalyse liegt darin, dass sie sich mit Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen zwischen mehreren Variablen befasst, wozu jedoch unabhängige und abhängige Variablen metrisch (Ausprägung lässt sich mittels Zahlen darstellen) skaliert vorliegen müssen. Zusätzlich beschreibt sie die Richtung und Stärke der Einflüsse der verschiedenen unabhängigen Variablen.²⁶¹

Ihren Einsatz findet die Regressionsanalyse, um Zusammenhänge von Variablen quantitativ zu erklären und Werte der abhängigen Variablen in weiterer Folge zu schätzen bzw. zu prognostizieren. Ersteres umfasst ihren bereits zuvor erwähnten primären Anwendungsbereich – die Untersuchung von Kausalbeziehungen. Diese Beziehung von zwei Variablen lässt sich im einfachsten Fall durch die Funktionsbeziehung $y = f(x)$ beschreiben.²⁶²

²⁵⁸ Vgl. Auer/Horstmann, 2015, S.418

²⁵⁹ Vgl. Macharzina/Wolf, 2008, S.840

²⁶⁰ Vgl. ebd.

²⁶¹ Vgl. Hermann/Huber, 2009, S.43

²⁶² Vgl. Backhaus/Erichson/Plinke/Weiber, 2016, S.64

Der lineare Zusammenhang zwischen den x - und y -Werten lässt sich durch die Kovarianz (*siehe Formel 32*) beschreiben. Auch soll der Korrelationskoeffizient (*siehe Formel 33*) erwähnt sein, der als Maß des Grades des linearen Zusammenhanges dient.²⁶³

$$c = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

Formel 32: Kovarianz

$$r = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{s_{xy}^2}{s_x * s_y}$$

Formel 33: Korrelationskoeffizient

Letzterer nimmt dabei einen Wert zwischen -1 und +1 ein. Eine hohe positive Korrelation liegt bei einer Näherung zu $r=+1$ (perfekt lineare Zusammenhang) vor, während ein Wert Richtung $r=-1$ (perfekt negativer Zusammenhang) eine hohe negative Korrelation bedeutet. Liegt der Wert nahe bei $r=0$ so bedeutet dies, dass keine, oder nur eine sehr geringe Korrelation vorliegt (*siehe Abbildung 44*).²⁶⁴

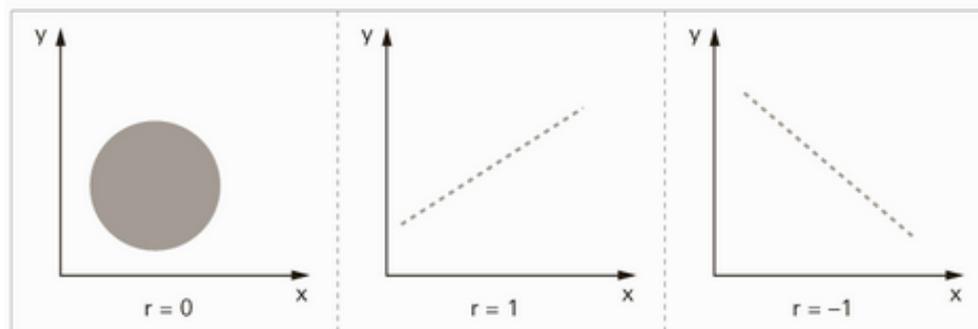


Abbildung 44: Drei Extremfälle der Korrelation²⁶⁵

Zu den linearen Regressionsmodellen für die Variable Y zählen das einfache lineare (*siehe Formel 34*) und das multiple lineare (*siehe Formel 35*) Regressionsmodell. Einfach bezieht sich in diesem Fall darauf, dass das Modell mit nur einer einzigen erklärenden Variable auskommt, während hingegen bei multiplen linearen Regressionsmodellen eine Linearkombination von mehreren Regressoren X_2, \dots, X_k zum Einsatz kommt. Die Störgröße u stellt dabei eine nicht beobachtbare, stochastische Komponente dar, die z.B. Messfehler beinhaltet.²⁶⁶

²⁶³ Vgl. Schlittgen/Streitberg, 2001, S.3f.

²⁶⁴ Vgl. Bucher/Meier-Solfrian/Meyer/Schlick, 2003, S.94f.

²⁶⁵ Bucher/Meier-Solfrian/Meyer/Schlick, 2003, S.99

²⁶⁶ Vgl. Hackl, 2005, S.30f.

$$Y_t = \alpha + \beta X_t + u_t$$

X ... erklärende Variable

α ... Regressionskoeffizient, Interzept, der Koeffizient zum Regressor X

β ... Regressionskoeffizient, auch Anstieg genannt

u ... Störgröße

Formel 34: einfaches lineares Regressionsmodell²⁶⁷

$$Y_t = \beta_1 + \beta_2 X_{t2} + \dots + \beta_k X_{tk} + u_t = \sum_{i=1}^k \beta_i X_{ti} + u_t$$

Formel 35: multiples lineares Regressionsmodell²⁶⁸

Der α -Koeffizient kennzeichnet den geschätzten Schnittpunkt der Regressionsgerade mit der Y -Achse beim Wert $X_i = 0$. Die geschätzte Steigung der Regressionsgerade über den gesamten Wertebereich von X wird vom β -Koeffizienten angegeben, der Auskunft über das Ausmaß der zu erwartenden Veränderung in Y gibt, wenn X um eine empirische Einheit vergrößert wird.²⁶⁹

„Mit Hilfe der Regressionsgleichung kann für jeden X -Wert ein modellspezifischer Y -Wert geschätzt werden (\hat{Y}).“²⁷⁰

Allgemein stehen für die Regressionsanalyse eine Vielzahl an Regressionsmodellen zur Verfügung, wie z.B. folgende:

- Modelle mit Längsschnittdaten/Paneldaten
- Modelle mit limitierten bzw. zensierten Daten
- Poisson-Regression: Modelle mit eindeutigen Zähldaten
- Modelle der non-parametrischen Regressionsanalyse

Drei wichtige Formen der Regressionsanalyse, die in Folge noch näher beschrieben werden, bilden die OLS-Regressionsanalyse (siehe Kapitel 3.1.4.1), die Multivariate Regression (siehe Kapitel 3.1.4.2) und die Maximum Likelihood Methode (siehe Kapitel 3.1.4.3).²⁷¹

Ablauf

Das Vorgehen bei der Regressionsanalyse lässt sich in sechs Arbeitsschritte unterteilen (siehe Abbildung 45). Im ersten Schritt der Spezifikation des Modells müssen zum einen die Variablen im Modell spezifiziert werden, die datenmäßig erfasst

²⁶⁷ Vgl. Hackl, 2005, S.30f.

²⁶⁸ Vgl. ebd.

²⁶⁹ Vgl. Urban/Mayerl, 2008, S.42

²⁷⁰ Vgl. ebd.

²⁷¹ Vgl. Urban/Mayerl, 2011, S.14

werden sollen, zum anderen muss die Datenbasis zur Berechnung bzw. Schätzung des Modells zur Verfügung gestellt werden. Sollten die im Modell spezifizierten Variablen noch nicht vorliegen, werden diese im Folgeschritt empirisch ermittelt. Phase drei erfolgt mit Hilfe der regressionsanalytischen Modelltheorie. Nach Berechnung der Modellkoeffizienten und der Ergebnisbeurteilung stellt sich im sechsten und vorläufig letzten Arbeitsschritt z.B. die Frage, ob sich die Ergebnisse ins Theoriemodell integrieren lassen und ob dadurch die Vorhersagekraft erhöht werden kann.²⁷²

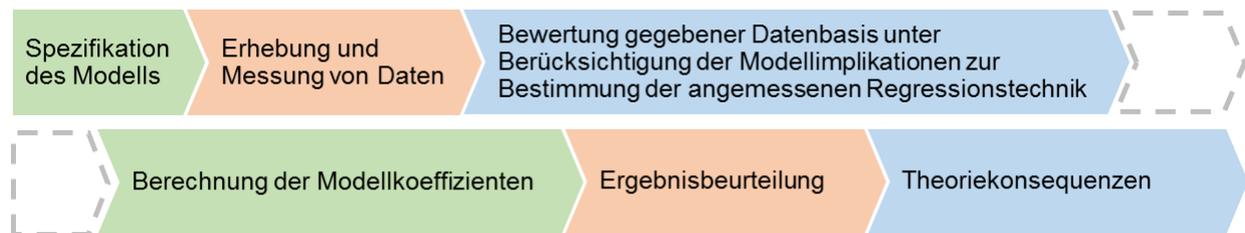


Abbildung 45: Ablauf Regressionsanalyse²⁷³

Eine weitere Möglichkeit den Ablauf bei einer Regressionsanalyse zu beschreiben ist durch die 5 Schritte in der darunter stehenden Grafik dargestellt (siehe Abbildung 46):

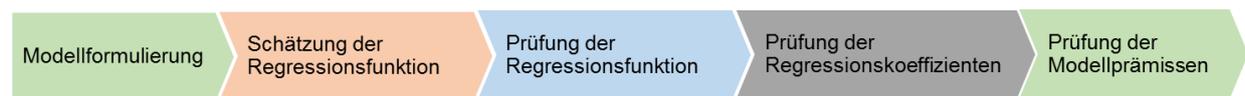


Abbildung 46: Grober Ablauf Regressionsanalyse²⁷⁴

Vorteile / Nachteile

Der Nachteil auch z.B. gegenüber zeitreihenanalytischen Verfahren liegt im erhöhten Aufwand der Datenbeschaffung und Identifizierung von unabhängigen Variablen. Die Schätzung der Variablen wird oft kritisiert, kann aber auch als Vorteil verstanden werden, denn sie erfordert ein bewusstes und intensives Auseinandersetzen mit den abhängigen Variablen der Einflussfaktoren und so werden folglich auch Bedingungen offengelegt. Einen weiteren Vorteil liefert die Möglichkeit, durch Variation der Stärke des Einflusses exogener Variablen, verschiedene Szenarien zu berechnen.²⁷⁵

3.1.4.1 OLS-Regressionsanalyse

Eine klassische Form der Regressionsanalyse bildet die OLS-Regressionsanalyse. Unter ihr wird die Analyse mit der Kleinst-Quadrate-Schätzmethode verstanden. OLS lässt sich dabei aus dem Englischen herleiten – *Ordinary Least Squares*. Anwendung findet sie vor allem dort, wo lineare und linearisierbare Effekte zwischen zwei Variablen vermutet werden und eine zumindest annähernd kontinuierliche Verteilung der Werte

²⁷² Vgl. Urban/Mayerl, 2011, S.14

²⁷³ Eigene Grafik: Vgl. Inhalt ebd.

²⁷⁴ Eigene Grafik: Vgl. Inhalt Backhaus/Erichson/Plinke/Weiber, 2016, S.69

²⁷⁵ Vgl. Maier, 2011, S.66

der abhängigen Variablen vorliegt. Zudem sollte die Variable ein metrisches Messniveau bei Verwendung einer möglichst breiten Messskala aufweisen.²⁷⁶

Zusammengefasst sollten bei der OLS-Regression folgende Voraussetzungen erfüllt werden:

- Linearität der Regressionskoeffizienten
- Prognose und Residuen dürfen nicht korrelieren
- Residuen dürfen untereinander nicht korrelieren
- Residuen weisen eine konstante Varianz auf
- Nichtvorhersagevariablen korrelieren perfekt mit einer Vorhersagevariable
- Residuen sind normalverteilt²⁷⁷

Das statistische Schätzverfahren „Methode der kleinsten Quadrate“ zählt zu den wichtigsten und zeichnet sich im Besonderen dadurch aus, dass durch das Quadrieren der Residuen vermieden wird, dass sich positive und negative Abweichungen kompensieren und es werden im Weiteren größere Abweichungen stärker gewichtet.²⁷⁸

Ablauf

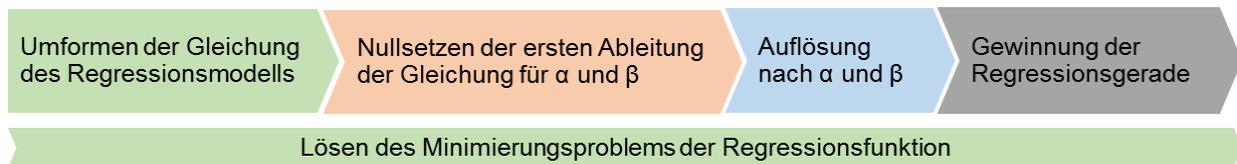


Abbildung 47: Ablauf OLS-Regressionsanalyse²⁷⁹

Für die Durchführung (*siehe* Formel 36) der OLS-Schätzung muss zunächst die Summe S minimiert werden (*siehe* Formel 37). Um die benötigten Koeffizienten der Gerade Y schätzen zu können, muss diese Gleichung umgeformt werden, die nach den Regeln der Differentialrechnung minimiert werden kann (*siehe* Formel 38). Gesucht sind also die Werte von α und β , bei denen die Gleichung ein Minimum aufweist. Dazu wird die erste Ableitung der Gleichung für α und β gleich Null gesetzt und diese nach den beiden Koeffizienten aufgelöst (*siehe* Formel 38).²⁸⁰

²⁷⁶ Vgl. Urban/Mayerl, 2011, S.14

²⁷⁷ Vgl. Farahani/Rahiminezhad/Same/Immanezhad, 2010, S.1

²⁷⁸ Vgl. Backhaus/Erichson/Plinke/Weiber, 2016, S.77

²⁷⁹ Eigene Graifk: Vgl. Inhalt Urban/Mayerl, 2011, S.46

²⁸⁰ Vgl. Urban/Mayerl, 2011, S.46

$$S = \sum_{i=1}^N (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \rightarrow \min$$

Formel 36: OLS-Schätzung – Minimierungsproblem Teil 1²⁸¹

$$S = \sum_{i=1}^N (Y_i - \alpha - \beta X_i)^2 \rightarrow \min$$

Formel 37: OLS-Schätzung – Minimierungsproblem Teil 2²⁸²

$$\frac{dS}{d\alpha \text{ bzw. } d\beta} = \frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - \alpha - \beta X_i)^2}{d\alpha \text{ bzw. } d\beta} = \sum_{i=1}^N 2(Y_i - \alpha - \beta X_i)(-1) = 0$$

$$\rightarrow \text{für } d\alpha: \sum_{i=1}^N (Y_i - \alpha - \beta X_i) = 0 \quad \rightarrow \text{für } d\beta: -2 \sum_{i=1}^N X_i (Y_i - \alpha - \beta X_i) = 0$$

Formel 38: OLS-Schätzung der Regressionskoeffizienten²⁸³

Es werden dabei diejenigen Werte der Parameter gesucht, für die die Summe der quadrierten Residuen minimal wird. Die Regressionsgerade soll sich somit optimal an die Beobachtungswerte anpassen, die so automatisch durch den Nullpunkt der Punkteverteilung geht und für die Summe der Residuen gleich Null ist.²⁸⁴

Mit der vereinfachten Annahme $X_i = X_i - \bar{X}$, d.h. dass die X -Werte als zentrierte Werte vorliegen – Absolutabstände zwischen den einzelnen X -Werten bleiben unverändert – wird mit der Subtraktion für jeden X -Wert eine Transformation allein der Rohwerte erzeugt. Die transformierten Werte besitzen die günstige Eigenschaft in Summe Null zu ergeben ($\sum X_i = 0$) und so lassen sich die Koeffizienten wie folgt berechnen (siehe Formel 39-Formel 40).²⁸⁵

$$\alpha = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Y_i = \bar{Y}$$

Formel 39: Berechnung der Regressionskoeffizienten α ²⁸⁶

$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^N X_i * Y_i}{\sum_{i=1}^N X_i^2}$$

Formel 40: Berechnung der Regressionskoeffizienten β ²⁸⁷

²⁸¹ Vgl. Urban/Mayerl, 2011, S.46

²⁸² Vgl. ebd.

²⁸³ Vgl. ebd.

²⁸⁴ Vgl. Backhaus/Erichson/Plinke/Weiber, 2016, S.77.

²⁸⁵ Vgl. Urban/Mayerl, 2011, S.46f.

²⁸⁶ Urban/Mayerl, 2011, S.46f.

²⁸⁷ Vgl. ebd.

Vorteile / Nachteile

Der OLS-Schätzer weist vor allem zwei Vorteile auf. Zum einen kommt er nur mit minimalen Annahmen aus, die sich auf Regressoren und auf die Störgrößen beziehen. Zum anderen liefert er Schätzer in hervorragender Qualität. Sie werden auch als beste lineare erwartungstreue und konsistente Schätzer bezeichnet.²⁸⁸

3.1.4.2 Multivariate Regression

Da die meisten theoretischen Modelle mehr als eine Variable umfassen, ist es sinnvoll Regressionsmodelle nicht nur mit einer unabhängigen, sondern mit mehreren unabhängigen Variablen zu spezifizieren. In diesen Fällen wird von multiplen bzw. multivariaten Modellen gesprochen. Entscheidender Unterschied zu den zuvor beschriebenen einfachen Regressionsmodellen ist, dass der gleichzeitige Einfluss mehrerer unabhängiger Variablen ermittelt wird. Die beiden Kernpunkte sind dabei:

- es lassen sich Modelle, aus mehreren unabhängigen Variablen bestehend, spezifizieren
- die Stärke des Einflusses jeder X -Variablen kann unabhängig vom gleichzeitigen Einfluss aller weiteren im Modell spezifizierten Variablen geschätzt werden

Letzteres kann durch das Konstanthalten aller anderen Effekte während der Schätzung eines Effektes umgesetzt werden.²⁸⁹

Formal lässt sich die Mehrfachregression wie folgt (*siehe Formel 41*) beschreiben:²⁹⁰

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_j)$$

Formel 41: Grundfunktion der multivariaten Regression²⁹¹

Ablauf

Vor der Durchführung der Regressionsanalyse muss dazu zunächst festgelegt werden, welche die abhängigen Variable ist und welche die unabhängigen Variablen sind. Die Ermittlung der Regressionsparameter erfolgt analog zur einfachen Regressionsanalyse. Die Zielfunktion (*siehe Formel 42*) muss auch hier minimiert werden und das lineare Gleichungssystem gelöst werden.²⁹²

²⁸⁸ Vgl. Hackl, 2005, S.44

²⁸⁹ Vgl. Urban/Mayerl, 2011, S.81

²⁹⁰ Vgl. ebd.

²⁹¹ Vgl. Backhaus/Erichson/Plinke/Weiber, 2016, S.65

²⁹² Vgl. ebd.

$$\sum_{k=1}^K \epsilon_k^2 = \sum_{k=1}^K \left(Y_k - (\beta_0 + \beta_1 X_{1k} + \beta_2 X_{2k} + \dots + \beta_j X_{jk} + \dots + \beta_J X_{Jk}) \right)^2 \rightarrow \min$$

ϵ ... Werte der Residualgröße ($k = 1, 2, \dots, K$)

Y_k ... Werte der abhängigen Variablen ($k = 1, 2, \dots, K$)

β_0 ... konstantes Glied

β_j ... Regressionskoeffizienten ($j = 1, 2, \dots, J$)

X_{jk} ... Werte der unabhängigen Variablen ($j = 1, 2, \dots, J; k = 1, 2, \dots, K$)

J ... Zahl der unabhängigen Variablen

K ... Zahl der Beobachtungen

Formel 42: Zielfunktion der multivariaten Regression²⁹³

Vorteile / Nachteile

Ein Vorteil dieser Modelle liegt darin, dass sie bei der multivariaten Regression theoriegerechter aufgestellt werden und empirisch überprüft werden können. Auch kann im multiplen Modell die Stärke und Richtung von Variableneinflüssen kontrolliert werden.²⁹⁴ Ein Nachteil bei der multivariaten Regressionsanalyse kann im nicht unerheblichen Rechenaufwand zur Auffindung der Regressionsparameter gesehen werden.²⁹⁵

3.1.4.3 Maximum-Likelihood-Methode

Die Maximum-Likelihood-Methode, auch kurz ML-Schätzmethode genannt, ist ein alternatives Konzept für das Schätzen der Parameter des Regressionsmodells bei der Regressionsanalyse. Sie findet im Gegensatz zum OLS-Schätzer ihren Einsatz, wenn die abhängige Variable ein binomiales Skalenniveau (z.B. die Variable „Geschlecht“ mit den zwei Werten „weiblich“ und „männlich“) mit nur zwei Ausprägungen besitzt und folglich nicht als metrisch definiert werden kann.²⁹⁶

Es liegen mehrere Beschreibungen für die Maximum-Likelihood-Methode vor. Nach zum Beispiel H. Schneeweis, wird durch die ML-Schätzmethode die Regressionsgerade als wahre Regressionsgerade angesehen, bei der die Beobachtungspunkte die größte Wahrscheinlichkeitsdichte aufweisen.²⁹⁷

Dreger, Kosfeld und Eckey beschreiben den Grundstein der Methode in kurzen Worten:

²⁹³ Vgl. Backhaus/Erichson/Plinke/Weiber, 2016, S.65

²⁹⁴ Vgl. Urban/Mayerl, 2011, S.81/93

²⁹⁵ Vgl. Backhaus/Erichson/Plinke/Weiber, 2016, S.79

²⁹⁶ Vgl. Urban/Mayerl, 2011, S.14

²⁹⁷ Vgl. Schneeweis, 1978, S.53

„Nach der Maximum-Likelihood-Methode ergeben sich nämlich unter allen in Betracht kommenden Werten der Parameter diejenigen als Schätzer, unter denen die gegebene Stichprobe die größtmögliche Wahrscheinlichkeit (bzw. Wahrscheinlichkeitsdichte) besitzt.“²⁹⁸

Entscheidend dafür ist die Likelihood-Funktion L bei der die Parameter als variabel und die Merkmalswerte als gegeben angesehen werden. Ist dies genau umgekehrt und die Parameter werden als konstant bzw. die Merkmalswerte als veränderlich betrachtet, dann wird von der Wahrscheinlichkeitsfunktion oder auch Dichtefunktion gesprochen.²⁹⁹

$$f_{x_1, \dots, x_n}(x_1, \dots, x_n | \vartheta) = \prod_{i=1}^n f_x(x_i | \vartheta)$$

$$L(\vartheta) = L(\vartheta | x_1, \dots, x_n) = \prod_{i=1}^n f_x(x_i | \vartheta)$$

Formel 43: Likelihood-Funktion³⁰⁰

Die Wahrscheinlichkeitsfunktion – Likelihood-Funktion – der n unabhängigen und identisch verteilten Stichprobenvariablen X_1, \dots, X_n bei lediglich einem unbekanntem Parameter ϑ wird unter der Bedingung, dass der unbekannt Parameter den Wert ϑ besitzt, mit der darüber stehenden Formel beschrieben (siehe Formel 43, oben). Als Funktion von ϑ kann die Likelihood-Funktion $L(\vartheta)$ wie folgt dargestellt werden (siehe Formel 43, unten). Bei festem Stichprobenergebnis wird nun die Maximum-Likelihood-Methode zur Schätzung des unbekannt Parameters ϑ benötigt. Hierzu muss die Funktion $L(\vartheta)$ maximiert werden. Der so gewonnene Schätzer $\hat{\theta} = g(X_1, \dots, X_n)$ wird Maximum-Likelihood-Schätzer genannt.³⁰¹

Ablauf

Die Durchführung der Maximum-Likelihood-Methode erfolgt über zwei Kernschritte (siehe Abbildung 47). Dabei misst die Likelihood-Funktion $L(\vartheta)$, in Abhängigkeit des (unbekannten) Parametervektors ϑ , die Plausibilität der beobachteten Stichprobenrealisation. Die Maximierung der Funktion – Schritt 2 – dient zur Suche des Parameters bzw. Parametervektors θ , der den zu der beobachteten Stichprobenrealisation maximal möglichen Wert der Likelihood-Funktion liefert.³⁰²

²⁹⁸ Dreger/Kosfeld/Eckey, 2014, S.59

²⁹⁹ Vgl. ebd.

³⁰⁰ Vgl. Dreger/Kosfeld/Eckey, 2014, S.59

³⁰¹ Vgl. Auer/Rottmann, 2015, S.334

³⁰² Vgl. Held, 2008, S.15f.



Aufstellung der Likelihood-Funktion

Maximierung der Likelihood-Funktion

Abbildung 48: Ablauf Maximum-Likelihood-Methode³⁰³

Vorteile / Nachteile

Die Maximum-Likelihood-Methode stellt ein sehr allgemeines Schätzprinzip dar und hat den Vorteil unter bestimmten Bedingungen gute Schätzeigenschaften aufzuweisen. Dabei bilden unter anderen die Kompaktheit des Parameterraums und Differenzierbarkeitsbedingungen zwei dieser Bedingungen. Als Nachteil kann hier die Notwendigkeit verstanden werden, a priori eine Verteilung der Elemente der Stichproben angeben bzw. unterstellen zu müssen, da anderenfalls die Likelihood-Funktion L nicht bestimmt ist. Häufig wird hier von einer Normalverteilung ausgegangen, es ist jedoch auch die Verwendung anderer Verteilungen möglich. Wenngleich auch diese Methode eine der am häufigst verwendeten Schätzmethoden in der Statistik ist, weist sie als weiteren Nachteil eine geringe Robustheit gegen Verletzungen der zugrundeliegenden Annahmen auf.³⁰⁴

³⁰³ Eigene Grafik: Vgl. Inhalt Held, 2008, S.15f.

³⁰⁴ Vgl. Oelker, 2004, S.123

3.2 Prognoseverfahren – Anwendungsempfehlungen hinsichtlich des Planungshorizontes

In der Tabelle 3 ist überblicksmäßig die Zuordnung der Prognoseverfahren auf die Planungshorizonte auf Basis der verwendeten Literatur dargestellt. Sie beruht auf darin enthaltenen Zitaten hinsichtlich der ihrem Einsatz zugewiesenen und empfohlenen Zeithorizonte (siehe Anhang 8.1).

PROGNOSEVERFAHREN	PLANUNGSHORIZONT		
	langfristig	mittelfristig	kurzfristig
Qualitative Verfahren	X	X	X
Szenario-Technik	X		
Expertenbefragung	X		X
Delphi-Methode	X	X	
Analogieschluss-Verfahren	X		
Brainstorming	X		
Quantitative Verfahren			
Zeitreihenanalyse	X	X	X
Komponentenmodelle			X
Trendextrapolation	X		X
Glättungsverfahren	X	X	X
Gleitender Durchschnitt	X	X	X
Exponentielle Glättung	X	X	X
Autoregressive Verfahren – Box-Jenkins-Verfahren	X	X	X
Computational Intelligence	X	X	
Genetische Programmierung	X	X	
(Künstlich) Neuronale Netze	X	X	
Fuzzy Logik - ANFIS			
Regressionsanalyse	X	X	X
OLS-Regressions-Analyse	X		X
Multivariate Regression	X	X	X
Maximum-Likelihood -Methode			

Tabelle 3: Literaturbezogene Einteilung der Prognoseverfahren hinsichtlich des Zeithorizonts

Qualitative Verfahren

Recht eindeutig ist die Zuordnung der qualitativen Prognoseverfahren. So wird hier die Empfehlung gegeben, diese im langfristigen Planungshorizont einzusetzen. Abhängig von der Definition der drei Zeithorizonte bzw. auf die dieser zugeordneten Zeitspannen, reicht die Einsatzempfehlung hinein in den mittelfristigen Planungshorizont.

In der darunterliegenden Tabelle (siehe Tabelle 4) wird äquivalent zur Tabelle 3 eine gewichtete Anwendungsempfehlung dargestellt (*schwarzes x...hohe Bedeutung, graues x...untergeordnete Bedeutung*). Bei Betrachtung dieser fällt auf, dass auch eine Erwähnung des kurzfristigen Planungshorizonts vorkommt, wenngleich von geringerer Wichtigkeit.

PROGNOSEVERFAHREN	PLANUNGSHORIZONT		
	langfristig	mittelfristig	kurzfristig
Qualitative Verfahren	X	X	X
Szenario-Technik	X		
Expertenbefragung	X		X
Delphi-Methode	X	X	
Analogieschluss-Verfahren	X		
Brainstorming	X		

Tabelle 4: Einteilung der Prognoseverfahren der Kategorie Qualitativer Verfahren

Zum einen wird die Anwendung im kurzfristige Zeithorizont auch bei qualitativen Prognoseverfahren ganz allgemein erwähnt. Dies lässt sich dadurch erklären, dass qualitative Verfahren teilweise schneller und mit geringerem Aufwand als Quantitativer Verfahren umsetzbar sind. So können sie für Schnellprognosen durchaus wirksam eingesetzt werden, wenngleich dabei eine geringere Prognosegüte als z.B. bei der der Zeitreihenanalyse erwartet wird. Auch können sie in jenem Planungshorizont durchaus von Nutzen sein, wenn Vergangenheitswerte nicht oder nur sehr lückenhaft vorliegen und so ein qualitatives Verfahren kaum oder nur sehr grob umsetzbar ist.

Zum anderen wird ein kurzfristiger Planungshorizont im Besonderen bei der Expertenbefragung genannt. Grund dafür ist die auch im Kapitel 4.3.2 genannte Tatsache, dass sich die Meinung der Experten über einen längeren Zeitraum z.B. aufgrund neuer Erfahrungen und Erkenntnisse verändern kann.

Quantitative Verfahren

Wie bereits in der Problemstellung erwähnt, stellt im kurzfristigen Zeithorizont die Abweichung der tatsächlichen Abrufe und dem dahinterstehenden Bedarf, von den geplanten bzw. prognostizierten Abrufen die größte Schwierigkeit dar. Langfristige Prognosen weichen daher oftmals von der Realität des beschriebenen Zeitpunkts stark

ab. In der Literatur findet sich bestätigend dazu, inhaltlich gleich, folgendes Zitat immer wieder:

„Kurzfristige Prognosen werden aber zugleich als besser realisierbar angesehen als langfristige Prognosen“³⁰⁵

Interessant dazu ist, dass mehrfach erwähnt wird, dass sich dies im Besonderen auf Verfahren, die auf der Zeitstabilitätshypothese aufbauen, bezieht, da sich bei längerem Prognosezeitraum sich die zugrundeliegenden Gesetzmäßigkeiten oftmals ändern.

Wird nun der Fokus auf diese Verfahren gelegt, die auf jener Hypothese aufbauen – die **Zeitreihenanalyse** und die damit verknüpften Methoden – so lässt dies im ersten Moment nicht unbedingt vermuten, dass sie für kurzfristige Prognosen zu bevorzugen sind.

So soll in der folgenden Tabelle (*siehe* Tabelle 5), die Darstellung verbessert werden, hinsichtlich einer Gewichtung des empfohlenen Einsatzbereiches. Wenngleich Quantitative Verfahren auch ihre Anwendung, im Bereich des langfristigen und mittelfristigen Planungshorizonts finden, liegt laut Literatur dennoch ein signifikanter Schwerpunkt ihres empfohlenen Einsatzes im kurzfristigen Planungshorizont.

PROGNOSEVERFAHREN	PLANUNGSHORIZONT		
	langfristig	mittelfristig	kurzfristig
Quantitative Verfahren			
Zeitreihenanalyse	X	X	X
Komponentenmodelle			X
Trendextrapolation	X		X
Glättungsverfahren	X	X	X
Gleitender Durchschnitt	X	X	X
Exponentielle Glättung	X	X	X
Autoregressive Verfahren – Box-Jenkins-Verfahren	X	X	X

Tabelle 5: Einteilung der Prognoseverfahren der Kategorie Quantitativer Verfahren

In der zweiten Unterkategorie der Quantitativen Verfahren, der **Computational Intelligence**, ist es weit schwieriger als bei den zwei zuvor beschriebenen Kategorien, eine klare Aussage zu machen. Dies lässt sich vor allem wahrscheinlich mit der Tatsache begründen, dass dieser jüngeren Kategorie weit weniger oft beschriebene Prognoseverfahren zugrunde liegen bzw. sie zumindest scheinbar noch weit weniger verbreitet sind.

³⁰⁵ Brockhoff, 1997, S.11

Wie auch aus der Tabelle (*siehe* Tabelle 6) ersichtlich, kann aufgrund der behandelten Literatur zur jüngsten Methode „ANFIS“ hinsichtlich ihres empfohlenen Planungshorizontes keine Zuordnung gemacht bzw. angegeben werden.

So lässt sich das dargestellte Ergebnis eventuell mehr als Vermutung deuten, die von einem zur Anwendung empfohlenen mittel- bis langfristigen Planungshorizont ausgeht.

Diese Annahme würde auch dem Ergebnis der Regressionsanalyse bezogen auf jene Zuordnung entsprechen, was insofern interessant ist, da künstlich neuronale Netze (*siehe* Kapitel 4.4.1) auch als besondere bzw. flexible Form der Regressionsanalyse gesehen werden können.

PROGNOSEVERFAHREN	PLANUNGSHORIZONT		
	langfristig	mittelfristig	kurzfristig
Computational Intelligence	X	X	
Genetische Programmierung	X	X	
(Künstlich) Neuronale Netze	X	X	
Fuzzy Logik – ANFIS			

Tabelle 6: Einteilung der Prognoseverfahren der Kategorie Genetische Programmierung

Zuletzt stehen die Prognosemethoden der **Regressionsanalyse** als quantitatives Verfahren im Fokus (*siehe* Tabelle 7). Das Besonderen hier scheint zu sein, dass die Verfahren in allen Planungshorizonten zu finden sind bzw. verwendet werden. Die jedoch häufigste Erwähnung der Anwendung von Regressionsanalysen liegt in der Mittelfristigkeit.

Wie im davorstehenden Absatz beschrieben, hat sich für die Regressionsanalyse die Anwendungsempfehlung im mittel- und langfristigen Planungshorizont herauskristallisiert. Dabei wird bei der OLS-Regressionsanalyse statt dem mittelfristigen der kurzfristige Planungshorizont als bevorzugter Zeitrahmen angegeben.

Die multivariate Regression wird in allen drei Bereichen angewandt, findet jedoch bevorzugten Einsatz im mittel- und langfristigen Planungshorizont.

Zuletzt stellt sich die Frage, welchen favorisierten zeitlichen Rahmen die Maximum-Likelihood-Methode aufweist. In der behandelten Literatur ergibt sich zunächst kein empfohlener Zeithorizont. Es kann jedoch angenommen werden, dass sie als eine mögliche Methode der Regressionsanalyse grundsätzlich in allen drei Planungshorizonten eingesetzt werden kann.

PROGNOSEVERFAHREN	PLANUNGSHORIZONT		
	langfristig	mittelfristig	kurzfristig
Regressionsanalyse	X	X	X
OLS-Regressions-Analyse	X		X
Multivariate Regression	X	X	X
Maximum-Likelihood -Methode			

Tabelle 7: Einteilung der Prognoseverfahren der Kategorie Ökonometrie

4 Verwendete Methoden

Die Arbeit baut auf folgenden Methoden auf: Als Grundlage und Basis dient die Literaturrecherche (*siehe Kapitel 4.1*), die zu einem einheitlichen Verständnis von Begrifflichkeiten und behandelten Themen verhelfen soll. Aufbauend auf der dazu verwendeten Literatur, aber auch weiterer Literatur setzt sich die Inhaltsanalyse (*siehe Kapitel 4.2*) zusammen. Aus dieser soll eine Bewertung der Prognoseverfahren hinsichtlich der Kriterien gewonnen werden. Zur Gewinnung eines Anforderungsprofils für die einzelnen Planungsaufgaben in der Transportlogistik dienen die Experteninterviews (*siehe Kapitel 4.3*) bzw. ihre Auswertung. Auch sollen diese unter anderem einen Einblick darüber geben, welche Planungsaufgaben in der Praxis aufkommen und inwieweit Prognoseverfahren in der Transportlogistik schon tatsächlich ihre Anwendung finden.

Durch die Gegenüberstellung bzw. Verknüpfung der Einzelergebnisse der unterschiedlichen Methoden wird schließlich das Endergebnis über zweierlei Auswertungsmethoden generiert – die Nutzwertanalyse (*siehe Kapitel 4.4*) und die Abweichungsanalyse (*siehe Kapitel 4.5*).

4.1 Literaturrecherche

Die Literaturrecherche stellt einen wesentlichen Bestandteil des wissenschaftlichen Arbeitens dar. Ziel dabei ist es, Wissen und Erkenntnisse – die bereits in Literatur dokumentiert sind – zu erschließen und aufzuarbeiten. Quelle dieser Texte können dabei z.B. Bücher, Fachzeitschriften oder Publikationen sein. Die Qualität der Quelle, sowie auch die Glaubwürdigkeit und das Erscheinungsdatum sollten stets kritisch beachtet und bei der Auswahl bzw. Zitierung dieser berücksichtigt werden.³⁰⁶

Ziel eines intensiven Literaturstudiums ist:³⁰⁷

- sich Wissen über das entsprechende Themengebiet, sowie angrenzende Gebiete anzueignen,
- Ergebnisse folglich argumentativ untermauern zu können und
- auf Basis des gelesenen Materials eigene Thesen ableiten zu können.

³⁰⁶ Vgl. Sandberg, 2017, S.68f.

³⁰⁷ Vgl. Voss, 2011, S.77

4.2 Qualitative Inhaltsanalyse

Aufgabe der Inhaltsanalyse ist zunächst, wie auch der Name schon vermuten lässt, die Analyse von Inhalten, die sich aber auch über die Interpretation der Inhalte – wo die Inhaltsanalyse als Form der Datenerhebung gesehen wird – erstrecken kann.³⁰⁸

„Die Inhaltsanalyse ist eine empirische Methode zur systematischen, intersubjektiv nachvollziehbaren Beschreibung inhaltlicher und formaler Merkmale von Mitteilungen meist mit dem Ziel einer darauf gestützten interpretativen Inferenz auf mitteilungsexterne Sachverhalte.“³⁰⁹

Dazu wird Textmaterial im ersten Schritt in Sinn-Einheiten zerlegt, welche wiederum abstrakten Kategorien zugeordnet werden, die deren Inhalt prägnant beschreiben. Dieser Kategorie können dann ähnliche Aussagen derselben Personen oder anderer Personen zugeordnet werden.³¹⁰

Mit Hilfe dieser Vorgehensweise können spezifische Ausprägungen inhaltlicher Merkmale erfasst werden und weiterführend wird mit den daraus gewonnenen abstrahierten Daten eine Interpretation möglich.³¹¹

Ziel der inhaltlich strukturierenden Inhaltsanalyse ist es Themen, Inhalte und Aspekte aus dem verwendeten Material herauszufiltern und zusammenzufassen. So gelten hier die Regeln der zusammenfassenden Inhaltsanalyse, entsprechend folgendem Vorgehen:³¹²

1. Bestimmung der Analyseeinheiten
2. Theoriegeleitete Festlegung der inhaltlichen Hauptkategorien
3. Bestimmung der Ausprägungen und Zusammenstellung des Kategoriensystems
4. Formulierung von Definitionen, Ankerbeispielen und Kodierregeln zu den einzelnen Kategorien
5. Materialdurchlauf: Fundstellenbezeichnung
6. Materialdurchlauf: Bearbeitung und Extraktion der Fundstellen
7. Überarbeitung, ggf. Revision von Kategoriensystem und Kategoriendefinition
8. Zitierung und Paraphrasierung des extrahierten Materials
9. Zusammenfassung pro Kategorie
10. Zusammenfassung pro Hauptkategorie

³⁰⁸ Vgl. Früh, 2011, S.27

³⁰⁹ Früh, 2011, S.27

³¹⁰ Vgl. Hug/Poscheschnik, 2010, S.152

³¹¹ Vgl. Hildebrandt/Jäckle/Wolf/Heindl, 2015, S.304

³¹² Vgl. Mayring, 1990, S.85 / Langer, 2000, S.22

4.3 Expertenbefragung

Diese spezielle Form der Befragung dient zur Erhebung von Daten, Fakten und auch Meinungen mit systematischem Vorgehen und einer wissenschaftlichen Zielsetzung. Die entsprechenden Personen erhalten dabei gezielte Fragen und sind freiwillig dazu bereit Informationen zu liefern. Allgemein können jene Befragungen

- persönlich-mündlich,
- telefonisch,
- postalisch-schriftlich, oder auch
- online

durchgeführt werden. Die persönliche Befragung – in dieser Arbeit vor allem von Relevanz – erfordert zwar den größten Zeitaufwand, hat jedoch die Vorteile gegenüber den anderen Vorgehensweisen, dass dabei ein großer Befragungsumfang möglich ist und sie eine hohe Genauigkeit und Zuverlässigkeit hinsichtlich der Ergebnisse aufweist.³¹³

In dieser Arbeit in Form eines Experteninterviews, kann sie zur primären Datenfindung dienen, hat jedoch oftmals einen begleitenden und ergänzenden Charakter für Ergebnisse.³¹⁴

Das qualitative Interview setzt sich dabei aus den zeitlich chronologisch aufgezählten Arbeitsschritten zusammen:³¹⁵

- Inhaltliche Vorbereitung
- Organisatorische Vorbereitung
- Gesprächsbeginn
- Durchführung und Aufzeichnung des Interviews
- Gesprächsende
- Verabschiedung
- ev. Aufzeichnung von Gesprächsnotizen

Wie auch später in dem Kapitel 3.1.1.2 erwähnt wird, kann zur Durchführung des Interviews ein sogenannter Leitfaden eingesetzt werden. Auf diese Weise wird eine grobe Struktur vorgegeben, die zum einen eine gewisse Mindestinformation gewährleistet, zum anderen ein weites Abschweifen vom Thema verhindern soll, wenngleich sie einen gewissen Handlungsspielraum zulässt, angrenzende Themen

³¹³ Vgl. Lehmann, 2017, S.23f.

³¹⁴ Lauth/Pickel/Pickel, 2015, S.177

³¹⁵ Vgl. Bortz/Döring, 2006, S.310f.

zur Sprache zu bringen. Daher wird hier auch von einer strukturierten bzw. halbstrukturierten Befragung gesprochen.³¹⁶

Durch die Strukturierung wird folglich auch die Datenanalyse vereinfacht, da sie die unterschiedlichen Interviews vergleichbar macht.³¹⁷

Die qualitative Inhaltsanalyse umfasst drei Analysetechniken mit unterschiedlichen Zielen:³¹⁸

- Zusammenfassung: die Reduzierung des Materials mit der Folge einer höheren Überschaubarkeit. Wesentliche Inhalte bleiben erhalten.
- Explikation: das Zusammentragen zusätzlichen Materials um unverständliche Texte zu erklären.
- Strukturierung: das Herausfiltern bestimmter Strukturen aus dem vorhandenen Material und die darauf aufbauende Beleuchtung und Aufarbeitung der Kategorien.

Das Vorgehen in der Umsetzung der Experteninterviews setzt sich zusammen aus:³¹⁹

1. Problemanalyse
2. Konkretisierung der Untersuchungsfragestellung
3. Aneignung von Vorwissen
4. Konstruktion des Leitfadens
5. Verbesserung und Fertigstellung des Leitfadens
6. Auswahl des Gesprächspartners
7. Kontaktherstellung und Terminfixierung
8. Durchführung des Leitfadeninterviews
9. Transkription der Aufzeichnung
10. Erste Auswertung nach der Niederschrift
11. Ggf. Nachfrage hinsichtlich unklarer Punkte
12. Auswertung des vorliegenden Textes
13. Interpretation und Ergebnisniederschrift

Die Wahl des Experten übernimmt der Interviewer üblicherweise nach den Kriterien Ausbildung, Erfahrung, berufliche Position und dem themenbezogenen Wissensstand der Person. Der Wissensstand kann sich dabei aus technischem, prozessbezogenem, interpretativ-evaluierendem Wissen zusammensetzen.³²⁰

³¹⁶ Vgl. Lehmann, 2017, S.30

³¹⁷ Vgl. Bortz/Döring, 2006, S.314

³¹⁸ Vgl. Ramsenthaler, 2013, S.30f.

³¹⁹ Vgl. Lauth/Pickel/Pickel, 2015, S.181

³²⁰ Vgl. Littig, 2013, S.5

Für das halb-strukturierte Interview führt der Interviewer die Experten in Form von gezielten Fragen durch das Gespräch und ermöglicht basierend auf den Fragen eine Diskussion und einen freien Austausch. Wie bereits im Kapitel 4.3 erwähnt vereinfacht dies die spätere Auswertung. Das Interview selbst läuft in den angeführten Schritten ab:³²¹

1. Begrüßung und Vorstellung
2. Erklärung der Problemstellung und des Ziels
3. optional: Abklärung, ob eine Aufnahme erlaubt ist und ggf. Start der Aufnahme
4. Fragen – Interviewleitfaden
5. Abschließen des Gesprächs bzw. der Diskussion

Das Interview sollte bestmöglich doppelt aufgezeichnet bzw. protokolliert werden. Zum einen vollständig auf Tonband, zum anderen zur Sicherheit und Hilfe für die spätere Auswertung in Form eines Handprotokolls. Dieses enthält gekürzte Aussagen, wichtige Eckdaten, Stichpunkte und ev. weitere Hinweise.³²²

Die Auswertung des vorliegenden Textes – in dieser Arbeit transkribierte Zitate, ausgefüllte Leitfäden, Notizen, etc. – erfolgt angelehnt an die qualitative Inhaltsanalyse über folgende Schritte:³²³

1. Markieren aller Textstellen mit klarem Antwortcharakter
2. Einordnung der Textstellen in ein Kategorienschema, das vorher erstellt wurde
3. Herstellen von logischen Verbindungen zw. den Einzelinformationen innerhalb des Interviews
4. Schriftliche Fixierung der inneren Logik
5. Anfertigung der Auswertung mit Text und dazugehörigen ausgewählten Antwortbeispielen
6. Darstellung der Auswertung

4.4 Nutzwertanalyse

Mit Hilfe der Nutzwertanalyse kann ein komplexes Problem in Teilprobleme zerlegt werden, um so einfacher eine Entscheidung bei unterschiedlichen Optionen treffen zu können. Anwendung findet sie daher bei jenen Entscheidungen, bei denen unterschiedliche Aspekte miteinfließen und die Anzahl der Bewertungskriterien hoch ist.³²⁴

Wesentliche Arbeitsschritte für die Durchführung dieser sind die:³²⁵

³²¹ Vgl. Mieg/Näf, 2005, S.8f.

³²² Vgl. ebd. S.18

³²³ Vgl. Lehmann, 2017, S.124

³²⁴ Vgl. Kühnapfel, 2014, S.2

³²⁵ Vgl. ebd., S.6

1. Benennung des Entscheidungsproblems
2. Auswahl der Entscheidungsalternativen
3. Sammlung von Entscheidungskriterien
4. Gewichtung der Entscheidungskriterien
5. Bewertung der Entscheidungskriterien
6. Nutzwertberechnung
7. Bewertung der Ergebnisse

Für die Gewichtung und Bewertung der Entscheidungskriterien werden die Kriterien zunächst beurteilt, damit ein Ranking an Wichtigkeit der Anforderung vorgenommen und anschließend die Gewichtungsfaktoren berechnet werden können. Mit Hilfe dieser Gewichtungsfaktoren und der Bewertungskriterien der Entscheidungsalternativen kann der Nutzwert der Alternativen berechnet werden. Der Nutzwert zeigt die Eignung der Option aufgrund der bewerteten Kriterien an und dient schließlich als Entscheidungsgrundlage.³²⁶

4.5 Abweichungsanalyse

Die Abweichungsanalyse ist eine von vielen Kontrollverfahren, die vor allem im Bereich des Controllings ihre Anwendung findet. Sie soll Soll- und Istzustände vergleichen und damit verbundene Abweichungen aufdecken. Der schematische Ablauf setzt sich dabei zusammen aus:³²⁷

1. der Aufstellung eines Kontrollfeldes
2. der Bestimmung der Soll-Größe
3. der Bestimmung der Ist-Größe
4. dem Soll-Ist-Vergleich
5. der Auswertung der Ergebnisse

Im Projektmanagement zum Beispiel erstreckt sich die Analyse im Allgemeinen über Parameter wie Termine, Aufwände, Kosten oder Leistungsmerkmale. Mit den Ergebnissen kann ein Abweichungsbericht erstellt werden, der neben den auftretenden Abweichungen auch Vermeidungsmaßnahmen beinhaltet.³²⁸

³²⁶ Zangenmeister, 2014, S.59f.

³²⁷ Hölzl/Botthof/Raslan, 2008, S.110

³²⁸ Burghardt, 2013, S.295f.

5 Umsetzung und Implementierung

Nach der theoretischen Beschreibung folgt hier die Darstellung der tatsächlichen Umsetzung der Methoden, die an die jeweils zuvor genannten Abläufe angelehnt ist.

In der nachfolgenden Grafik (*siehe* Abbildung 49) wird dazu zunächst der allgemeine Ablauf bzw. Aufbau dieser Arbeit veranschaulicht.

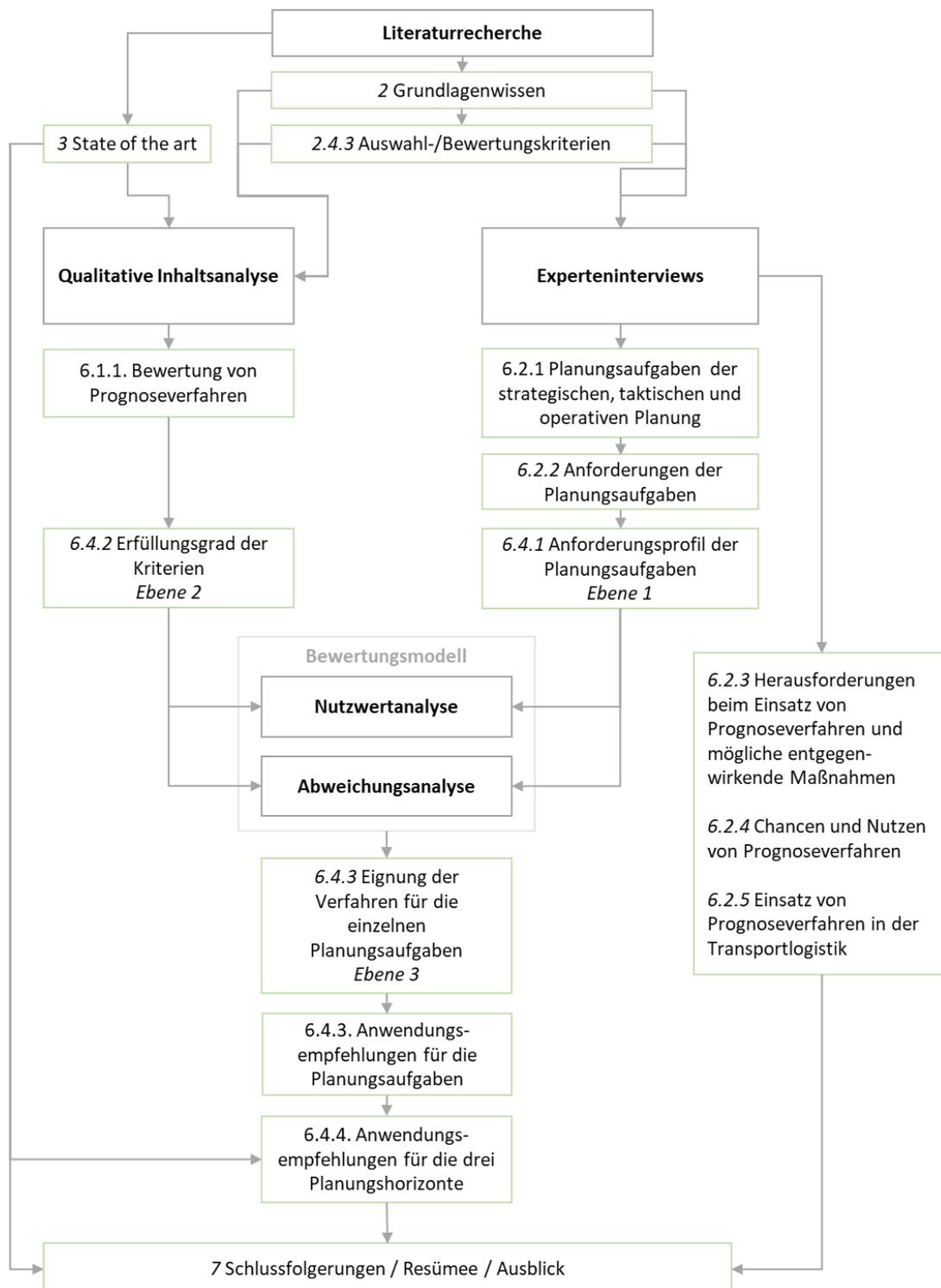


Abbildung 49: Aufbau- bzw. Ablaufmodell der Arbeit

In den Tabelle 8-Tabelle 11 werden die Inputs und Outputs für die einzelnen Schritte der Methodenumsetzung, sowie damit einhergehende Fragen zusammengefasst. Zusätzlich finden sich jeweils darunter für diese Arbeit konkrete Hinweise, Erklärungen und Ergänzungen für die Umsetzung dieser Methoden.

5.1 Umsetzung der qualitativen Inhaltsanalyse

Die Umsetzung der qualitativen Inhaltsanalyse erfolgt angelehnt an das Ablaufmodell (siehe Kapitel 4.2) der strukturierenden Inhaltsanalyse mit dem Fokus auf eine inhaltliche Strukturierung.

Input und Output der Analyseschritte werden in der nachstehenden Tabelle zusammengetragen (siehe Tabelle 8), sowie auch jene Fragen, die im Zuge der Output-Gewinnung auftreten.

INPUT	OUTPUT
1. Bestimmung der Analyse	
Problemstellung	Festlegung der zu beschreibenden und zu bewertenden Aspekte der Prognoseverfahren
Forschungsfrage	Subfragen
<i>Was sind entscheidende Merkmale zur Bewertung von Prognoseverfahren?</i>	
2. Theoriegeleitete Festlegung der inhaltlichen Hauptkategorien	
Fragestellung und Subfragen	zu bewertende Prognoseverfahren
Vorhandene bzw. verwendete Literatur	
<i>Wie sind die Verfahren aufgebaut und welche Merkmale weisen sie auf?</i>	
3. Bestimmung der Ausprägungen und Zusammenstellung des Kategoriensystems	
Methodenbeschreibung und Auswahlkriterien der Verfahren	Kennzahlen
<i>In welche Kategorien können jene Kriterien unterteilt werden? Welche Kennzahlen leiten sich daraus ab?</i>	
4. Formulierung von Definitionen, Ankerbeispielen und Kodierregeln zu den einzelnen Kategorien	
Bewertungskriterien	Definition der Kennzahlenbereiche
Einstufung zur Bewertung der Aspekte	<ul style="list-style-type: none"> • hoch/lang • mittel • niedrig/gering
<i>In welche Sektoren lassen sich die Bewertungskriterien unterteilen? Wie lassen sich die Anforderungen gewichten?</i>	
5. Materialdurchlauf: Fundstellenbezeichnung	
6. Materialdurchlauf: Bearbeitung und Extraktion der Fundstellen	
Methodenbeschreibungen in verwendeter Literatur	Kennzeichnung der Textstellen
Bewertungskriterien und Kennzahlen	Entwurf Ergebnistabelle
<i>Welche Aussagen sind in der Literatur zu den Kriterien bei Prognoseverfahren zu finden?</i>	

7. Überarbeitung (ggf. Revision von Kategoriensystem und Kategoriendefinition)	
8. Zitierung und Paraphrasierung des extrahierten Materials	
Entwurf Ergebnistabelle	Ergebnistabelle
<i>Welche Einschätzungen und Ergebnisse für die Prognoseverfahren lassen sich daraus ableiten?</i>	
9. Zusammenfassung pro Kategorie	
10. Zusammenfassung pro Hauptkategorie	
Ergebnistabellen	Resultate und Ergebnisbeschreibung, sowie Relativierung und Beschreibung der Einschränkungen der Ergebnisse
Literaturmaterial	
<i>Gibt es Einschränkungen bzw. Punkte, die bei den Ergebnissen berücksichtigt werden sollten?</i>	
<i>Wo liegt der Schwerpunkt der Aussagen hinsichtlich der Ergebnisse?</i>	

Tabelle 8: Umsetzung der qualitativen Inhaltsanalyse – In- und Outputs

Ad 2: Die Auswahl der zu bewertenden Prognoseverfahren ist ein vorgegebener Input der Aufgabenstellung und setzt sich zusammen aus den verschiedenen Kategorien von Prognosemethoden und beispielhaften Vertretern dieser.

Ad 3: Die ausgewählten Kriterien beruhen auf den priorisierten, am häufigsten genannten, strukturellen und statistischen Auswahlkriterien (*siehe Kapitel 2.4.3*) für Prognoseverfahren:

Genauigkeit: Wie stark dürfen die prognostizierten Zahlen von den tatsächlichen Zahlen abweichen?

Kostenaufwand: Wie hoch ist der erlaubte Kostenaufwand zur Ermittlung und Aufbereitung der Daten, um zu einem Prognosewert zu gelangen?

Zeitaufwand: Wie hoch ist der erlaubte Zeitaufwand zur Ermittlung und Aufbereitung der Daten, um zu einem Prognosewert zu gelangen?

Neben diesen Aspekten spielt auch das Thema „Daten“ eine wesentliche Rolle: Welche Daten werden benötigt und welche Qualität oder Quantität ist gefordert?

Ad 4:

- geforderte Genauigkeit: $\pm 5\%$, $\pm 15\%$ oder $\pm 25\%$
- erlaubter Aufwand (Kosten/Zeit): gering, mittel oder hoch
- geforderte Datenqualität: gering, mittel oder hoch

Ad 5-10: Die Bewertungen der Verfahren in der Literatur werden zusammengefasst in eine Tabelle eingetragen und zitiert. Dies bietet nicht nur einen anschaulichen Überblick, sondern auch die Basis für weitere Verarbeitung der Information und nachfolgende Auswertungen.

5.2 Umsetzung der Experteninterviews

INPUT	OUTPUT
1. Problemanalyse	
Literatur: Artikel, Studien, Forschungsberichte	Problemstellung Zieldefinition
<i>Wie sieht die Problemstellung aus? Welche Ergebnisse möchte man erzielen?</i>	
2. Konkretisierung der Untersuchungsfragestellung	
Problemstellung	Hauptfrage
Zieldefinition	erforderliche Subfragen
<i>Welche Fragen resultieren aus der Problemstellung bzw. Zielsetzung? Welche Fragen müssen für die Beantwortung der Hauptfrage zunächst beantwortet werden? Welches Vorwissen ist für eine Beantwortung der Untersuchungsfrage erforderlich?</i>	
3. Aneignung von Vorwissen	
Literatur	Vorwissen
Fragestellung	ggf. Erweiterung der Liste an notwendigen Subfragen
<i>Was sind die Herausforderungen bzw. wie lässt sich die Problemstellung erklären? Welches Wissen wird zur Beantwortung der Fragen benötigt? Was bedeuten die Begriffe/Objekte der Fragen? Welche Vorkenntnisse fordert das Thema? Welche Erkenntnisse liegen in diesem Bereich schon vor? Welche weiteren Fragen könnten aus den bereits vorhandenen resultieren?</i>	
4. Konstruktion des Leitfadens	
Vorwissen	Entwurf Leitfaden
Hauptfragen	
Subfragen	
<i>Welche Basisfragen müssen zur Beantwortung oder Festigung der Hauptfrage beantwortet werden? Können andere Fragen/Antworten dazu dienen neuerliche Erkenntnisse abzuleiten und wenn ja, welche? Wie bauen die Fragen aufeinander auf – Reihenfolge? Wie lassen sich die Fragen kategorisieren? Wo eignen sich besser offene, wo geschlossene Fragen?</i>	
5. Verbesserung und Fertigstellung des Leitfadens	
Entwurf Leitfaden	Finalversion Interviewleitfaden
<i>Lassen sich aus den Fragen Ergebnisse ableiten? Lassen sich die Fragen in einen Zusammenhang bringen? Können aus der Literatur gewonnene Informationslücken durch Beantwortung der Fragen geschlossen werden? Wird die Forschungsfrage direkt und/oder indirekt durch Beantwortung der Fragen beantwortet?</i>	

6. Auswahl des Gesprächspartners	
Fragestellung	Auswahl möglicher Gesprächspartner
Subfragen	
Problemstellung	
<i>Wer beschäftigt sich mit dem Thema? Wer ist ev. mit der Frage konfrontiert? Wer profitiert von neuen Erkenntnissen in diesem Sektor? Wem könnte es möglich sein die Fragen zu beantworten?</i>	
7. Kontaktherstellung und Terminfixierung	
Auswahl der Gesprächspartner	Kontaktherstellung
Problemstellung	Interview-Termine
Leitfaden	
<i>Wer erklärt sich für das Gespräch bereit? Welche Informationen benötigt der Interviewpartner vorab? Wann und wo findet das Interview statt?</i>	
8. Durchführung des Leitfadeninterviews	
Vorwissen	Beantwortung der Fragen
Interviewleitfaden	Erwerbung neuen Wissens
9. Transkription der Aufzeichnung	
Aufnahme / Mitschrift	Auszug und Sammlung von wortwörtlichen Aussagen der Interviewpartner
Leitfaden	
<i>Welche Antworten/Bemerkungen sind für eine weitere Verarbeitung essentiell? Welche können weiterverarbeitet werden? Wo finden sich Antworten wieder? Welche Aussagen schließen Informationslücken?</i>	
10. Erste Auswertung nach der Niederschrift	
Transkribierte Aussagen der Interviews und Mitschrift	erste Ergebnisse und Überblick
Wissen	Ergebnistabellen und Anforderungsprofil
Leitfaden	
<i>Wie können die Aussagen kategorisiert werden? Welche Ergebnisse lassen sich aus den Aussagen direkt ableiten? Welche Informationen führen in Kombination zu neuen Erkenntnissen? Wie können die Aussagen zusammengefasst werden?</i>	
11. Ggf. Nachfrage hinsichtlich unklarer Punkte	
Offene Fragen	Beantwortung offener Zusatzfragen
<i>Fehlen zur Ergebnisfindung/-ableitung Informationen? Entstehen bzw. resultieren durch die Bearbeitung bzw. Auswertung der Interviews neue Fragen?</i>	

<i>Führen weitere Fragen zur Verbesserung der Ergebnisse/des Verständnisses?</i>	
12. Auswertung des vorliegenden Textes 13. Interpretation und Ergebnisniederschrift	
Interviewunterlagen	Auffüllen von Informationslücken
Angeeignetes Wissen aus Literatur und den Gesprächen	Antworten und Erkenntnisse
	Interpretation der Ergebnisse
	Relativierung von Ergebnissen
<i>Welche Ergebnisse resultieren aus den Interviews?</i> <i>Wo fehlen Informationen für eindeutige Ergebnisse?</i> <i>Wie sieht die Praxis aus, was spiegelt vorhandenes Wissen (Literatur) wieder?</i> <i>Wo liegen die Grenzen bzw. Einschränkungen in der Auswertung der Interviews?</i> <i>Was sollte bei der Betrachtung der Ergebnisse berücksichtigt werden?</i>	

Tabelle 9: Umsetzung der Experteninterviews – In- und Outputs

Ad 1: Die Beschreibung der Problemsituation und Zieldefinition wurde bereits im Zuge der Literaturrecherche und Aufgabenstellung durchgeführt.

Ad 2 und 3: Die konkrete Forschungsfrage, sowie erforderliche Subfragen sind für den erfolgreichen Entwurf, aber auch für die Auswahl geeigneter Experten unverzichtbar. Erst durch das Vorhandensein dieser und einem entsprechenden Vorwissen zur Thematik kann eine zielgerichtete Befragung stattfinden.

Ad 4 und 5: Der Leitfaden wird auf Basis der ermittelten Fragen für die strukturierte Befragung aufgestellt und nach Überprüfung der Vollständigkeit der Fragen ggf. erweitert bzw. ergänzt. Die Vollständigkeit bezieht sich hier darauf, ob:

- die Fragen einen Einblick in das Praxisgeschehen geben
- ob sie aus der Literatur gewonnene Erkenntnisse bzw. Annahmen bestätigen
- ihre Antworten Informationen liefern, die in einem Zusammenhang stehen und so später abgeleitete Aussagen verstärken können
- daraus Parameter für weitere Analysen (Anforderungsprofil) resultieren.

Zur besseren Überschaubarkeit wird dazu der Leitfaden auf zwei Teilbereiche aufgeteilt – Planungsaufgaben in der Transportlogistik und Prognoseverfahren und ihr möglicher Einsatz, wobei der Schwerpunkt, aufgrund des Praxisbezuges der Experten, auf Ersterem liegt.

Ad 6: Die Auswahl der Experten erfolgt entsprechend des Themengebietes der Transportlogistik und der Eingrenzungen auf den Sektor Transport: Spediteure aus großen Speditionsunternehmen von Österreich. Jene sollen besonders Einblick in die tatsächlichen Planungsaufgaben der Transportlogistik und in der Praxis aufkommenden Herausforderungen liefern.

Ad 7: Bereits vor dem Termin werden die Leitfäden den Experten zugesandt, um diesen die Möglichkeit zu bieten, sich darauf vorzubereiten und ev. bereits erste Notizen zu machen.

Ad 8: Die Durchführung erfolgt entsprechend der angeführten Schritte aus Kapitel 4.3.

Ad 9: Die wesentlichen Aussagen für eine weitere Verarbeitung werden in schriftlichen Protokollen transkribiert.

Ad 10-13: Die Auswertung erfolgt in den Schritten der nachstehenden Tabelle (siehe Tabelle 10).

INPUT	OUTPUT
1. Markieren aller Textstellen mit klarem Antwortcharakter	
Audiodateien der Interviews	Zitательliste der Interviewpartner
<i>Welche Aussagen können weiterverarbeitet werden bzw. dienen der Beantwortung der Forschungsfrage und zugehörigen Subfragen? Welche Aussagen dienen als weiterführende Informationen?</i>	
2. Einordnung der Textstellen in ein Kategorienschema, das vorher erstellt wurde	
3. Herstellen von logischen Verbindungen zw. den Einzelinformationen innerhalb des Interviews	
4. Schriftliche Fixierung der inneren Logik	
Zitательliste	Bündelung/Kategorisierung der Zitательliste
<i>Zu welchen Fragen lassen sich die Aussagen zuordnen? Welche Aussagen der unterschiedlichen Interviewpartner hängen zusammen? Wo finden sich Ähnlichkeiten?</i>	
5. Anfertigung der Auswertung mit Text und dazugehörigen ausgewählten Antwortbeispielen	
gebündelte/kategorisierte Zitательliste	Auswertung bzw. schriftliche Zusammenfassung der Ergebnisse
<i>Welche Ergebnisse resultieren aus den Aussagen? Durch welche Aussagen werden diese untermauert? Welche nützlichen Zusatzinformationen lassen sich daraus ableiten? Wie können die Aussagen/Ergebnisse interpretiert werden?</i>	
6. Darstellung der Auswertung	
Auswertung bzw. schriftliche Zusammenfassung der Ergebnisse	Tabellarische, grafische bzw. schriftliche Aufbereitung der Ergebnisse
<i>Wie lassen sich die Ergebnisse zusammengefasst darstellen?</i>	

Tabelle 10: Umsetzung – Auswertung der Interviews

5.3 Umsetzung der Nutzwertanalyse

INPUT	OUTPUT
1. Benennung des Entscheidungsproblems	
Forschungsfrage	Definition/Eingrenzung des Entscheidungsproblems
<i>Welche Entscheidung bzw. Empfehlung soll getroffen werden?</i>	
2. Auswahl der Entscheidungsalternativen	
Entscheidungsproblem	Auswahl der Prognoseverfahren
Problemstellung	
<i>Welche Prognoseverfahren stehen für die Planungsaufgaben zur Verfügung?</i>	
3. Sammlung von Entscheidungskriterien	
Planungsaufgaben	Auswahl und Festlegung von Entscheidungskriterien
Anforderungen der Planungsaufgaben	
<i>Welche Auswahlkriterien werden für die Anwendungsempfehlung herangezogen?</i>	
4. Gewichtung der Entscheidungskriterien	
Planungsaufgaben und ausgewählte Anforderungen	Gewichtungsfaktoren
Bewertung der Anforderungen	
Anforderungsgrad	
<i>Wie hoch ist die Anforderung der einzelnen Kriterien? Wie können diese Anforderungen für die einzelnen Planungsaufgaben gereicht werden?</i>	
5. Bewertung der Entscheidungskriterien	
Entscheidungsalternativen – Prognoseverfahren	Erfülltheitsgrad der Kriterien von Prognoseverfahren
Bewertung der Prognoseverfahren hinsichtlich der Kriterien	
<i>Wie weit erfüllen die Prognoseverfahren die einzelnen Kriterien?</i>	
6. Nutzwertberechnung	
Gewichtungsfaktoren	Nutzwert der Prognoseverfahren
Erfülltheitsgrad	
<i>Welcher Nutzwert resultiert aus den Gewichtungen und Erfülltheitsgraden der einzelnen Kriterien für die Prognoseverfahren bezogen auf die einzelnen Planungsaufgaben?</i>	
7. Bewertung der Ergebnisse	
Nutzwert der Prognoseverfahren	Bewertung der Eignung
<i>Wie geeignet ist der Einsatz der einzelnen Prognoseverfahren für jede Planungsaufgabe?</i>	

Tabelle 11: Umsetzung der Nutzwertanalyse

Ad 1: Die Definition und Eingrenzung des Entscheidungsproblems erfolgt anhand der Fragestellung bzw. ist damit bereits definiert: Welches Prognoseverfahren eignet sich zur Anwendung zur Lösung welcher Planungsaufgabe?

Ad 2: Die Liste der Planungsaufgaben resultiert sowohl aus der Literaturrecherche, als auch aus den Experteninterviews. Herangezogen werden jene von größter Bedeutung. Die Auswahl der Prognoseverfahren ist Input der Forschungsfrage bzw. Aufgabenstellung und somit vorgegeben.

Ad 3: Wurde bereits in den vorhergehenden Methoden näher beleuchtet (resultiert aus den Auswahlkriterien von Prognoseverfahren).

Ad 1-7: Das Bewertungsmodell

Ziel der beschriebenen Methoden ist das Erstellen eines Bewertungsmodells. So sollen aus der qualitative Inhaltsanalyse und der Experteninterviews die Ergebnisse für das Modell resultieren. Dieses baut sich dabei aus folgenden drei Ebenen auf:

- Erste Ebene: Anforderungsprofil der Planungsaufgaben in der Transportlogistik (siehe Tabelle 12) – *Experteninterviews*

	Anforderung 1	Anforderung 2	...	Anforderung n
Planungsaufgabe 1				
Planungsaufgabe 2				
...				
Planungsaufgabe n				

Tabelle 12: Bewertungsmodell – Ebene 1

- Zweite Ebene: Bewertung von Prognoseverfahren hinsichtlich priorisierter Auswahlkriterien (siehe Tabelle 13) – *Qualitative Inhaltsanalyse*

	Charakteristik 1	Charakteristik 2	...	Charakteristik n
Prognoseverfahren 1				
Prognoseverfahren 2				
...				
Prognoseverfahren n				

Tabelle 13: Bewertungsmodell – Ebene 2

- Dritte Ebene: Überlagerung der Ergebnisse Ebene 1 und 2 aus denen Anwendungsempfehlungen abgeleitet werden können (siehe Tabelle 14)
Gegenüberstellung und Verknüpfung der Ergebnisse aus beiden Methoden

	Prognoseverfahren 1	Prognoseverfahren 2	...	Prognoseverfahren n
Planungsaufgabe 1	Anforderungen vs. Charakteristika			
Planungsaufgabe 2				
...				
Planungsaufgabe n				

Tabelle 14: Bewertungsmodell – Verknüpfungsebene

Ad 4 und 6: Das Bewertungssystem

Für die Bewertung, Weiterverarbeitung und Auswertung von Anforderungen, Eignungen und folglich Anwendungsempfehlungen wird das in der Tabelle 15 dargestellte Bewertungssystem eingeführt.

Anforderungen	hoch	mittel	gering
geforderte Genauigkeit	3	2	1
erlaubter Kostenaufwand	3	2	1
erlaubter Zeitaufwand	3	2	1
Anforderungsgrad	hoch	mittel	gering
geforderte Genauigkeit	3	2	1
erlaubter Kostenaufwand	1	2	3
erlaubter Zeitaufwand	1	2	3
Erfülltheitsgrad	hoch	mittel	gering
hohe Prognosequalität	3	2	1
geringer Kostenaufwand	3	2	1
geringer Zeitaufwand	3	2	1

Tabelle 15: Das Bewertungssystem

Ad 4: Die Berechnung der Gewichtungsfaktoren erfolgt anhand der Formel 44:

$$G_{i,x} = \frac{x_i}{x_i + y_i + z_i}; \quad G_{i,y} = \frac{y_i}{x_i + y_i + z_i}; \quad G_{i,z} = \frac{z_i}{x_i + y_i + z_i}$$

i ... Planungsaufgabe

x_i ... Anforderung bzgl. Zeit

y_i ... Anforderung bzgl. Kosten

z_i ... Anforderung bzgl. Genauigkeit

Formel 44: Berechnung der Gewichtungsfaktoren³²⁹

Ad 6: Aufbauend darauf und auf die Bewertung der Prognoseverfahren hinsichtlich der drei Kriterien ergibt sich der Nutzwert wie folgt (*siehe* Formel 45):

$$NW_{ij} = G_{i,x} * X_j + G_{i,y} * Y_j + G_{i,z} * Z_j$$

j ... Prognoseverfahren

X_j ... Erfüllungsgrad bzgl. Zeit

Y_j ... Erfüllungsgrad bzgl. Kosten

Z_j ... Erfüllungsgrad bzgl. Genauigkeit

Formel 45: Berechnung des Nutzwerts³³⁰

Ad 7: Die Berechnung des Nutzwertes lässt Aussage über die Eignung der Prognoseverfahren für die einzelnen Planungsaufgaben zu. Prognoseverfahren mit einem hohen Nutzwert eignen sich besser als jene mit einem geringen Wert.

5.4 Umsetzung der Abweichungsanalyse

Die Umsetzung der Abweichungsanalyse erfolgt angelehnt an das beschriebene Kontrollverfahren (*siehe Kapitel 4.5*). Ziel ist dabei, die Abweichungen zwischen dem Anforderungsgrad und dem Erfülltheitsgrad (*siehe Bewertungssystem S.95*) zu ermitteln und die Eignung des Einsatzes der Prognoseverfahren für die einzelnen Planungsaufgaben zu ermitteln.

Die ersten drei Schritte des Verfahrens erfolgen bereits im Zuge der Nutzwertanalyse (*siehe Tabelle 11, Punkte 1-5*) mit dem Output der Modellebenen 1 und 2. Auf die Beschreibung dieser und die tabellarische Darstellung wird hier daher verzichtet.

Der entscheidende Unterschied zur Nutzwertanalyse liegt in der Berechnung und Auswertung und somit in den Anwendungsschritten vier und fünf – dem Soll-Ist-Vergleich und der Auswertung der Ergebnisse, der Ebene 3 des Bewertungsmodells.

³²⁹ Vgl. Lengwenat, 2013, S.14f.

³³⁰ Vgl. ebd.

Die Berechnung der Abweichungen (*siehe* Formel 46) erfolgt anhand der bekannten Formel für die Standardabweichung:

$$A_{ij} = \sqrt{\frac{(x_i - X_j)^2 + (y_i - Y_j)^2 + (z_i - Z_j)^2}{3}}$$

i ... Planungsaufgabe

x_i ... Anforderung bzgl. Zeit

y_i ... Anforderung bzgl. Kosten

z_i ... Anforderung bzgl. Genauigkeit

j ... Prognoseverfahren

X_j ... Erfüllungsgrad bzgl. Zeit

Y_j ... Erfüllungsgrad bzgl. Kosten

Z_j ... Erfüllungsgrad bzgl. Genauigkeit

Formel 46: Berechnung der Abweichungen für die Abweichungsanalyse

Die Ergebnisse stellen dabei die Standardabweichung des Erfüllungsgrads eines Prognoseverfahrens zu dem Anforderungsgrad der Planungsaufgabe unter Berücksichtigung aller drei Kriterien dar.

6 Auswertung / Resultate

In diesem Kapitel werden zunächst die Ergebnisse, die aus den verwendeten Methoden resultieren, getrennt voneinander aufgezeigt und beschrieben. Im nächsten Schritt folgen die Resultate in Bezug auf die Problemstellung. Zuletzt werden die Ergebnisse der Methoden für die Resultate in Bezug auf die Forschungsfrage, wo möglich, gegenübergestellt bzw. zusammengetragen.

6.1 Resultate der Inhaltsanalyse

Nach der Auseinandersetzung mit den für die Auswertung als Basis dienenden Grundlagen und Beschreibungen der unterschiedlichen ausgewählten Prognoseverfahren, soll hier eine allgemeine Beurteilung der Prognoseverfahren bezogen auf die vier Beurteilungskriterien – Prognosequalität, Kosten, Durchlaufzeit unter der Gegebenheit der dafür geforderten Daten – anhand der zuvor beschriebenen Inhaltsanalyse vorgenommen werden. Dazu werden in der Literatur vorkommende Aussagen hinsichtlich der Beurteilungskriterien übersichtlich zusammengetragen und abgeleitete Einschätzungen tabellarisch dargestellt.

6.1.1 Prognoseverfahren – Bewertung nach Prognosequalität, Kosten, Durchlaufzeit, sowie geforderte Datenqualität

Prognosequalität

Wichtig für die Beleuchtung des Themas der *Prognosequalität* ist, dass ein exaktes Ergebnis der Prognose, bezogen auf den in der Zukunft auftretenden realen Wert, eigentlich als nicht möglich anzusehen ist. Dennoch kann eine größere oder eben auch kleinere Abweichung vom Realwert, abhängig vom eingesetzten Prognoseverfahren, erreicht werden. Die Prognosequalität als Kenngröße für diese Abweichung, vor allem bezogen auf die Richtigkeit bzw. Genauigkeit, spielt daher für den optimierten Einsatz von Prognoseverfahren eine entscheidende Rolle.³³¹

Die Qualität kann jedoch von verschiedenen Faktoren abhängig sein und selbst innerhalb eines Verfahrens variieren. Zum Beispiel hängt die Prognosegenauigkeit der Regressionsanalyse stark von verschiedenen möglichen Spezifikationsfehlern ab. So beeinflussen die Berücksichtigung von irrelevanten unabhängigen Variablen, oder die Vernachlässigung von einer oder auch mehreren wichtigen unabhängigen Variablen, sowie nicht richtige mathematische Verknüpfungen der unabhängigen und abhängigen Variablen die Qualität der Ergebnisse.³³²

³³¹ Vgl. Vogel, 2015, S.15f.

³³² Vgl. Urban/Mayerl, 2008, S.218

Auch sei erwähnt, dass die in diesem Kapitel beschriebenen Beurteilungskriterien durchaus untereinander korrelieren. So zeigt sich beispielsweise, dass die Box-Jenkins-Methode i.a. eine hohe Prognosegenauigkeit aufweist, wenngleich die Kosten durch z.B. die notwendige Bereitstellung von Fachwissen und zusätzlicher Computerzeit als weit höher angesehen werden als bei klassischen Modellen.³³³

Kosten- und Zeitaufwand

Die Betrachtung der *Kosten* umfasst sowohl fixe als auch variable Kosten. Die Abweichungen dieser zwischen den einzelnen Verfahren resultieren z.B. aus:³³⁴

- abweichenden Daten- und Speicherplatzanforderungen
- unterschiedlichen Rechenzeiten
- dem jeweiligen Personaleinsatz
- der Datenbeschaffung und -aufbereitung
- der Auswertung

Der allgemeine zeitliche Ablauf einer Prognose beginnt bei der Darstellung des Prognosegegenstandes, beinhaltet u.a. die Suche nach Daten und die Anwendung eines Prognoseverfahrens und endet bei der kritischen Beurteilung der Prognoseergebnisse.³³⁵

Zusammengefasst lässt sich zum einen sagen, dass in der Regel qualitative Verfahren höhere Kosten als quantitative Verfahren aufweisen, zum anderen, dass sie einen höheren *Zeitaufwand*, hinsichtlich der Durchlaufzeit – unter Nichtberücksichtigung einer eventuell notwendigen Vorlaufzeit zur Datenermittlung – fordern.³³⁶

Datenqualität

Bezüglich der geforderten *Datenqualität*, lässt sich – wie auch schon in *Kapitel 2.4.2* erklärt – grob sagen, dass quantitative Methoden das Vorhandensein von Vergangenheitsdaten voraussetzen, während hingegen qualitative Verfahren z.B. auf die Erfahrung und das Wissen von Experten etc. zurückgreifen. Im Fokus der Datenbetrachtung steht die Qualität des Startdatensatzes hinsichtlich Durchgängigkeit, Vollständigkeit und Richtigkeit.³³⁷

Jene bzw. das Vorhandensein dieses ausreichenden Datensatzes wird als geforderte Datenqualität als Beurteilungskriterium im folgenden Abschnitt herangezogen.

³³³ Vgl. Brockhoff, 1977, S.107

³³⁴ Vgl. Crone, 2010, S.128

³³⁵ Vgl. Hansmann, 1983, S.13

³³⁶ Vgl. Streitferdt/Hauptmann/Marusev/Ohse/Pape, 1998, S.340

³³⁷ Vgl. Benkenstein, 2001, S.298f.

In der nachstehenden Tabelle sind die Beurteilungsergebnisse (*siehe* Tabelle 16), bezogen auf die vier Beurteilungskriterien, übersichtlich für die einzelnen Prognoseverfahren, unter Erfüllung der geforderten Datenqualität, zusammengefasst. Für die freien Felder liegen keine eindeutigen Bewertungen vor.

	Prognose- Qualität	Kosten	Zeit- Aufwand	Geforderte Daten- Qualität
Qualitative Verfahren				
Szenario-Technik	mittel ³³⁸	hoch ³³⁹	hoch ³⁴⁶	mittel ³³⁹
Expertenbefragung	gering ³⁴⁰	hoch ³⁴¹	mittel-lang ^{340,341}	gering ³⁴²
Delphi-Methode	mittel ³⁴⁰	hoch ³⁴²	lang ³⁴³	gering ³⁴³
Analogieschlussverfahren	mittel ³⁴⁰	-	mittel ³⁴⁰	mittel ³³⁸
Brainstorming	gering ³⁴⁴	-	kurz-mittel ³⁴³	-
Quantitative Verfahren				
Zeitreihenanalyse				
Komponentenmodelle	mittel-hoch ³³⁸	-	mittel-hoch ³⁴⁵	mittel ³³⁸
Trendextrapolation	mittel-hoch ³⁴⁰	niedrig ^{346,346}	kurz ³⁴⁶	gering-mittel ³⁴⁶
Glättungsverfahren*	mittel ^{340,346,8}	gering ^{340,346,347}	kurz ^{340,346,347}	mittel- hoch ^{340,346,347}
Gleitender Durchschnitt	mittel ³⁴⁰	gering ³⁴⁶	kurz ³⁴⁰	hoch ³⁴⁷
Exponentielle Glättung	mittel ³⁴⁰	gering ³⁴⁶	kurz ³⁴⁶	mittel-hoch ³⁴⁷
Autoregressive Verfahren – Box-Jenkins-Verfahren	hoch ³⁴⁰	hoch ³⁴⁸	kurz ³⁴⁰	-
Computational Intelligence				
Genetische Programmierung	hoch ³⁴⁹	hoch ³⁵⁰	-	hoch ³⁵¹
Künstlich Neuronale Netze	hoch ³⁵²	-	hoch ³⁵³	hoch ³⁵⁴
Fuzzy Logik – ANFIS	hoch ³⁵⁵	-	mittel-hoch ³⁵⁵	mittel ³⁵⁵
Regressionsanalyse				
OLS-Regressionsanalyse	hoch ³⁵⁶	-	mittel ³⁵⁷	hoch ³⁵⁶
Multivariate Regression	hoch ³⁵⁸	hoch ³⁷¹	hoch ³⁶⁷	-
Maximum-Likelihood-Methode	mittel-hoch ³⁵⁹	-	mittel ³⁶⁰	mittel-hoch ³⁶⁰

Tabelle 16: Bewertungsergebnisse der Prognoseverfahren

³³⁸ Vgl. Maier, 2011, S.69f.³³⁹ Vgl. Müller-Prothmann/Dörr, 2014, S.65f.³⁴⁰ Vgl. <https://hbr.org/1971/07/how-to-choose-the-right-forecasting-technique> (Abruf 18.8.2017)³⁴¹ Vgl. Döring/Bortz, 2016, S.357³⁴² Vgl. Drews/Hillebrand, 2010, S.39/S.54³⁴³ Vgl. Häder, 2014, S.104f.³⁴⁴ Vgl. Vogel, 2015, S.12/41³⁴⁵ Vgl. Edel/Schäffer/Stier, 1997, S.36f.³⁴⁶ Vgl. Hüttner, 1986, S.284³⁴⁷ Vgl. Hansmann, 1983, S.44³⁴⁸ Vgl. Dönitz, 2009, S.43f.³⁴⁹ Vgl. Gen/Cheng, 2000, S.8³⁵⁰ Vgl. ebd.³⁵¹ Vgl. Kruse et al, 2015, S.243³⁵² Vgl. Stolzke, 1996, S.161³⁵³ Vgl. ebd.³⁵⁴ Vgl. ebd.³⁵⁵ Vgl. Borgelt/Klawonn/Kruse/Nauck, 2003, S.237³⁵⁶ Vgl. Tausend, 2006, S.157³⁵⁷ Vgl. ebd.³⁵⁸ Vgl. Göpfert, 2016, S.15³⁵⁹ Vgl. Oelker, 2004, S.123³⁶⁰ Vgl. Döring/Bortz, 2016, S.357

6.2 Resultate der Experteninterviews

6.2.1 Planungsaufgaben und deren Prognosegegenstand

Frage: Was sind die Haupt-Planungsaufgaben innerhalb der drei Planungshorizonte der Transportlogistik? Was bildet den jeweiligen Prognosegegenstand?

Zusammenfassung der Antworten:

Die im Interview-Leitfaden vorgeschlagenen Planungsaufgaben haben sich im Allgemeinen bestätigt. Die Auflistung dieser und zusätzlich von den Experten genannten Aufgaben – strategische, taktische und operative – werden in *Abbildung 50* dargestellt.

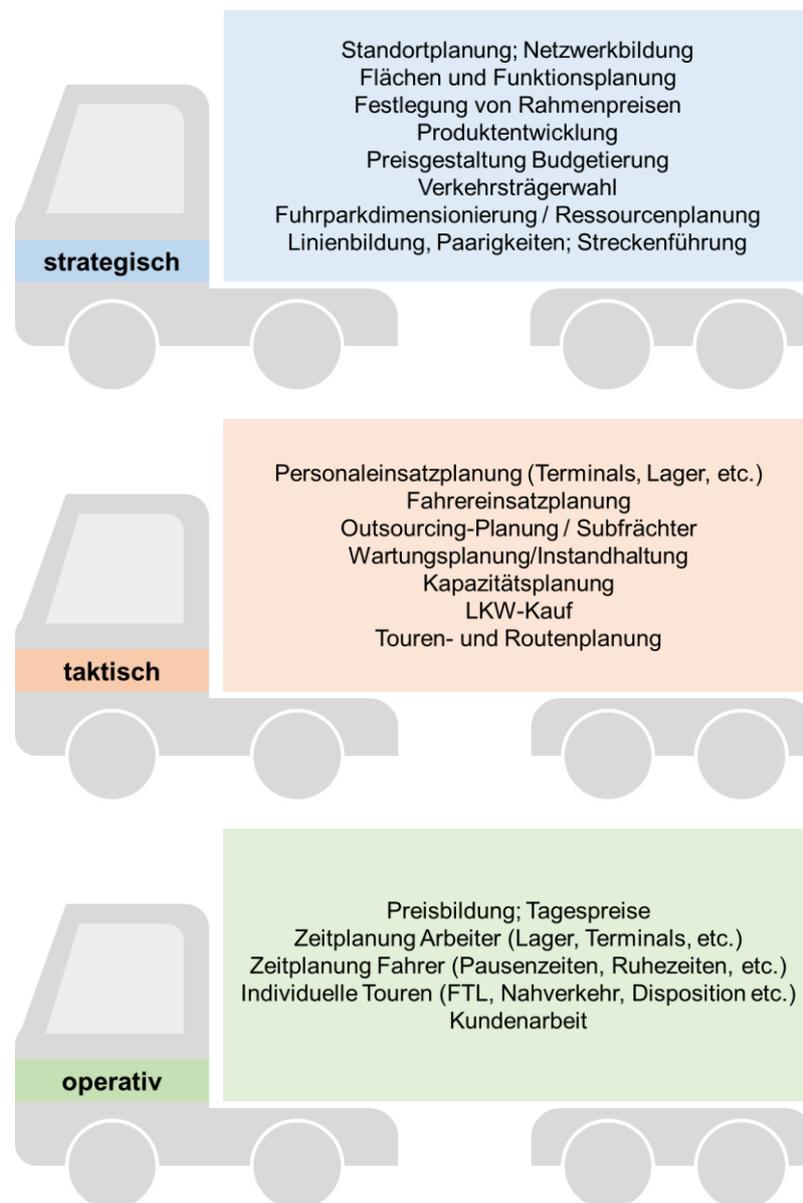


Abbildung 50: Strategische, taktische und operative Planungsaufgaben der Transportlogistik

Die Hauptaufgaben der strategischen Planung scheinen im finanziellen Sektor zu liegen. So sind die dabei am öftesten genannten Tätigkeiten:

- die Budgetierung,
- die Festlegung von Rahmenpreisen, sowie
- die Preisgestaltung.

Neben diesen Aufgaben spielen die Standort- bzw. Netzwerkplanung eine entscheidende, während hingegen die Fuhrparkdimensionierung eine untergeordnete Rolle.

Auf der taktischen Ebene fällt signifikant die Personalplanung und daran geknüpft die Outsourcingplanung – Planung der Subfrächter – ins Gewicht. Dies zeigt sich nicht nur durch die Bereitschaft der Unternehmer einen dafür durchaus höheren Kosten- und Zeitaufwand aufzubringen, sondern auch im Wunsch Mitarbeiter, Frächter, aber auch Subfrächter entsprechend auszubilden, sowie mit dem Unternehmen enger zu binden.

„Beim Taktischen tue ich mir sehr, sehr leicht, weil da bin ich gleich einmal bei der Personalplanung“ (Müller Transporte)

„Wir versuchen unsere Transportpartner in unser Managementsystem zu integrieren. Wir stellen ihnen unsere Systeme zur Verfügung. Es gibt ein Fahrerhandbuch, das wir in 18 Sprachen haben, ein Fahrerschulungsprogramm, in 18 Sprachen, wir machen Fahrerschulungstage – also wir machen sehr viel Schulungsarbeit, damit wir die Unternehmer auf einen Level bringen, die die Wirtschaft, also die verladende Wirtschaft, braucht. Das ist ein bisschen unsere Funktion.“ (Anonymous 1)

„Wir haben jetzt begonnen unseren Fuhrpark weiter auszubauen, aber gleichzeitig Subfrächter aufzubauen - aber Subfrächter die integriert sind ins Unternehmen. Nur Partner, die zu uns passen. Wo die Leute reinpassen, also die Chauffeure reinpassen, ...“ (Anonymous 2)

Entscheidend für die Aufgaben im strategischen und vor allem operativen Bereich ist das Vorhandensein eines eigenen Fuhrparks. Bei jenen Transportunternehmen, welche keinen eigenen Fuhrpark führen entfallen Aufgaben wie die tägliche Touren- und Routenplanung bzw. werden diese von externen Transportpartnern – Frächtern – übernommen. Selbsterklärend betrifft dies auch den LKW-Kauf, sowie die damit verbundenen Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten.

„Fahrer haben wir keine eigenen, das heißt wir setzen ja Frächter ein und der Frächter muss dann die Planung für sich selbst machen. Das heißt wir geben ihm vor, wo was wann passieren muss, zu welchen Bedingungen auch...preislich auch... und wenn er das annimmt, muss er dementsprechend selbst die Planung der Touren vornehmen. Auch die Streckenführung.“ (UnitCargo)

Bei der Frage nach dem Prognosegegenstand ist zunächst eine Klarstellung des Begriffes erforderlich, da dieser zunächst vermuten lässt, dass Prognoseverfahren zum Einsatz kommen. Hier ist zunächst gemeint, welche Gegenstand als Haupt-Planungsgrundlage herangezogen wird, unabhängig von dem Weg der Gewinnung dieser zugrundeliegenden Daten.

Jene genannten Prognosegegenstände für die einzelnen Planungsaufgaben werden in Tabelle 17 aufgezeigt. Es hat sich gezeigt, dass die entscheidende Größe dabei die Menge ist, wobei sich diese differenzieren lässt in Menge an Sendungen, Aufträgen, aber auch Kunden.

Für finanzielle Aspekte wie die Preisgestaltung oder auch die Budgetierung spielen die aktuelle Marktsituation und entsprechende Vorgaben eine nicht unwesentliche Rolle, wobei natürlich die zu verladende Menge auch einen unmittelbaren Einfluss auf die Preisverhandlungen hat.

„Du musst einfach den Markt kennen. Das ist immer das Wichtigste. Du kannst heute mit einer Ganzen 0:8:15 Fracht toll durchkalkuliert nach Kärnten fahren, aber was machst du, wenn's dort nicht nichts mehr gibt, dann fährst du wieder zurück, aber dann schießt's dir das ganze positive Hin-Ergebnis weg.“ (Müllertransporte)

Insbesondere im Spotmarkt ist für die Preisbildung die Geschwindigkeit bei der Angebotserstellung von hoher Wichtigkeit.

„Da ist unsere Erfahrung, dass da ganz stark auch die Schnelligkeit zählt. Also da gewinnt oftmals der, der als erstes den Preis abgibt und nicht unbedingt immer der mit dem billigsten Preis. Und in manchen Niederlassungen ist das einer unserer größten Märkte für uns – der Spotmarkt.“ (DB Schenker)

Zuletzt seien auch die Kunden, ihre Anforderungen, aber auch ihre Flexibilität und Zahlungsbereitschaft als Planungsgrundlage für Aufgaben aller drei Planungsebenen genannt.

Strategische		
Standortplanung ("Hub Location"); Netzwerkbildung		
Menge	Sendungen / Kunden	Marktentwicklung
Warenströme	Auftragsstruktur	Marktpotentiale
Flächen und Funktionsplanung		
Menge	Auftragsstruktur	Sendungen / Kunden
Festlegung von Rahmenpreisen		
Menge nach Kunden	Kostenstruktur (Selbstkosten, Terminalkosten, etc.)	Zahlungsbereitschaft
Kundenanforderungen (Laufzeiten)	Sendungen / Kunden	

Preisgestaltung (interne Verrechnung, Basispreise)		
Menge	Kostenstruktur (Selbstkosten, Terminalkosten, etc.)	aktuelle Marktsituation
Auf-/Abschläge	Sendungen / Kunden	
Budgetierung		
Menge	Strategische Ziele	Erwarteter Umsatz nach Markt/Marktpotential
Zielsetzung	Sendungen / Kunden	
Produktentwicklung (Anforderungen Transportgut, Zeitfenster, Laufzeiten, etc.)		
Markttrends	Marktpotentiale	
Verkehrsträgerwahl		
Menge	Kundenanforderungen (Laufzeiten)	Sendungen / Kunden
Fuhrparkdimensionierung/Ressourcenplanung		
Menge		
Linienbildung (Planung Verkehrsströme); Paarigkeiten; Streckenführung		
Menge	Standorte der Kunden	
taktisch		
Personaleinsatzplanung (Terminals, Lager, etc.)		
Menge	Warenströme	Produktivität
Aufkommen "Value Added Services"	Sendungen / Kunden	
Fahrereinsatzplanung		
Menge	Geographie (Verortung der Aufträge)	Menge
Kapazitätsplanung		
Warenströme	Kundenaufträge	
Wartungsplanung / Instandhaltung		
Wartungspläne	Fahrzeugleistung	
Outsourcingplanung / Subfrächter		
Menge	Menge bzw. Mehrbedarf (über verfügbare Kapazitäten)	
LKW-Kauf		
Bedarf	Sendungen / Kunden	
Touren- und Routenplanung		
Neukunden	Sendungen / Kunden	
Operativ		
Preisbildung; Tagespreise		
Marktanalyse (Preisniveau)	Sendungen / Kunden	Fachwissen Vertrieb/Disponent
Auslastung	Zahlungsbereitschaft	Folgeverkehre
Zeitplanung Arbeiter (Lager, Terminals, etc.)		
Menge	Sendungen / Kunden	
Zeitplanung Fahrer (Pausenzeiten, Ruhezeiten, etc.)		
Gesetzliche Vorgaben	Sendungen / Kunden	Erlaubte Restfahrzeit
Individuelle Touren (FTL, Nahverkehr, Disposition etc.)		
vorl. Transportaufträge	Kundenarbeit	Sendungen / Kunden

Tabelle 17: Prognosegegenstände der unterschiedlichen Planungsaufgaben

6.2.2 Das Anforderungsprofil der Planungsaufgaben

Frage: Wie können die unterschiedlichen Planungsaufgaben bezogen auf folgende Aspekte bewertet werden?

Erläuterung:

Häufigkeit: Wie häufig wird die Planungsaufgabe durchgeführt?

Granularität: In welchem zeitlichem Intervall liegen Planzahlen der Planungsgrundlage vor?

geforderte Genauigkeit: Wie stark dürfen die prognostizierten Zahlen von den tatsächlichen Zahlen abweichen?

erlaubter Kostenaufwand: Wie hoch ist der erlaubte Kostenaufwand zur Ermittlung und Aufbereitung der Daten, um zu einem Prognosewert zu gelangen?

erlaubter Zeitaufwand: Wie hoch ist der erlaubte Zeitaufwand zur Ermittlung und Aufbereitung der Daten, um zu einem Prognosewert zu gelangen?

Zusammenfassung der Antworten:

strategisch		
	Häufigkeit	Granularität
Netzwerkbildung	(>) jährlich	Tages- bis Jahresbasis
Flächen und Funktionsplanung	(>) jährlich	Tages- bis Jahresbasis
Festlegung von Rahmenpreisen	quartalsweise - jährlich	Tages- bis Jahresbasis
Preisgestaltung (interne Verrechnung, Basispreise)	monatlich - jährlich	Tages- bis Jahresbasis
Budgetierung	jährlich	Tages- bis Jahresbasis

Tabelle 18: Häufigkeit der Durchführung und Granularität der Planzahlen von strategischen Planungsaufgaben

taktisch		
	Häufigkeit	Granularität
Personalplanung	wöchentlich - quartalsweise	Tagesbasis
Preisgestaltung	monatlich	Tages-Wochenbasis
Verkehrsträgerwahl	quartalsweise - jährlich	Monats- bis Jahresbasis
LKW-Kauf	quartalsweise	Jahresbasis
Wartungsplanung / Instandhaltung	wöchentlich - quartalsweise	Monatsbasis
Touren- und Routenplanung	quartalsweise	Tagesbasis

Tabelle 19: Häufigkeit der Durchführung und Granularität der Planzahlen von taktischen Planungsaufgaben

operativ		
	Häufigkeit	Granularität
Preisbildung; Tagespreise	stündlich - täglich	Stunden- bis Jahresbasis
Individuelle Touren (FTL, Nahverkehr, Disposition etc.)	stündlich - täglich	Stunden- bis Tagesbasis
Fahrereinsatzplanung	täglich	Stunden- bis Tagesbasis

Tabelle 20: Häufigkeit der Durchführung und Granularität der Planzahlen von operativen Planungsaufgaben

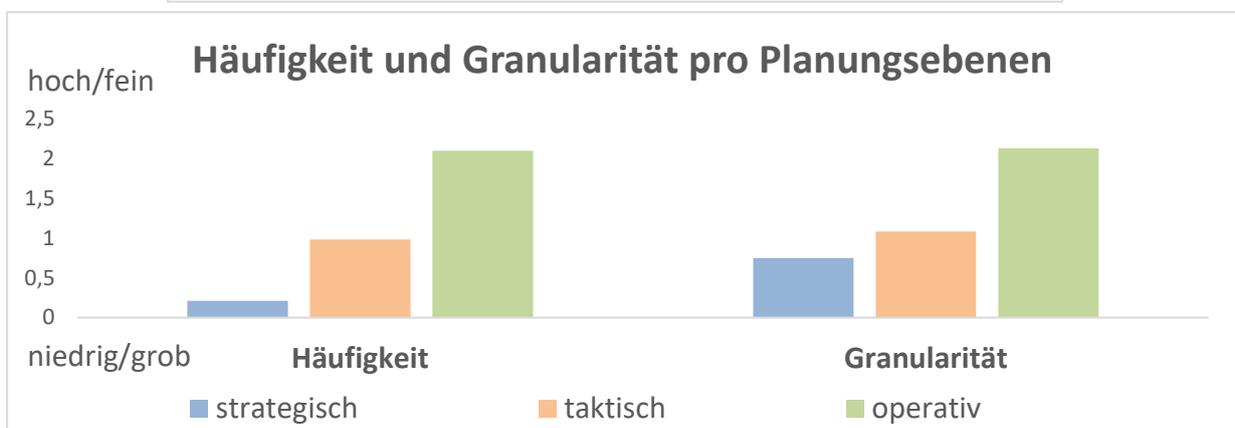


Abbildung 51: Häufigkeit und Granularität der Planungsaufgaben innerhalb einer Planungsebene

Unter Betrachtung der Abbildung 51 zeigt sich, dass:

- die Häufigkeit ausgehend von der strategischen hin zur operativen Ebene zunimmt,
- die Granularität der zugrundeliegenden Daten sich dazu äquivalent verhält und somit feiner wird.

Die Häufigkeit der Durchführung kann im unmittelbaren Zusammenhang mit dem erlaubten Zeit- und auch Kostenaufwand. Die Granularität hingegen ist im Zusammenhang der geforderten Datenqualität eines Prognoseverfahrens bei der Wahl u.a. von Relevanz.

In Tabelle 21 bis Tabelle 23 sind die Beurteilungen der einzelnen Planungsaufgaben hinsichtlich Genauigkeit, erlaubten Kostenaufwand und erlaubten Zeitaufwand dargestellt.

strategisch			
	geforderte Genauigkeit	erlaubter Aufwand	
		Kosten	Zeit
Netzwerkbildung	>15%	mittel-hoch	hoch
Flächen und Funktionsplanung	5%	mittel-hoch	mittel
Festlegung von Rahmenpreisen	5% - >15%	gering-mittel	gering-mittel
Preisgestaltung (interne Verrechnung, Basispreise)	5%-15%	gering	mittel
Budgetierung	<5%	gering	hoch

Tabelle 21: Anforderungen der strategischen Planungsaufgaben

taktisch			
	geforderte Genauigkeit	erlaubter Aufwand	
		Kosten	Zeit
Personalplanung	5%	mittel	mittel
Preisgestaltung	5%	gering	gering
Verkehrsträgerwahl	15%	gering	gering
LKW-Kauf	5%	gering	mittel
Wartungsplanung / Instandhaltung	5%	gering	mittel
Touren- und Routenplanung	5%	mittel	mittel

Tabelle 22: Anforderungen der taktischen Planungsaufgaben

operativ			
	geforderte Genauigkeit	erlaubter Aufwand	
		Kosten	Zeit
Preisbildung; Tagespreise	5% - 15%	gering	gering
Individuelle Touren (FTL, Nahverkehr, Disposition etc.)	0% - 15%	gering	gering
Fahrereinsatzplanung	<5%	gering	gering

Tabelle 23: Anforderungen der operativen Planungsaufgaben

Neben dem angeführten Aspekt der geforderten Genauigkeit hat sich auch die Frage nach dem erlaubten Zeit- und Kostenaufwand gestellt. Einigkeit herrscht hier darüber, dass Kosten und Zeit nahezu immer korrelieren.

*„Zeit ist Geld...es hängt immer zusammen. Es ist in Wirklichkeit das Gleiche.“
(Müllertransporte)*

6.2.3 Herausforderungen beim Einsatz von Prognoseverfahren und mögliche entgegengewirkende Maßnahmen

Frage: Wo liegen Ihrer Meinung nach die Hauptprobleme (Herausforderungen) im Einsatz von Prognosen bzw. Prognoseverfahren in der Transportlogistik?

Zusammenfassung der Antworten:

Es hat sich gezeigt, dass sich unterschiedliche Herausforderungen im Einsatz von Prognoseverfahren in der Transportlogistik finden können. Dazu zählen:

- mangelnde Datenverfügbarkeit und -qualität
- die Vielzahl an Einflussfaktoren
- die Kurzfristigkeit bzw. Volatilität des Marktes
- stark unterschiedliche Saisonalitäten
- dezentrale Strukturen und damit verbunden unterschiedliche Setups hinsichtlich Kapazitäten, Stärken, etc.
- mangelnde Kundenkooperation

Die ersten zwei Punkte werden stets genannt und scheinen hier von besonderer Bedeutung zu sein. Selbst wenn die Daten vorhanden sind, ist dennoch die Skepsis über die Qualität und die Möglichkeit einer sinnvollen Aufbereitung dieser vorhanden.

Auch müsste die Vielzahl der Einflussfaktoren wie z.B. Wetter, Krisen, Politik und Verkehr dabei berücksichtigt werden, die jedoch kaum vorhersagbar bzw. kontrollierbar sind.

*„Das Hauptproblem bei Prognosen ist einfach das, dass du heute einfach wahnsinnig viel Dinge hast – es gibt viel mehr Rädchen, an denen du einerseits drehen kannst, wo du gar keinen Einfluss darauf hast. Und das fängt bei dem Wort an – Wetter. Von Krisen, von neuen Dingen, die entstehen, wie wenn sie mal nicht mehr so neu sind, wie Flüchtlinge, wie der Kurzlebigkeit allgemein aller Dinge.“
(Müllertransporte)*

So spielen hier nicht nur die vielen zu berücksichtigenden Faktoren eine entscheidende Rolle, sondern auch der sich ständig ändernde und kurzlebige Markt, der einer gewünschten Kontinuität und Vorhersagbarkeit gegenübersteht.

„Die Volatilität des Marktes ist ein Problem des Prognoseverfahrens in unserem Business.“ (UnitCargo)

Zusammengefasst sind mögliche notwendige interne und externe Daten zur Prognosestellung z.B.:

- Sendungsdaten
- Transportvolumina

- Verkaufszahlen
- Wetter
- Straßenlage
- Verkehr
- Wirtschaftswachstum

Die Komplexität einer Supply Chain sollte auch nicht ungenannt bleiben, vor allem im Hinblick auf die Offenlegung von Daten der einzelnen Kooperationspartner, die für alle relevant und für eine effizientere Vorausplanung notwendig wären.

„Supply Chain Management lebt ja eigentlich davon, dass alle in dieser Kette ihre Daten zu 100% tauschen und dadurch gegenseitige Planungssicherheit geben und Prognosemöglichkeiten. Aber das macht ja keiner. In Wirklichkeit optimiert sich ja jeder weiterhin selber.“ (Anonymous 1)

Ähnlich stellt sich das Problem innerhalb eines Unternehmens dar, das dezentrale Strukturen aufweist. Nicht nur sprachliche Barrieren, sondern auch unterschiedliche Systeme machen eine einheitliche und qualitative Datenbasis, die als eine Notwendigkeit für eine sinnvolle Prognose gesehen wird, schwer.

Zuletzt, an dieselbe Problematik angelehnt, zeigen sich verschiedene Saisonalitäten in den Ländern und Branchen, das eine einheitliche Lösung des Prognoseproblems nahezu unmöglich macht.

„... das heißt mit einem Algorithmus, mit einem einheitlichen Konzept kommt man da nicht wirklich weit.“ (DB Schenker)

Frage: Durch welche Maßnahmen oder Vorgehensweisen könnte dem entgegengewirkt werden?

Zusammenfassung der Antworten:

Nun stellt sich die Frage: Kann man diesen Problemen entgegenwirken?

Zum einen wird hier die intensive Kundenarbeit und Bindung der Transportpartner mit den Unternehmen als Gegenmaßnahme genannt. Ziel dabei ist der Aufbau und die Verstärkung einer Vertrauensbasis durch:

- persönliche Gespräche
- finanzielle Anreize
- schnelle und pünktliche Bezahlung
- Schaffung von Sicherheiten

zur Gewinnung eines verstärkten Austauschs und besseren Informationsflusses über die Landes- wie auch Unternehmensgrenzen hinweg.

Der zweite Punkt ist das große Thema der Datensammlung und des Datenaustausches. Gefordert sind dabei nicht nur qualitative, sondern letztendlich auch quantitative Daten, die leicht einzulesen und schnell weiterzuverarbeiten sind. Eine gemeinsame Planung mit den Kunden und der Erhalt von Prognosen der Kunden sind bzw. wären dazu vorteilhaft. Für die Partner einer Supply Chain könnte eine gemeinsame Software zur Datenverwaltung ebenfalls positive Effekte haben, verlangt jedoch eine enge Zusammenarbeit und Bereitschaft der Offenlegung von Daten.

Zur Datengewinnung könnten folgende Analysen hilfreich sein:

- Kundenportfolioanalyse
- Zeitreihenanalyse
- Wetteranalyse
- Stauanalyse

Wobei die letzten zwei durch Dateneinkauf realisiert werden könnten. Die Kundenportfolien könnte hilfreiche Informationen über die Charakteristika der Branchen, Anforderungen und Saisonalitäten liefern.

Eine Kontinuität würde der Prognosequalität sicher zugutekommen, ob jedoch diese schaffbar ist, ist fraglich.

Ein weiterer wesentlicher Aspekt ist das Wissen über den Markt und die darin enthaltenen Warenströme. So können z.B. Entwicklungen und weitere Einflussfaktoren in der Zukunftsplanung miteinfließen und das Risiko oder Ausmaß von Fehlprognosen reduzieren.

*„Du musst einfach den Markt kennen. Das ist einfach das Wichtigste!“
(Müllertransporte)*

Weitere genannte mögliche Maßnahmen sind:

- eine automatisierte Datenerfassung
- organisatorische Maßnahmen
- Schulungen
- die Überzeugung durch Qualität.

6.2.4 Chancen und Nutzen von Prognoseverfahren

Frage: Bei welchen Planungsaufgaben sehen Sie die größte Auswirkung auf die ökonomische und ökologische Effizienz durch einen optimierten Einsatz von Prognosen?

Zusammenfassung der Antworten:

Eine mögliche positive Auswirkung auf die ökonomische und ökologische Effizienz durch einen optimierten Einsatz von Prognoseverfahren wird vor allem bei der:

- Netzerkennung / Standortplanung
- Budgetierung
- Festlegung der Rahmenpreise
- Personalplanung
- Touren- und Routenplanung und
- Streckenführung

gesehen bzw. vermutet.

„Mitarbeiterkosten. Das hätte schon einen gewaltigen Effekt, bei der Masse die wir hier bewegen. [...] Und wie wir schon vorher gesagt haben Nutzen und Potential im Einsatz: Senkung der Leerkilometer, Erhöhung der Auslastung [...] was natürlich ökologische und ökonomische Effekte hat.“ (DB Schenker)

Frage: Wo sehen Sie den Nutzen und das Potential im Einsatz von Prognoseverfahren?

Zusammenfassung der Antworten:

Ein Potential im Einsatz von Prognoseverfahren liegt allgemein in der Vereinfachung und Beschleunigung der Durchführung der Planungsaufgaben. Dies betrifft auch Entscheidungen im Zuge der Tourenplanung, Budgetierung, Preisgestaltung, sowie Festlegung der Rahmenpreise. Sonst wird der mögliche Nutzen vor allem in der Senkung der Leerkilometer und Personalkosten, sowie in der Erhöhung der Auslastung gesehen.

„Wenn ich wissen würde, bis Ende des Jahres, pro Woche vl. sogar, präzise wie viel pro Relation ich jetzt Volumen erwarten kann, dann kann ich vl. auch besser schon im Vorfeld Kapazitäten akquirieren und zur Verfügung stellen, oder planen – schon im Voraus.“ (UnitCargo)

An die Möglichkeit der Senkung der Leerkilometer angeknüpft, steht der Wunsch nach verbesserter und frühzeitiger Aufdeckung von Paarigkeiten.

„[...] , wenn ich gute Prognosen habe, dann weiß ich schon, was ich für Rückladungen suchen kann für die Frächter, weil wir leben ja von der Paarigkeit. Das heißt, wenn ich einen LKW von Österreich nach Schweden schicke, muss ich sofort auch eine Gegenladung für ihn auch haben. Das heißt ich kann viel besser prognostizieren, zu dem Zeitpunkt werde ich so und so viel LKWs haben und dementsprechend die Rückladungen vorher schon suchen. Das hat also einen absolut ökonomischen und ökologischen Sinn.“ (UnitCargo)

In der folgenden Grafik (siehe Abbildung 52) werden jene Planungsaufgaben dargestellt, bei denen ein Potential im Einsatz eines Prognoseverfahren gesehen wird. Die Größe und Gewichtung des Potentials, die mit der Häufigkeit der Nennung einhergeht, ist durch die Länge des Balkens dargestellt.

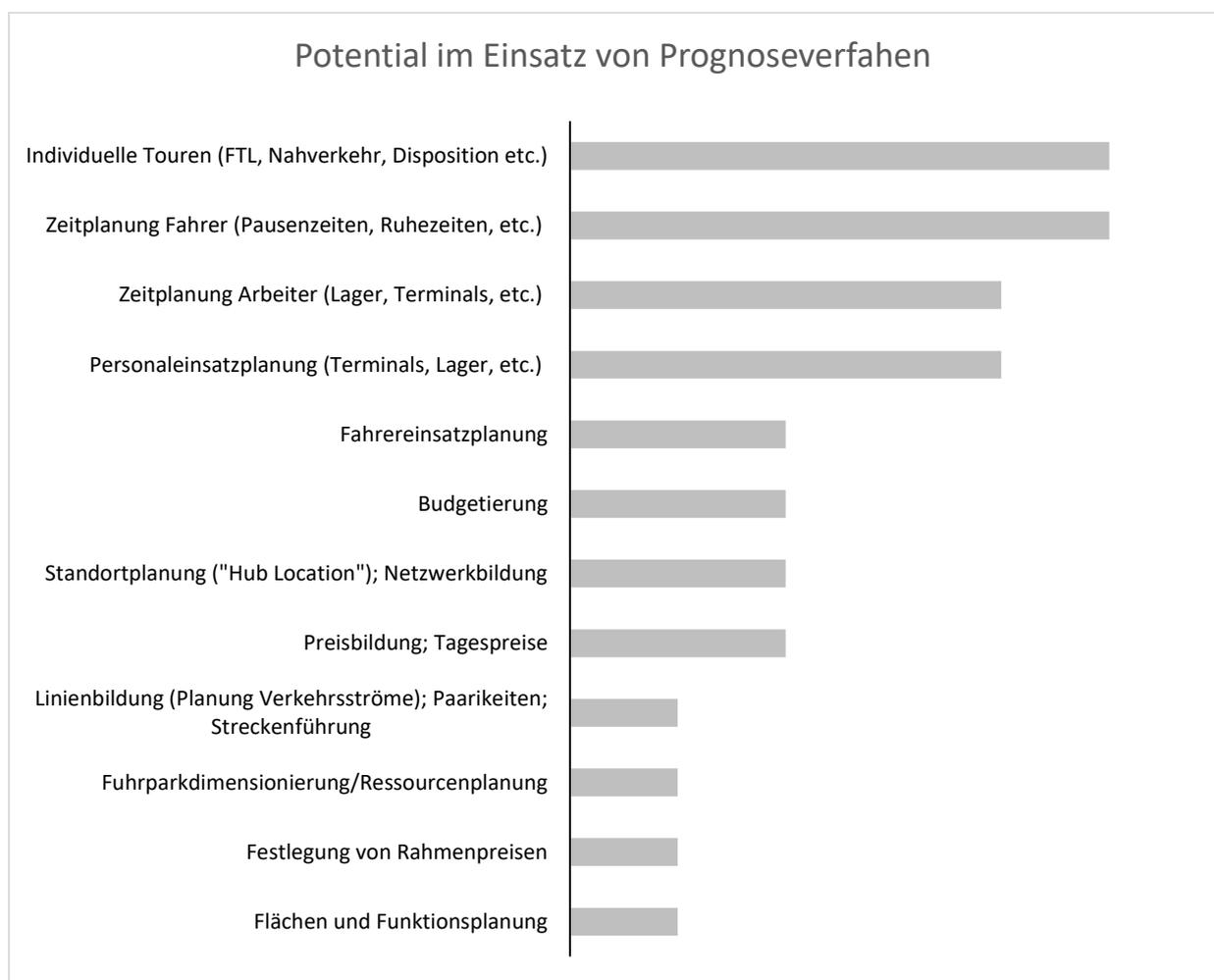


Abbildung 52: Planungsaufgaben und das damit verbundene Potential im Einsatz von Prognoseverfahren

6.2.5 Einsatz von Prognoseverfahren in der Transportlogistik

Frage: Welche der aufgezeigten Prognoseverfahren sind in Ihrem Unternehmen bekannt? Welche werden in Ihrem Unternehmen angewendet?

Zusammenfassung der Antworten:

Besonders spannend ist, dass trotz der naheliegenden Annahme, dass Prognoseverfahren in beliebiger Form in der Transportlogistik ihre Anwendung finden, jene noch kaum zum Einsatz kommen. Entscheidungen werden fast ausschließlich auf Basis von Erfahrung in Kombination mit den Kunden vereinbarten Rahmenbedingungen getroffen.

„Ich habe früher nur aus dem Bauch gearbeitet – das ist noch gar nicht so lange her, bis vor 7 oder 8 Jahren – und habe erst dann wirklich angefangen mit Zahlen viel mehr zu arbeiten und das ist dann schon viel spannender.“ (Müllertransporte)

„Einsatz Prognoseverfahren ... ist absolut sinnvoll und viel zu wenig ausgeprägt. Nicht nur bei uns, sondern in der gesamten Branche.“ (DB Schenker)

Dies lässt sich zum einen wahrscheinlich durch die zuvor beschriebene Problematik des Mangels an Daten erklären. Zum anderen stellt die Skepsis über die Wirksamkeit, die vor allem durch die Komplexität und Volatilität der Transportlogistik vorhanden ist, mit Sicherheit eine Hemmung dar, Kosten und Zeit für die Einführung von Prognoseverfahren aufzubringen.

Jener Fakt ist nochmals verstärkt durch den scheinbar gering vorhandenen Bekanntheitsgrad der Prognoseverfahren und ihrer Möglichkeiten, sowie das als notwendig erachtete Know-How für den sinnvollen Einsatz dieser.

„Da müsste man wahrscheinlich einmal einen Kurs machen um es zu verstehen und dann schauen: Kann ich es anwenden oder nicht?“ (Müllertransporte)

So hat sich gezeigt, dass im Allgemeinen von den aufgezeigten Methoden eher, wenn überhaupt, qualitative Verfahren bekannt sind (oftmals auch da nur der Begriff) und von den quantitativen meist nur die Zeitreihenanalyse, nicht aber die darauf aufbauenden Methoden. Folgende Prognosetechniken werden genannt, bei denen zumindest eine Vorstellung über das methodische Vorgehen existieren:

- Szenario-Technik
- Expertenbefragung
- Delphi-Methode
- Brainstorming
- Zeitreihenanalyse

Computational Intelligence bzw. Neuronale Netze sind teilweise durch die Erwähnung in Medien bekannt, jedoch ist die genaue Durchführung und Umsetzung unklar.

Ausnahme bildet ein Unternehmen, das sich seit kurzem intensiver mit der Thematik auseinandersetzt und Prognoseverfahren in Form der Zeitreihenanalyse kombiniert mit Trendextrapolation und Glättungsverfahren bereits versucht einzusetzen. Hier sind auch die Regressionsanalyse, sowie multivariate Verfahren bekannt.

Neben den Bedenken zeigt sich jedoch auch in den anderen Unternehmen die Offenheit sich mit dem Thema auseinanderzusetzen und ggf. Methoden zur Verbesserung vorhandener Prozesse einzusetzen.

„Es würde sicher einiges kostengünstiger rennen. Da bin ich sofort dabei. Man könnte sicher etwas straffen.“ (Anonymous 2)

„Ich glaube, dass es die Möglichkeit durchaus gibt, mit einem Prognoseverfahren das, das richtige ist und einem, der das beherrscht und sagt: sehen Sie die Daten brauchen wir, die brauchen wir und dann könnten wir das und das herausbringen und dann ist das wieder eine unternehmerische Entscheidung zu sagen: super, das machen wir oder das lehne ich ab.“ (Müllertransporte)

„Es ist immer die Frage: Wer setzt es ein? Unternehmerisches Denken ist oft etwas anderes. Aber ich finde es heute sehr spannend mit dem unternehmerischen Denken es zu verbinden und mit totalen Theoretikern und Zahlen zu arbeiten – weil dort habe ich mein Manko.“ (Müllertransporte)

Frage: Welche Faktoren/Kriterien spielen bei der Auswahl des optimalen Verfahrens eine entscheidende Rolle?

Zusammenfassung der Antworten:

Wichtige Faktoren bei der Auswahl des optimalen Prognoseverfahrens sind:

- das Know-How, das notwendig ist
- die Möglichkeit der Standardisierung
- die Komplexität
- die erreichbare Genauigkeit in Kombination mit Kosten

Die Komplexität bezieht sich dabei sowohl auf die Berücksichtigung von vielerlei Faktoren bei der Ergebniserzielung, als auch auf die Durchführbarkeit. Die dezentralen Strukturen sind es wiederum, die Standardisierung fordern, um eine Wiederverwendung über den Standort hinaus zu ermöglichen. Zuletzt spielt selbstverständlich der Kosten-Nutzen-Faktor eine entscheidende Rolle.

Die Anforderungen an die verschiedenen Methoden bezogen auf die Planungshorizonte unterscheiden sich nach den Experten kaum bzw. nur sehr gering. Genannt sei hier nur die geforderte Einfachheit der Methode im operativen Bereich und eine damit eventuell erhöhte Geschwindigkeit bei der Durchführung.

6.3 Resultate in Bezug auf die Problemstellung

Wenngleich auch die Ergebnisse der Planung für die Unternehmen i.A. unter Berücksichtigung der erschwerenden Faktoren, für die Unternehmer recht zufriedenstellend zu sein scheinen, sehen sie dennoch Verbesserungspotential in der Genauigkeit der Planung. Mindestens die Offenheit für neue Methoden, wenn nicht sogar der Wunsch nach Verfahren, die hier eine Verbesserung mit sich bringen würden, ist daher durchaus vorhanden, denn die Abhängigkeit von verschiedenen Kunden, sowie vom Markt, dem Wetter und Verkehr machen eine präzise Vorausplanung schwer.

„Also wie gesagt, bei uns in der Branche ist es sogar so, dass wir uns von Kunden zu Kunde jeweils anpassen müssen – an seine Gegebenheiten, weil wir sind ja quasi sein Dienstleister, der sich seinen Arbeitsprozessen anpassen muss und die Lösungen dazu dann haben muss.“ (UnitCargo)

Die Kurzfristigkeit innerhalb der Transportlogistik, aufgrund der Kurzlebigkeit von Produkten, den ansteigenden Kundenanforderungen hinsichtlich Flexibilität und Geschwindigkeit, sowie der damit verbundenen Volatilität des Marktes sind weitere bzw. resultierende Hürden für eine genaue Planung innerhalb dieser Branche. Folgen davon sind u.a. der Anstieg an Leerkilometer oder dem entgegenzuwirken, die Einführung von Maßnahmen wie Personalpuffern und Reserven von Kapazitäten, die rein wirtschaftlich sicher keine Ideallösungen darstellen.

„Die Logistik hat sich immer mehr wegentwickelt von einer streckenoptimierten Planung hin zu einer zeitoptimierten Planung, weil heute die Industrie fast durchgehend Beladefenster und Beladetage vorgibt und du gar nicht mehr streckenoptimiert planen kannst, sondern zeitoptimiert. Das heißt du musst schauen, welcher LKW ladet zur richtigen Zeit aus, um ihn dann für das nächste Beladefenster bereitzustellen. Die Distanz spielt leider Gottes schon eine sehr untergeordnete Rolle und das ist auch das Problem, dass europaweit die Leerstrecken wieder steigen.“ (Anonymous 1)

„Wir sind halt auch davon stark abhängig, wie unsere Kunden bestellen. [...] Und wenn die das nicht bestellen oder wir nicht fertig werden mit dem Vereinnahmen, wirkt es sich quasi in einem Bullwhip-Effekt aus. Wo kein Wareneingang, kein Lieferschein. Wo kein Lieferschein, keine Kommissionierung. Wo keine Kommissionierung, keine Fracht.“ (Anonymous 2)

6.4 Resultate in Bezug auf die Forschungsfragen

In Abbildung 53 ist für einen besseren Überblick nochmals der Ablauf zur Gewinnung der Resultate in Bezug auf die Forschungsfrage veranschaulicht.

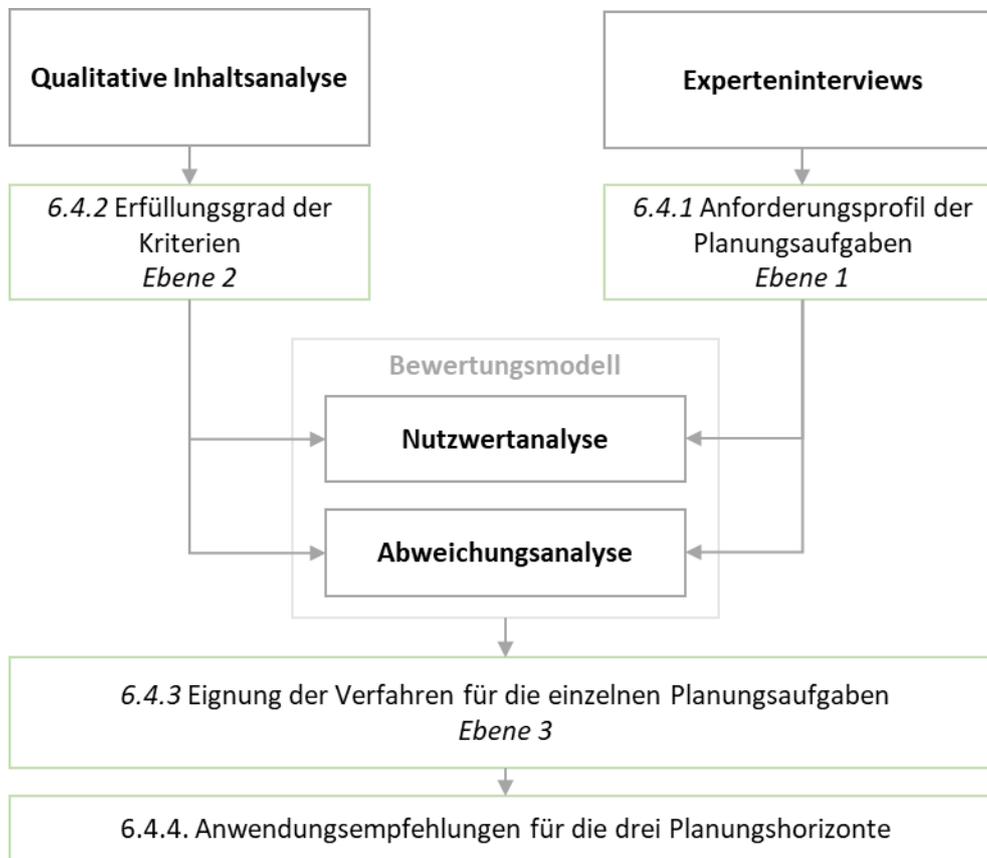


Abbildung 53: Ablauf – Resultat in Bezug auf die Forschungsfrage

Wie bereits früher erwähnt, setzt sich das Auswertungsmodell aus drei Ebenen zusammen. Ebene 1 – das Anforderungsprofil der Planungsaufgaben – wird dabei aus den Ergebnissen der Experteninterviews gewonnen, während Ebene 2 – die Erfüllungsgrade der Prognoseverfahren bezüglich der Anforderungskriterien – Ergebnis der qualitativen Inhaltsanalyse ist.

Die erworbenen Daten werden anhand zweier Methoden, die beide auf jenen Wertetabellen (Ebene 1 und Ebene 2) aufbauen, weiterverarbeitet und die Verknüpfungsebene 3 daraus berechnet.

Auf Basis dieser werden Bewertungen der Prognoseverfahren bezüglich ihrer Anwendung bei den Planungsaufgaben durchgeführt, beschrieben und sofern möglich Anwendungsempfehlungen gemacht.

6.4.1 Resultat – Modellebene 1

Auf Basis der Ergebnisse aus den Experteninterviews bezüglich der Anforderungen der Planungsaufgaben in der Transportlogistik resultiert mit Hilfe des eingeführten Bewertungssystems (*siehe* Tabelle 15) folgende Wertetabelle (*siehe* Tabelle 24).

In den ersten drei Spalten ist der Anforderungsgrad zu erkennen. Ein höherer Wert bedeutet ein höheres Anforderungsmaß bzw. ein geringerer Wert ein geringeres. In den hinteren drei Spalten stehen die daraus resultierenden Gewichtungsfaktoren. Diese beschreiben die Bedeutung einer Anforderung im Verhältnis zu den anderen Anforderungen und werden wie in Formel 44 (*siehe* Seite 96) beschrieben berechnet.

		Anforderungsgrad erlaubter Zeitaufwand	Anforderungsgrad erlaubter Kostenaufwand	Anforderungsgrad geforderte Genauigkeit	Gewichtungsfaktor Zeitaufwand	Gewichtungsfaktor Kostenaufwand	Gewichtungsfaktor Genauigkeit
Planungsaufgaben	Netzwerkbildung	1	1,5	1	0,29	0,43	0,29
	Flächen und Funktionsplanung	2	1,5	2,5	0,33	0,25	0,42
	Festlegung von Rahmenpreisen	2,5	2,5	2	0,36	0,36	0,29
	Preisgestaltung (interne Verrechnung, Basispreise)	2	3	2	0,29	0,43	0,29
	Budgetierung	1	3	3	0,14	0,43	0,43
	Personaleinsatzplanung (Terminals, Lager, etc.)	2	2	2,5	0,31	0,31	0,38
	Preisgestaltung	3	3	2,5	0,35	0,35	0,29
	Verkehrsträgerwahl	3	3	2	0,38	0,38	0,25
	LKW-Kauf	2	3	2,5	0,27	0,40	0,33
	Wartungsplanung / Instandhaltung	2	3	2,5	0,27	0,40	0,33
	Touren- und Routenplanung	2	2	2,5	0,31	0,31	0,38
	Preisbildung	3	3	2,5	0,35	0,35	0,29
	Streckenführung	3	3	3	0,33	0,33	0,33
	Fahrereinsatzplanung	3	3	3	0,33	0,33	0,33

Tabelle 24: Resultat: Bewertungsmodell – Ebene 1

Jene Gewichtungsfaktoren werden für die Berechnung der Nutzwerte der einzelnen Prognoseverfahren für die Planungsaufgaben in weiterer Folge benötigt.

Zusammengefasst ergibt sich für die einzelnen Planungshorizonte das folgende Anforderungsprofil (siehe Abbildung 54):

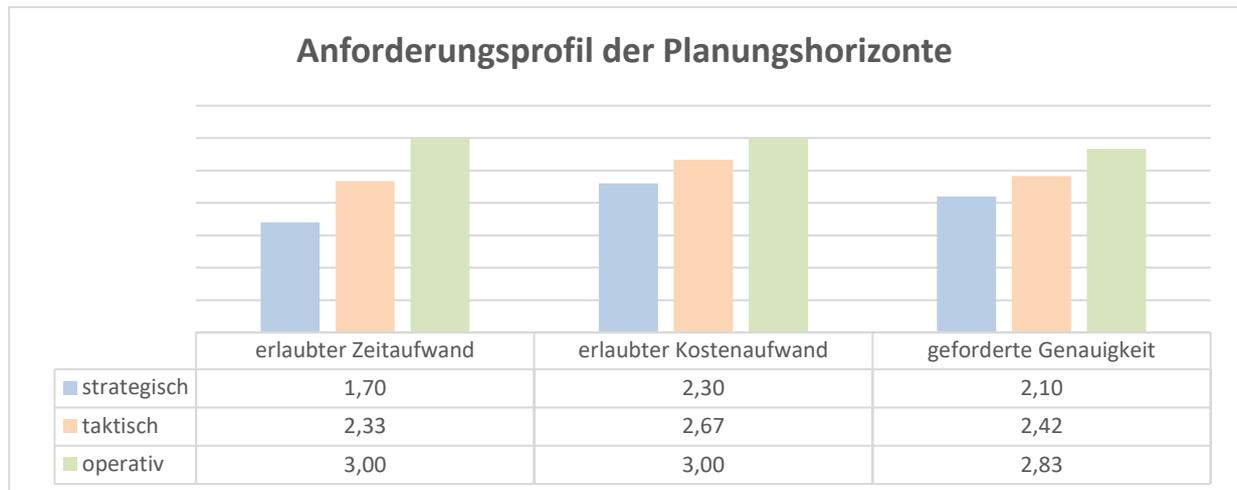


Abbildung 54: Anforderungsprofil der Planungshorizonte

Die in der Abbildung 54 enthaltenen Werte entsprechen den Durchschnittswerten der Planungsaufgaben innerhalb eines Planungshorizontes. Die Berechnung erfolgt äquivalent für alle Anforderungen bzw. Planungshorizonte zu der angeführten Formel für den Durchschnittswert der Anforderung „Zeit“ für den strategischen Planungshorizont (siehe Formel 47).

$$\bar{x}_{i, \text{strategisch}} = \frac{\sum x_{i, \text{strategisch}}}{\text{Anzahl der strategischen Planungsaufgaben}}$$

Formel 47: Durchschnittlicher Anforderungsgrad „Zeit“ von strategischen Planungsaufgaben

Es zeigt sich, dass der Anforderungsgrad aller drei Bewertungskriterien – Zeitaufwand, Kostenaufwand und Genauigkeit – mit kürzer werdendem Planungshorizont ansteigt.

6.4.2 Resultat – Modellebene 2

Aus den Ergebnissen und Bewertungen der Literatur, gewonnen aus der qualitativen Inhaltsanalyse, ergibt sich die Modellebene 2 (*siehe* Tabelle 25). Die darin enthaltenen Werte beruhen ebenfalls auf dem beschriebenen Bewertungssystem der Tabelle 15 (*siehe* Seite 95). Bei jenen Aspekten, wo keine eindeutige Aussage vorliegt wird vom Mittelwert 2 ausgegangen (*graue Zahlen*).

		Erfülltheitsgrad der Anforderungen		
		geringer Zeitaufwand	geringe Kosten	hohe Prognosequalität
Prognoseverfahren	Szenario-Technik	1,5	1	1
	Expertenbefragung	1	1	1,5
	Delphi-Methode	2	1	1
	Analogieschlussverfahren	2	2	2,5
	Brainstorming	1	2	2,5
	Komponentenmodelle	2,5	2	2,5
	Trendextrapolation	2,5	3	3
	Glättungsverfahren	2	3	3
	Gleitender Durchschnitt	2	3	3
	Exponentielle Glättung	2	3	3
	Box-Jenkins-Verfahren	3	1	2,5
	Genetische Programmierung	3	1	2
	Künstlich Neuronale Netze	3	2	1,5
	ANFIS	3	2	1,5
	OLS-Regressionsanalyse	3	2	2
	Multivariate Regression	3	1	1
	Maximum-Likelihood-Methode	2,5	2	2

Tabelle 25: Resultat: Bewertungsmodell – Ebene 2

Werden die Durchschnittswerte der Verfahrenskategorien mit der dargestellten Formel 48 berechnet ergeben sich folgende Erfüllungsgrade (*siehe* Abbildung 55):

$$\bar{X}_{i,Verfahrenskategorie} = \frac{\sum X_{i,Verfahrenskategorie}}{\text{Anzahl der Verfahren einer Kategorie}}$$

Formel 48: Durchschnittlicher Erfüllungsgrad der Verfahrenskategorie

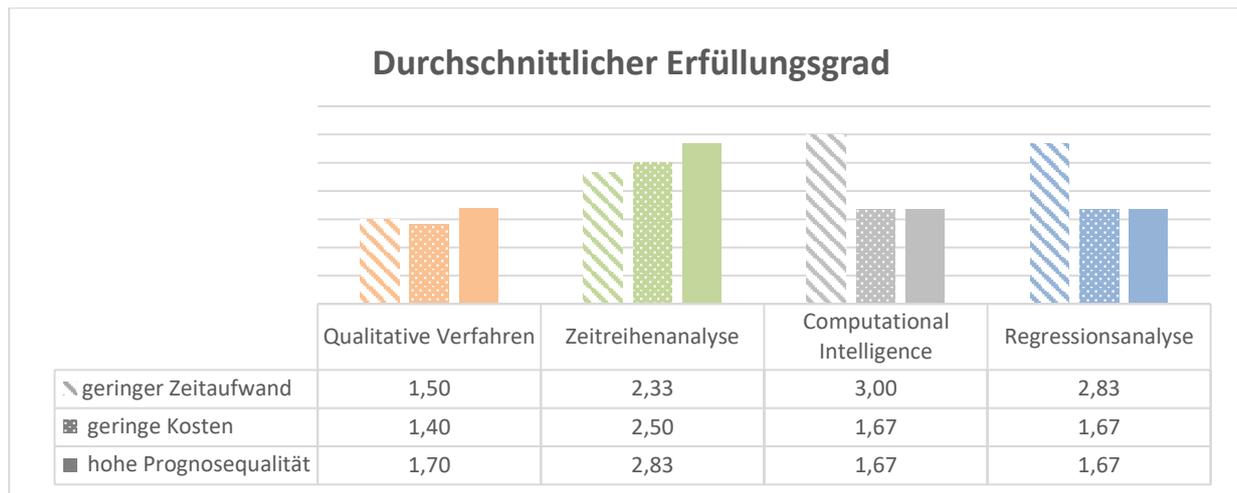


Abbildung 55: Durchschnittlicher Erfüllungsgrad der Methodenkategorien

Jenes Bild lässt bereits vermuten, dass Zeitreihenanalysen den höchsten Erfüllungsgrad bezüglich der Anforderungen aufweisen, während hingegen qualitative Verfahren den geringsten haben.

6.4.3 Resultate – Verknüpfungsebene

Hier sollen nun aus den zwei ersten Modellebenen anhand der zwei Methoden – Nutzwertanalyse und Abweichungsanalyse – Ergebnisse hinsichtlich der Eignung vom Einsatz eines Prognoseverfahrens für Planungsaufgaben generiert werden. Die zwei Methoden von Glättungsverfahren werden für jene Auswertung zusammengefasst, da auch die Bewertungskriterien übereinstimmen und so keine gesonderte Betrachtung erfordern.

6.4.3.1 Ergebnisse Nutzwertanalyse

Die Ergebnisse der Nutzwertberechnung (siehe Formel 45) für die einzelnen Prognoseverfahren in Bezug auf die Anforderungen der Planungsaufgaben werden in der Tabelle 26 dargestellt.

	Qualitative Verfahren					Quantitative Verfahren											
	Szenario-Technik	Expertenbefragung	Delphi-Methode	Analogieschlussverfahren	Brainstorming	Zeitreihenanalyse					CI		Regressionsanalyse				
Komponentenmodelle						Trendextrapolation	Glättungsverfahren	Gleitender Durchschnitt	Exponentielle Glättung	Autoregressive Verfahren - Box-Jenkins-Verfahren	Genetische Programmierung	Künstlich Neuronale Netze	Fuzzy Logik - ANFIS	OLS-Regressionsanalyse	Multivariate Regression	Maximum-Likelihood-Methode	
Netzwerkbildung	1,14	1,14	1,29	2,14	1,86	2,29	2,86	2,71	2,71	2,71	2,00	1,86	2,14	2,14	2,29	1,57	2,14
Flächen und Funktionsplanung	1,17	1,21	1,33	2,21	1,88	2,38	2,83	2,67	2,67	2,67	2,29	2,08	2,13	2,13	2,33	1,67	2,17
Festlegung von Rahmenpreisen	1,18	1,14	1,36	2,14	1,79	2,32	2,82	2,64	2,64	2,64	2,14	2,00	2,21	2,21	2,36	1,71	2,18
Preisgestaltung	1,14	1,14	1,29	2,14	1,86	2,29	2,86	2,71	2,71	2,71	2,00	1,86	2,14	2,14	2,29	1,57	2,14
Budgetierung	1,07	1,21	1,14	2,21	2,07	2,29	2,93	2,86	2,86	2,86	1,93	1,71	1,93	1,93	2,14	1,29	2,07
Personaleinsatzplanung	1,15	1,19	1,31	2,19	1,88	2,35	2,85	2,69	2,69	2,69	2,19	2,00	2,12	2,12	2,31	1,62	2,15
Preisgestaltung	1,18	1,15	1,35	2,15	1,79	2,32	2,82	2,65	2,65	2,65	2,15	2,00	2,21	2,21	2,35	1,71	2,18
Verkehrsträgerwahl	1,19	1,13	1,38	2,13	1,75	2,31	2,81	2,63	2,63	2,63	2,13	2,00	2,25	2,25	2,38	1,75	2,19
LKW-Kauf	1,13	1,17	1,27	2,17	1,90	2,30	2,87	2,73	2,73	2,73	2,03	1,87	2,10	2,10	2,27	1,53	2,13
Wartungsplanung / Instandhaltung	1,13	1,17	1,27	2,17	1,90	2,30	2,87	2,73	2,73	2,73	2,03	1,87	2,10	2,10	2,27	1,53	2,13
Touren- und Routenplanung	1,15	1,19	1,31	2,19	1,88	2,35	2,85	2,69	2,69	2,69	2,19	2,00	2,12	2,12	2,31	1,62	2,15
Preisbildung	1,18	1,15	1,35	2,15	1,79	2,32	2,82	2,65	2,65	2,65	2,15	2,00	2,21	2,21	2,35	1,71	2,18
Streckenführung	1,17	1,17	1,33	2,17	1,83	2,33	2,83	2,67	2,67	2,67	2,17	2,00	2,17	2,17	2,33	1,67	2,17
Fahrereinsatzplanung	1,17	1,17	1,33	2,17	1,83	2,33	2,83	2,67	2,67	2,67	2,17	2,00	2,17	2,17	2,33	1,67	2,17

Tabelle 26: Resultate Nutzwertanalyse: Bewertungsmodell – Ebene 3

Die farbliche Kennzeichnung der Zahlen dient zur Veranschaulichung der Eignung der Methoden. Grüne Felder weisen einen hohen Nutzwert auf, weiße liegen im Mittelfeld und rote Felder spiegeln einen niedrigeren Nutzwert wider. Die Bereiche sind folgendermaßen definiert:

- grün: berechneter Nutzwert der Prognoseverfahren zählt zu den oberen 30% (Werthöhe) für die in der Zeile angeführte Planungsaufgabe
- weiß: zählt zum Mittelfeld
- rot: zählt zu den unteren 30% für die entsprechende Planungsaufgabe

Dieses Bild zeigt schnell, dass kaum Unterschiede für die drei zeitlichen Planungsbereiche abzuleiten sind. Hier ist jedoch auch noch zu berücksichtigen, dass die Gewichtungsfaktoren sich nur aus der Reihenfolge der Gewichtung der Kriterien zusammensetzt, jedoch nicht aus dem tatsächlichen Anforderungsgrad (Absolutwert). Dies bedeutet, dass der Nutzwert z.B. den höheren Anforderungsgrad bezüglich Genauigkeit von operativen Planungsaufgaben gegenüber strategischen hier nicht berücksichtigt wird.

Prognoseverfahren – Bewertung nach der kombinierten Erfüllung der drei Hauptanforderungen

Wird das Gesamtbild betrachtet zeigt sich ein von der operativen hin zur strategischen Ebene an Bedeutung abnehmendes Optimum hinsichtlich der drei gewichteten Hauptanforderungen an ein Prognoseverfahren resultierend aus den Anforderungen der Planungsaufgaben (*siehe* Abbildung 54). Dieses Optimum beinhaltet:

- eine hohe Prognosegenauigkeit
- einen geringen Kostenaufwand und
- einen geringen Zeitaufwand.

Werden die einzelnen Verfahren bezogen auf dieses Optimum mit dem durchschnittlichen Nutzwert (*siehe* Formel 49) bewertet, ergibt sich folgendes Ranking (*siehe* Abbildung 56), bei dem die Trendextrapolation an erster und die Szenariotechnik an letzter Stelle steht:

$$\bar{NW}_j = \frac{\sum NW_j}{\text{Anzahl der Nutzwerte}}$$

Formel 49: Durchschnittlicher Nutzwert eines Prognoseverfahrens

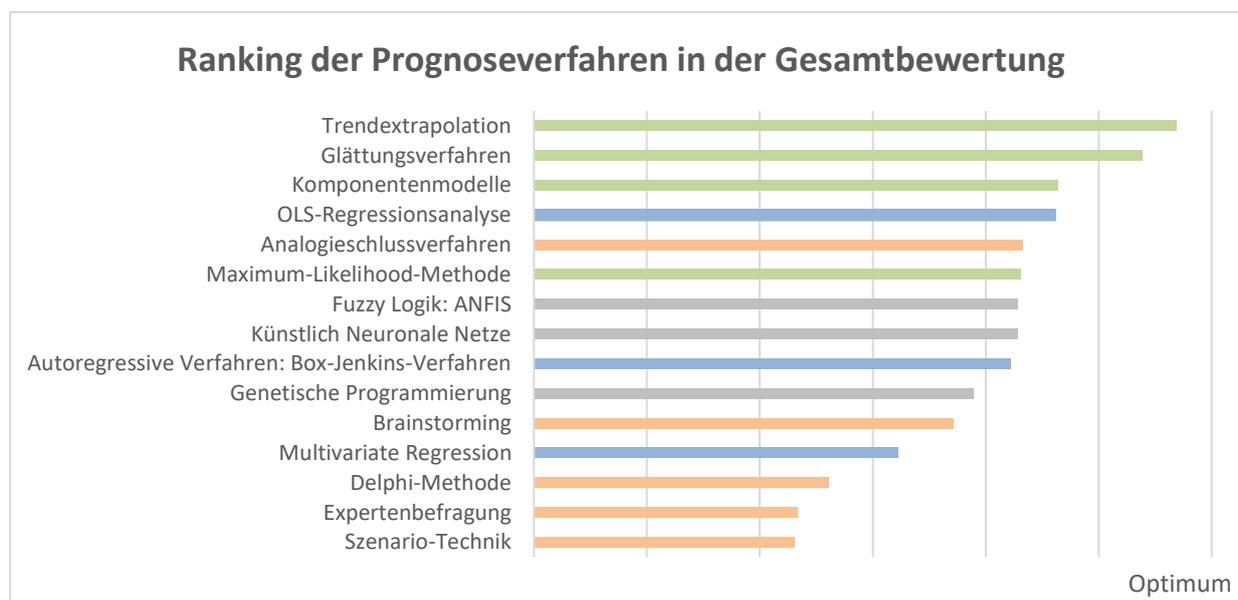


Abbildung 56: Ranking der Prognoseverfahren in der Gesamtbewertung

Die auf die Zeitreihenanalyse aufbauenden Verfahren liegen hier in Kombination der Erfüllung aller drei Aspekte vorne, während hingegen die qualitativen Verfahren hinten stehen. Ausnahme bildet hier das Analogieschlussverfahren.

Da der Kosten-Zeit-Nutzen-Faktor und somit die Gesamtbewertung einer Methode stets von Bedeutung ist, lässt sich jedoch auch daraus für die einzelnen Bereiche bzw. Planungsaufgaben keine Anwendungsempfehlung gewinnen.

6.4.3.2 Ergebnisse der Abweichungsanalyse

Wie auch bei der Nutzwertanalyse resultiert die Ergebnisgrafik (siehe Abbildung 57) der Abweichungsanalyse aus den zwei ersten Ebenen des Bewertungsmodells. Die Berechnung der Einzelwerte erfolgt mit Hilfe der Formel für die Standardabweichung (siehe Kapitel 5.4). Zu beachten gilt, dass bei der Berechnung durch das Quadrieren der Abweichungen kein Unterschied zwischen einer positiven und negativen Abweichung gemacht wird. Somit ergibt sich der Wert sowohl aus einem zu niedrigen, als auch einem zu hohen Erfüllungsgrad des Prognoseverfahrens. Die Annahme dahinter wird damit begründet, dass die Effektivität sowie auch die Wirtschaftlichkeit der Anwendung eines Verfahrens abnehmen, wenn dieses überqualifiziert für den Einsatz bei einer Planungsaufgabe ist.

	Qualitative Verfahren					Quantitative Verfahren											
						Zeitreihenanalyse						CI		Regressionsanalyse			
	Scenario-Technik	Expertenbefragung	Delphi-Methode	Analogieschlussverfahren	Brainstorming	Komponentenmodelle	Trendextrapolation	Glättungsverfahren	Gleitender Durchschnitt	Exponentielle Glättung	Autoregressive Verfahren - Box-Jenkins-Verfahren	Genetische Programmierung	Künstlich Neuronale Netze	Fuzzy Logik - ANFIS	OLS-Regressionsanalyse	Multivariate Regression	Maximum-Likelihood-Methode
Netzwerkbildung	0,41	0,41	0,65	1,08	0,91	1,26	1,68	1,55	1,55	1,55	1,47	1,32	1,22	1,22	1,32	1,19	1,08
Flächen und Funktionsplanung	0,96	0,87	0,91	0,29	0,65	0,41	0,96	0,91	0,91	0,91	0,65	0,71	0,87	0,87	0,71	1,08	0,50
Festlegung von Rahmenpreisen	1,19	1,26	1,08	0,50	0,96	0,41	0,65	0,71	0,71	0,71	0,96	0,91	0,50	0,50	0,41	1,08	0,29
Preisgestaltung	1,32	1,32	1,29	0,65	0,87	0,71	0,65	0,58	0,58	0,58	1,32	1,29	0,87	0,87	0,82	1,41	0,65
Budgetierung	1,66	1,44	1,73	0,87	0,65	1,08	0,87	0,58	0,58	0,58	1,66	1,73	1,55	1,55	1,41	2,00	1,19
Personaleinsatzplanung	1,08	1,00	1,04	0,00	0,58	0,29	0,71	0,65	0,65	0,65	0,82	0,87	0,82	0,82	0,65	1,19	0,41
Preisgestaltung	1,68	1,73	1,55	0,82	1,29	0,65	0,41	0,65	0,65	0,65	1,15	1,19	0,82	0,82	0,65	1,44	0,71
Verkehrsträgerwahl	1,55	1,66	1,41	0,87	1,32	0,71	0,65	0,82	0,82	0,82	1,19	1,15	0,65	0,65	0,58	1,29	0,65
LKW-Kauf	1,47	1,41	1,44	0,58	0,82	0,65	0,41	0,29	0,29	0,29	1,29	1,32	1,00	1,00	0,87	1,55	0,71
Wartungsplanung / Instandhaltung	1,47	1,41	1,44	0,58	0,82	0,65	0,41	0,29	0,29	0,29	1,29	1,32	1,00	1,00	0,87	1,55	0,71
Touren- und Routenplanung	1,08	1,00	1,04	0,00	0,58	0,29	0,71	0,65	0,65	0,65	0,82	0,87	0,82	0,82	0,65	1,19	0,41
Preisbildung	1,68	1,73	1,55	0,82	1,29	0,65	0,41	0,65	0,65	0,65	1,15	1,19	0,82	0,82	0,65	1,44	0,71
Streckenführung	1,85	1,85	1,73	0,87	1,32	0,71	0,29	0,58	0,58	0,58	1,19	1,29	1,04	1,04	0,82	1,63	0,87
Fahrereinsatzplanung	1,85	1,85	1,73	0,87	1,32	0,71	0,29	0,58	0,58	0,58	1,19	1,29	1,04	1,04	0,82	1,63	0,87

Abbildung 57: Resultate Abweichungsanalyse: Bewertungsmodell – Ebene 3

Um einen besseren Überblick zu schaffen in welchen Wertebereichen die Ergebnisse liegen werden auch hier die Werte farblich hinterlegt:

- grün: $A \leq 0,5$ (geringe Abweichung)
- gelb: $0,5 < A < 0,75$
- weiß: $0,75 \leq A \leq 1,25$

- rot: $A > 1,25$ (hohe Abweichung)

Langfristige Planung

Wird die Tabelle nun hinsichtlich der Planungshorizonte bzw. Planungsaufgaben zerlegt und nach den dafür drei priorisierten (geringste Abweichung) Prognoseverfahren ausgewertet, ergeben sich die in Abbildung 58-Abbildung 59 dargestellten Grafiken. Gezeigt werden dabei die „drei“ Prognoseverfahren für die einzelnen Planungsaufgaben, die die geringste Abweichung der Erfüllungsgrade aufweisen.

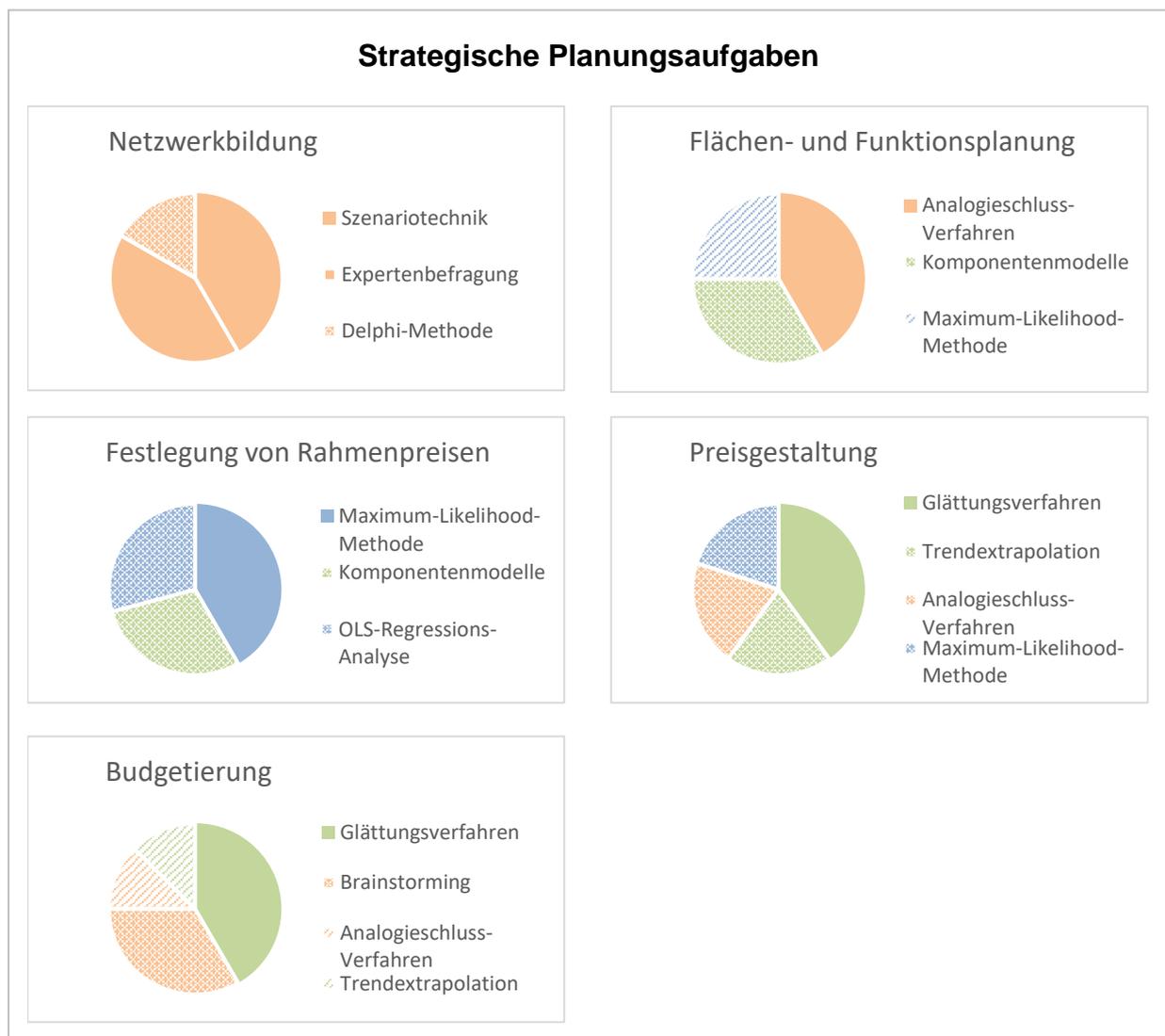


Abbildung 58: Strategische Planungsaufgaben und ihre Top 3 Prognoseverfahren

Bei den strategischen Planungsaufgaben (siehe Abbildung 58) zeigt sich ein recht buntes Bild. Bis auf Verfahren der Computational Intelligence finden sich die drei anderen Kategorien hier alle wieder. Auffällig ist die Top 3-Anwendungsempfehlung für die Netzwerkplanung die sich ausschließlich aus qualitativen Verfahren zusammensetzt.

Für die Budgetierung stellen qualitative Verfahren ebenfalls einen hohen Nutzen dar, der bei jener Aufgabe gleichwertig mit dem der Vertreter der Zeitreihenanalyseverfahren ist. An dritter Stelle liegen die Methoden der Regressionsanalyse – die Maximum-Likelihood-Methode und die OLS-Regressionsanalyse.

Zusammengefasst entsteht für die strategische Planungsebene aus und für die jeweils drei priorisierten Verfahren folgendes Ranking:

1. Analogieschlussverfahren
2. Glättungsverfahren
3. Maximum-Likelihood-Methode

Mittelfristige Planung

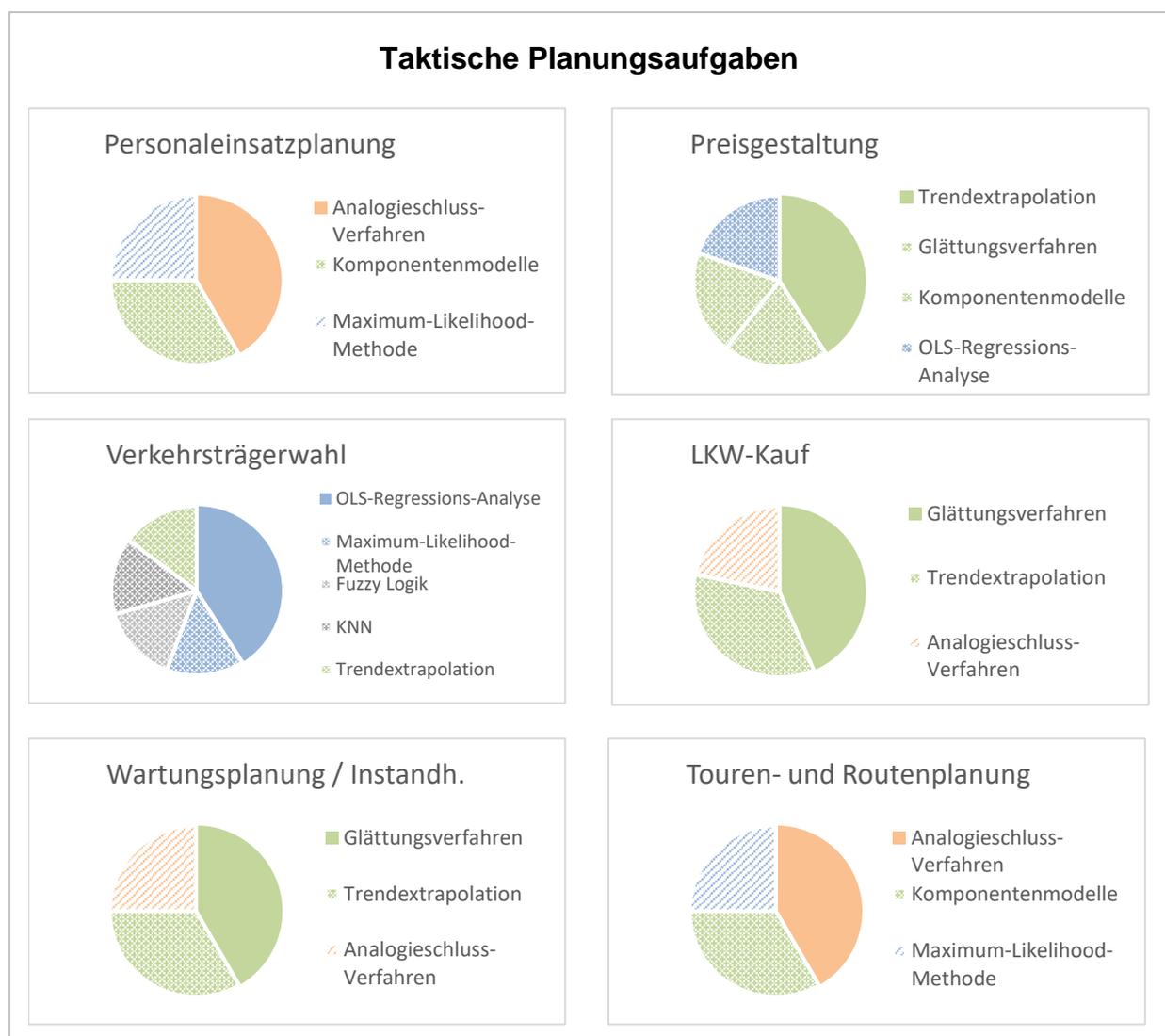


Abbildung 59: Taktische Planungsaufgaben und ihre Top 3 Prognoseverfahren

Auch in der taktischen Planungsebene (siehe Abbildung 59) zeigen sich Glättungsverfahren und Analogieschlussverfahren von hoher Bedeutung, wobei neben Letzterer keine weitere qualitative Methode besonders empfohlen wird.

Im Gegensatz dazu steigt die Wichtigkeit an Verfahren der Zeitreihenanalyse. Während sich bei der Regressionsanalyse im Vergleich zur strategischen Ebene nicht wesentlich etwas ändert, spielen bei der taktischen Planungsaufgabe der Verkehrsträgerwahl nun auch die Methoden der Computational Intelligence – die Fuzzy Logik und KNN – eine Rolle.

Die daraus resultierenden top Drei der Verfahren für die taktische Planung sind:

1. Glättungsverfahren
2. Analogieschlussverfahren
3. OLS-Regressionanalyse

Kurzfristige Planung

In Abbildung 60 werden die bedeutendsten Prognosemethoden für die operativen Planungsaufgaben gezeigt. Hier präsentiert sich im Vergleich zu den vorhergehenden Planungsebenen ein sehr eindeutiges Bild hinsichtlich der zu bevorzugenden Verfahren.

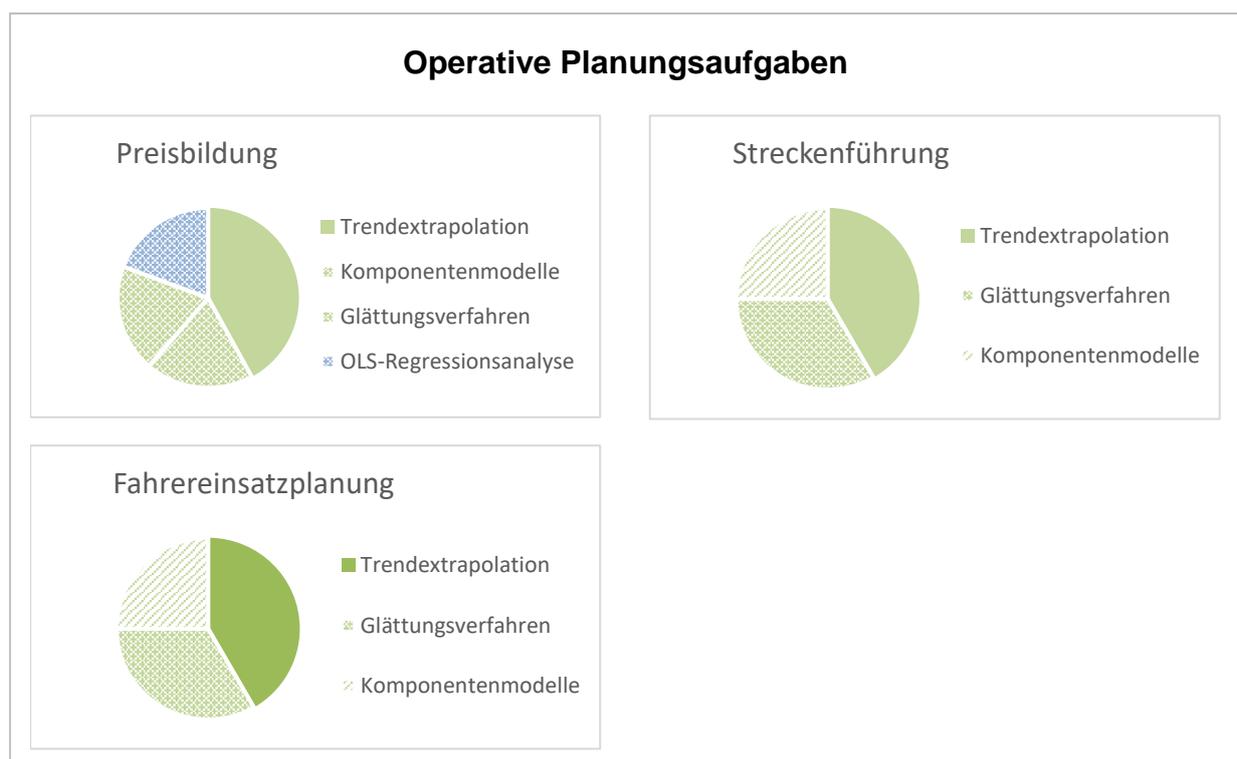


Abbildung 60: Operative Planungsaufgaben und ihre Top 3 Prognoseverfahren

Die „Nummer 1“ bildet hier die Trendextrapolation, die gefolgt wird von Glättungsverfahren und Komponentenmodellen. Klarer Empfehlungstrend geht hier in Richtung Zeitreihenanalyseverfahren. Während die Regressionsanalyse noch einen Vertreter aufweist, zeigen sich weder qualitative Methoden noch welche der Computational Intelligence.

Zusammengefasst für die drei Planungsebenen werden die bestbewerteten Methoden in der Tabelle 27 angeführt:

PRIORISIERTE PROGNOSEVERFAHREN
strategische Planungsaufgaben – langfristige Planung
Qualitative Verfahren: <ol style="list-style-type: none"> 1. Analogieschlussverfahren 2. Szenariotechnik 3. Expertenbefragung 4. Brainstorming Zeitreihenanalyse: <ol style="list-style-type: none"> 1. Glättungsverfahren 2. Komponentenmodelle 3. Trendextrapolation Regressionsanalyse: <ol style="list-style-type: none"> 1. Maximum-Likelihood-Methode 2. OLS-Regressionsanalyse
taktische Planungsaufgaben – mittelfristige Planung
Zeitreihenanalyse: <ol style="list-style-type: none"> 1. Glättungsverfahren 2. Trendextrapolation 3. Komponentenmodelle Qualitative Verfahren: <ol style="list-style-type: none"> 1. Analogieschlussverfahren Regressionsanalyse: <ol style="list-style-type: none"> 1. OLS-Regressionsanalyse 2. Maximum-Likelihood-Methode Computational Intelligence: <ol style="list-style-type: none"> 1. KNN 2. Fuzzy Logik
operative Planungsaufgaben – kurzfristige Planung
Zeitreihenanalyse: <ol style="list-style-type: none"> 1. Trendextrapolation 2. Glättungsverfahren 3. Komponentenmodelle Regressionsanalyse: <ol style="list-style-type: none"> 1. OLS-Regressionsanalyse

Tabelle 27: Abweichungsanalyse – Priorisierte Prognoseverfahren für die Planungsebenen

Besonders spannend bei Betrachtung der vorliegenden Tabelle (*siehe* Tabelle 27) ist zum einen, dass immer wieder die gleichen Verfahren über die Planungshorizonte verteilt auftauchen, zum anderen, dass die Reihung dieser sich über die zeitlichen

Ebenen verändert. So wandert z.B. die Trendextrapolation von der dritten Stelle bei der strategischen Planung hinauf zur ersten Position bei den operativen Planungsaufgaben. Gegenläufig dazu findet sich die Maximum-Likelihood-Methode, die von der priorisierten Stelle über die Planungshorizonte an Bedeutung verliert und in der operativen Ebene nicht mehr aufscheint.

6.4.4 Resultat – Anwendungsempfehlung: Prognoseverfahren in der langfristigen, mittelfristigen und kurzfristigen Planung

6.4.4.1 Gegenüberstellung: State of the art vs. Ergebnisse der Abweichungsanalyse

Zunächst wird hier die aus den Zitaten gewonnene Anwendungsempfehlung zusammenfassend dargestellt (*siehe* Abbildung 61, *oben*) und danach dem resultierenden Ergebnis der aus den Abweichungsanalyse gewonnenen Empfehlungen aufgrund der priorisierten Methoden (*siehe* Abbildung 61, *unten*) gegenübergestellt. Die strichlierten Bereiche sollen aufzeigen, dass auch ein Einsatz in den markierten Planungsebenen möglich wäre, jedoch hier eine untergeordnete Rolle spielt.

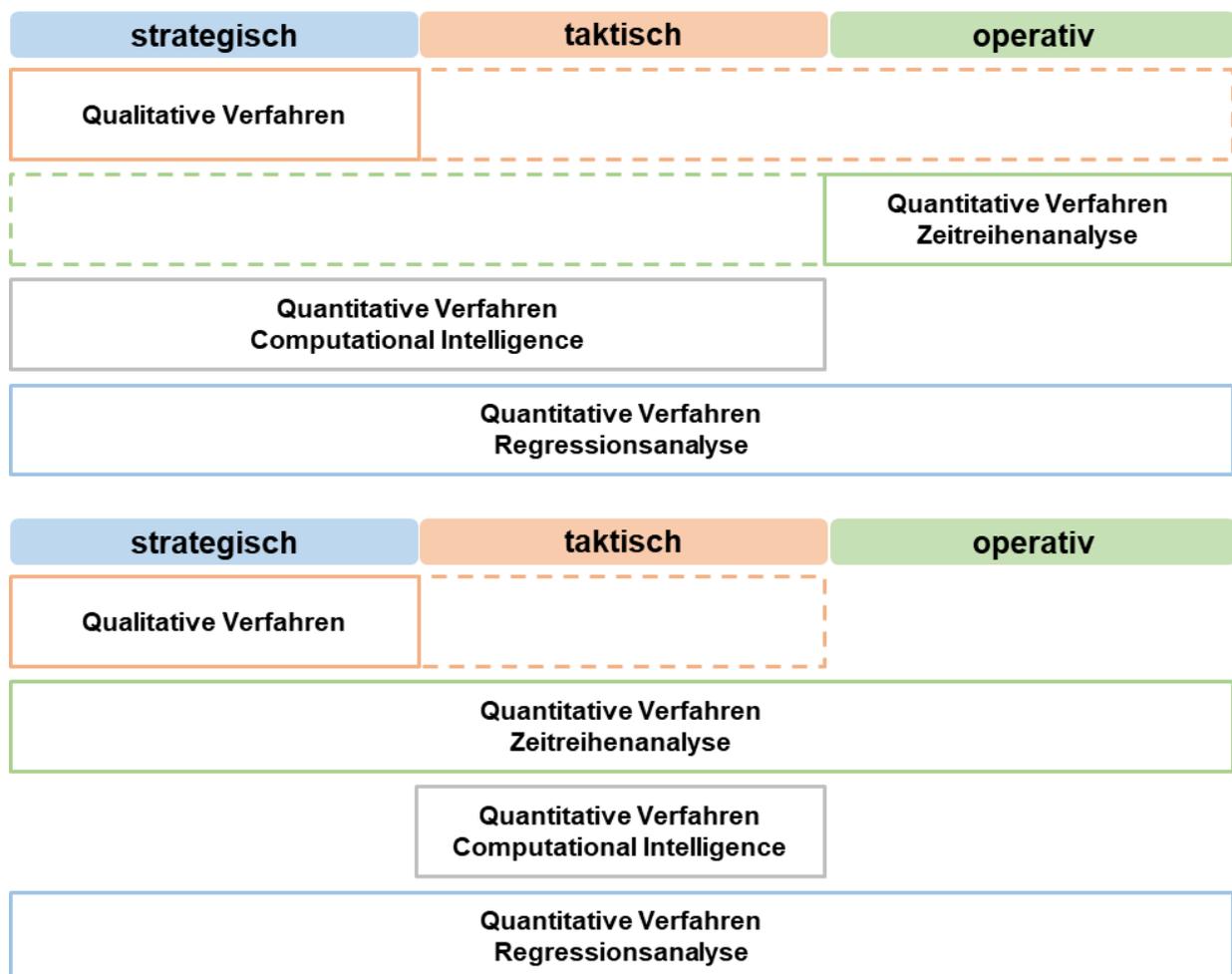


Abbildung 61: Zusammenfassung der Anwendungsempfehlungen – Gegenüberstellung

Einigkeit über den zu bevorzugenden Planungshorizont auf den Einsatz bezogen herrscht bei den Qualitativen Verfahren. So werden qualitative Verfahren für die strategische Planung empfohlen.

Die Methoden der Zeitreihenanalysen hingegen finden vorzugsweise ihre Anwendung bei operativen und ev. taktischen Planungsaufgaben.

Bei dem zweiten Methodensektor der quantitativen Verfahren, der Computational Intelligence fokussiert sich die aus der Abweichungsanalyse resultierende Anwendungsempfehlung auf den mittelfristigen Bereich, während hingegen in der Literatur sich der Einsatzbereich auch über die strategische Planungsebene erstreckt.

Einigkeit bei den beiden Ergebnissen herrscht in Bezug auf Regressionsanalysen, die für Planungsaufgaben aller drei zeitlichen Horizonte genutzt werden.

Aus jener Gegenüberstellung werden die Ergebnisse in der nachfolgenden Abbildung 62 zusammengefasst, welche jedoch als Trend und nicht als Begebenheit zu betrachten sind:

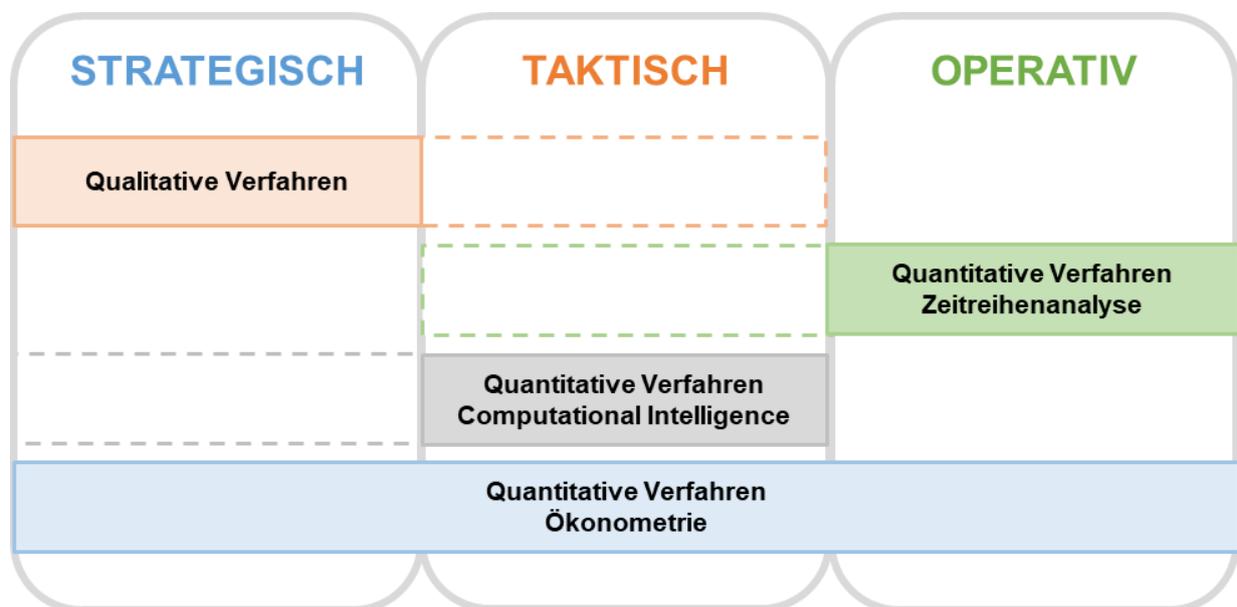


Abbildung 62: Zusammenfassende Anwendungsempfehlung aus der Gegenüberstellung

6.4.4.2 Anwendungsempfehlung auf Basis der priorisierten Anforderung

In *Kapitel 6.4.1* wurden die Anforderungen der drei Zeithorizonte der Planung bereits genauer beleuchtet. Kurz nochmals zusammengefasst lässt sich sagen, dass die Anforderungsgrade hinsichtlich Kosten, Zeit und Prognosegenauigkeit mit kürzer werdendem Planungshorizont im Allgemeinen steigen (*siehe* Abbildung 54).

Werden die Kriterien – Kosten, Zeit und Prognosequalität – einzeln betrachtet, ergeben sich folgende Reihungen zur Anwendungsempfehlung der Methoden (*siehe* Abbildung 63, *strichliert bedeutet, dass hier keine eindeutige Aussage vorliegt*). Diese werden aus den Erfüllungsgraden gewonnen (3...hoher Erfüllungsgrad, 1...geringer Erfüllungsgrad). Jene Reihungen sollen den bevorzugten Methodeneinsatz für eine priorisierte Anforderung aufzeigen, bei der die weiteren Anforderungen nur eine untergeordnete Rolle spielen.



Abbildung 63: Ranking der Prognoseverfahren hinsichtlich Kosten, Zeit und Prognosequalität

Liegt als Hauptanforderung ein geringer Zeitaufwand vor, sind Regressionsanalysen und Computational Intelligence zu bevorzugen. Verfahren der Zeitanalyse stehen hier im Mittelfeld, während die qualitativen Verfahren den höchsten Zeitaufwand erfordern.

Eine Anwendungsempfehlung bezüglich des Kostenaufwandes zu machen, ist hier schwerer, da nicht für alle Methoden eine eindeutige Bewertung vorliegt. Dennoch zeigt sich das Bild, dass die Glättungsverfahren, sowie die Trendextrapolation eine

hohe Eignung aufweisen, die Regressionsanalyse und Computational Intelligence hingegen diese Anforderung nur im geringen Grad erfüllen können.

Bei Planungsaufgaben, bei denen der Fokus auf einer hohen Prognosequalität liegt, stehen die Methoden der Zeitreihenanalyse an erster Stelle, gefolgt von Regressionsanalyseverfahren und Computational Intelligence. Innerhalb der qualitativen Verfahren gibt es hier große Unterschiede. Während Brainstorming und Analogieschlussverfahren einen höheren Erfüllungsgrad bezüglich der Genauigkeit aufweisen, zeigen vor allem die Szenario-Technik und die Delphi-Methode diesbezüglich weit schlechtere Ergebnisse auf.

6.4.4.3 Stellungnahme zur Anwendungsempfehlung

Die Anwendungsempfehlung aus *Kapitel 6.4.4* ist wie bereits erwähnt als Trend zu erachten und kann somit nur als grobe Einteilung angesehen werden. Eine konkrete Empfehlung für den Einsatz der Prognoseverfahren bezogen auf den Planungshorizont zeigt sich als nicht eindeutig möglich bzw. nicht sinnvoll. Dies ist vor allem durch folgende zwei Punkte zu begründen:

- Die Anforderungen der Planungsaufgaben schwanken auch innerhalb eines Planungshorizontes.
- Die Erfüllungsgrade der Prognoseverfahren schwanken innerhalb einer Kategorie.

Zu Punkt zwei ist hinzuzufügen, dass eine differenziertere Einordnung zwar möglich wäre, jedoch wird die Anwendungsempfehlung durch den ersten Punkt relativiert.

Weiters kann z.B. die Priorität einer Planungsaufgabe innerhalb eines Unternehmens zu- oder abnehmen, welche unmittelbaren Einfluss auf die Bereitschaft hat Geld bzw. Zeit dafür zu investieren und welche nicht zwingend vom Planungshorizont abhängig ist.

Die Auswahl des Prognoseverfahrens beeinflussende Aspekte sind:

- Die tatsächlichen und priorisierten Anforderungen für die konkreten Planungsaufgaben.
- Das Vorhandensein von Daten bzw. die Möglichkeit der Datengewinnung.
- Die vorhandene bzw. erreichbare Qualität der Daten.
- Die Komplexität des Verfahrens bzw. das erforderliche Know-How.
- Die Möglichkeit der Standardisierung.

Jene Faktoren sind unbedingt schon bei der Wahl des Prognoseverfahrens zu bedenken und zu berücksichtigen, um bestmögliche Ergebnisse und einen effizienten Einsatz der Verfahren zu gewährleisten.

7 Schlussfolgerungen / Resümee / Ausblick

Abschließend sollen in den folgenden Punkten nochmals kurz die gewonnenen Erkenntnisse zusammengefasst, dabei zu berücksichtigende Punkte und Einschränkungen der Ergebnisse verdeutlicht und ein Ausblick über mögliche weitere Schritte und Forschungsrichtungen aufgezeigt werden.

7.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Es lässt sich keine einfach zusammenfassende Anwendungsempfehlung für Prognoseverfahren hinsichtlich der drei Planungshorizonte machen, da u.a. die Anforderungen der Planungsaufgaben selbst innerhalb eines Planungshorizontes, sowie die Erfüllungsgrade der Prognoseverfahren innerhalb einer Kategorie zum Teil stark variieren. Je nach tatsächlicher Gewichtung der Anforderungen eignen sich jedoch manche besser oder schlechter und so sollten diese Aspekte und Forderungen bei der Wahl des Verfahrens berücksichtigt werden.

Aus der Literaturrecherche, der Inhaltsanalyse und den spannenden Expertengesprächen konnte ein Einblick in die Praxis und das tatsächliche Geschehen innerhalb der Transportlogistik und angrenzender Bereiche erlangt werden.

Die daraus gewonnenen Erkenntnisse sollen hier nochmals kurz in den „Score-Aussagen“ zusammengefasst werden.

Score-Aussagen (Interviews):

1. Die Zahl der Leerkilometer steigt aufgrund von Planungsunsicherheiten und somit sinkt die ökologische, wie auch die ökonomische Effizienz.
2. Die Transportlogistik stützt sich vor allem auf Beobachtung und Erfahrung.
3. Der gezielte Einsatz von Prognoseverfahren ist hier noch kaum bis gar nicht zu finden.
4. Es wird ein Potential zur Steigerung der Prognosegenauigkeit im Einsatz von Prognoseverfahren gesehen.
5. Hauptprobleme und Bedenken in Bezug auf einen effizienten Einsatz von Prognoseverfahren liegen in der Volatilität des Marktes und dem Mangel an Datenqualität und Datenverfügbarkeit.
6. Eine Hemmung für die Einführung solcher Methoden stellen vor allem der Mangel an entsprechendem Know-How und Bekanntheit der Verfahren dar.
7. Für einen erfolgreichen Einsatz von Prognoseverfahren spielen der zeitliche Horizont, die mit den enthaltenen Planungsaufgaben verbundenen Anforderungen, sowie eine gute Datenbasis eine entscheidende Rolle.
8. Die geforderte Geschwindigkeit am Markt und somit auch in der Transportlogistik steigt.

9. Primärer Wunsch liegt daher darin, noch vor der Senkung der Leerkilometer etc., die Prozesse und Planung zu vereinfachen und folglich zu beschleunigen.

7.2 Einschränkungen der Ansätze und Ergebnisse

Bei der Betrachtung der Ergebnisse sollte berücksichtigt werden, dass sich die Empfehlungen aus der Literatur, bezogen auf den zu bevorzugenden Einsatz der Methoden hinsichtlich des Planungshorizontes, auf Planungsaufgaben unterschiedlicher Logistikbereiche und selten ausschließlich auf die der Transportlogistik beziehen, vermutlich, weil hier Prognoseverfahren in der Praxis noch selten angewendet werden.

Auch ist bei den abgeleiteten Ergebnissen zu beachten, dass vom Vorhandensein geforderter qualitativer so wie quantitativer Daten ausgegangen wird. Wie sich gezeigt hat, stellt dies jedoch in der Transportlogistik ein wesentliches Problem dar, da notwendige Daten oftmals fehlen.

Für die meisten Verfahren ist das entsprechende Wissen und ev. auch die Erfahrung (in der Methodenanwendung) für einen effizienten Einsatz notwendig. So ist hier ebenfalls das geringe Know-How und der geringe Bekanntheitsgrad von Prognoseverfahren zu bedenken.

7.3 Nächste mögliche Schritte zur Weiterentwicklung

Gezeigt hat sich, dass innerhalb der Transportlogistik die Digitalisierung noch in ihren Kinderschuhen steckt. Dort wo bereits eine Auseinandersetzung mit Prognoseverfahren oder zunächst einmal der zugrundeliegenden Datenspeicher und Datenverarbeitungs-Systeme stattfindet, sind die Unternehmen noch in den Anfangsphasen.

Der primäre Fokus liegt bei den Transportunternehmen dabei jedoch nicht in der Behebung der in der Problemstellung beschriebenen Punkte, sondern in dem Wunsch Planungsaufgaben zu vereinfachen und zu beschleunigen. Tools zur Datenspeicherung und -aufbereitung sollen dabei als Hilfsmittel zur Entscheidungsfindung dienen und eine schnellere Reaktion auf den raschen Markt ermöglichen.

Zunächst sollte daher an diesem Punkt angeknüpft werden. Entscheidend könnte hier sein, eine Lösung zu einer einheitlichen Datenspeicherung/-verarbeitung zu finden, die über die Grenzen des Unternehmens bzw. das Landes hinausgehen um aufbauend darauf standardisierte oder einfach konfigurierbare – auf die unterschiedlichen Randbedingungen anpassbare – Systeme zur Prognosefindung zu entwickeln.

Weiters könnten Vorträge und Schulungen zu dem Thema und somit eine Schaffung des Bewusstseins über die Möglichkeiten, die Prognoseverfahren mit sich bringen, vermutlich die Bereitschaft der Unternehmen steigern, Kapazitäten für die Einführung jener Methoden aufzubringen.

Der Einsatz von Prognoseverfahren und die diesem als Basis dienenden Systeme zur Datenverwaltung etc. bieten sicher viele Entwicklungs-, Forschungs- und vor allem Implementierungsmöglichkeiten.

8 Anhang

8.1 Zitateliste inkl. Literaturhinweise

8.1.1 Quantitative Verfahren – Zeitreihenanalyse

„Die Zeitreihenanalyse hat die statistische Beschreibung und die kurzfristige statistische Vorhersage von zeitlich geordneten Merkmalswerten eines oder mehrerer metrischer Merkmale mit Hilfe mathematisch-statistischer Verfahren und Modelle zum Gegenstand.“³⁶¹

„[...] die Methode der gleitenden Durchschnitte, das lineare und das nichtlineare Trendmodell sowie das additive und das multiplikative Trend-Saison-Modell exemplarisch dargestellt. Gleichwohl diese deskriptiven Zeitreihenmodelle aus statistisch-methodischer Sicht elementar sind und ohne großen Aufwand auch „manuell“ konstruiert werden können, erfahren sie in praxi gerade wegen ihrer Einfachheit und Praktikabilität bei der Analyse, Modellierung und kurzfristigen Vorhersage von äquidistanten unterjährigen Zeitreihen eine breite Anwendung.“³⁶²

„[...] geschätzt werden. AR(p)-Modelle finden vor allem eine breite praktische Anwendung bei der Modellierung und kurzfristigen Vorhersage von Volatilitäten.“³⁶³

„In die Erstellung langfristiger Pläne wurden rein quantitative Methoden, [...] einbezogen.“³⁶⁴

„Aus diesem Grund sollten Prognosen mittels exponentiellen Glättens nur für einen sehr kurzen Horizont erstellt werden, maximal für ein Jahr bei saisonalen Daten und am besten nur für $h=1$ bei einer saisonfreien Zeitreihe.“³⁶⁵

„Holt war der erste Autor, der exponentielles Glätten für die kurzfristige Vorhersage verwendet hat.“³⁶⁶

„Die Länge der Zeitreihe sollte dem Prognosehorizont angepasst sein. Langfristige Prognosen erfordern lange Zeitreihen, während für kurzfristige Prognosen kürzere Zeitreihen hinreichend sind.“³⁶⁷

Zeitreihenmodelle: „[...] als auch ihre Verwendung für kurzfristige statistische Vorausberechnungen im Vordergrund.“³⁶⁸

„Extrapolations-, Glättungs-, Regressionsverfahren, Box-Jenkins, gleitende Durchschnitte: „Weitere Vorteile sind, dass die Zeitregression auch angewendet werden kann, wenn nur

³⁶¹ Eckstein, 2012, S.227

³⁶² ebd., S.233

³⁶³ ebd., S.256

³⁶⁴ Dönitz, 2009, S.36

³⁶⁵ Vogel, 2015, S.70

³⁶⁶ Mertens/Rässler, 2005, S.34

³⁶⁷ Backhaus/Erichson/Plinke, 2016, S.168

³⁶⁸ Eckstein, 2012, S.227

verhältnismäßig wenige Zeitreihendaten vorliegen, und dass sie sowohl für kurzfristige wie auch mittel- und langfristige Prognosen verwendet werden kann.“³⁶⁹

Grafik.³⁷⁰

„Dies ist ein Grund, warum gleitende Durchschnitte gewöhnlich nur für kurzfristige Vorhersagen nützlich sind, da in solchen Fällen das Muster mit hinreichender Genauigkeit als horizontal angenommen werden kann.“³⁷¹

Grafik.³⁷²

„Unter den kurzfristigen Verfahren wurde, wie in der Prognoseliteratur üblich, die Methode der Gleitenden Durchschnitte und der exponentiellen Glättung vorgestellt, [...]“³⁷³

„Die exponentielle Glättung wird überwiegend auf quantitative univariate kurzfristige Prognosemodelle im Sinne unserer Klassifikation von Kapitel A.II. (S. 12 ff.) angewendet.“³⁷⁴

„In der heutigen betrieblichen Praxis findet die sogenannte exponentielle Glättung zur Erstellung kurzfristiger Prognosen immer mehr Anwendung.“³⁷⁵

8.1.2 Quantitative Verfahren – Computational Intelligence

„[...] so schneiden die neuronalen Netzwerke am besten bei einem Prognosehorizont von 12 Monaten ab.“³⁷⁶

Grafik.³⁷⁷

„Bei längerem Zeithorizont erweisen sich KNN als überlegen, bei kürzerem hingegen liegt der Vorzug bei den traditionellen Methoden.“³⁷⁸

8.1.3 Quantitative Verfahren – Regressionsanalyse

„Multiple Regression: Wegen dieser erheblichen Kosten wird das Verfahren vor allem für mittel- und längerfristige Vorhersagen wesentlicher (wertvoller) Größen benutzt.“³⁷⁹

„Die Regressionsrechnung ist ein Prognoseverfahren, das Informationen zur Verringerung von mittelfristiger Zukunftsunsicherheit bereitstellen kann.“³⁸⁰

³⁶⁹ Backhaus/Erichson/Plinke, 2016, S.138

³⁷⁰ Hansmann, 1983, S.143

³⁷¹ Makridakis/Reschke/Wheelwright, 1980, S.69

³⁷² Brockhoff, 1977, S.12

³⁷³ Wirnsberger, 1998, S.82

³⁷⁴ Hansmann, 1983, S.27

³⁷⁵ Scharnbacher, 2004, S.153

³⁷⁶ Bol/Nakhaeizadeh/Vollmer, 1994, S.213

³⁷⁷ Makridakis/Reschke/Wheelwright, 1980, S.226-227

³⁷⁸ Mertens/Ressler, 2005, S.320

³⁷⁹ Makridakis/Reschke/Wheelwright, 1980, S.145

³⁸⁰ Wirnsberger, 1998, S.68

„In dem Aufsatz von Mertens und Falk über die mittel- und langfristige Absatzprognose auf der Basis von Sättigungsmodellen zeigt sich in besonderem Maße, wie die Regressionsanalyse sowohl für die Prognose reiner Zeitreihen als auch für die Vorhersage von Prozessen, in die darüber hinaus weitere Großen Eingang finden, benutzt werden kann.“³⁸¹

„[...] bei mittelfristigen Prognosen werden ökonometrische Verfahren zur Fortrechnung des Trends herangezogen oder auch, etwa bei Marktprognosen, die Prognose mittels Wachstumsfunktionen (logistische Funktion; Gompertz-Funktion).“³⁸²

„Input-Output-Tabellen sind für langfristige Vorhersagen am brauchbarsten. ökonometrische Modelle eignen sich besonders für mittlere Fristen, und das Verfahren von Leitindikatoren ist speziell für kurze Vorhersage-Zeiträume anwendbar.“³⁸³

Grafik.³⁸⁴

„Für die mittelfristige zeitreihengestützte Prognose wurde die Regressionsmethode vorgestellt.“³⁸⁵

8.1.4 Qualitative Verfahren

„Die Eigenschaften der heuristischen Prognoseverfahren legen es nahe, sie vor allem für langfristige Prognosen (10 bis 50 Jahre) und in der Futurologie (vgl. z. B. Kahn 1976) einzusetzen. Vielfach werden aber auch "Schnellprognosen" mit diesen Verfahren erstellt, wenn keine Zeit oder Mühe für die Beschaffung und Analyse von Zeitreihen aufgewendet werden soll.“³⁸⁶

„Die Szenario-Technik ist vor allem im Bereich der langfristigen Wirtschafts-, Energie- und Technologieprognose beheimatet, wird aber auch zur Prognose kultureller und gesellschaftlicher Entwicklungsprozesse herangezogen.“³⁸⁷

„Die bisher vorliegenden empirischen Erfahrungen mit der Delphi-Methode beweisen nicht generell ihre Überlegenheit gegenüber den normalen Gruppendiskussionen (Brockhoff 1977, S. 82 f.), doch wird die Leistungsfähigkeit des Verfahrens für mittel- bis langfristige Prognosen grundsätzlich anerkannt.“³⁸⁸

„Wegen der Schwierigkeiten (und Kosten) qualitativer Prognosemethoden werden diese aber im allgemeinen nur für längerfristige Situationen angewandt.“³⁸⁹

³⁸¹ Mertens/Ressler, 2005, S.3

³⁸² <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/prognose.html> (29.12.16)

³⁸³ Makridakis/Reschke/Wheelwright, 1980, S.160

³⁸⁴ Alex, 1998, S.63

³⁸⁵ Wirnsberger, 1998, S.82

³⁸⁶ Hansmann, 1983, S.18

³⁸⁷ ebd., S.19

³⁸⁸ ebd., S.26

³⁸⁹ Makridakis/Reschke/Wheelwright, 1980, S.16]

*Grafik.*³⁹⁰

*„Allgemein gesagt sind qualitative Methoden eher für längerfristige Prognosen, quantitative Methoden eher für kurz- und mittelfristige Prognosen geeignet.“*³⁹¹

*Langfristig: „Hier sollen nur die Delphi-Methode sowie die Szenario-Methode betrachtet werden, die sich in der Literatur als die häufigsten Verfahren dieser Kategorie durchzusetzen scheinen.“*³⁹²

*„Dazu wurde für die langfristigen Prognosen als intuitive Technik die Delphi-Methode vorgestellt sowie kurz einige mathematische Verfahren genannt.“*³⁹³

*„Hauptanwendungsgebiet qualitativer Prognose-verfahren sind langfristige Prognosen möglicher bzw. wahrscheinlicher technologischer und in neuerer Zeit auch sozio-ökonomischer Entwicklungen.“*³⁹⁴

*Grafik.*³⁹⁵

*„Insbesondere bei langfristigen Prognosen im strategischen Bereich kommen qualitative Verfahren zum Einsatz.“*³⁹⁶

³⁹⁰ Brockhoff, 1977, S.12

³⁹¹ Makridakis/Reschke/Wheelwright, 1980, S.19

³⁹² Wirnsberger, 1998, S.24

³⁹³ ebd., S.82

³⁹⁴ Becker, 1981, S.10

³⁹⁵ Hansmann, 1983, S.143

³⁹⁶ Barth, 2009, S.27

8.2 Interviewleitfaden – Fragensammlung

Teil I – Planungsaufgaben in der Transportlogistik

- 1) Was sind die Haupt-Planungsaufgaben innerhalb der drei Planungshorizonte der Transportlogistik? Was bildet den jeweiligen Prognosegegenstand (Produkt, Umsatz, ...)?
- 2) Wie können die unterschiedlichen Planungsaufgaben bezogen auf folgenden Aspekte bewertet werden: Häufigkeit, Granularität, Genauigkeit, erlaubter Kostenaufwand und erlaubter Zeitaufwand?
- 3) Wo liegen Ihrer Meinung nach die Hauptprobleme (Herausforderungen) im Einsatz von Prognosen bzw. Prognoseverfahren in der Transportlogistik?
- 4) Durch welche Maßnahmen oder Vorgehensweisen könnte dem entgegengewirkt werden?
- 5) Bei welchen Planungsaufgaben sehen Sie die größte Auswirkung auf die ökonomische und ökologische Effizienz durch einen optimierten Einsatz von Prognosen?
- 6) Wo sehen Sie den Nutzen und das Potential im Einsatz von Prognoseverfahren bei den wichtigsten Planungsaufgaben?
- 7) Welche externen und internen Datengrundlagen zur Prognose sind für die wichtigsten Planungsaufgaben denkbar (z.B. extern: Wettereinflüsse, Stauinformationen, etc.; z.B. intern: verg. Transportvolumina, Sensoren der LKW, etc.)

Teil II – Einsatz von Prognoseverfahren

- 1) Welche der aufgezeigten Prognoseverfahren sind in Ihrem Unternehmen bekannt?
- 2) Welche werden in Ihrem Unternehmen (regelmäßig) angewendet?
- 3) Wieso denken Sie hat sich Ihr Unternehmen für den Einsatz dieser Verfahren entschieden?
- 4) Wie würden Sie ihre Anwendungsempfehlung hinsichtlich des Planungshorizontes begründen?
- 5) Welche Faktoren/Kriterien spielen bei der Auswahl des optimalen Verfahrens eine entscheidende Rolle?
- 6) Welcher Faktor bzw. welches Auswahlkriterium ist von größter Bedeutung für den jeweiligen Planungshorizont? Warum?
- 7) Welche Voraussetzungen würden Sie für einen effizienten Einsatz von Prognoseverfahren nennen?

9 Literaturverzeichnis

acatech (Hrsg.): Technikzukünfte. Vorausdenken – Erstellen – Bewerten (acatech IMPULS), u. a.: Springer Verlag, Heidelberg, 2012

Adam, D.: Planung und Entscheidung, Modelle – Ziele – Methoden, 3.vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler GmbH, Wiesbaden, 1993

Alex, B.: Künstlich neuronale Netze in Management-Informationssystemen, Grundlagen und Einsatzmöglichkeiten, Betriebswirtschaftlicher Verlag, Dr. Th. Gabler GmbH, Wiesbaden, 1998

Althoff, K./Nieters, C.: Optimierung der Transportkosten durch intelligente Planung, Sonderdruck 5/2011, Fachmagazin Logistik für Unternehmen, Springer Verlag, Düsseldorf, 2011

Anders, U./Szczyzny, A.: Prognose von Insolvenzwahrscheinlichkeiten mit Hilfe logistischer neuronaler Netzwerke, Eine Untersuchung von kleineren und mittleren Unternehmen, Discussion Paper No. 96-27, Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW), Mannheim, 1996

Arnold, D./Isermann, H./Kuhn, A./Tempelmeier, H./Furmans, K. (Hrsg.): Handbuch Logistik, 3.neu bearbeitet Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2008

Assenmacher, W.: Einführung in die Ökonometrie, 6.vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, R.Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, München, 2002

Auer, B./Rottmann, H.: Statistik und Ökonometrie für Wirtschaftswissenschaftler, eine anwendungsorientierte Einführung, 3.Auflage, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2015

Backhaus, K./Erichson, B./Plinke, W./Weiber, R.: Multivariate Analysemethoden, eine anwendungsorientierte Einführung, 14.überarbeitete und aktualisierte Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2016

Balakrishnan, N.: Methods and Applications of Statistics in Business, Finance and Management Science, Wiley & Sons, Hoboken, 2010

Barth, D.: Prognoseberichterstattung, Praxis, Determinanten und Kapitalmarktwirkungen bei deutschen börsennotierten Unternehmen, Peter Lang GmbH, Frankfurt am Main, 2009

Baur, W.: Neue Wege der betrieblichen Planung, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 1967

- Becker, F.: Analyse und Prognose von wirtschaftlichen Zeitreihe der deutschen Schaden- und Unfallversicherung, Verlag Versicherungswirtschaft e.V. Karlsruhe, 1981
- Bektas, T./Crainic, T.G.: A Brief Overview of Intermodal Transportation, Interuniversity Research Centre on Enterprise Networks, Logistics and Transportation, Montréal and Québec Canada, 2007
- Benkenstein, M.: Entscheidungsorientiertes Marketing, Eine Einführung, 1.Auflage, Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler GmbH, Wiesbaden, 2001
- Berekhoven, L./Eckert, W./Ellenrieder, P.: Marktforschung, Methodischen Grundlagen und Praktische Anwendung, 4.Auflage, Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler GmbH, Wiesbaden, 1989
- Böning-Spohr, P.: Möglichkeiten zur Prognose von erfolgsrelevanten Daten bei der Neuproduktplanung, Diplomarbeit, Georg-August Universität, Göttingen, 1997
- Borgelt, C./Klawonn, F./Kruse, R./Nauck, D.: Neuro-Fuzzy-Systeme, Von den Grundlagen künstlich Neuronaler Netze zur Kopplung mit Fuzzy-Systemen, 3.Auflage, Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft/GWV Fachverlag GmbH, Wiesbaden, 2003
- Bortz, J./Döring, N.: Forschungsmethoden und Evaluation, für Human- und Sozialwissenschaftler, 4.überarbeitet Auflage, Springer Medizinverlag, Heidelberg, 2006
- Brezski, E.: Konkurrenzforschung im Marketing, Analyse und Prognose, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 1993
- Brockhoff, K.: Prognoseverfahren für die Unternehmensplanung, Dr. Th. Gabler-Verlag, Wiesbaden, 1977
- Brücher, H.: Leitfaden Wissensmanagement, Von der Anforderungsanalyse bis zur Einführung, vdf Hochschulverlag AG, Zürich, 2004
- Bucher, B./Meier-Solfiran, W./Meyer, U./Schlick, S.: Statistik, Grundlagen, Beispiele und Anwendungen gelöst mit Excel, 1.Auflage, Compendio Bildungsmedien AG, Zürich, 2003
- Bücker, R.: Statistik für Wirtschaftswissenschaftler, 5.unwesentlich veränderte Auflage, R. Ouldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, München, 2009
- Bühner, R.: Strategie und Organisation, Analyse und Planung der Unternehmensdiversifikation mit Fallbeispielen, Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler GmbH, Wiesbaden, 1985

- Burghardt, M.: Einführung in Projektmanagement, Definition, Planung, Kontrolle, Abschluss, 6.überarbeitet und erweiterte Auflage, Publics Publishing, Erlangen, 2013
- Büter, C.: Außenhandel, Grundlagen internationaler Handelsbeziehungen, 3.überarbeitete und erweiterte Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2013
- Caris, A./Macharis, C./Janssens, G.K.: Planning Problems in Intermodal Freight Transport: Accomplishments and Prospects, Vol. 31, No. 3, pp. 277-302, Taylor & Francis, Belgium, 2008
- Chambers, J.C./Mullik, S.K./Smith, D.D.: How to choose the Right Forecasting Technique, Havard Business Review, Harvard, 1971
- Clausen, U./Geiger, C.: Verkehrs- und Transportlogistik, 2.Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2013
- Colman, A.M.: Dictionary of Psychology, Oxford University Press, Andrew M. Colman, Oxford, 2015
- Corbat, P.: Logistik in Vertriebsunternehmen, Books on Demand GmbH, Norderstedt, 2009
- Crone, S.F.: Neuronale Netze zur Prognose und Disposition im Handel, 1.Auflage, Gabler Verlag / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden 2010
- Dönitz, E.J.: Effizientere Szenariotechnik durch teilautomatische Generierung von Konsistenzmatrizen, Empirie, Konzeption, Fuzzy- und Neuro-Fuzzy-Ansätze, 1.Auflage, Gabler GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2009
- Draenert, P.: Kooperative Absatzplanung, Einführungsstrategie für den Prognosedatenaustausch, 1.Auflage, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2001
- Dreger, C./Kosfeld, R./Eckey, H.F.: Ökonometrie, Grundlagen – Methoden – Beispiele, 5.überarbeitet und aktualisierte Auflage, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2014
- Drews, G./Hillebrand, N.: Lexikon der Projektmanagement-Methoden, 1.Auflage, Rudolf Haufe Verlag GmbH&Co. KG, München, 2007
- Ebersberger, B.: Genetische Programmierung, Ein Instrument zur empirischen Fundierung ökonomischer Modelle, 1.Auflage, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2002
- Ebert, G.: Praxis der Unternehmenssteuerung, Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, München, 2011

Eckstein, P.P.: Angewandte Statistik mit SPSS, Praktische Einführung für Wirtschaftswissenschaftler, 7.überarbeitete Auflage, Gabler Verlag / Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2012

Eckstein, P.P.: Repetitorium Statistik, Deskriptive Statistik – Stochastik – Induktive Statistik, 8.aktualisierte und erweiterte Auflage, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2014

Eckey, H.F./Stock, W.: Verkehrsökonomie, Eine empirisch orientierte Einführung in die Verkehrswissenschaften, Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler GmbH, Wiesbaden, 2000

Edel, K./Schäffer, K.-A./Stier, W.(Hrsg.): Analyse saisonaler Zeitreihen, 49.Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 1997

Farahania, H.A./ Rahiminezhadb, F.A/Samec, L/Immanezhad, K.: A Comparison of Partial Least Squares (PLS) and Ordinary Least Squares (OLS) regressions in predicting of couples mental health based on their communicational patterns, Procedia Social and Behavioral Sciences 5 (2010) 1459–1463, Elsevier Ltd., Tehran,Iran, 2010

Fasel, D./Meiner, A. (Hrsg.): Big Data, Grundlagen, Systeme und Nutzungspotentiale, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2016

Fite, J.T./Taylor, G.D./Usher, J.S./English, J.R./Roberts, J.N.: Forecasting freight demand using economic indices, International Journal of Physical Distribution & Logistic Management, Vol.32 No.4, 2002, pp. 229-308, MCB UP Limited, 2001

Florian, M./Kemper, J./Sihn, W.: Reduktion des Transportaufkommens durch eine integrierte Planung von Transport und Terminierung, Ausgabe 4/10, WINGbusiness Impressum, Graz, 2010

Früh, W.: Inhaltsanalyse, Theorie und Praxis, 7.überarbeitet Auflage, UVK Verlagsgesellschaft mbH, Konstanz und München, 2011

Gen, M./Cheng, R.: Genetic Algorithms and Engineering Optimization, John Wiley & Sons, 2000

Gleißner, H./Femerling, J.C.: Logistik, Grundlagen – Übungen – Fallbeispiele, 1.Auflage, Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler / GWV Fachverlag GmbH, Wiesbaden, 2008

Göpfert, I.: Logistik der Zukunft – Logistics for the Future, 5.aktualisierte und überarbeitet Auflage, Gabler GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2009

Göpfert, I./Braun, D./Schulz, M.: Automobillogistik, Stand und Zukunftstrends, 2.Auflage, Springer Gabler, Wiesbaden, 2013

Götze, U.: Szenario-Technik in der strategischen Unternehmensplanung, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 1991

Green, K./Armstrong, J.S.: Structured analogies for forecasting, Journal of Forecasting, Vol. 23 (2007). p. 365-376., University of Pennsylvania, 2007

Grotewohlt, N.: Volatilität, Grundlagen, Herleitung und Investitionsmöglichkeiten in eine neue Assetklasse, Diplomica Verlag GmbH, Hamburg, 2013

Grunewald, M.: Planung von Milkruns in der Beschaffungslogistik der Automobilindustrie, Ein Ansatz zur Integration von Bestandsmanagement und Tourenplanung, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2015

Gudehus, T.: Logistik, Grundlagen, Strategien, Anwendungen, 2.aktualisierte und erweiterte Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2004

Günthner, W.A. (Hrsg.): Neue Wege in der Automobillogistik, Die Vision der Supra-Adaptivität, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2007

Hackl, P.: Einführung in die Ökonometrie, Pearson Education Deutschland GmbH, München, 2005

Häder, M./Häder, S.: Die Delphi-Technik in den Sozialwissenschaften, Methodische Forschungen und innovative Anwendungen, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2000

Hammer, R.: Unternehmensplanung, Planung und Führung, 9.überarbeitete und erweiterte Auflage, Walter de Gruyter GmbH, Berlin/München/Boston, 2015

Hansmann, K.-W.: Kurzlehrbuch Prognoseverfahren - Mit Aufgaben und Lösungen, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 1983

Hartung, J./Elpelt, B./Klößener, K.-H.: Statistik, Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik, 15.überarbeitete und wesentlich erweiterte Auflage, Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, München, 2009

Heinrich, B./Linke, P./Glöckler, M.: Grundlagen Automatisierung, Sensorik, Regelung, Steuerung, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2015

Heinrich, M.: Transport- und Lagerlogistik, Planung, Struktur, Steuerung und Kosten von Systemen der Intralogistik, 8. überarbeitete und erweiterte Auflage, Vieweg+Teubner Verlag, Springer Fachmedien GmbH, Wiesbaden, 2011

Heisereich, O.-E./Helbig, K./Ullmann, W.: Logistik, Eine praxisorientierte Einführung, 4.vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, Gabler Verlag / Springer Fachmedien GmbH, Wiesbaden, 2011

Held, L.: Methoden der statistischen Inferenz, Likelihood und Bayes, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 2008

Hentze, J./Brose, P.: Unternehmensführung und Mitbestimmung, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 1985

Hermann, A./Huber, F.: Produktmanagement, Grundlagen – Methoden – Beispiele, 2.vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, Gabler / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2009

Heusler, K.F.: Implementierung von Supply Chain Management, Kompetenzorientierte Analyse aus der Perspektive eines Netzwerkakteurs, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2004

Hilderbrandt, A./Jäckle, S./Wolf, F./Heindl, A.: Methodologie, Methoden, Forschungsdesign, Ein Lehrbuch für fortgeschrittene Studierende der Politikwissenschaft, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2015

Höhn, W.: Untersuchung zur Verbesserung der Absatzprognosen von Handelsprodukten in Klein- und Mittelbetrieben (mit Künstlichen Neuronalen Netzen), Diplomica Verlag GmbH, Berlin, 1999

Hölzl, F./Botthof, H.-J./Raslan, N.: Wie Zahlen wirken, Betriebliche Kennzahlen vorteilhaft darstellen, 1.Auflage, Rudolf Haufe Verlag GmbH & Co. KG, München, 2008

Hoshmand, A.R.: Business Forecasting, A practical approach, 2nd Edition, Routledge Taylor & Francis Group, New York and London, 2010

Hug, T./Poscheschnik, G: Empirisch Forschen, Verlag Huter & Roth KG, Wien, 2010

Hüttner, M.: Prognoseverfahren und ihre Anwendung, Walter de Gruyter & Co, Berlin, 1986

Isermann, R.: Identifikation dynamischer Systeme 2, Besondere Methoden, Anwendungen, 2.neubearbeitete und erweiterte Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 1992

Kiel, W.A./Born, K.E./Dürr, E./Hesse, H./Kraft, A./Lampert, H./Rose, K./Rupp, H./Scherf, H./Schmidt, K./Wittmann, W.: Handwörterbuch der Wirtschaftswissenschaft, Zugleich Neuauflage des Handwörterbuchs der Sozialwissenschaften, Gustav Fischer, Stuttgart/J.C.B. Mohr, Tübingen/Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen, 1981

Klinge, R.C.: Kapazitätsplanung im Dienstleistungsunternehmen, Planungs- und Gestaltungsprobleme, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 1997

Klinker, F./Skoruppa, G.: Ein optimiertes Glättungsverfahren motiviert durch eine technische Fragestellung, Springer Verlag, Dortmund, 2011

Krauß, M./Raithel, J.: Analyse jähriger und unterjähriger Zeitreihen, 1.Auflage, Grin Verlag, Norderstedt, 2011

Kruse, R./Borgelt, C./Braune, C./Klawonn, F./Moewes, C./Steinbrecher, M.: Computational Intelligence, Eine methodische Einführung in Künstlich Neuronale Netze, Evolutionäre Algorithmen, Fuzzy-Systeme und Bayes-Netze, 2.Auflage, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2015

Kühl, S./Strodtholz, P./Taffertshofer, A.: Handbuch Methoden der Organisationsforschung, Qualitative und Quantitative Methoden, 1.Auflage, VS Verlag für Sozialwissenschaften / GWV Fachverlag GmbH, Wiesbaden, 2009

Kühnapfel, J.B.: Nutzwertanalysen in Marketing und Vertrieb, Gabler Verlag/Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2014

Kühnapfel, J.B.: Vertriebsprognosen, Methoden für die Praxis, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2015

Kurzrock, B.M.: Anleitung für Experteninterviews im Rahmen von wissenschaftlichen Arbeiten am Fachgebiet Immobilienökologie, Technische Universität, Kaiserlautern, 2014

Lauth, H.-J./Pickel, G./Pickel, S.: Methoden der vergleichenden Politikwissenschaft, Eine Einführung, 2.aktualisierte Auflage, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2015

Lehmann, G.: Die effektive Befragung, Ein Ratgeber für die Datenerhebung in der beruflichen und wissenschaftlichen Arbeit, 2.aktualisierte Auflage, expert Verlag, Renningen, 2017

Lengwenat, E.: Mehrdimensionale Bewertungsverfahren, Lehrunterlagen, Lehrstuhl für Forstliche Wirtschaftslehre, Technische Universität, München, 2013

Linstone, H./Turoff, M./Helmer, C.: The Delphi Method, Techniques and Applications, Addison-Wesley Pub. Co., Advanced Book Program, 2002

Lippe, W.: Soft-Computing, mit Neuronalen Netzen, Fuzzy-Logic und Evolutionären Algorithmen, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2006

Lippold, D.: Die Unternehmensberatung, von der strategischen Konzeption zur praktischen Umsetzung, 2.Auflage, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2016

Littig, B.: Expert Interviews – Methodology and Practice, Lectures, Vienna, 2013

- Macharzina, K./Wolf, J.: Unternehmensführung, Das internationale Managementwissen, Konzepte – Methoden – Praxis, 6.vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, Gabler GWV Fachverlag GmbH, Wiesbaden, 2008
- Macquat, C.: Diplomarbeit: Multivariate stochastische Volatilitätsmodelle, ETH Zürich, Abteilung für Mathematik, 2002
- Maier, D.A.: Cash Flow Prognosen bei Biotechnologieunternehmen mittels der systemdynamischen Modellierung, Josef Eul Verlag GmbH, Lohmar-Köln, 2011
- Makridakis, S./Reschke, H./Wheelwright, S.C.: Prognosetechniken für Manager, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 1980
- Martin, H.: Transport- und Lagerlogistik: Planung, Struktur, Steuerung und Kosten von Systemen der Intralogistik, 9.vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2014
- May, C.: PPS mit Neuronalen Netzen, Analyse unter Berücksichtigung der Besonderheiten der Verfahrensindustrie, Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler GmbH, Wiesbaden, 1996
- Mayring, P.: Qualitative Inhaltsanalyse, Grundlagen und Techniken, 3.durchgesehene Auflage, Deutscher Studien Verlag, Weinheim, 1990
- Mertens, P./Rässler, S.: Prognoserechnung, 6.völlig neu bearbeitete und erweiterte Auflage, Physica-Verlag, Heidelberg, 2005
- Müller-Prothmann, T./Dörr, N.: Innovationsmanagement, Strategien, Methoden und Werkzeuge für systematische Innovationsprozesse, 3.Auflage, Carl Hanser Verlag, München, 2014
- Nellessen, P.: Vortriebssynchrone Prognose der Setzungen bei Flüssigkeitsschildvortrieben auf Basis der Auswertung der Betriebsdaten mit Hilfe eines Neuro-FuzzySystems, CUVILLIER VERLAG, Göttingen, 2005
- Neusser, K.: Zeitreihenanalyse in den Wirtschaftswissenschaften, 2.aktualisierte Auflage, Vieweg+Teubner / GWV Fachverlag GmbH, Wiesbaden, 2009
- Novak, B.: Tourenplanung in mittelständischen Unternehmen, Ausgangslage, Rahmenbedingungen, Gestaltungsmöglichkeiten, Springer Fachmedien, Wiesbaden 1999
- Oelfke, D.: Speditionsbetriebslehre und Logistik, Die wichtigsten Prüfungsfragen mit Lösungen, 19.überarbeitet Auflage, Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler / GWV Fachverlag GmbH, Wiesbaden, 2005

- Oelker, J.-C.: Dissertation: Modelle mit generalisierter bedingter autoregressiver Heteroskedastie und Anwendungen in der Kapitalmarkttheorie, Fakultät IV-Elektrotechnik und Informatik der Technischen Universität Berlin, Berlin 2004
- Offergeld, T.: Wirtschaftlichkeit von Immobilien im Lebenszyklus, Eine programmierte Entscheidungshilfe mit dem Fokus auf konventionelle und PPP-Projekte, 1.Auflage, Gabler Verlag /Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2011
- Orth, C.: Tourenplanung im Straßengüterverkehr, 1.Auflage, Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler / GWV Fachverlag GmbH, Wiesbaden, 2008
- Ostertag, R.: Supply-Chain-Koordination im Auslauf in der Automobilindustrie, Koordinationsmodell auf Basis von Fortschrittszahlen zur dezentralen Planung bei zentraler Informationsbereitstellung, 1.Auflage, Gabler GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2008
- Ott, B.: Erstellung von Bedarfsprognosen durch Künstliche Neuronale Netze am Beispiel von Backmengenempfehlungen im Einzelhandel, Bachelorarbeit, Fakultät Technik und Informatik, Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Hamburg, 2013
- Pepels, W. (Hrsg.): Marktforschung: Organisation und praktische Anwendung, 2.überarbeitete Auflage, Symposion Publishing GmbH, Düsseldorf 2008
- Reibnitz, U.: Szenario-Technik: Instrumente für die unternehmerische und persönliche Erfolgsplanung, 2.Auflage, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 1992
- Reuter, U.: Analyse und Prognose von Zeitreihen mit Fuzzy-Daten zur Prädiktion von Strukturantworten, Dissertation an der Fakultät Bauingenieurwesen der Technischen Universität Dresden, 2006
- Rieg, R.: Planung und Budgetierung, Was wirklich funktioniert, 2.überarbeitete Auflage, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2015
- Riekhof, H.C./Riekhof, M.C./Brinkhoff, S.: Predictive Markets: Ein vielversprechender Weg zur Verbesserung der Prognosequalität im Unternehmen, Research Papers No. 2012/07, PFH Private Hochschule Göttingen, Göttingen, 2012
- Rinne, H./Rüger, B./Strecker, H.: Grundlagen der Statistik und ihre Anwendungen, Festschrift für Kurt Weichselberg, Physica-Verlag, Heidelberg, 1995
- Rutkowski, L.: Computational Intelligence, Methods and Techniques, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2008
- Sandberg, B.: Wissenschaftliches Arbeiten von Abbildung bis Zitat, Lehr- und Übungsbuch für Bachelor, Master und Promotion, 3.durchgesehene und erweiterte Auflage, Walter de Gruyter GmbH, Berlin/Boston, 2017

Saval, G.A.: Rationale Absatzplanung, Vorbereitung, Durchführung und Kontrolle der Absatzplanung im Industrieunternehmen, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 1972

Scharnbacher, K.: Statistik im Betrieb, Lehrbuch mit praktischen Beispielen, 14.aktualisierte Auflage, Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler/GWV Fachverlag GmbH, Wiesbaden, 2004

Scherer, A.: Neuronale Netze, Grundlagen und Anwendungen, Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig/Wiesbaden, 1997

Schlittgen, R./Streitberg, B.H.J.: Zeitreihenanalyse, 9.unwesentlich veränderte Auflage, Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, München, 2001

Schneeweiß, H.: Ökonometrie, 3.durchgesehene Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 1978

Schönsleben, P.: Integrales Logistikmanagement, Operations und Supply Chain Management innerhalb des Unternehmens und unternehmensübergreifend, 6.bearbeitete und erweiterte Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2011

Schuh, G.: Produktionsplanung- und Steuerung, Grundlagen, Gestaltung und Konzepte, 3.völlig neu bearbeitete Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2006

Schuh, G./Stich, V.: Logistikmanagement, Handbuch Produktion und Management 6, 2.vollständig neu bearbeitete und erweiterte Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2013

Schütte-Biastoch, S.: Unternehmensbewertung von KMU, Eine Analyse unter besonderer Berücksichtigung dominierter Bewertungsanlässe, 1.Auflage, Gabler Verlag / Springer Fachmedien GmbH, Wiesbaden, 2011

Seeber, G.U.H./Minder, Ch.E.: Multivariate Modelle, Neue Ansätze für biometrische Anwendungen, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, S.1991

Segaran, T.: Kollektive Intelligenz analysieren, programmieren und nutzen, 1.Auflage, O'Reilly Verlag GmbH & Co. KG, Köln, 2008

Sibbertsen, P./Lehne, H.: Statistik, Einführung für Wirtschafts- und Sozialwissenschaftler, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2012

Siekmann, S.: Fusion von Expertenwissen und Daten mit Neuro-Fuzzy-Methoden zur Prognose von Finanzzeitreihen, Herbert Utz Verlag GmbH, München, 1999

Simon, W.: GABALs großer Methodenkoffer Zukunft, Konzepte, Methoden, Instrumente, GABAL Verlag GmbH, Offenbach, 2011

Sipos, L.: Feldstudie – Quantitative Beobachtung, 1.Auflage, GRIN Verlage, Norderstedt, 2009

Sombé, L.: Schließen bei unsicherem Wissen in der künstlichen Intelligenz, Vergleich von Formalismen anhand eines Beispiels, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 1992

Spalek, A.: Prognose der Konjunkturenentwicklung durch evolutionäre Verfahren der Informatik, Peter Lang GmbH, Internationaler Verlag der Wissenschaften, Frankfurt am Main, 2010

Speckenbach, J.: Prognose sporadischer Nachfragen, Ein Vergleichsverfahren, 1.Auflage, JOSEF EUL VERLAG GmbH, Lohmar-Köln, 2017

Spieker, M.: Klassifizierung von Optimierungsverfahren in Supply Chain Management-Systemen, Diplomica Verlag GmbH, Hamburg, 2002

SteadieSefi, M./Dellaert, N.P./Nuijten, W./Van Woensel, T./Raoufi, R.: Multimodal freight transportation planning: a literature review, Elsevier B.V., School of Industrial Engineering and Innovation Sciences, Technical University, Eindhoven Netherlands, 2013

Stolzke, U.A.: Künstlich Neuronale Netze als Instrument zur Prognose von Rohstoffen, Band 8, Referate der 17. GIL – Jahrestagung, Berlin, 1996

Streitferdt, L./Hauptmann, H./Marusev, A.W./Ohse, D./Pape, U., Operations Research Proceedings 1985, DGOR Papers of the 14th Annual Meeting, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 1986

Tausend, C.: Selektion von Venture Capital-Fonds durch institutionelle Investoren, Deutscher Universitäts-Verlag / GWV Fachverlag GmbH, Wiesbaden, 2006

Tempelmeier, H.: Bestandsmanagement in Supply Chains, 5.Auflage, Books on Demand GmbH, Norderstedt, 2015

Thome, H.: Ausreißer und fehlende Werte in der Zeitreihenanalyse: ihre Modellierung im Rahmen des Box/Jenkins-Ansatzes, ZA-Information/Zentralarchiv für Empirische Sozialforschung, 1992 (31, pp. 37-69. URN: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0168-ssoar-202351>)

Thonemann, U.: Operations Management, Konzepte, Methoden und Anwendungen, 2.aktualisierte Auflage, Pearson Studium, München, 2010

Tscheulin, D.K./Helmig, B.: Gabler Lexikon Marktforschung, Betriebswirtschaftlicher Verlag, Dr. Th. Gabler/GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2004

- Umlauf, K./Fühles-Ubach, S./Seadle, M.: Handbuch Methoden der Bibliotheks- und Informationswissenschaft, Bibliotheks-, Benutzerforschung, Informationsanalyse, Walter de Gruyter GmbH, Berlin/Boston, 2013
- Urban, D./Mayerl, J.: Regressionsanalyse: Theorie, Technik und Anwendung, 3.überarbeitete und erweiterte Auflage, VS Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien GmbH, Wiesbaden, 2008
- Urban, D./Mayerl, J.: Regressionsanalyse: Theorie, Technik und Anwendung, 4.überarbeitete und erweiterte Auflage, VS Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien GmbH, Wiesbaden, 2011
- Vedung, E.: Evaluation im öffentlichen Sektor, Böhlau Verlag Ges.m.b.H. und Co.KG, Wien, Köln, Graz, 1999
- Vogel, J.: Prognose von Zeitreihen, Eine Einführung für Wirtschaftswissenschaftler, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2015
- Vollerthun, A.: System Engineering, Integration von Konzeptentwurf und Marketing, Herbert Utz Verlag GmbH, München, 2001
- Von der Gathen, A.: Das große Handbuch der strategischen Instrumente, Werkzeuge für eine erfolgreiche Unternehmensführung, 3.aktualisierte und erweiterte Auflage, Campus Verlag GmbH, Frankfurt am Main, 2014
- Voss, R.: Wissenschaftliches Arbeiten, 2.Auflage, UVK Verlagsgesellschaft mbH, Konstanz und München, 2011
- Voss, S./Pahl, J./Schwarze, S.: Logistik Management, Systeme, Methoden, Integration, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2009
- Wagenitz, A.: Modellierungsmethoden zur Auftragsabwicklung in der Automobilindustrie, Dissertationsschrift, Düsseldorf, 2007
- Walde, J.F.: Design Künstlicher Neuronaler Netze, Ein Leitfaden zur effizienteren Handhabung mehrschichtiger Perzeptrone, 1.Auflage, Deutscher Universitäts-Verlag / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2005
- Wannenwetsch, H.: Integrierte Materialwirtschaft und Logistik, Beschaffung, Logistik, Materialwirtschaft und Produktion, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2010
- Wannenwetsch, H.: Vernetztes Supply Chain Management, SCM-Integration über die gesamte Wertschöpfungskette, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2005
- Weber, B.: Einsatz von künstlich Neuronalen Netzen bei der Aktienkursprognose, Eine Stärken-Schwächen-Analyse, Diplomica Verlag GmbH, Hamburg, 1999

- Wedra, A.: IT-basierte Managementunterstützung, Künstlich Neuronale Netze zur quantitativen Prognose, Bachelor + Master Publishing, ein Imprint der Diplomica Verlag GmbH, Hamburg, 2012
- Wehberg, G.: Ökologieorientiertes Logistikmanagement, Ein evolutionstheoretischer Ansatz, Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler GmbH, Wiesbaden, 1997
- Wenger, W./Geigerm, M.J./Kleine, A.: Business Excellence in Produktion und Logistik, Festschrift für Prof. Dr. Walter Habenicht, 1. Auflage, Gabler Verlag/Springer Fachmedien GmbH, Wiesbaden, 2011
- Weßner, K.: Strategische Marktforschung mittels kohorten-analytischer Designs, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 1989
- Westerhold, B.: Berücksichtigung von Nachfrageschwankungen bei der Produktionsplanung für industrialisierte Dienstleistungen, Diplomica Verlag GmbH, Hamburg, 2003
- Wirnsberger, M.: Mathematische und intuitive Prognoseverfahren in der strategischen Planung, Diplomarbeit im Rahmen der Diplomprüfung in Betriebswirtschaftslehre, Verwaltungs- und Wirtschaftsakademie, Berlin, 1998
- Wolfschmidt, B.: Basiswissen – Geprüfter technischer Betriebswirt – Personalmanagement, epubli GmbH, Berlin, 2015
- Woschank, M./Zsifkovits, H.E.: Der Einsatz von Prognoseverfahren in der Logistik: eine Metaanalyse von theoretischen Konzepten und empirischen Befunden, Industrielogistik, Montanuniversität, Leoben, 2014
- Zesch, F.: Beschaffung, Logistik, Materialwirtschaft und Produktion, Beschaffung, Logistik, Materialwirtschaft und Produktion, Berlin, 2011
- Zesch, F./Kasper-Brauner, K./Motta, M./Schwede, C./Wagenitz, A./Reeker, C./Liebler, K./Maaß, J.C./Engmann, C./Schneider, S.S.L./Pauli, T.: InTerTrans-Integrierte Terminierung und Transportplanung für komplexe Wertschöpfungsstrukturen, Verbundbericht zum Projektabschluss, Berlin, 2011
- Zangenmeister, C.: Nutzwertanalyse in der Systemtechnik, Eine Methodik zur multidimensionalen Bewertung und Auswahl von Projektalternativen, 5. Auflage, Books on Demand, Winnemark, 2014
- Zimmermann, A.: Praxisorientierte Unternehmensplanung mit harten und weichen Daten, Das strategische Führungssystem, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2010

10 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau der Arbeit, sowie methodisches Vorgehen	2
Abbildung 2: Zielgrößen der Verkehrsträgerwahl	5
Abbildung 3: Ablauf – Planung	7
Abbildung 4: Planungshorizonte	8
Abbildung 5: Supply-Chain-Matrix	9
Abbildung 6: Planungsebenen und Planungshorizonte der Transportlogistik	11
Abbildung 7: Strategische Aufgaben in der Transportlogistik	12
Abbildung 8: Taktische Aufgaben in der Transportlogistik	13
Abbildung 9: Operative Aufgaben in der Transportlogistik	14
Abbildung 10: Minimaler Planungsvorlauf für Straßen- und Schienenverkehr	14
Abbildung 11: Prognose im Planungsablauf	15
Abbildung 12: Zukünftige Herausforderungen – Einflussgrößen auf Prognosen	17
Abbildung 13: Richtigkeit vs. Präzision	19
Abbildung 14: Einteilungsoption von Prognoseverfahren	25
Abbildung 15: Einteilung von Prognoseverfahren	27
Abbildung 16: Vorgehen zur Auswahl des geeigneten Prognoseverfahrens	27
Abbildung 17: Szenario-Technik	31
Abbildung 18: Szenario-Trichter	32
Abbildung 19: Ablauf Szenario-Technik	33
Abbildung 20: Ablauf Expertenbefragung	34
Abbildung 21: Ablauf Experteninterviews	35
Abbildung 22: Ablauf Delphi-Methode	37
Abbildung 23: Ablauf Analogieschlussverfahren	38
Abbildung 24: Ablauf Brainstorming	39
Abbildung 25: Mögliche Ausprägungen und Verlaufsbeispiele von Zeitreihen	41
Abbildung 26: Ablauf Zeitreihenanalyse	43
Abbildung 27: Ablaufschritte der Analyse und Prognose einer Zeitreihe	43
Abbildung 28: Ablauf Komponentenmodelle	45
Abbildung 29: Ablauf Trendextrapolation	46
Abbildung 30: Trendtypen beim Verfahren der Trendextrapolation	47
Abbildung 31: Kernkomponenten beim Ablauf von Glättungsverfahren	48
Abbildung 32: Ablauf Gleitender Durchschnitt	50
Abbildung 33: Ablauf Berechnung der exponentiellen Glättung	52
Abbildung 34: Autoregressive Verfahren	53
Abbildung 35: Ablauf Box-Jenkins-Verfahren	54
Abbildung 36: Modellierung stochastischer Prozesse durch ARMA-Modelle	54
Abbildung 37: Computational Intelligence	56
Abbildung 38: Ablauf Genetische Programmierung	57

Abbildung 39: Neuronales Netz als Abbildungsvorschrift (links) und als Verbindungsstruktur (rechts)	58
Abbildung 40: Ablauf Künstlich Neuronale Netze	60
Abbildung 41: KNN - Modellierung einer Prognose	60
Abbildung 42: ANFIS-Modell	62
Abbildung 43: Ablauf ANFIS	63
Abbildung 44: Drei Extremfälle der Korrelation	66
Abbildung 45: Ablauf Regressionsanalyse	68
Abbildung 46: Grober Ablauf Regressionsanalyse	68
Abbildung 47: Ablauf OLS-Regressionsanalyse	69
Abbildung 48: Ablauf Maximum-Likelihood-Methode	74
Abbildung 49: Aufbau- bzw. Ablaufmodell der Arbeit	86
Abbildung 50: Strategische, taktische und operative Planungsaufgaben der Transportlogistik	102
Abbildung 51: Häufigkeit und Granularität der Planungsaufgaben innerhalb einer Planungsebene	107
Abbildung 52: Planungsaufgaben und das damit verbundene Potential im Einsatz von Prognoseverfahren	113
Abbildung 53: Ablauf – Resultat in Bezug auf die Forschungsfrage	118
Abbildung 54: Anforderungsprofil der Planungshorizonte	120
Abbildung 55: Durchschnittlicher Erfüllungsgrad der Methodenkategorien	122
Abbildung 56: Ranking der Prognoseverfahren in der Gesamtbewertung	124
Abbildung 57: Resultate Abweichungsanalyse: Bewertungsmodell – Ebene 3	125
Abbildung 58: Strategische Planungsaufgaben und ihre Top 3 Prognoseverfahren	126
Abbildung 59: Taktische Planungsaufgaben und ihre Top 3 Prognoseverfahren	127
Abbildung 60: Operative Planungsaufgaben und ihre Top 3 Prognoseverfahren	128
Abbildung 61: Zusammenfassung der Anwendungsempfehlungen – Gegenüberstellung	131
Abbildung 62: Zusammenfassende Anwendungsempfehlung aus der Gegenüberstellung	132
Abbildung 63: Ranking der Prognoseverfahren hinsichtlich Kosten, Zeit und Prognosequalität	133

11 Formelverzeichnis

Formel 1: Prognosefehler	19
Formel 2: Mean Squared Error	20
Formel 3: Mean Absolute Deviation.....	20
Formel 4: Mean Absolute Percentage Error	20
Formel 5: Mittlerer Fehler	20
Formel 6: Standardabweichung.....	21
Formel 7: Mittlerer prozentualer Fehler in [%].....	21
Formel 8: symmetrischer mittlerer absoluter prozentualer Fehler in [%].....	21
Formel 9: Schematische Darstellung des Analogieschlussverfahrens	38
Formel 10: Arithmetischer Mittelwert	42
Formel 11: Varianz	42
Formel 12: Standardabweichung.....	42
Formel 13: Additiver Ansatz.....	44
Formel 14: Multiplikativer Ansatz.....	44
Formel 15: Additiver Ansatz durch Logarithmieren.....	45
Formel 16: Prognosewert für die Periode t+k am Ende der Periode t	49
Formel 17: Prognosefehler für die Periode t+k am Ende der Periode t	50
Formel 18: Exponentielle Glättung: Grundformel 1. Ordnung für den Prognosewert.....	51
Formel 19: Schätzwert 1.Ordnung für die Beobachtungsperiode t	51
Formel 20: Schätzwert 2.Ordnung für die Beobachtungsperiode	51
Formel 21: Absoluter Wert (links) und Steigungsfaktor (rechts) des Trends	51
Formel 22: Prognosewert für die Periode t+m	51
Formel 23: ARMA(p,q)-Modell.....	54
Formel 24: Mögliche Darstellung der Mengen der Genetischen Programmierung	57
Formel 25: ANFIS - Regelform und Funktion.....	61
Formel 26: Fuzzy-Menge.....	63
Formel 27: Ausgabewert	63
Formel 28: Erfülltheitsgrad.....	63
Formel 29: Multiplikation der relativen Aktivierung mit der Funktion für jede Regel...	63
Formel 30: ANFIS-Modell – Berechnungen der Ausgabe.....	63
Formel 31: Eingleichungsmodell mit mehreren Variablen	65
Formel 32: Kovarianz	66
Formel 33: Korrelationskoeffizient	66
Formel 34: einfaches lineares Regressionsmodell	67
Formel 35: multiples lineares Regressionsmodell	67
Formel 36: OLS-Schätzung – Minimierungsproblem Teil 1	70
Formel 37: OLS-Schätzung – Minimierungsproblem Teil 2	70
Formel 38: OLS-Schätzung der Regressionskoeffizienten	70
Formel 39: Berechnung der Regressionskoeffizienten α	70

Formel 40: Berechnung der Regressionskoeffizienten β	70
Formel 41: Grundfunktion der multivariaten Regression	71
Formel 42: Zielfunktion der multivariaten Regression.....	72
Formel 43: Likelihood-Funktion	73
Formel 44: Berechnung der Gewichtungsfaktoren	96
Formel 45: Berechnung des Nutzwerts	96
Formel 46: Berechnung der Abweichungen für die Abweichungsanalyse	97
Formel 47: Durchschnittlicher Anforderungsgrad „Zeit“ von strategischen Planungsaufgaben.....	120
Formel 48: Durchschnittlicher Erfüllungsgrad der Verfahrenskategorie.....	121
Formel 49: Durchschnittlicher Nutzwert eines Prognoseverfahrens	124

12 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vor- und Nachteile der Verkehrsträger LKW und Eisenbahn	6
Tabelle 2: Aufgaben der intermodalen Transportlogistik innerhalb der drei Planungshorizonte	12
Tabelle 3: Literaturbezogene Einteilung der Prognoseverfahren hinsichtlich des Zeithorizonts	75
Tabelle 4: Einteilung der Prognoseverfahren der Kategorie Qualitativer Verfahren ..	76
Tabelle 5: Einteilung der Prognoseverfahren der Kategorie Quantitativer Verfahren	77
Tabelle 6: Einteilung der Prognoseverfahren der Kategorie Genetische Programmierung	78
Tabelle 7: Einteilung der Prognoseverfahren der Kategorie Ökonometrie.....	79
Tabelle 8: Umsetzung der qualitativen Inhaltsanalyse – In- und Outputs	88
Tabelle 9: Umsetzung der Experteninterviews – In- und Outputs.....	91
Tabelle 10: Umsetzung – Auswertung der Interviews.....	92
Tabelle 11: Umsetzung der Nutzwertanalyse	93
Tabelle 12: Bewertungsmodell – Ebene 1	94
Tabelle 13: Bewertungsmodell – Ebene 2	94
Tabelle 14: Bewertungsmodell – Verknüpfungsebene	95
Tabelle 15: Das Bewertungssystem	95
Tabelle 16: Bewertungsergebnisse der Prognoseverfahren	101
Tabelle 17: Prognosegegenstände der unterschiedlichen Planungsaufgaben	105
Tabelle 18: Häufigkeit der Durchführung und Granularität der Planzahlen von strategischen Planungsaufgaben	106
Tabelle 19: Häufigkeit der Durchführung und Granularität der Planzahlen von taktischen Planungsaufgaben.....	106
Tabelle 20: Häufigkeit der Durchführung und Granularität der Planzahlen von operativen Planungsaufgaben	107
Tabelle 21: Anforderungen der strategischen Planungsaufgaben	108
Tabelle 22: Anforderungen der taktischen Planungsaufgaben	108
Tabelle 23: Anforderungen der operativen Planungsaufgaben.....	108
Tabelle 24: Resultat: Bewertungsmodell – Ebene 1	119
Tabelle 25: Resultat: Bewertungsmodell – Ebene 2	121
Tabelle 26: Resultate Nutzwertanalyse: Bewertungsmodell – Ebene 3.....	123
Tabelle 27: Abweichungsanalyse – Priorisierte Prognoseverfahren für die Planungsebenen.....	129

13 Abkürzungsverzeichnis

z.B.	zum Beispiel
bzw.	beziehungsweise
u.a.	unter anderen
zw.	zwischen
Abb.	Abbildung
MSE	Mean Squared Error
MAD	Mean Absolute Deviation
MAPE	Mean Absolute Percentage Error
usw.	und so weiter
max.	maximal
ARMA	autoregressive moving average
ARIMA	autoregressive integrated moving average
Vgl.	vergleiche
ebd.	ebenda
GP	Genetische Programmierung
KNN	Künstlich Neuronale Netze
ANFIS	Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems
OLS	Ordinary Least Squares
etc.	et cetera