Entwicklung eines Verfahrens zur Steigerung der Pünktlichkeit im deutschen SPNV

vorgelegt von
Diplom-Volkswirt
Stephan Rothe

eingereicht an der
Fakultät V – Verkehrs- und Maschinensysteme
der Technischen Universität Berlin

zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor der Ingenieurwissenschaften
– Dr.-Ing. –

genehmigte Dissertation

Promotionsausschuss:
Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. Roland Jochem
Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Markus Hecht
Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Joachim Herrmann

Tag der wissenschaftlichen Aussprache: 12. Mai 2014

Berlin 2014
D 83

Diese Seite bleibt bewusst frei.
This Page Is Intentionally Blank.

Diese Seite bleibt bewusst frei.
This Page Is Intentionally Blank.

Zusammenfassung

Eine umfassende Recherche ergab, dass Eisenbahnverkehrsunternehmen im deutschen Schienenpersonennahverkehr keine wissenschaftlich fundierten Verfahren des Qualitätsmanagements zur Verfügung stehen, um unabhängig von Aufgabenträgern und Netzbetreiber die Pünktlichkeit ihrer Verkehre zu steigern.

Es wurde daher ein Verfahren entwickelt, welches diese Aufgabe erfüllen soll. Dazu wurden bestehende Verfahren aus dem Bereich des Qualitätsmanagements erfasst und bewertet. Als Ergebnis der Bewertung wurde Six Sigma als methodische Grundlage für das zu entwickelnde Verfahren ausgewählt. Für sechs Phasen – *Recognize*, *Define*, *Measure*, *Analyze*, *Improve*, *Control* (R-DMAIC) – wurden die jeweiligen Ziele, die wesentlichen Schritte und die dazugehörigen Qualitätstechniken jeder Phase bestimmt, diskutiert und für das Verfahren ausgewählt. Für die Phase *Recognize* wird zudem eine eigene Qualitätstechnik, das Differenzverspätungsdiagramm, entwickelt. Dieses Diagramm hilft, im Linienverlauf Abschnitte zu identifizieren, in denen Verspätungen entstehen.

Das entwickelte Verfahren wurde im Rahmen eines Feldtests zur Steigerung der Pünktlichkeit bei einer Pilotlinie eingesetzt. Das Vorgehen und die Ergebnisse wurden für jede der sechs Phasen detailliert beschrieben. Durch die Anwendung des Verfahrens konnte die Pünktlichkeit der Pilotlinie signifikant gesteigert werden und Vertragsstrafen reduziert werden. Six Sigma erwies sich als methodische Basis generell geeignet. Im Feldtest konnte jedoch keine der Maßnahmen exklusiv, d.h. ohne Beteiligung des Netzbetreibers, umgesetzt werden.

Aus der Entwicklung des Verfahrens und des pilothaften Feldtests ergaben sich zahlreiche Fragestellungen und weiterer Forschungsbedarf. So besteht u.a. Bedarf, die Wirksamkeit des entwickelten Verfahrens weiter zu prüfen. Hilfreich ist dabei, die Ermittlung von Kosten nicht anforderungsgerechter Pünktlichkeit im deutschen SPNV wissenschaftlich zu untersuchen. Empfohlen wird zudem, die Anreizstruktur eines Netzbetreibers zur Planung robuster Fahrpläne und zur Umsetzung pünktlichkeitssteigender Maßnahmen zu untersuchen und Empfehlungen für eine Weiterentwicklung zu geben. Ebenso wird Forschungsbedarf für die Anpassung des Six Sigma-Ansatzes aufgezeigt. Abschließend werden Handlungsempfehlungen für die Praxis gegeben.

Schlagwörter:

SPNV, Eisenbahn, Pünktlichkeit, Verspätungen, Qualitätsmanagement, Verfahren, Six Sigma

Abstract

A comprehensive research revealed that railway companies in the German regional rail transport market have no scientific based quality management methods available to increase the punctuality of their traffic autonomously of client bodies and network operators.

Therefore a procedure was developed to accomplish this purpose. Existing methods from the field of quality management were identified and evaluated. As a result of this evaluation Six Sigma was selected as the methodological basis for the procedure to be developed. For each of ist six phases – *Recognize*, *Define*, *Measure*, *Analyze*, *Improve*, *Control* (R-DMAIC) – their objectives, the key steps and related quality management techniques were determined, discussed and selected for the procedure.

For the phase *Recognize* a new technique, the delay difference diagram, was developed. This diagram facilitates the identication of sections within the route of the trains where delays occur.

The developed procedure was applied in a field test to improve the punctuality of a pilot line. The procedure and the results have been described in detail for each of the six phases. By applying the procedure, the punctuality of the pilot line could be increased significantly, and thus penalties were reduced. Six Sigma proved to be generally suitable as a methodological basis. In the field test, however, none of the measures was exclusive, i.e. implemented without the participation of the network operator.

The development of the procedure and the field test led to numerous questions and revealed further research needs. For instance, further tests of the effectiveness of the developed procedure are necessary. In combination with these tests, it would be helpful to examine scientifically the costs of poor quality of noncompliant punctuality in German regional rail transport. Another recommendation has been the examination of the incentive structure of network operators, particularily regarding the planning of robust timetables, the implementation of punctuality increasing measures as well as recommendations for further development. Similarly, research topics to develop the Six Sigma approach have been presented. Finally, recommendations for practice have been given.

Keywords:

Regional Train Transport, Railways, Punctuality, Delay, Quality Management, Procedure, Six Sigma

Diese Seite bleibt bewusst frei.
This Page Is Intentionally Blank.

Diese Seite bleibt bewusst frei.
This Page Is Intentionally Blank.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung **4**

Abstract **5**

Inhaltsverzeichnis **8**

1 Einführung und Strukturierung der Arbeit **14**

1.1 Anlass 14
1.2 Hypothesengerüst 15
1.3 Forschungsdesign 19
1.4 Untersuchungsdesign 22

2 Grundlagen des deutschen SPNV und Herleitung der Forschungslücke **25**

2.1 Charakterisierung des Schienenpersonennahverkehrs 25
2.1.1 Definition des Schienenpersonennahverkehrs 25
2.1.2 Schienenpersonennahverkehr als Dienstleistung 27
2.1.3 SPNV als Dienstleistung: Konsequenzen für die Forschungsarbeit 28
2.1.4 Desintegration durch Regionalisierung 29
2.1.5 Konsequenz aus der Desintegration des SPNV: Konzentration auf die Möglichkeiten der Eisenbahnverkehrsunternehmen 31
2.2 Pünktlichkeit und Verspätungsminuten 33
2.2.1 Qualität und Dienstleistungsqualität 33
2.2.2 Pünktlichkeit als Qualitätsmaß 34
2.2.3 Operationalisierung der Toleranz 38
2.2.4 Verspätungsminuten als Maßgröße für Abweichungen vom Sollwert 38
2.2.5 Der Fahrplan als Basis 40
2.2.5.1 Definition 40
2.2.5.2 Räumliche Bezugspunkte 42
2.2.5.3 Zeitliche Bezugspunkte 43
2.3 Bedarf an Steigerung der Pünktlichkeit 44
2.3.1 Anspruchsgruppen im deutschen Schienenpersonennahverkehr 44
2.3.2 KANO-Modell als Modell für den Wirkungszusammenhang zwischen Qualität und Kundenzufriedenheit 45
2.3.3 Pünktlichkeit als Basisanforderung wesentlicher Anspruchsgruppen 47
2.3.3.1 Logische Herleitung 47
2.3.3.2 Stand der Forschung (Literaturrecherche) 48
2.3.4 Erfüllungsgrad der Anforderungen bezüglich Pünktlichkeit 49
2.3.5 Schlussfolgerung: Bedarf, Pünktlichkeit im deutschen SPNV zu steigern 51
2.4 Bisherige Methoden zur Steigerung der Pünktlichkeit 52
2.4.1 Literaturrecherche zur Erfassung des aktuellen Standes der Forschung 52
2.4.2 Ergebnis der Recherche: Stand der Forschung 53
2.4.2.1 Quellen im ausgewählten Forschungsfeld 53
2.4.2.2 Quellen bei Ausweitung des Untersuchungsraumes – Ansätze der Fahrplanoptimierung 56
2.4.2.2.1 Prozessschritt *Fahrplanerstellung* 57
2.4.2.2.2 Prozessschritt *Ex-ante-Analyse und Optimierung* 58
2.4.2.2.3 Prozessschritt *Durchführung* 61
2.4.2.2.4 Prozessschritt *Ex-post-Analyse und Bewertung* 63
2.4.2.2.5 Übergreifende Ansätze 64
2.4.3 Forschungslücke: kein umfassender Ansatz zur Steigerung der Pünktlichkeit vorhanden 65

3 Qualitätstechniken: Stand der Forschung 66

3.1 Qualitätsmanagement als Bezugsrahmen 66
3.1.1 Erfüllung von Kundenanforderungen durch Nutzung von Techniken des Qualitätsmanagements 66
3.1.2 Allgemeine Beschreibung des Qualitätsmanagements 66
3.1.3 Die Normenfamilie ISO 9000 als Referenz 68
3.1.4 Eingrenzung der Untersuchung auf die Verbesserung im ISO 9004-Prozessmodell 70
3.1.5 Wirksamkeit des Qualitätsmanagements 71
3.1.6 Zwischenstand 73
3.2 Definition von Qualitätstechnik und -methode 73
3.2.1 Stand der Forschung und Problemstellung 73
3.2.2 Bestehende Definitionen 75
3.2.3 Diskussion und Begriffsklärung 78
3.2.3.1 Anforderungen an Fachbegriffe 78
3.2.3.2 Klärung der Begriffe *Instrument*, *Werkzeug* und *Tool* 78
3.2.3.3 Klärung der Begriffe *Verfahren*, *Methode* und *Vorgehen* 78
3.2.3.4 Klärung des Begriffes *Technik* 79
3.2.3.5 Neudefinition von relevanten Begriffen 80
3.2.4 Verbleibende Forschungsaufgabe 82
3.3 Bestehende Regelsysteme für Verbesserungen als Grundlage: Stand der Forschung 83
3.3.1 Vorgehen 83
3.3.2 Ergebnis der Literaturrecherche im Überblick 83
3.3.3 Kurzbeschreibungen der identifizierten Ansätze 83
3.3.3.1 PDCA-Zyklus von SHEWHART / DEMING 83
3.3.3.2 Normenfamilie ISO 9000 84
3.3.3.3 8D-Problemlösungsmethode 86
3.3.3.4 Kreativer Problemlösungsprozess (KPL-Prozess) 88
3.3.3.5 KVP-Workshops 89
3.3.3.6 DMAIC aus Six Sigma 93
3.3.3.7 Sechs Gemba-Prinzipien 96
3.3.3.8 Vorgehensmodell bei TOYOTA (nach MIKE ROTHER) 96
3.3.4 Vergleich der Problemlösungsstrukturen 100

4 Entwicklung eines Verfahrens für Eisenbahnverkehrsunternehmen zur Steigerung der Pünktlichkeit 103

4.1 Gestaltungsdesign 103
4.2 Auswahl Problemlösungsmodell: Six Sigma als Basis 106
4.2.1 Kriterienentwicklung 106
4.2.2 Entwicklung des Bewertungsverfahrens 106
4.2.3 Bewertung der einzelnen Ansätze 107
4.2.4 Ergebnis der Bewertung: Nutzung des Six Sigma DMAIC-Ansatzes 109
4.3 Festlegung der Phasen: R-DMAIC 110
4.4 Quellenauswahl: neun deutsche und US-amerikanische Quellen 111
4.5 Ausgestaltung der sechs Phasen R-DMAIC 113
4.5.1 Verfahrensentwicklung: Phase R – *Recognize* (Projekt auswählen) 113
4.5.1.1 Festlegung des Zieles 113
4.5.1.2 Erfassung, Diskussion und Festlegung der grundlegenden Prozessschritte 113
4.5.1.3 Erfassung, Diskussion und Festlegung der Qualitätstechniken 116

4.5.1.4 Entwicklung einer speziellen Qualitätstechnik zur Detektion von Verspätungsschwerpunkten: Differenzverspätungs-Diagramm 118
4.5.2 Verfahrensentwicklung: Phase D – *Define* (Projektziel und -umfang bestimmen) 120
4.5.2.1 Erfassung, Diskussion und Festlegung der Ziele 120
4.5.2.2 Erfassung, Diskussion und Festlegung der grundlegenden Prozessschritte 121
4.5.2.3 Erfassung, Diskussion und Festlegung der Qualitätstechniken 122
4.5.3 Verfahrensentwicklung: Phase M – *Measure* (Messen) 128
4.5.3.1 Erfassung, Diskussion und Festlegung der Ziele 128
4.5.3.2 Erfassung, Diskussion und Festlegung der Prozessschritte 128
4.5.3.3 Erfassung, Diskussion und Festlegung der Qualitätstechniken 129
4.5.4 Verfahrensentwicklung: Phase A – *Analyze* (Analysieren) 134
4.5.4.1 Erfassung, Diskussion und Festlegung der Ziele 134
4.5.4.2 Erfassung, Diskussion und Festlegung der Prozessschritte 134
4.5.4.3 Erfassung, Diskussion und Festlegung der Qualitätstechniken 135
4.5.5 Verfahrensentwicklung: Phase I – *Improve* (Verbessern) 140
4.5.5.1 Erfassung, Diskussion und Festlegung der Ziele 140
4.5.5.2 Erfassung, Diskussion und Festlegung der grundlegenden Prozessschritte 140
4.5.5.3 Erfassung, Diskussion und Festlegung der Qualitätstechniken 141
4.5.6 Verfahrensentwicklung: Phase C – *Control* (Steuern) 146
4.5.6.1 Erfassung, Diskussion und Festlegung der Ziele 146
4.5.6.2 Erfassung, Diskussion und Festlegung der grundlegenden Prozessschritte 146
4.5.6.3 Erfassung, Diskussion und Festlegung der Qualitätstechniken 147
4.6 Zusammenfassende Darstellung 150

5 Feldtest 151

5.1 Untersuchungsraum und -zeitraum 151
5.2 Pilotlinie P1 als durchgängige Fallstudie mit Wirksamkeitsnachweis 151
5.2.1 Phase *Recognize* 151
5.2.2 Phase *Define* 154
5.2.3 Phasen *Measure*, *Analyze* und *Improve* im Schwerpunkt 1: Anschluss auf Züge eines anderen Eisenbahnverkehrsunternehmens 162
5.2.3.1 Phase *Measure* 162
5.2.3.2 Phase *Analyze* 165
5.2.3.3 Phase *Improve* 167
5.2.4 Phasen *Measure*, *Analyze* und *Improve* im Schwerpunkt 1: Zugfolge (in Linienrichtung) 170
5.2.4.1 Phase *Measure* 170
5.2.4.2 Phase *Analyse* 171
5.2.4.3 Phase *Improve* 176
5.2.5 Phasen *Measure*, *Analyze* und *Improve* in den Schwerpunkten 2 und 4: Zugfolge auf eine S-Bahn (in beide Richtungen) 177
5.2.5.1 Phase *Measure* 177
5.2.5.2 Phase *Analyze* 178
5.2.5.3 Phase *Improve* 181
5.2.6 Phasen *Measure*, *Analyze* und *Improve* im Schwerpunkt 3: Häufige Halte an einem Bahnübergang 189
5.2.6.1 Phase *Measure* 189
5.2.6.2 Phase *Analyse* 191

5.2.6.3 Phase *Improve* ... 192
5.2.7 Phasen *Measure*, *Analyze* und *Improve*: Zusammenfassung der genutzten Qualitätstechniken ... 195
5.2.8 Phase *Control* ... 198
5.2.8.1 Grundsätzliche Steuerungslogik ... 198
5.2.8.2 Pünktlichkeits-EKG als selbst entwickelte Qualitätstechnik zur Steuerung ... 199
5.2.8.3 Beispiel für die Steuerung ... 199
5.2.8.4 Wirkung der Maßnahmen in Summe: Steigerung der Pünktlichkeit erreicht ... 201
5.2.8.5 Wirkung der einzelnen Maßnahmen ... 201
5.2.8.6 Phase *Control*: Zusammenfassung der genutzten Qualitätstechniken 203

6 Forschungsergebnisse, weiterer Forschungsbedarf und Handlungsempfehlungen für die Praxis ... 204

6.1 Forschungsergebnisse ... 204
6.1.1 Forschungsergebnis: Hypothesengerüst tragfähig ... 204
6.1.2 Forschungsergebnis: Steigerung der Pünktlichkeit relevantes Problem ... 204
6.1.3 Forschungsergebnis: Vermutete Forschungslücke bestätigt ... 205
6.1.4 Forschungsergebnis: Ein Verfahren für EVU zur Steigerung der Pünktlichkeit konnte entwickelt werden ... 205
6.1.5 Forschungsergebnis: Six Sigma als methodische Basis generell geeignet ... 206
6.1.6 Forschungsergebnis: Entwickeltes Verfahren prinzipiell wirksam ... 208
6.1.7 Forschungsergebnis: Exklusive Umsetzung von Maßnahmen ohne EIU-Beteiligung nicht wahrscheinlich ... 209
6.1.8 Zusammenfassung der Forschungsergebnisse ... 209
6.2 Offene Fragestellungen und weiterer Forschungsbedarf ... 210
6.2.1 Forschungsbedarf: Untersuchung der Präferenzen der deutschen SPNV-Anspruchsgruppen sowie der Anforderungen der SPNV-Aufgabenträger ... 210
6.2.2 Forschungsbedarf: definitorische Abgrenzung zwischen Qualitätstechnik und Qualitätsmethode sowie Definition weiterer, verwandter Begriffe ... 212
6.2.3 Forschungsbedarf: Überprüfung der Wirksamkeit für das entwickelte Verfahren ... 212
6.2.4 Forschungsbedarf: Vertiefende Untersuchung, welche alleinigen Möglichkeiten ein EVU in Deutschland zur Pünktlichkeitsverbesserung hat ... 213
6.2.5 Forschungsbedarf: Anpassung des Six Sigma-Ansatzes ... 215
6.2.5.1 Anwendung für ortsverändernde Dienstleistungen bei hoher Integration des externen Faktors ... 215
6.2.5.2 Six Sigma-Mindset: alternative Interpretation der Phasen *Measure* und *Analyze* sowie Einführung des ATAK-Prinzips ... 215
6.2.6 Forschungsbedarf: Bedeutung der drei Komponenten *Methode*, *Rollen*, *Management-Attention* für die Wirksamkeit der Six Sigma-Methode ... 220
6.2.7 Forschungsbedarf: Ermittlung von Kosten nicht anforderungsgerechter Pünktlichkeit im deutschen SPNV ... 220
6.2.8 Forschungsbedarf: Aufarbeitung der Anreizstruktur eines EIU zur Planung robuster Fahrpläne und Umsetzung pünktlichkeitssteigender Maßnahmen ... 221
6.2.9 Zusammenfassung des Forschungsbedarfs ... 222
6.3 Handlungsempfehlungen für die Praxis ... 223
6.3.1 Handlungsempfehlungen für die Phasen *Recognize* und *Define* ... 223
6.3.2 Handlungsempfehlungen für die Phasen *Measure* und *Analyze* ... 224
6.3.3 Handlungsempfehlungen für die Phasen *Improve* und *Control* ... 226

Anlagen **227**
Abkürzungsverzeichnis **259**
Abbildungsverzeichnis **261**
Tabellenverzeichnis **265**
Literaturverzeichnis **266**

Diese Seite bleibt bewusst frei.
This Page Is Intentionally Blank.

1 Einführung und Strukturierung der Arbeit

1.1 Anlass

Wettbewerb findet nicht nur innerhalb des Eisenbahnmarktes (intramodal) statt,[1] sondern auch zwischen verschiedenen Verkehrsträgern (intermodal). Der Schienenpersonennahverkehr (SPNV) konkurriert intermodal vor allem mit dem motorisierten Individualverkehr, d.h. Personenkraftwagen und motorisierten Zweirädern (vgl. BUNDESNETZAGENTUR 2008, S. 22 ff.). Eine hohe Pünktlichkeit ist eine wichtige Voraussetzung, um bei der Verkehrsmittelwahl ausreichend attraktiv zu sein (vgl. Unterkapitel 1.2 und 2.2).[2]

Die Regionalisierung des Schienenpersonennahverkehrs in Deutschland als zweite Stufe der Bahnreform 1996 hat mit dem Besteller-Ersteller-Prinzip den Wertschöpfungsprozess völlig neu geordnet. Bis zur Bahnreform 1994 bzw. 1996 agierten die Deutsche Bundesbahn und die Deutsche Reichsbahn als voll integrierte staatliche Betriebe. Mit der Regionalisierung entstanden Aufgabenträger (AT) als Besteller von SPNV-Dienstleistungen sowie Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) als Ersteller dieser Dienstleistungen. Die Eisenbahnverkehrsunternehmen wiederum nutzen Schienenfahrwege (inkl. Leit- und Sicherungstechnik) und Stationen, die von den Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU) bereitgestellt werden (vgl. Abschnitte 2.1.4 und 2.1.5). Durch diese Desintegration liegen zentrale Stellhebel in der Angebotsgestaltung und der Betriebsdurchführung wie Fahrplanerstellung, Abstimmung des Fahrplans mit anderen Nutzern der Infrastruktur, Fahrwegsdisposition, Umfang und Instandhaltung der Infrastruktur nicht mehr in der Hand der Eisenbahnverkehrsunternehmen (vgl. Abschnitte 2.1.4 und 2.1.5).

Dies ist der Ausgangspunkt dieser Arbeit: Wie kann ein Eisenbahnverkehrsunternehmen die Pünktlichkeit seiner Zugfahrten so verbessern, dass sie den Kundenanforderungen entspricht (Qualität bezüglich Pünktlichkeit) und dabei gleichzeitig die neuen Rahmenbedingungen beachten? Inspiriert durch die Erfolge des Qualitätsmanagements in anderen Industrien lag es nahe, einen Transfer herzustellen und bewährte Verfahren zur Verbesserung (als Teil des dortigen Qualitätsmanagements) auf die Problemstellung zu übertragen. Der Verfasser schlug daher vor, im Rahmen einer externen, berufsbeglei-

---

[1] Der deutsche Eisenbahnmarkt wurde 1994 mit der Bahnreform liberalisiert. Gemessen an dem Liberalisierungsindex LIB gehört der deutsche Eisenbahnmarkt heute zu offensten Märkten in Europa (vgl. IBM 2011, S. 50 ff.). Wettbewerb im Eisenbahnmarkt und speziell im Schienenpersonennahverkehr ist damit möglich und findet auch statt (vgl. DEUTSCHE BAHN AG 2011, S. 9 f. sowie HOLZHEY u.a. 2011, S. 9 ff.). Ob mehr Wettbewerb wünschenswert und möglich ist, sei an anderer Stelle diskutiert.

[2] Umgangssprachlich kurz gefasst: »Pünktlich zu sein ist nicht Kür, sondern Pflicht«.

tenden Promotion diese Aufgabe zu bearbeiten und aus Sicht eines Eisenbahnverkehrsunternehmens ein Verfahren zu entwickeln, um die Pünktlichkeit im deutschen Schienenpersonennahverkehr zu steigern. Aus dieser Aufgabe ergab sich das im Folgenden dargestellte Forschungsdesign.

1.2 Hypothesengerüst

Der Forschungsansatz lässt sich über ein Gerüst von wenigen, aufeinander aufbauenden Hypothesen beschreiben (welche in Abbildung 1.1 zusammenfassend visualisiert sind). Die Hypothesen zeigen grundsätzliche Verteilungen und (Wirkungs-)Zusammenhänge als wichtige Erklärungen auf, die zu einer zentralen Prognose führen (vgl. TÖPFER 2010, S. 149, 196 ff.; KORNMEIER 2007, S. 75 ff.).
Die Pünktlichkeit ist ein wichtiges Leistungsmerkmal im deutschen SPNV (vgl. Abschnitt 2.3.3). Daraus folgt der Wirkungszusammenhang:

> Hypothese A:
> Wenn ein bzw. mehrere Züge nicht pünktlich fahren, dann sind die Fahrgäste unzufrieden.

Der Wirkungszusammenhang wird in Abschnitt 2.3.3 genauer herausgearbeitet. Als Grundlage wird in Unterkapitel 2.1 der SPNV beschrieben sowie in Unterkapitel 2.2 das Konzept *Pünktlichkeit* konkretisiert. In Verbindung mit der Verteilungsaussage

> Hypothese B:
> Einige Züge im deutschen SPNV fahren nicht pünktlich.

als Randbedingung (welche in Abschnitt 2.3.4 beschrieben wird), ergibt sich als Wirkung eine Unzufriedenheit der Endnutzer, der Fahrgäste. Das Explanandum wird formuliert als (vgl. Abschnitt 2.3.5):

> Hypothese C:
> Fahrgäste als Nutzer sind unzufrieden mit der Pünktlichkeit der EVU.

Unter der Annahme, dass auch die SPNV-Aufgabenträger im Interesse der Fahrgäste handeln (vgl. Abschnitt 2.3.3), formuliert als:

Hypothese D:

Aufgabenträger handeln im Interesse ihrer Fahrgäste: Wenn die Fahrgäste unzufrieden sind, dann sind auch die Aufgabenträger unzufrieden.

folgt aus der Unzufriedenheit der Fahrgäste auch die Unzufriedenheit der Aufgabenträger (behandelt in den Abschnitten 2.3.4 und 2.3.5):

Hypothese E:

Aufgabenträger als Besteller sind unzufrieden mit der Pünktlichkeit der EVU.

Werden die Schlussfolgerungen bzw. Wirkungen C und E zusammengefasst, so ergibt sich, dass die deutschen Eisenbahnverkehrsunternehmen die an sie von den Fahrgästen und den Aufgabenträgern gestellten Anforderungen bezüglich Pünktlichkeit nicht bzw. nicht ausreichend erfüllen:

Hypothese F:

Die EVU erfüllen die Anforderungen bezüglich Pünktlichkeit nicht.

Damit ist die grundsätzliche Relevanz für diese Arbeit hergeleitet. Um nun den einzelnen Eisenbahnverkehrsunternehmen wirksame, wissenschaftlich fundierte Hilfen zur Steigerung ihrer Pünktlichkeit anzubieten, wird der Stand der Forschung bzw. der Stand der Technik in Unterkapitel 2.4 dargestellt. Aus Voruntersuchungen ergab sich die Vermutung, dass in der aktuellen Forschung keine umfassenden Vorgehensweisen bzw. Verfahren zur Steigerung der Pünktlichkeit bekannt sind, die auf Techniken des Qualitätsmanagements beruhen und die von Eisenbahnverkehrsunternehmen alleine eingesetzt werden können[3] (Forschungslücke). Wird diese Forschungslücke bestätigt, so liegen für Eisenbahnverkehrsunternehmen keine wissenschaftlich fundierten Verfahren vor, durch Nutzung von Qualitätstechniken ihre Pünktlichkeit alleine zu steigern.

[3] Eine integrierte Vorgehensweise kann aufgrund der Desintegration des deutschen SPNV nicht mehr vorausgesetzt werden.

In anderen Industrien werden Techniken des Qualitätsmanagements erfolgreich eingesetzt, um die Qualität zu steigern. Dies führt zur Annahme

Hypothese G:
Wenn Unternehmen Qualitätstechniken einsetzen, dann verbessert sich die Qualität ihrer Produkte.

Dies ist in der Literatur umfangreich untersucht und beschrieben (Stand der Forschung). Da Eisenbahnverkehrsunternehmen offensichtlich Unternehmen sind, also

Hypothese H:
Eisenbahnverkehrsunternehmen im deutschen SPNV sind Unternehmen.

gilt, folgt daraus als Wirkungshypothese zunächst

Hypothese I:
Wenn EVU Qualitätstechniken einsetzen, dann verbessert sich die Qualität ihrer Produkte.

und weiter, konkret auf Pünktlichkeit als eine wichtige Anforderung bezogen

Hypothese J:
Wenn EVU Qualitätstechniken einsetzen, dann verbessert sich ihre Pünktlichkeit.

Dies ist die zentrale Wirkungshypothese, welche die Grundlage dieser Arbeit darstellt. Die Wirkungshypothese ist als Prognose zu verstehen, da gezeigt werden kann, dass für Eisenbahnverkehrsunternehmen im deutschen Schienenpersonennahverkehr aktuell keine auf Qualitätstechniken beruhenden, wissenschaftlich fundierten Verfahren zur Steigerung ihrer Pünktlichkeit vorliegen (Forschungslücke) (vgl. Abschnitt 2.4.3). Die Prognose sagt also voraus, dass Eisenbahnverkehrsunternehmen ihre Pünktlichkeit verbessern können, wenn sie Qualitätstechniken einsetzen. Die vorliegende Forschungsarbeit möchte diese Lücke schließen und ein passendes Verfahren zur Steigerung der Pünktlichkeit entwickeln.

Die gesamte Herleitung des Bedarfs (Hypothesengerüst) lässt sich in folgender Abbildung zusammenfassen:

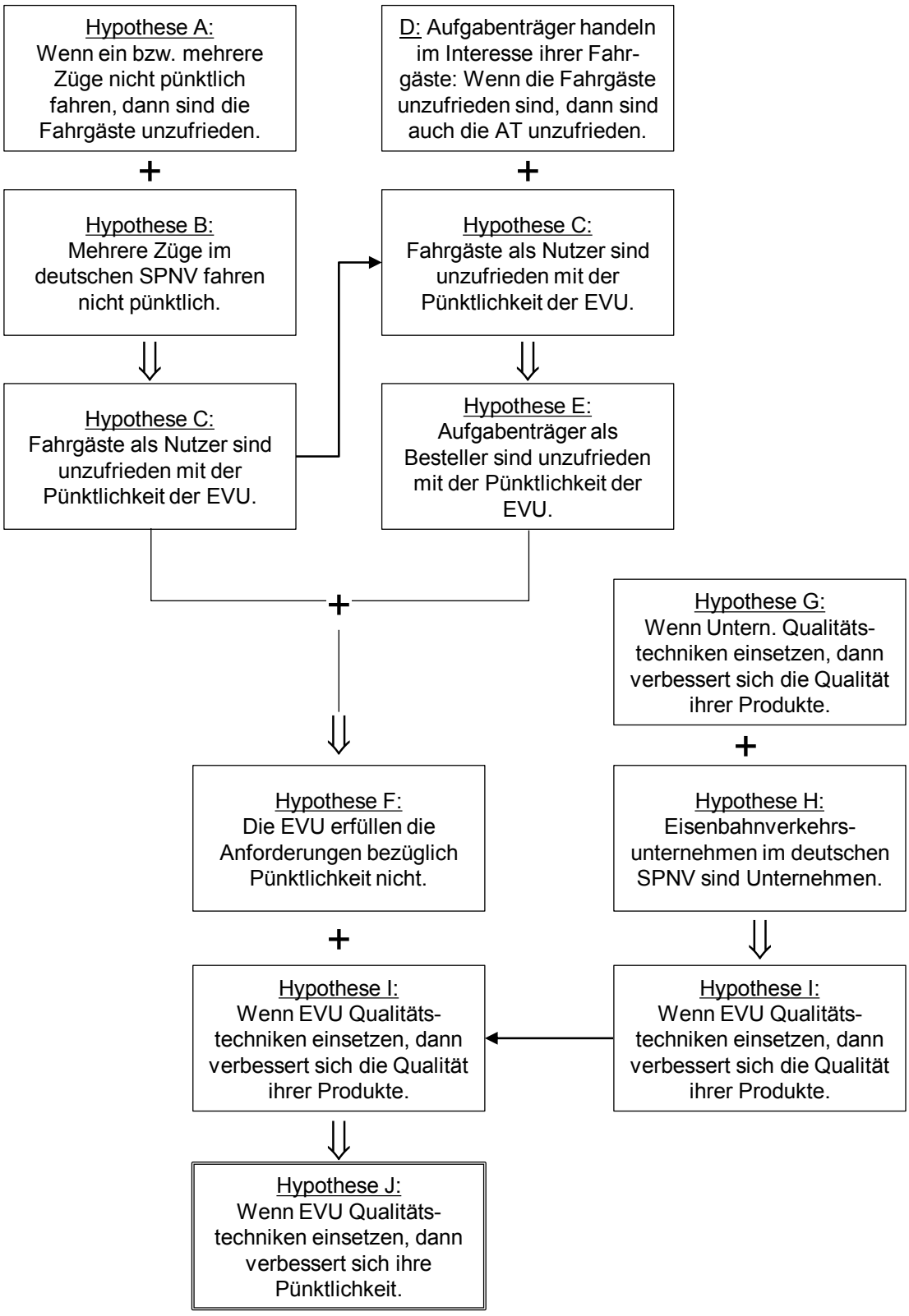


Abbildung 1.1: Hypothesengerüst

Die Prognose *Eisenbahnverkehrsunternehmen im deutschen SPNV verbessern ihre Pünktlichkeit, wenn sie Qualitätstechniken einsetzen* kann aktuell nicht überprüft und gegebenenfalls falsifiziert werden, da es kein entsprechendes Verfahren für Eisenbahnverkehrsunternehmen gibt, welches sich auf Qualitätstechniken stützt (Forschungslücke).

1.3 Forschungsdesign

Die identifizierte Forschungslücke soll mit Hilfe dieser Arbeit geschlossen werden, indem ein geeignetes Verfahren entwickelt wird. Eine modifizierte Abbildung aus TÖPFER 2010, S. 83 zeigt den allgemeinen Zusammenhang zwischen der Forschung (Theorie) und dem zu entwickelnden Verfahren (Technologie):

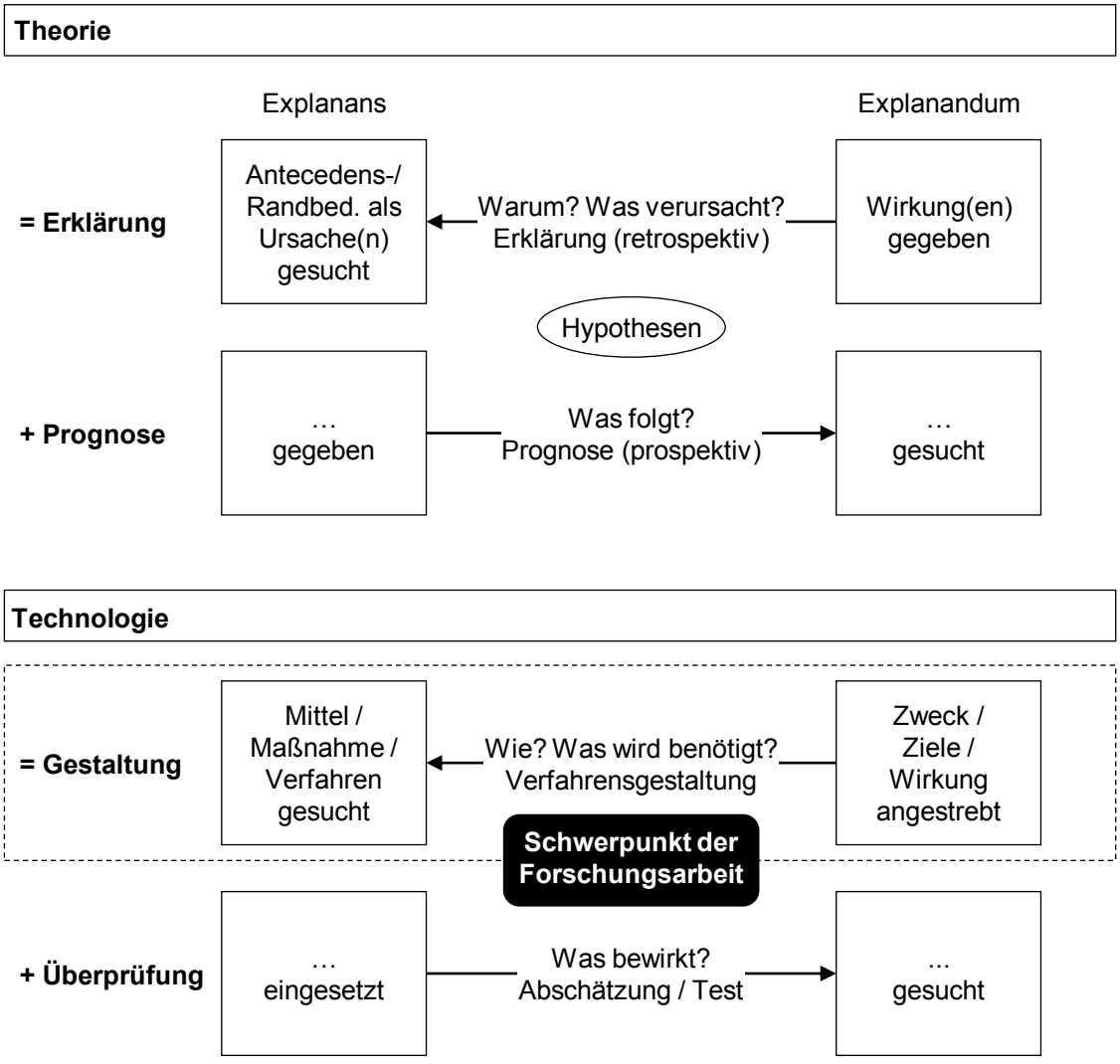


Abbildung 1.2: Allgemeiner Zusammenhang zwischen Forschung (Theorie) und Verfahren (Technologie)

Für die konkreten Zusammenhänge dieser Arbeit wurde das folgende Schaubild (Abbildung 1.3) entwickelt. Dieses ist nach einem Vorschlag von TÖPFER 2010, S. 158 ff. strukturiert und differenziert das Forschungsdesign in vier Ebenen (konkret werden die Einfluss-, Strategie-, Gestaltungs- und Auswirkungsebene ausgewiesen). Die grau gefassten und gestrichelt umrahmten Elemente zeigen Wirkungszusammenhänge, die zwar für das Gesamtverständnis wichtig sind (Begründungs- und Wirkzusammenhänge), die aber nicht Teil dieser Forschungsarbeit sind.[4]

[4] Die Ebenen der Forschungsdesigns sind noch einmal als einzelne Abbildungen im Anhang aufgeführt (vgl. Abbildung 6.5, Abbildung 6.6 und Abbildung 6.7).

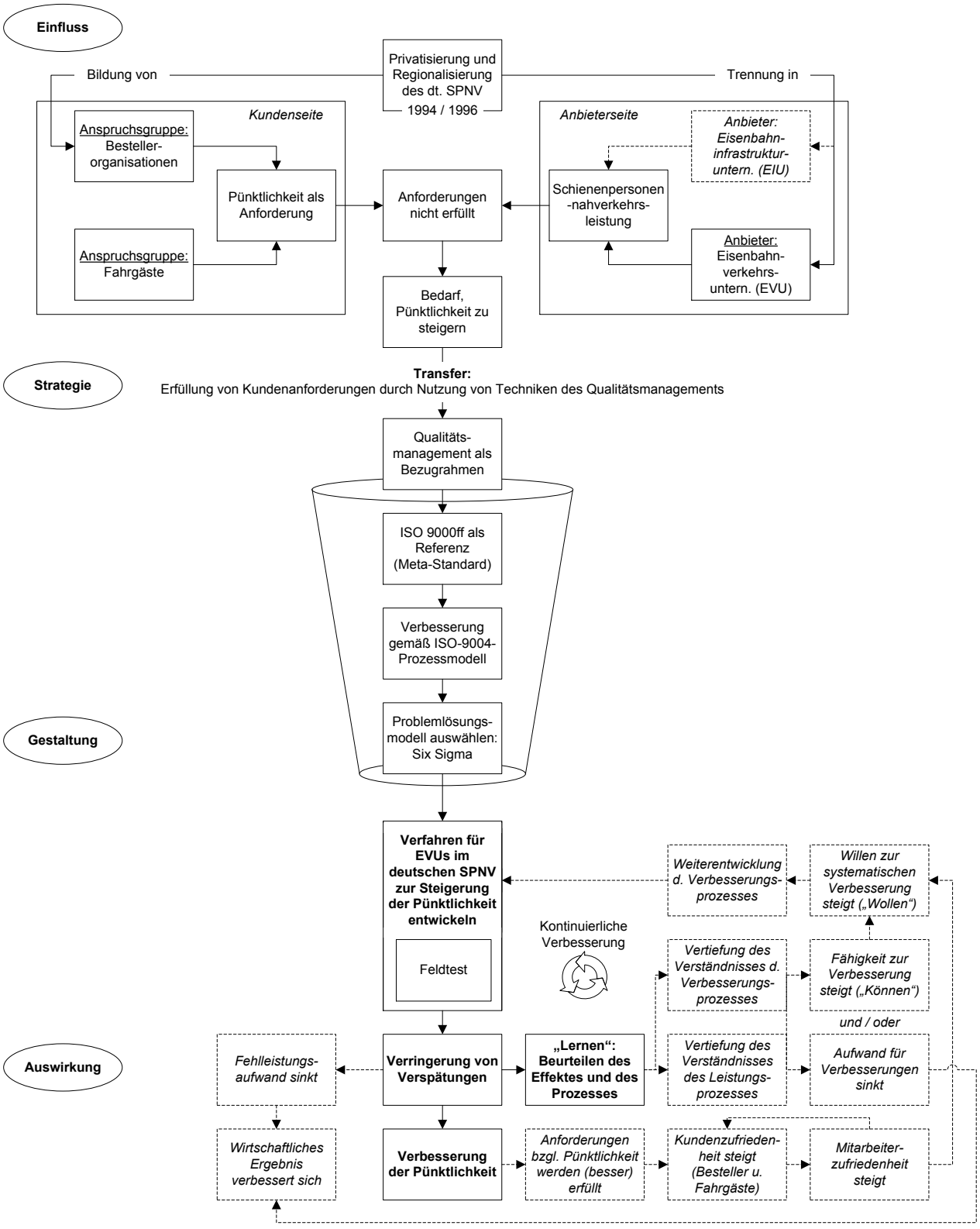


Abbildung 1.3: Forschungsdesign

1.4 Untersuchungsdesign

Nach der Herleitung der Forschungsaufgabe über ein mehrstufiges Hypothesengerüst und der Beschreibung des Forschungsdesigns im vorangegangenen Unterkapitel wird nun der Gang der Untersuchung beschrieben.

Die Arbeit ist in fünf große Bereiche unterteilt. Nach der Einleitung und Strukturierung der Arbeit in Kapitel 1 werden in Kapitel 2 die Grundlagen des deutschen Schienenpersonennahverkehrs beschrieben und die Forschungslücke hergeleitet. In Unterkapitel 2.1 wird der Schienenpersonennahverkehr definiert und als Dienstleistung charakterisiert. Aufgrund der Besonderheiten von Dienstleistungen wird eine geeignete Definition der Qualität von Dienstleistungen erarbeitet. Weiter wird die durch die Regionalisierung des deutschen Schienenpersonennahverkehrs erfolgte Desintegration beschrieben und problematisiert. Zentraler Aspekt der Desintegration ist, dass die deutschen Eisenbahnverkehrsunternehmen aus Fahrgastsicht (als Endkunden) die eigentliche SPNV- bzw. Transportdienstleistung erbringen, sie als Unternehmen aber nicht alle dazu notwendigen Prozesse kontrollieren können. Abschließend werden erste Konsequenzen für diese Forschungsarbeit gezogen. In Unterkapitel 2.2 werden die Pünktlichkeit als Toleranzmaß sowie Verspätungsminuten als Maßgröße für Abweichungen vom Sollwert charakterisiert sowie Verspätungen definiert. Damit sind die Grundlagen beschrieben, um die Relevanz herzuleiten. In Unterkapitel 2.3 wird der Bedarf an Steigerung der Pünktlichkeit gemäß des Hypothesengerüsts hergeleitet. Zunächst werden die wesentlichen Anspruchsgruppen im deutschen Schienenpersonennahverkehr identifiziert. Das KANO-Modell dient als Modell für den Wirkungszusammenhang zwischen Qualität und Kundenzufriedenheit. Durch den konzeptionellen Rahmen des KANO-Modells wird die Pünktlichkeit als Basisanforderung wesentlicher Anspruchsgruppen bestimmt. Hinweise aus der Praxis zeigen, dass der Erfüllungsgrad der Anforderungen bezüglich Pünktlichkeit unzureichend ist und daher gefolgert werden kann, dass Bedarf besteht, die Pünktlichkeit im deutschen SPNV zu steigern. In den folgenden Abschnitten wird der Stand der Forschung aufbereitet. In Unterkapitel 2.4 werden die bisherigen Methoden zur Steigerung der Pünktlichkeit mittels Literaturrecherche erfasst. Gesucht wird nach Quellen, die die Anwendung von Qualitätstechniken sowie Techniken allgemein zur Steigerung der Pünktlichkeit im Eisenbahnverkehr aus Sicht der Betreiber, der Eisenbahnverkehrsunternehmen, thematisieren. Operationalisiert wird die Recherche durch die Schnittmenge der folgenden vier Parameter:

- Eisenbahn, ideal: SPNV in Deutschland
- Steigerung der Pünktlichkeit bzw. Abbau von Verspätungen
- Qualitätstechniken, auch: Qualitätsmanagement bzw. Techniken als solche
- Eisenbahnverkehrsunternehmen

Ergebnis der Recherche ist, dass kein umfassender Ansatz zur Steigerung der Pünktlichkeit vorhanden ist. Die identifizierte Forschungslücke soll durch die Entwicklung eines Verfahrens zur Steigerung der Pünktlichkeit für Eisenbahnverkehrsunternehmen im deutschen SPNV geschlossen werden.

Dazu wird in Kapitel 3 der Stand der Forschung zu Qualitätsmanagement und Qualitätstechniken als Grundlage für das zu entwickelnde Verfahren dargestellt. In Unterkapitel 3.1 wird das Qualitätsmanagement als Bezugsrahmen gewählt und konkretisiert. Die Normenfamilie ISO 9000 wird als Referenz gewählt und die Untersuchung auf die Verbesserung nach dem ISO 9004-Prozessmodell eingegrenzt. Anschließend wird die generelle Wirksamkeit von Qualitätsmanagement belegt. In Unterkapitel 3.2 wird die definitorische Grundlage der Begriffe *Qualitätstechnik* und *Qualitätsmethode* sowie *Verfahren* gelegt. Bei der Erarbeitung wird deutlich, dass es in der Qualitätswissenschaft kein einheitliches Verständnis der genannten Begriffe gibt. Daher werden Definitionen für diese Begriffe entwickelt. In Unterkapitel 3.3 werden bestehende Regelsysteme für Verbesserungen[5] ermittelt und miteinander verglichen.

Mit der nun hergestellten Begriffsklarkeit bezüglich der Begriffe *Qualitätstechnik* und *Qualitätsmethode* und der vorliegenden Übersicht über Regelsysteme für Verbesserungen wird in Kapitel 4 das Verfahren entwickelt. Zunächst wird der Forschungsansatz in Unterkapitel 4.1 in Form eines detaillierten Gestaltungsdesigns konkretisiert. Der erste Schritt ist die Auswahl eines Regelsystems, des Six Sigma-DMAIC-Zyklus‘, welcher als Grundlage für das zu entwickelnde Verfahren dient (Unterkapitel 4.2). Für die Auswahl wird ein einfaches Bewertungsverfahren entwickelt. Danach werden in Unterkapitel 4.3 die Six Sigma-Phasen festgelegt. Dabei wird das DMAIC-Modell um eine Phase, die der Projektauswahl (*Recognize*), erweitert. Als Literaturbasis werden in Unterkapitel 4.4 neun geeignete Quellen ausgewählt, um das Verfahren zur Steigerung der Pünktlichkeit anhand der nun sechs Phasen (R-DMAIC) zu entwickeln. In Unterkapitel 4.5 werden die sechs Phasen konkret ausgestaltet. Für jede Phase werden zunächst die Ziele der Phase, die grundlegenden Prozessschritte und die zugehörigen Qualitätstechniken erfasst, diskutiert und ausgewählt. Die Auswahl erfolgt vor dem Hintergrund der gewählten Problemstellung, der Steigerung der Pünktlichkeit im deutschen Schienenpersonennahverkehr aus Sicht eines Eisenbahnverkehrsunternehmens. Die Entwicklung des Verfahrens wird durch eine zusammenfassende Übersicht der wesentlichen Schritte in Unterkapitel 4.6 abgerundet.

In Kapitel 5 werden die Ergebnisse des Feldtests als erste empirische Überprüfung beschrieben. Der Feldtest ist als Fallstudie strukturiert. Dargestellt wird die Auswahl

[5] Im Sinne der Norm DIN EN ISO 9000:2005, S. 16.

von SPNV-Linien für die Durchführung der Fallstudie, die Anwendung des Verfahrens sowie die erzielten Ergebnisse bzw. die gewonnenen Erkenntnisse.

In einer Schlussbetrachtung in Kapitel 6 werden die Ergebnisse der Forschungsarbeit zusammengefasst, offene Fragestellungen benannt und weiterer Forschungsbedarf aufgezeigt sowie Handlungsempfehlungen für die Praxis gegeben.

Folgende Abbildung visualisiert noch einmal den Gang der Untersuchung:

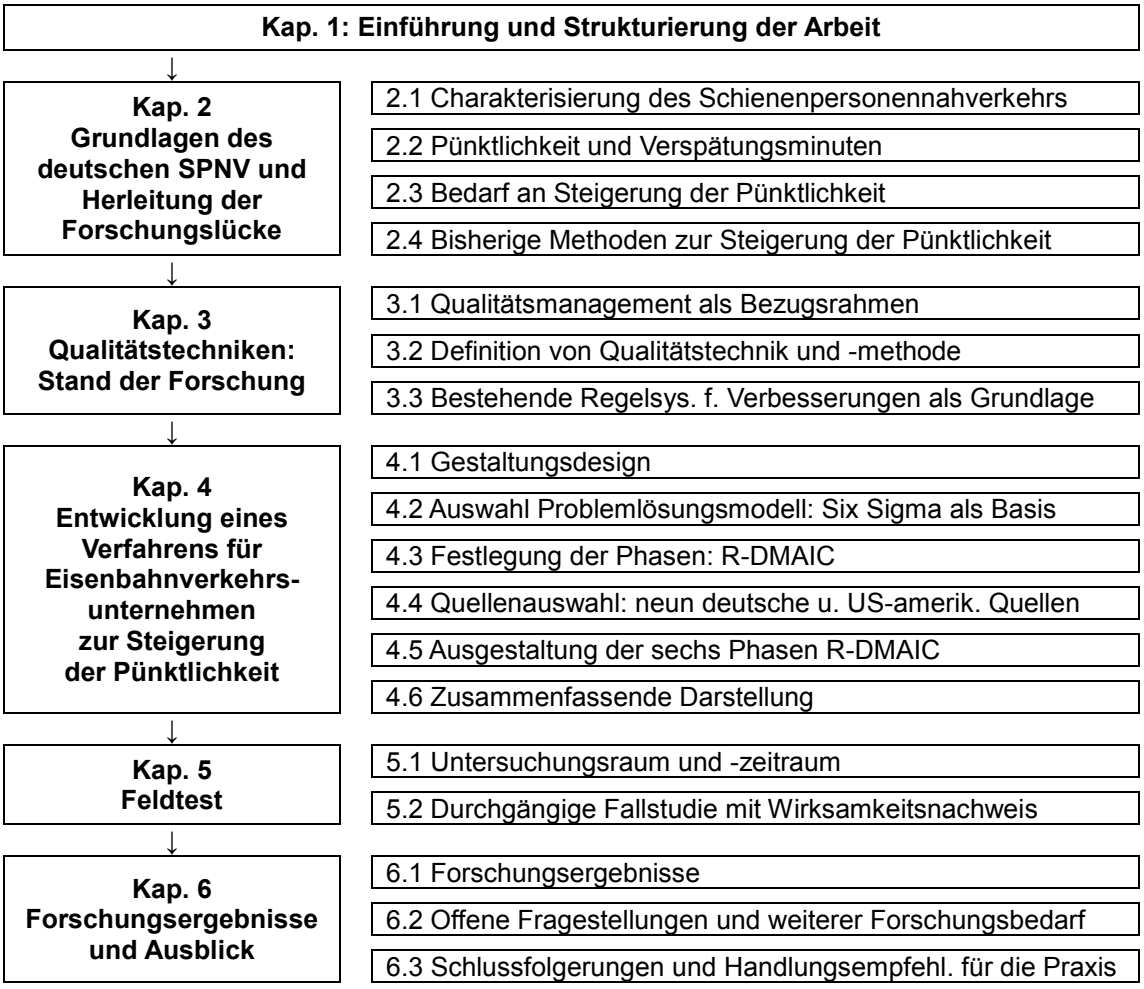


Abbildung 1.4: Untersuchungsdesign dieser Arbeit

2 Grundlagen des deutschen SPNV und Herleitung der Forschungslücke

2.1 Charakterisierung des Schienenpersonennahverkehrs

2.1.1 Definition des Schienenpersonennahverkehrs

Nach HEGGER u.a. 2010, S. 19 kann Personenverkehr als Überwindung von Raum mit Hilfe von Verkehrsmitteln, z.B. mit Eisenbahnen als Schienenfahrzeugen, beschrieben werden. Dieser Schienenpersonenverkehr lässt sich über die Beförderungsweite in Schienenpersonennahverkehr (SPNV) und Schienenpersonenfernverkehr (SPFV) differenzieren (vgl. PACHL 2008a, S. 3 f.). Relevante Rechtsgrundlagen für den SPNV in Deutschland sind u.a. das Allgemeine Eisenbahngesetz (AEG), das Gesetz zur Regionalisierung des öffentlichen Personennahverkehrs (RegG) und das Eisenbahnneuordnungsgesetz (ENeuOG) sowie als Verordnungen die Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (EBO), die Eisenbahn-Signalordnung (ESO) und die Eisenbahn-Verkehrsordnung (EVO) (vgl. HEGGER u.a. 2010, S. 16 f.). Das Allgemeine Eisenbahngesetz definiert Schienenpersonennahverkehr in § 2 (5) wie folgt:

> Schienenpersonennahverkehr ist die allgemein zugängliche Beförderung von Personen in Zügen, die überwiegend dazu bestimmt sind, die Verkehrsnachfrage im Stadt-, Vorort- oder Regionalverkehr zu befriedigen. Das ist im Zweifel der Fall, wenn in der Mehrzahl der Beförderungsfälle eines Zuges die gesamte Reiseweite 50 Kilometer oder die gesamte Reisezeit eine Stunde nicht übersteigt. (AEG 2009, § 2)

Diese Definition ist praktikabel und soll in dieser Arbeit benutzt werden. Über die Differenzierung der Verkehrsträger lässt sich der SPNV gut gegenüber anderen Verkehren einordnen. Folgende Abbildung (vgl. HEGGER u.a. 2010, S. 19, PACHL 2008a, S. 3 f.) zeigt die Einordnung:

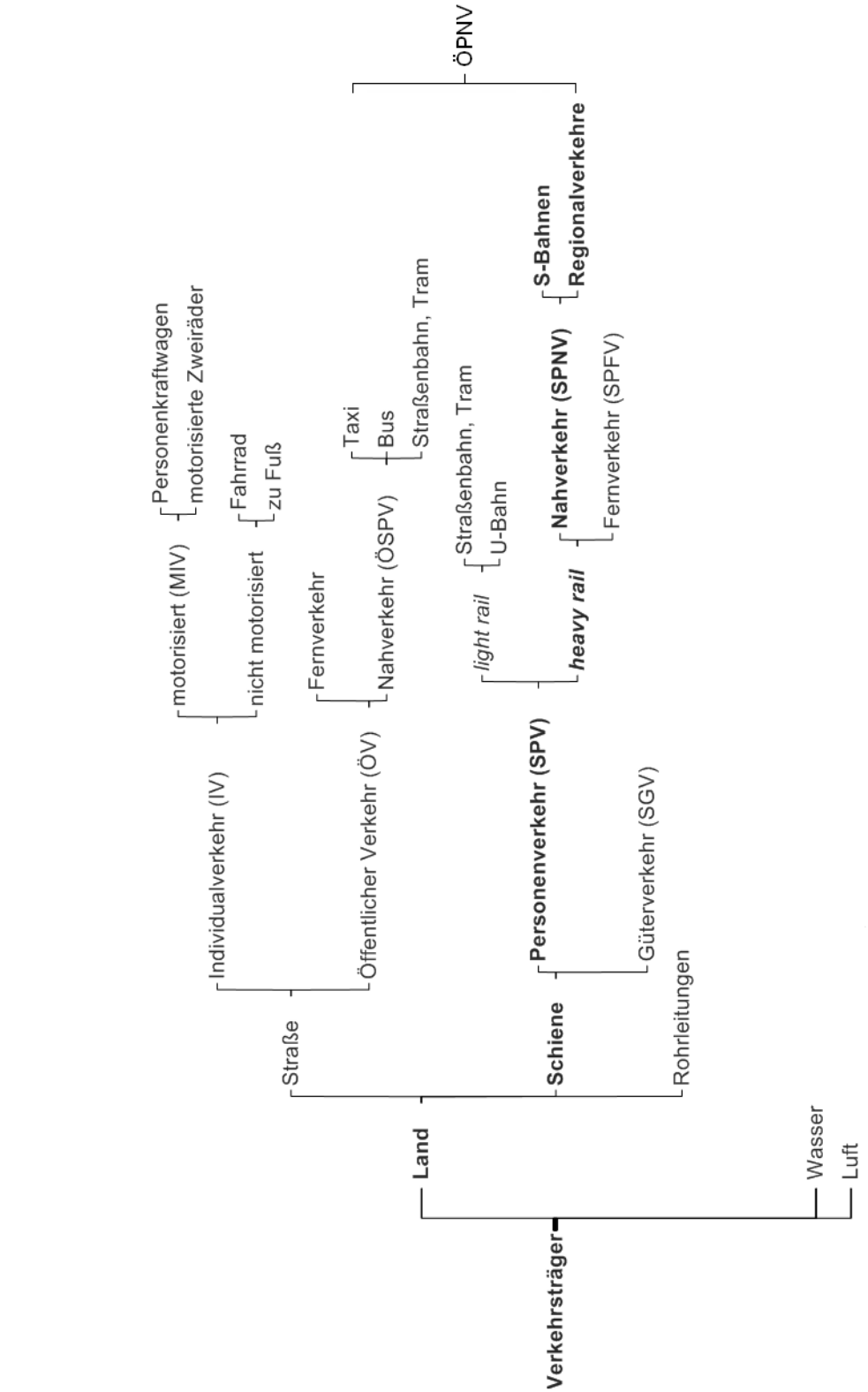


Abbildung 2.1: Einordnung des SPNV

Die Abbildung zeigt den Zusammenhang mit dem ÖPNV. In der Legaldefinition des Personenbeförderungsgesetzes in § 8 (1)[6] zählen zum ÖPNV nur der straßengebundene öffentliche Nahverkehr (ÖSPV in obiger Abbildung) und U-Bahnen, nicht aber S-Bahnen und Regionalbahnen.

2.1.2 Schienenpersonennahverkehr als Dienstleistung

Transportleistungen, zu denen Schienenpersonennahverkehrsleistungen gehören, werden praktisch durchgängig als Dienstleistungen betrachtet (vgl. exemplarisch Norm DIN 55350-11:2008, S. 24). Die Charakterisierung von SPNV-Leistungen als Dienstleistungen findet sich z.B. in BRUHN 2011, S. 26, 28[7] oder Norm DIN EN 13816:2002. Dienstleistungen werden heute auf der Grundlage konstitutiver Merkmale bestimmt (vgl. CORSTEN u. GÖSSINGER 2007, S. 21).[8] Eine mögliche Definition gibt BRUHN. Demnach sind Dienstleistungen

> selbständige, marktfähige Leistungen, die mit der Bereitstellung und/oder dem Einsatz von Leistungsfähigkeiten verbunden sind (Potenzialorientierung). Interne und externe Faktoren werden im Rahmen des Leistungserstellungsprozesses kombiniert (Prozessorientierung). Die Faktorkombination des Dienstleistungsanbieters wird mit dem Ziel eingesetzt, an den externen Faktoren – Menschen oder deren Objekten – nutzenstiftende Wirkungen zu erzielen (Ergebnisorientierung). (BRUHN 2011, S. 24)

Mit der Potenzialorientierung, also dem Vorhalten von Produktionsfaktoren, ist ein Leistungsversprechen verbunden. Aus dem Vorliegen eines Versprechens resultiert für den Käufer bzw. Kunden ein Risiko, nicht oder nicht in vollem Umfang die erworbene Leistung zu erhalten (vgl. CORSTEN u. GÖSSINGER 2007, S. 22). Dieses Risiko kann der Kunde nicht vorab minimieren, da Dienstleistungen überwiegend intangibel, also nicht greifbar sowie unteilbar sind. Unteilbar bedeutet, dass die Produktion und der Konsum gleichzeitig geschehen (Uno-actu-Prinzip). Dies greift die Prozessorientierung auf: Zusätzlich zur Gleichzeitigkeit von Produktion und Konsum erfolgt die Integration des Kunden oder eines Gegenstandes des Kunden in die Produktion (Integration des externen Faktors). Ein direkter Kontakt zwischen Dienstleistungsproduzenten und Kunden sowie die Erstellung an einem festen Standort (Standortgebundenheit) sind zumeist notwendig. Das Ergebnis, welches sich am Kunden (oder seinen Sachen) manifestiert, ist zumeist kundenindividuell und variabel sowie vergänglich (Aspekt Ergebnisorientierung) (vgl. BRUHN 2011, S. 21 ff., CORSTEN u. GÖSSINGER 2007, S. 21 ff.).[9] Aufbauend

---

6 Vgl. PBefG 2011.

7 Dort werden Nahverkehrsleistungen als immaterielle, persönliche und ergebnisorientierte Dienstleistungen an Menschen eingeordnet.

8 Eine umfangreiche Diskussion mit vertiefenden Quellenhinweisen findet sich ebenda.

9 Zum Aspekt der Erlebnisdimension von ÖV-Verkehren vgl. SCHIEFELBUSCH 2008.

auf der obigen Definition von BRUHN definieren MEFFERT u.a. 1998 Verkehrsdienstleistungen als

> selbständige, marktfähige Leistungen, die mit der Bereitstellung und/oder dem Einsatz von Leistungsfähigkeiten zur Überwindung von räumlichen Distanzen verbunden sind (Potenzialorientierung), in deren Erstellungsprozess interne und externe Faktoren kombiniert werden (Prozessorientierung) und deren Faktorkombination mit dem Ziel eingesetzt wird, Ortsveränderungen von Personen (und Gütern) vorzunehmen. (MEFFERT u.a. 1998, S. 5)[10]

Nach CORSTEN u. GÖSSINGER 2007, S. 37 wirkt der Personenverkehr in der Dimension oder Eigenschaftsklasse Raum; Leistungsobjekt sind dabei Menschen (im Gegensatz z.B. zum Güterverkehr, welcher auf Sachgüter wirkt). Dabei werden die Fahrgäste, nach der Leistungstypologie von LANGEARD, dominiert (im Gegensatz zum dominanten Kunden) und sind passiv (nicht aktiv) beteiligt (vgl. CORSTEN u. GÖSSINGER 2007, S. 39). Weiter ist ein Sachleistungsanteil (vgl. BRUHN 2011, S. 21) notwendig, z.B. Fahrzeuge, Bahnhöfe und Schieneninfrastruktur (vgl. GRUNBERG u. SCHLEUSENER 1999, S. 3).

Der SPNV ist eine standardisierte Kollektivdienstleistung (vgl. CORSTEN u. GÖSSINGER 2007, S. 36). Daraus folgt, dass eine einzige Zugfahrt bis zu mehreren hundert Kunden gleichzeitig dient und daher eine identische Leistung aufgrund der Integration des externen Faktors Mensch mehrere hundert Male individuell bewertet wird. Eine mögliche Gutsänderung erfolgt, wenn die Zugfahrt im SPNV nicht mehr als reiner Transport (der Schwerpunkt liegt auf der Ergebnisorientierung) betrachtet wird, sondern wenn die zwingend notwendige Zeit für den Transport als nutzenstiftende Gelegenheit für andere Aktivitäten wahrgenommen wird (vgl. die Analogie Fast-Food-Restaurant und Sterne-Restaurant in BRUHN 2011, S. 26, 28; siehe zudem GRUNBERG u. SCHLEUSENER 1999).

2.1.3 SPNV als Dienstleistung: Konsequenzen für die Forschungsarbeit

Aus der vorliegenden Charakterisierung des Schienenpersonennahverkehrs als Dienstleistung lassen sich erste Konsequenzen für diese Forschungsarbeit ableiten.

- Aus Unteilbarkeit und Intangibilität folgt, dass eine bestimmte Zugfahrt nicht ein weiteres Mal gemessen werden kann.
- Aus Unteilbarkeit und Intangibilität folgt ebenso, dass eine Abweichung vom Fahrplan erst während der Produktion auffällt und dann aber, da der Fahrgast als externer

[10] Die Autoren weisen darauf hin, dass es richtigerweise „Mobilitätsdienstleistungen“ (MEFFERT u.a. 1998, S. 7) heißen müsste, da der Wunsch nach einer Ortsveränderung den Kern der Leistung ausmacht.

Faktor voll integriert ist, ihm nur in sehr begrenztem Maße vorenthalten werden kann – im Sinne einer FMEA ist die Entdeckenswahrscheinlichkeit für eine potenzielle Fehlerursache zunächst sehr niedrig. Es gibt im übertragenen Sinne keine Ausgangsinspektion, kein Sperrlager und keine klassische Nacharbeit. Eine Nacharbeit ist nur in dem Sinne möglich, dass Abweichungen vom Fahrplan bis zum nächsten kundenrelevanten Halt kompensiert werden können.[11]

- Aus dem *Uno-actu-Prinzip* und der Integration des Fahrgastes als externen Faktor folgt weiter, dass das Verhalten der Fahrgäste als externe Einflussgröße in die Produktion der Dienstleistung eingeht. Dieses Verhalten ist einerseits kundenindividuell, über die Kollektivität des Gutes SPNV tritt es jedoch gehäuft auf. Das Verhalten kann durch den Produzenten, das Eisenbahnverkehrsunternehmen, nicht vorab geprüft werden. Dies bedeutet eine inhärente Variabilität des Produktionsfaktors Fahrgast, die außerhalb des direkten Einflussbereichs des Produzenten liegt.
- Durch die Standortgebundenheit, in diesem Fall manifestiert durch die Schienen- und Bahnhofsinfrastruktur,[12] kann es im Zeitverlauf zu einer konkurrierenden Nutzung sowohl der Konsumenten, der Fahrgäste, als auch der Produzenten der SPNV-Dienstleistung, den Eisenbahnverkehrsunternehmen, kommen. Beispiele sind aus Fahrgastsicht volle Bahnsteige und Züge sowie aus EVU-Sicht belegte Trassen und Bahnhofsgleise.
- Aus den beiden vorherigen Punkten folgt weiter, dass Versuchsplanungen Einschränkungen unterliegen, da das Verhalten der Fahrgäste und die konkurrierende Nutzung externe Produktionsfaktoren sind und somit nicht dem direkten Einfluss des Eisenbahnverkehrsunternehmens unterliegen und mithin nicht exakt eingestellt werden können.

2.1.4 Desintegration durch Regionalisierung

Die beiden Staatsbahnen, die Deutsche Bundesbahn und die Deutsche Reichsbahn der DDR, wurden mit der ersten Stufe der Bahnreform 1994 formell privatisiert. Im Rahmen dieser Privatisierung erfolgte zunächst eine Trennung der voll integrierten Staatsbahnen im unternehmerischen Teil[13] in die Unternehmensbereiche Personennahverkehr,

---

11 Mögliche Maßnahmen (Stand der Forschung) werden in Unterkapitel 2.4 beschrieben.

12 Die Standortgebundenheit steht bei der Betrachtung des SPNV auf den ersten Blick vermeintlich im Widerspruch zum Transport, der ja gerade eine Ortsveränderung bewirkt. Wird die Standortgebundenheit jedoch dynamisch im Zeitverlauf betrachtet, so sind die Freiheitsgrade im Eisenbahnverkehr durch seine Spurgebundenheit deutlich geringer als z.B. im motorisierten Individualverkehr.

13 Die Aufgliederung erfolgte in die Deutsche Bahn AG als unternehmerischen Teil sowie in das Bundeseisenbahnvermögen und die Bundesnetzagentur als hoheitlichen Teil. Der Ablauf ist in BUNDESEISENBAHNVERMÖGEN 2005 beschrieben.

Personenfernverkehr und Güterverkehr sowie Fahrweg (vgl. DBGrG 2006, § 25)[14] und Personenbahnhöfe. Ergebnis dieser Trennung ist die Schaffung von Eisenbahnverkehrsunternehmen und Eisenbahninfrastrukturunternehmen. Im Rahmen der Regionalisierung des Schienenpersonennahverkehrs in Deutschland 1996 als weiterer Stufe der Bahnreform wurde mit dem Besteller-Ersteller-Prinzip (vgl. KÖNIG 2005 sowie EUEBahnAnpG 2009 in Verb. mit VO (EG) 1370/2007) auf Seiten der Eisenbahnverkehrsunternehmen die Angebotskompetenz abgetrennt. Die staatlichen Aufgabenträger bestellen SPNV-Dienstleistungen bei den Eisenbahnverkehrsunternehmen, die diese Dienstleistungen erbringen bzw. erstellen. Die aus der Regionalisierung folgende Trennung der Kompetenzen verdeutlicht folgende Abbildung (HARRER 2007, S. 17 mit Verweis auf HÖHNSCHEID 2000, S. 91):

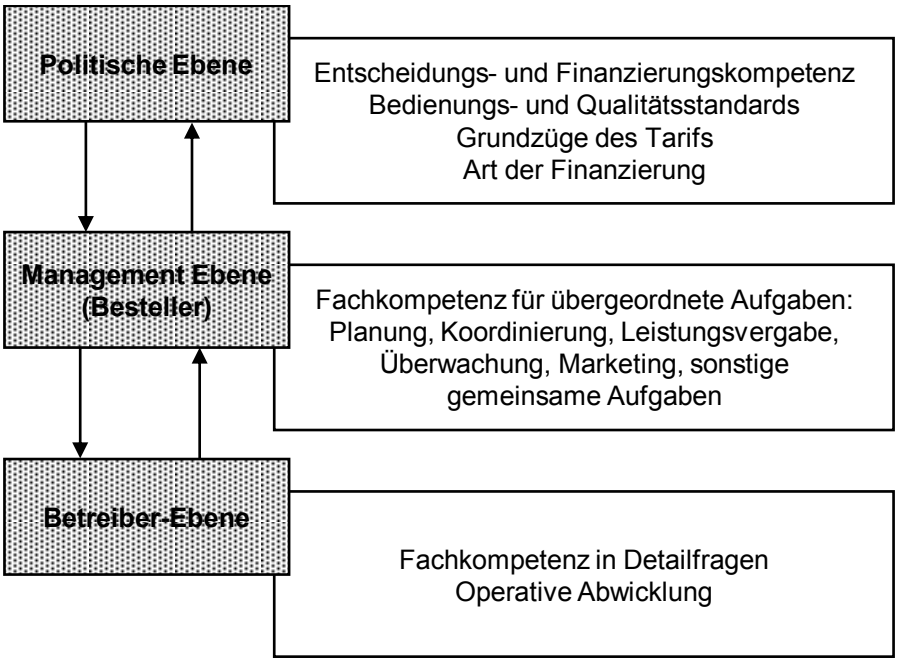


Abbildung 2.2: Besteller-Ersteller-Prinzip: Organisationsebenen im SPNV mit Aufteilung der Kompetenzen

Bei der Erstellung nutzen die Eisenbahnverkehrsunternehmen Schienenfahrwege (inkl. Leit- und Sicherungstechnik) und Stationen, die von den Eisenbahninfrastrukturunternehmen bereitgestellt werden. Da es aber bei den Eisenbahnverkehrsunternehmen im Nahverkehr durch die Vergaben im Wettbewerb keinen Monopolanbieter mehr gibt, erfolgt die Koordination der einzelnen Leistungen durch die Aufgabenträger auf der Nachfragerseite und durch den Netzbetreiber (als Eisenbahninfrastrukturunternehmen)

[14] Ergänzend wurde der Unternehmensbereich Personenbahnhöfe eingerichtet (vgl. DBGrG 2006, § 2 (1).

auf der Anbieterseite. Dies gilt für die Planung. Für die Disposition erfolgt die Koordination hauptsächlich durch den Netzbetreiber. Die Trennung der Kompetenzen durch die Bahnreform zeigt noch einmal die folgende Abbildung 2.3.

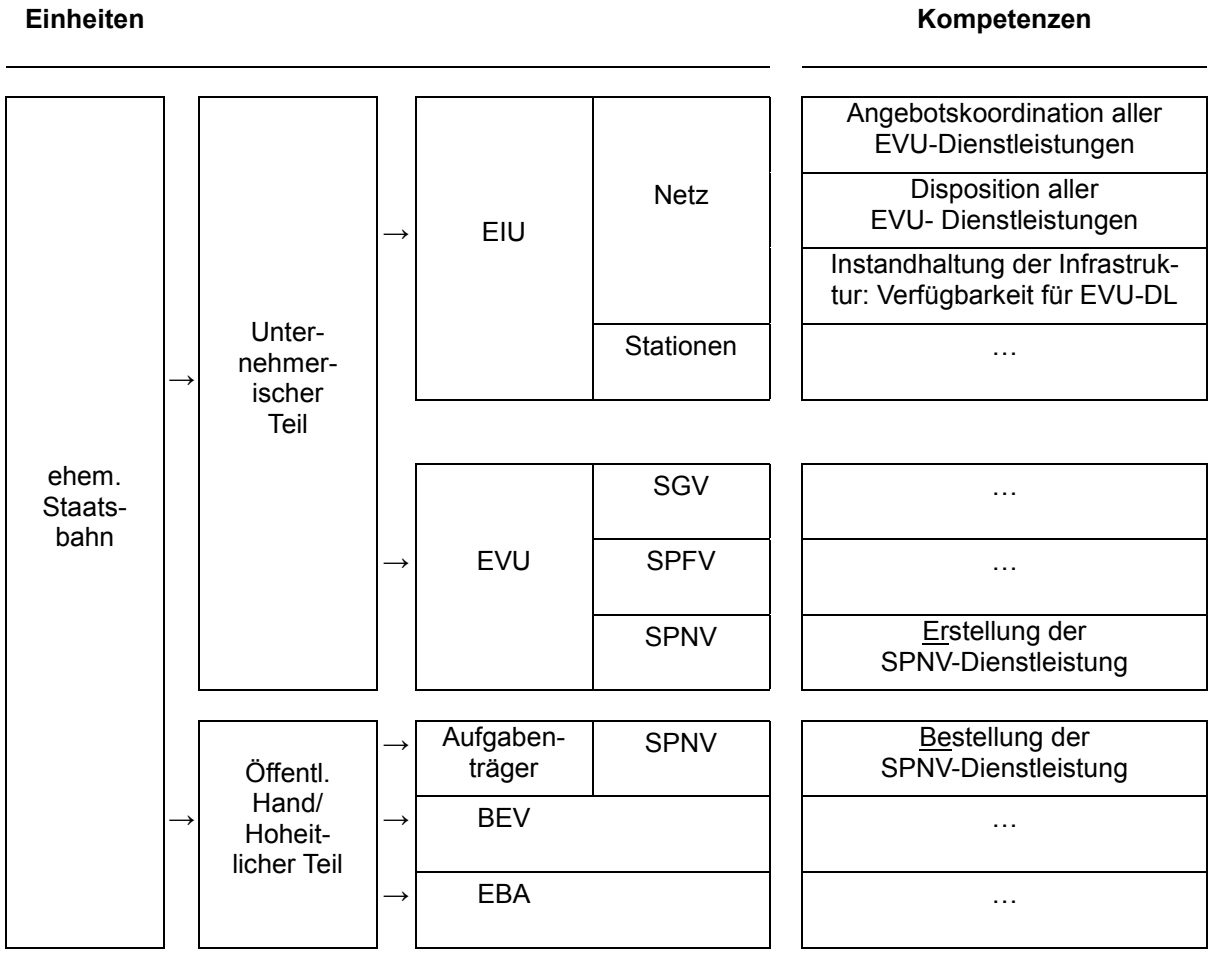


Abbildung 2.3: Trennung der Kompetenzen der Staatsbahn im Zuge der Bahnreform

2.1.5 Konsequenz aus der Desintegration des SPNV: Konzentration auf die Möglichkeiten der Eisenbahnverkehrsunternehmen

Folge der Privatisierung und der im Nahverkehr vollzogenen Regionalisierung sind also eine Desintegration des deutschen Schienenpersonennahverkehrs und ein grundlegender Rollenwechsel für die Eisenbahnverkehrsunternehmen im Nahverkehr.

Wenn unter Pünktlichkeit „das Einhalten der im Fahrplan angebotenen Ankunfts- und Abfahrtszeiten“ (SIEGMANN 2008, S. 21) verstanden wird,[15] dann sind die Fahrplangestaltung, die Betriebsverfahren, die Disposition von Zugfahrten sowie die In-

[15] Zur Begriffsdiskussion vgl. Abschnitt 2.2.2 dieser Arbeit.

standhaltung von Infrastruktur und Fahrzeugen zentrale Stellhebel, um die im Fahrplan versprochenen Zeiten auch realisieren zu können. Ein Großteil dieser zentralen Stellhebel sind aber als Folge der Bahnreform den Eisenbahnverkehrsunternehmen nicht mehr zugänglich (vgl. zur Kompetenzverteilung auch BECKER u.a. 2003, S. 32). Dies gilt insbesondere für die Hebel der Angebotsgestaltung und der Betriebsdurchführung, wie Fahrplanerstellung, Abstimmung des Fahrplans mit anderen Nutzern der Infrastruktur, Fahrwegsdisposition und Festlegung des Umfangs der Infrastruktur sowie Instandhaltung der Infrastruktur. Der Fahrplan folgt grundsätzlichen Vorgaben der Besteller. Nach der Anmeldung des gewünschten Fahrplans durch das SPNV-Eisenbahnverkehrsunternehmen beim Eisenbahninfrastrukturunternehmen im Auftrag des Bestellers erfolgt die Abstimmung des Fahrplans mit anderen Nutzern der Infrastruktur durch das Eisenbahninfrastrukturunternehmen (bei überlasteten Schienenwegen dann durch die Bundesnetzagentur). Die Fahrwege werden durch die Fahrdienstleiter[16] disponiert (vgl. PACHL 2003, S. 223 f.). Den Umfang der Infrastruktur sowie den Grad der Instandhaltung der Infrastruktur legt ebenfalls das Eisenbahninfrastrukturunternehmen fest.

Im Zuge der Bahnreform wurde die sogenannte Trennung in Netz und Betrieb heftig diskutiert. Gemeint ist damit die Abtrennung der Infrastruktur(-unternehmen) von den Personen- und Güterverkehrsaktivitäten. Dies suggeriert, dass der Betrieb vollständig in den Händen der Eisenbahnverkehrsunternehmen liegt. Genau das ist aber nicht der Fall – die Durchführung einer Zugfahrt wird vom Eisenbahninfrastrukturunternehmen durch den Fahrdienstleiter koordiniert. Die Angestellten des Eisenbahnverkehrsunternehmens folgen den Anweisungen des Eisenbahninfrastrukturunternehmens, der diese durch die Leittechnik (Signale, usw.) gibt (vgl. HAUSMANN u. ENDERS 2007, S. 201, HEISTER u.a. 2005, S. 140, NAUMANN u. PACHL 2002, S. 70). Dies gilt nicht nur für den SPNV, sondern für den gesamten Eisenbahnverkehr. PACHL spitzt dies zu, indem er die „eigentliche Betriebsführung der Eisenbahn [...] [als] die systemimmanente Aufgabe des Infrastrukturbetreibers“ charakterisiert (PACHL 2003, S. 223 f.).[17]

Die SPNV-Eisenbahnverkehrsunternehmen sind damit zwar für die Qualität ihres Transports den Fahrgästen und den Aufgabenträgern gegenüber verantwortlich, sie können aber zentrale Hebel zur Steuerung dieser Qualität nur mittelbar oder gar nicht beeinflussen. Diese Forschungsarbeit konzentriert sich daher auf die Möglichkeiten, die den Eisenbahnverkehrsunternehmen im deutschen Schienenpersonennahverkehr noch verbleiben, um die Pünktlichkeit ihrer Zugfahrten zu steigern.

---

16 Ein Fahrdienstleiter ist „ein Mitarbeiter eines EIU, der in einem räumlich definierten Bereich den Bahnbetrieb leitet“ (NAUMANN u. PACHL 2002, S. 70).

17 Ähnliches gilt auch in anderen Ländern. Vgl. z.B. VEISETH u.a. 2011, S. 269, die deshalb dem EIU sogar eine Schlüsselrolle bei Verbesserungen zuschreiben.

2.2 Pünktlichkeit und Verspätungsminuten

2.2.1 Qualität und Dienstleistungsqualität

Der Begriff *Qualität* wird sehr unterschiedlich und nicht eindeutig verwendet. Seine Mehrdeutigkeit erfüllt damit nicht die Anforderungen, die an einen Fachbegriff gestellt werden (vgl. Abschnitt 3.2.3.1). Abhilfe schafft hier die Benutzung allgemeingültiger Normen (vgl. JACOB u. PETRICK 2007). Mit der Normenfamilie ISO 9000 liegt eine solche Norm vor. In der Norm DIN EN ISO 9000:2005 wird Qualität definiert als „Grad, in dem ein Satz inhärenter **Merkmale** […] **Anforderungen** […] erfüllt" (Hervorh. im Original, Norm DIN EN ISO 9000:2005, S. 18). Nach GARVIN 1984 lässt sich diese Definition als ein fertigungsbasierter Ansatz charakterisieren.[18] Der Schwerpunkt einer fertigungstechnischen Definition liegt auf der Lieferantenseite, die von gegebenen Anforderungen ausgeht (vgl. GARVIN 1984, S. 27). Qualität wird hier unter dem Blickwinkel der Konformität gesehen. Auch bei einer fertigungstechnischen Definition gibt es verschiedene Möglichkeiten. GEIGER u. KOTTE 2008 beleuchten dies sehr ausführlich (vgl. S. 67–78). Sie kritisieren die oben genannte, heute gültige ISO-Definition, die in dieser Fassung erstmalig 2005 herausgegeben wurde. Hauptkritikpunkt an der Norm ist deren Suggestion, dass immer eine Erfüllung vorliege, eine Nichterfüllung also aus dem Blickfeld gerate. Erst die ergänzende Anmerkung 1 der Norm, dass der Begriff mit Adjektiven wie *gut* oder *schlecht* verwendet werden könne, würde die Suggestion abschwächen. Sie bieten stattdessen als Definition für Qualität die „Relation zwischen realisierter Beschaffenheit und geforderter Beschaffenheit" (ebd.: S. 68) an. Diese Definition wird auch in der älteren DIN-Definition im Rahmen der Anmerkungen verwendet mit Verweis auf DIN ISO 8402 Beiblatt 1; 11.92. Aus der Diskussion geht hervor, dass beide Definitionen inhaltlich deckungsgleich sind und sich nur durch die Schwerpunktsetzung in der Formulierung unterscheiden.[19] Im Rahmen dieser Forschungsarbeit wird daher die alternative Fassung verworfen. BRUHN 2011, S. 38 warnt bei der Betrachtung von Dienstleistungen noch vor einer zu engen, technologischen Fassung des Qualitätsbegriffes. SPNV-Leistungen wurden im vorigen Kapitel als Dienstleistungen charakterisiert und definiert (vgl. Abschnitt 2.1.2). Darauf aufbauend entwickelt BRUHN eine gesonderte Definition der Dienstleistungsqualität. Diese ist eher potenzialorientiert, da sie auf die Fähigkeit eines Anbieters abstellt (vgl. ebd.). Er steht damit im Widerspruch zur

[18] GARVIN 1984 unterscheidet in seinem Artikel dort fünf mögliche Ansätze, Qualität zu definieren: transzendent, produktbasiert, nutzerbasiert, fertigungsbasiert und wertbasiert (ebd.:26, eigene Übersetzung).

[19] Die vorgeschlagene Formulierung „Relation zwischen realisierter Beschaffenheit und geforderter Beschaffenheit" ist mathematisch eine Division, bei der der Grad der Erfüllung der geforderten Beschaffenheit zwischen 0 und 100 % liegen kann (von einer Übererfüllung sei hier einmal abgesehen) – damit entspricht die vorgeschlagene Formulierung genau der aktuell gültigen Definition.

allgemeinen Definition der Norm ISO 9000, welche eher ergebnisorientiert ist. Da der Kunde als externer Faktor integriert ist, ist anzunehmen, dass auch der Prozess relevant ist. Es erscheint daher sinnvoll, den Kundenbegriff auf Anspruchsgruppen zu erweitern (die Vertiefung erfolgt in Abschnitt 2.3.1 des folgenden Kapitels). Für diese Arbeit lässt sich die ISO-Definition auf dieser Basis konkretisieren:

> Dienstleistungsqualität:
> Dienstleistungsqualität ist der Grad, in dem ein Satz inhärenter Merkmale einer Dienstleistung bei der Erstellung und im Ergebnis Anforderungen ihrer Anspruchsgruppen erfüllt.

Entsprechend dieser Definition bestimmt sich nach BRUHN 2011, S. 39 (mit Verweis auf ZEITHAML u.a. 1988) die Dienstleistungsqualität aus den Erwartungen an die Dienstleistung,[20] der gelieferten Dienstleistung und der Wahrnehmung der gelieferten Dienstleistung. Dies entspricht der Sichtweise der Norm DIN EN 13816:2002 zur Servicequalität im Öffentlichen Personenverkehr (vgl. Norm DIN EN 13816:2002, S. 6). Zur weiteren Vertiefung bietet sich BRUHN 2011 an, der u.a. sechs Modelle zur Dienstleistungsqualität vorstellt (darunter das GAP-Modell von PARASURANAM, ZEITHAML und BERRY). Für diese Arbeit werden daher zwei aufeinander aufbauende Definitionen genutzt: allgemein die aktuell gültige Definition der DIN EN ISO 9000:2005 sowie – wo notwendig – die oben vorgestellte spezielle Definition der Dienstleistungsqualität.

2.2.2 Pünktlichkeit als Qualitätsmaß

In diesem Abschnitt werden die Definitionen in der Literatur und das Verständnis in der Bahnpraxis beschrieben. Nach einer Diskussion wird der Begriff *Pünktlichkeit* neu definiert. Der Begriff *Pünktlichkeit* wird nicht durchgängig gleich definiert. Folgende Tabelle zeigt ausgewählte Definitionen aus Fachbüchern (Fachsprache) sowie allgemeinsprachliche Definitionen.

[20] Genauer wäre „… aus den Erwartungen an die Kombination von Ausprägungen einzelner Merkmale einer Dienstleistung …“. Zur Vertiefung gibt BRUHN 2011, S. 42 eine umfassende Übersicht über theoretische Modelle zu Kundenerwartungen.

Tabelle 2.1: Definitionen für Pünktlichkeit, Pünktlichkeitsgrad

Definition	Quelle
Pünktlichkeit	
„Pünktlichkeit wird anhand von Grenzwerten gemessen, bis zu denen ein Zug als pünktlich gilt, und in Prozent angegeben: Pünktlichkeit = Anzahl Messungen ≤ Grenzwert / Anzahl aller Messungen“	Industrienorm UIC-Kodex 450-2, S. 5
„das Einhalten der im Fahrplan angebotenen Ankunfts- und Abfahrtszeiten“	SIEGMANN 2008, S. 21
„Zuverlässigkeit, mit der die Beförderung zu vorher festgelegten Terminen beginnt und endet“	LÜBKE 2008, S. 645
„der prozentuale Anteil pünktlicher Züge“	WEGELE 2007, S. 383
„Verhältnis der unverspätet durchgeführten Transporte zu den vorgesehenen Transporten“	PIRATH 1949, S. 165
„Pünktlichsein“	DUDEN 2005
„Maß, inwieweit Fahrzeuge sich an die veröffentlichten Fahrpläne halten“	Norm DIN EN 13816:2002, S. 18
Pünktlichkeitsgrad	
„Bezogen auf die Gesamtzahl der Züge ist der Pünktlichkeitsgrad der prozentuale Anteil von Zügen in definierten Verspätungsklassen – er gibt also an, wie viel Prozent der Züge ‚pünktlich’ sind.“	HEISTER u.a. 2005, S. 185

Zudem wird in der Bahnpraxis von Zügen gesprochen, die *plan* sind. Dieses Konzept findet sich auch bei HEISTER u.a. 2005, S. 185 und steht als Verkürzung für *planmäßig* (siehe auch HAUSMANN u. ENDERS 2007, S. 184, 191). Gemeint sind Züge, die innerhalb der veröffentlichten Minuten ankommen oder abfahren. Um den Anforderungen an einen Fachbegriff (Eindeutigkeit, Knappheit, Bezug zur Gemeinsprache) (vgl. THEISEN 2011, S. 135 ff., GEIGER u. KOTTE 2008, S. 46 ff., GRAEBIG 2006, KORNMEIER 2007, S. 68 ff.) gerecht zu werden, sollen obige Definitionen diskutiert und gegebenenfalls angepasst werden.

Zunächst fällt auf, dass in der Fachliteratur neben der Eigenschaft *pünktlich* zwei Substantive, *Pünktlichkeit* sowie *Pünktlichkeitsgrad*, verwendet werden. Gemeinsam ist allen Definitionen das Verständnis von *pünktlich* im Einzelfall (Umfang n = 1). Die Eigenschaft, pünktlich zu sein, bezieht sich bei allen Definitionen auf einen gegebenen Zeitpunkt (vgl. Industrienorm UIC-Kodex 450-2, S. 5). SIEGMANN 2008, LÜBKE 2008 und die Norm Norm DIN EN 13816:2002 sowie DUDEN 2005. und O.A. 2011 definieren demgemäß *pünktlich* über die Einhaltung dieses Zeitpunktes. Die Einhaltung ist bei den genannten Quellen nicht näher spezifiziert bzw. operationalisiert. HEISTER u.a. 2005 wählen eine andere Perspektive. Sie definieren *pünktlich* über die Abweichung vom gesetzten Zeitpunkt. Die Abweichungen können dann über zu definierende Ver-

spätungsklassen geordnet werden. Ein Beispiel für Verspätungsklassen sind vorgewählte Klassen im System LeiPro-A für den Schienenpersonenfernverkehr (in Minuten) (vgl. HEISTER u.a. 2005, S. 185):

Tabelle 2.2: Verspätungsklassen im Schienenpersonenfernverkehr in Minuten

Toleranz	Einordnung
0	pünktlich
1-5	pünktlich
6-10	unpünktlich
11-15	unpünktlich
usw.	unpünktlich

Werden nun mehrere Züge zusammenfassend betrachtet (Umfang n > 1), so werden für den Anteil pünktlicher Züge an der Gesamtzahl aller Zügen zwei Begriffe verwendet. HEISTER u.a. 2005, S. 185 bezeichnet den Anteil an Zügen in der gewünschten Verspätungsklasse als *Pünktlichkeitsgrad*; die Industrienorm UIC-Kodex 450-2, SCHNIEDER 2007, S. 383 und PIRATH 1949, S. 165 bezeichnen diesen Anteil als *Pünktlichkeit*. Für den gleichen Sachverhalt werden also zwei Fachbegriffe verwendet (Synonyme). Da dies gegen die Anforderungen an eine Fachsprache verstößt (Eindeutigkeit, vgl. auch Abschnitt 3.2.3.1), wird der Begriff *Pünktlichkeit* unter Berücksichtigung der vorliegenden Definitionen neu definiert.

Zur Begriffswahl: Der Begriff *Pünktlichkeitsgrad* bezeichnet eindeutiger als der Begriff *Pünktlichkeit*, dass ein Anteil ausgewiesen werden soll. Dies spricht für den Begriff *Pünktlichkeitsgrad*. Es sind aber auch synonyme Begriffe wie *Pünktlichkeitsquote* oder *Pünktlichkeitsanteil* denkbar. Damit wird die Eindeutigkeit verwässert. Da es keinen konkurrierenden Begriffsinhalt (Homonym) für den Begriff *Pünktlichkeit* gibt, können alle drei genannten Begriffe *Pünktlichkeitsgrad*, *Pünktlichkeitsquote* und *Pünktlichkeitsanteil* unter dem kürzeren Begriff *Pünktlichkeit* subsummiert werden. Dies fördert die Knappheit. Der Begriff *Pünktlichkeit* wird zudem gegenüber dem Begriff *Pünktlichkeitsgrad* mehrheitlich in der Fachsprache (vgl. obige Tabelle 2.1) und in der Gemeinsprache verwendet (vgl. exemplarisch DB VERTRIEB GMBH 2012, STIFTUNG WARENTEST 2012, WIKIMEDIA FOUNDATION INC. 2011). Zudem nutzt die Industrienorm UIC-Kodex 450-2, S. 5 den Begriff *Pünktlichkeit*. Es besteht also eine etablierte Nutzung in der Fachsprache und ein enger Bezug zur Gemeinsprache. Daher wird der Begriff *Pünktlichkeit* gewählt, der Begriff *Pünktlichkeitsgrad* wird verworfen.

Zum Begriffsinhalt: Inhaltlich lassen sich die bestehenden Definitionen mit wenigen Erweiterungen bzw. Änderungen übernehmen. Die Eigenschaft, pünktlich zu sein, lässt sich wie folgt beschreiben (angelehnt an SIEGMANN 2008, S. 21 und ähnlich der Definition in Norm DIN EN 13816:2002):

> pünktlich:
> die im Fahrplan festgelegten Zeiten innerhalb einer gegebenen Toleranz einhaltend

Darauf basierend kann die Definition von SCHNIEDER 2007, S. 383 für den Begriff *Pünktlichkeit* genutzt werden:

> Pünktlichkeit:
> prozentualer Anteil pünktlicher Züge

Für bestimmte Zwecke kann es sinnvoll sein, eine umfassende Definition für den Begriff *Pünktlichkeit* zu geben. Diese fasst die vorhergehenden Definitionen zusammen und präzisiert, was genau gemessen wird:[21]

> Pünktlichkeit:
> prozentualer Anteil von Elementen einer Zugfahrt (Ankunft, Abfahrt, Halt und/oder Durchfahrt) an der Gesamtzahl dieser Elemente, welche die in einem Fahrplan festgelegten Zeiten innerhalb einer gegebenen Toleranz einhalten

Mit dieser Definition ist die Pünktlichkeit als Qualitätsmaß definiert (vgl. SIEFER 2008, S. 166). Das Qualitätsmaß bestimmt den Grad, in dem Anforderungen bezüglich der Einhaltung von Fahrplanzeiten erfüllt werden (vgl. die Qualitätsdefinition in Norm DIN EN ISO 9000:2005, S. 18 bzw. die in Abschnitt 2.2.1 entwickelte Definition von Dienstleistungsqualität[22]). Mit dieser Definition lässt sich auch der in der Bahnpraxis verwendete Begriff *Planmäßigkeit* erklären. Der Begriff drückt aus, dass z.B. eine Ankunft innerhalb von einer Abweichung von 59 Sekunden von der im Fahrplan angegebenen ganzen Minute erfolgte.

---

[21] Zum Fahrzeitmesspunkt vgl. auch NAUMANN u. PACHL 2002, S. 90.

[22] Konkret: Dienstleistungsqualität ist der Grad, in dem ein Satz einer Dienstleistung inhärente Merkmale bei der Erstellung und im Ergebnis Anforderungen ihrer Anspruchsgruppen erfüllt.

2.2.3 Operationalisierung der Toleranz

Die Pünktlichkeit einer Zugfahrt beruht auf dem Maß, in dem die im Fahrplan festgelegten Zeiten innerhalb einer gegebenen Toleranz eingehalten werden (vgl. die oben entwickelte Definition). Es ist dabei zu klären, was genau ein Fahrplan ist und welche räumlichen und zeitlichen Bezugspunkte existieren, um eine Toleranz anzugeben. Die Industrienorm UIC-Kodex 450-2, S. 5 gibt eine operationale Definition:

> Die Pünktlichkeit eines Zuges wird anhand seiner Zugnummer durch den Vergleich der fahrplanmäßigen Sollzeit und der Ist-Zeit an bestimmten Zuglaufpunkten gemessen. Ein Messpunkt ist ein spezifischer Punkt auf der Fahrstrecke des Zuges, wo seine Laufdaten aufgezeichnet werden. Es können Abfahrts-, Ankunfts- oder Durchfahrzeiten gemessen werden. […]
> Pünktlichkeit wird anhand von Grenzwerten gemessen, bis zu denen ein Zug als pünktlich gilt, und in Prozent angegeben: Pünktlichkeit = (Anzahl Messungen ≤ Grenzwert)/(Anzahl aller Messungen)[23]

Dort sind ebenfalls die Rundungsmöglichkeiten aufgezählt. Empfohlen wird ein kaufmännisches Runden (vgl. ebd.). Übliche (einseitige) Schwellwerte sind 3 oder 5 Minuten (vgl. SIEFER 2008, S. 168, Industrienorm UIC-Kodex 450-2, S. 5).[24]

2.2.4 Verspätungsminuten als Maßgröße für Abweichungen vom Sollwert

Die Begriffe *Verspätungen* und *Verfrühungen* sind Fachbegriffe für das Maß, in dem Zugfahrten vom vorgegebenen Fahrplan abweichen (vgl. SIEFER 2008, S. 166). Die Abweichung wird in dieser Arbeit operationalisiert als die zeitliche Differenz zwischen dem Zeitpunkt des tatsächlichen Eintreffens (Ist-Zeitpunkt) und dem im Fahrplan festgelegten Zeitpunkt (Soll-Zeitpunkt) an einem räumlich definierten Punkt:

$$\Delta = t_{Ist} - t_{Soll}.$$

Ist die Abweichung positiv − ist der Zug also später als geplant an der Messstelle − so liegt eine Verspätung vor (vgl. STEUER 2000). Ist die Abweichung negativ, so liegt eine Verfrühung vor. Allgemein lassen sich also Verspätungen und Verfrühungen als Fahrplanabweichungen beschreiben. In der Betriebspraxis gibt es diverse Differenzierungen für den Begriff *Verspätung*. In der Richtlinie 420 des Eisenbahninfrastrukturunternehmens DB Netz AG, welche den überwiegenden Teil der Infrastruktur des deutschen SPNV betreibt, werden sieben detaillierende Definitionen genannt.[25] Für diese Arbeit ist

---

[23] In der Quelle als Formel formatiert.

[24] Es sei hier noch einmal auf die Gefahr der verkürzten Darstellung hingewiesen. 5 Min. können als 5,0 Min. oder als 5 Min. 59 Sek. interpretiert werden (vgl. „4.1 – Rundungsregeln“ Industrienorm UIC-Kodex 450-2, S. 5).

[25] Nämlich Abfahrts-, Anfangs-, Ankunfts-, End-, Teil-, Zusatz- und Zuwachsverspätung (vgl. Anhang 420.0100A01: CLAUS 2009, S. 1, 5, 12, 16, 17). STEUER 2000 definiert ebenso Verspätungen mit Bezug auf ADLER 1990, S. 837 f., ZEHME 1976a, HEISTER 1978. Siehe zudem ZEHME 1976b. Zu

die Detaildefinition *Zuwachsverspätung* interessant. Die Zuwachsverspätung ist dort definiert als „Differenz von Ankunfts- bzw. Übergabeverspätung und Übernahmeverspätung. Ihr Wert kann auch negativ sein." (CLAUS 2009, S. 17). Der Begriff ist aus zwei Gründen problematisch: Zum einen kann er leicht mit dem Begriff *Zusatzverspätung* (ebd.: S. 16) verwechselt werden. Eine Zusatzverspätung bezeichnet ausschließlich Zuwachsverspätungen, deren Wert größer Null ist. Zum anderen suggeriert die Wortwahl, dass ausschließlich Verspätungen betrachtet werden und diese eher wachsen. Folgende Tabelle zeigt, dass dies aber nur einen von acht denkbaren Fällen beschreibt.

Tabelle 2.3: Denkbare Kategorien von Zuwachsverspätungen

Kategorie	Abw. Messpunkt 1	Abw. Messpunkt 2	Differenz
Verspätung – Verspätung	5	3	-2
Verspätung – Verspätung	5	7	+2
Verspätung – Verfrühung	5	-3	-8
Verspätung – Verfrühung	5	-7	-12
Verfrühung – Verspätung	-5	3	+8
Verfrühung – Verspätung	-5	7	+12
Verfrühung – Verfrühung	-5	-3	+2
Verfrühung – Verfrühung	-5	-7	-2

Der Begriff *Zuwachsverspätung* erfüllt also nur bedingt die Anforderung der Eindeutigkeit eines Fachbegriffes.[26] Wird die Definition der Zuwachsverspätung von CLAUS 2009 umgeschrieben, so handelt es sich um eine Differenz von einer Fahrplanabweichung an einem Messpunkt 1 zu einer Fahrplanabweichung an einem folgenden Messpunkt 2. Die Zuwachsverspätung beschreibt also die Differenz zwischen zwei Fahrplanabweichungen, eine *Differenzfahrplanabweichung*. Diese Formulierung genügt nicht den Anforderungen der Knappheit und dem Bezug zur Gemeinsprache. Wird der Begriff der *Verspätung* beibehalten, so bietet sich der neue Begriff *Differenzverspätung* an, welcher wie folgt definiert werden kann:

Primär- und Sekundärverspätungen vgl. Industrienorm UIC-Kodex 450-2, S. 6 und exemplarisch für die Fachliteratur GOVERDE u. HANSEN 2001, S. 4 oder CONTE 2007, S. 5.

[26] Zu den Anforderungen an einen Fachbegriff vgl. THEISEN 2011, S. 135 ff., GEIGER u. KOTTE 2008, S. 46 ff., KORNMEIER 2007, S. 68 ff. und GRAEBIG 2006.

Differenzverspätung:

Eine Differenzverspätung ist die Differenz von zwei Fahrplanabweichungen (Verspätungen, Verfrühungen oder Kombinationen aus beiden). Ihr Wert kann positiv oder negativ sein. Ist der Wert positiv, so wurde mehr Zeit als geplant verbraucht.

Der neu geschaffene Begriff *Differenzverspätung* wird anstatt des Begriffs *Zuwachsverspätung* verwendet. Verspätungen können in verschiedenen Zeiteinheiten gemessen werden. Üblich sind (Verspätungs-)Minuten. Bei Differenzverspätungen bietet es sich dann an, von *Differenzverspätungsminuten* zu sprechen.

2.2.5 Der Fahrplan als Basis

2.2.5.1 Definition

Ein Fahrplan kann unterschiedlichen Zwecken dienen und unterscheidet sich im Umfang. Differenziert nach seinen Zwecken, kann ein Fahrplan

- der Trassenkoordination,
- der betrieblichen Koordination eines EVU (Betriebsprogramm),
- als Anforderung im Rahmen der Leistungsbeschreibung bei einer SPNV-Vergabe sowie
- als Kundenangebot an die Fahrgäste (Publikumsfahrplan)[27]

dienen (vgl. PACHL 2008a, S. 191, ULLIUS 2004).[28]

Als Publikumsfahrplan bildet er das Angebot eines Eisenbahnverkehrsunternehmens an seine Fahrgäste ab und stellt somit die Basis für eine Qualitätsbetrachtung dar. Das Gleiche gilt für den betrieblichen Fahrplan, der nach einer erfolgreichen Vergabe im Verkehrsvertrag zwischen dem SPNV-Aufgabenträger und dem Eisenbahnverkehrsunternehmen festgeschrieben ist. Die jeweiligen Fahrpläne sind also sowohl im Endkundenbereich (*B2C*) als auch im institutionellen Bereich (*B2B*) die Grundlage, an welcher die Kundenanforderungen bezüglich Pünktlichkeit gespiegelt werden.

Je nach Umfang kann sich ein Fahrplan auf eine einzelne Zugfahrt, eine Linie oder ein Netz oder auf eine Zeitperiode (vgl. WEIGAND 2008, S. 246) oder auf einen einzelnen Haltepunkt oder Bahnhof beziehen. PACHL 2008a, S. 191 definiert einen Fahrplan

---

[27] Beispiele sind elektronische Fahrpläne, Kursbücher, Taschenfahrpläne (vgl. HAUSMANN u. ENDERS 2007, S. 97) und Aushangfahrpläne an Stationen.

[28] PACHL nennt nur die drei Aspekte Trassenkoordination, Betriebsprogramm und Kundenangebot, ULLIUS thematisiert den Fahrplan als Betriebsprogramm. Der Aspekt Bestellervorgabe leitet sich aus den Leistungsbeschreibungen im deutschen SPNV ab, die so detaillierte Vorgaben zum Betriebsprogramm machen, dass sich ebenfalls von Fahrplänen sprechen lässt.

allgemein als „die vorausschauende Festlegung des Fahrtverlaufs der Züge“ (ebd.; ebenso WEIGAND 2008, S. 246). Daraus abgeleitet fordert er (genauso wie OPITZ 2009, S. 11, vermutlich mit Bezug auf PACHL), dass ein Fahrplan als notwendige Elemente die Zugnummer, den oder die Verkehrstage, den Laufweg, die Ankunfts-, Abfahrts- und Durchfahrtszeiten an den jeweiligen Betriebsstellen sowie die zulässige Geschwindigkeit für die einzelnen Abschnitte des Laufweges enthält. Mit dieser Definition wird ein betrieblicher Fahrplan charakterisiert[29] bzw. ein Fahrplan, mit dem Trassen koordiniert werden. Eine ähnliche Definition gibt das Personenbeförderungsgesetz der Bundesrepublik Deutschland. Nach § 40 „Fahrpläne“ muss ein Fahrplan neben dem Ausgangs- und dem Endpunkt auch den räumlichen Verlauf sowie die Haltepunkte und die Fahrzeiten enthalten.[30] Diese Fassung orientiert sich eher an staatlichen Genehmigungsbedürfnissen.

Beide Definitionen decken nicht den vollen, oben genannten Umfang existierender Fahrpläne ab. Folgte man den beiden Definitionen, so wären Aushangfahrpläne einer Haltestelle oder eines Bahnhofs keine Fahrpläne, da sie in ihrer Grundform lediglich die Ankunfts- oder Abfahrtszeiten aufführen. Daher ist eine Definition notwendig, die auch Aushangfahrpläne einschließt. Bei der Erarbeitung einer Definition kann auf die eigentliche Aufgabe von Zugfahrten, den Transport, zurückgegriffen werden. Bei einem Transport handelt es sich um eine räumliche Veränderung, hier: von Personen. Bei der räumlichen Veränderung sind die Punkte im Raum, also die Orte, von Interesse (vgl. SCHULZ 2009, S. 241, ABERLE 2003, S. 230, PIRATH 1949, S. 1 ff., 28). Um eine solche Dienstleistung (vgl. Abschnitt 2.1.2) in Anspruch nehmen und koordinieren zu können, sind Angaben zu Zeitpunkten hilfreich. Im Schienenpersonennahverkehr werden diese Dienstleistungen mittels Eisenbahnen in Form von Zugfahrten erbracht. Auf dieser Basis kann folgende Definition hergeleitet werden:

> Fahrplan:
> Ein Fahrplan ist ein Plan, der Angaben über Orte und Zeiten von Zugfahrten enthält.

[29] NAUMANN u. PACHL 2002, S. 69 f. zählen den Buchfahrplan, Bildfahrplan, Fahrplan für Zugmeldestellen (früher Bahnhofsfahrordnung) und Streckenfahrplan als mögliche betriebliche Fahrpläne auf. HAUSMANN u. ENDERS 2007, S. 97 geben eine noch detailliertere Übersicht.

[30] Die Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (EBO 2008) als wichtige Vorschrift für den Betrieb von Eisenbahnen macht keine Angaben zu Fahrplänen. Die Eisenbahn-Verkehrsordnung (EVO 2009) macht ebenfalls keine näheren Angaben zu Zwecken und Umfang von Fahrplänen. Im Allgemeinen Eisenbahngesetz werden Netzfahrpläne zur Koordination von Trassen genannt (vgl. AEG 2009, § 14b).

Diese allgemeine Definition für einen Fahrplan im Eisenbahnverkehr deckt alle genannten Zwecke und Umfänge ab und soll daher für diese Arbeit als Grundlage dienen.

2.2.5.2 Räumliche Bezugspunkte

Durch die Spurgebundenheit der Züge (vgl. PACHL 2008a, S. 1) sind die räumlichen Bezugspunkte genau bestimmbar. Räumliche Bezugspunkte sind aus Fahrgastsicht die Bahnhöfe und Haltepunkte, an denen ein Fahrgast den Zug betreten oder verlassen kann. Ein *Bahnhof* ist eine Bahnanlage „mit mindestens einer Weiche, wo Züge beginnen, enden, kreuzen, überholen oder wenden dürfen“ (EBO 2008, § 4). Ein *Haltepunkt* ist eine Bahnanlage ohne Weiche, „wo Züge planmäßig halten, beginnen oder enden dürfen“ (ebd.). Bahnhöfe und Haltepunkte können zusammenfassend als *Stationen* bezeichnet werden. Stationen dienen als Schnittstellen der Eisenbahnverkehrsunternehmen zu ihren Endkunden, den Fahrgästen.[31] Stationen werden durch Strecken verbunden. Eine *Strecke* ist der Gleisabschnitt zwischen zwei Stationen. Eine *Blockstrecke* ist ein Gleisabschnitt, in den „ein Zug nur einfahren darf, wenn [er …] frei von Fahrzeugen ist“ (EBO 2008). Die Blockstrecke wird alternativ als *Blockabschnitt* (vgl. PACHL 2008a, S. 293) und verkürzt auch als *Block* bezeichnet. Ein Haltepunkt kann innerhalb einer Blockstrecke liegen. Er unterteilt dann nach obiger Definition die Blockstrecke in zwei einzelne Strecken. Die Blockstrecke wird durch Blockstellen begrenzt. Auf Strecken mit ortsfester Signalisierung dienen Hauptsignale als Blockstellen (vgl. NAUMANN u. PACHL 2002, S. 42). Ein *Signal* ist ein Zeichen im Bahnbetrieb, welches den Beteiligten notwendige Informationen für die Benutzung der Bahnanlagen gibt (als Form-, Licht- oder Handsignal). Ein *Hauptsignal* ist ein Signal, welches die Benutzung eines Blockabschnittes regelt (als Block-, Einfahr-, Ausfahr-, Zwischen- oder Deckungssignal) (vgl. HAUSMANN u. ENDERS 2007, S. 50). Dementsprechend ist ein *Vorsignal* ein Signal, welches, ungefähr im Bremswegabstand vor dem Hauptsignal aufgestellt, die Stellung des zugehörigen Hauptsignals anzeigt (vgl. HAUSMANN u. ENDERS 2007, S. 52 f.). Innerhalb einer Station halten die Züge typischerweise an Bahnsteigen,[32] die in Deutschland für Fahrgäste häufig mit Gleisnummern versehen sind. Innerhalb eines Gleises kann es verschiedene Halteplätze geben, die durch eine *Haltetafel* gekennzeichnet sein können (vgl. NAUMANN u. PACHL 2002, S. 119). Die Haltetafel bezeichnet den gewöhnlichen Halteplatz (vgl. ebd.). *Betriebsstellen* sind nach PACHL 2008a, S. 292 „Stellen in Bahnhöfen und auf der freien Strecke, die der unmittelbaren Regelung und

---

[31] Bahnhöfe werden hier als Bahnhöfe mit Verkehrsaufgaben verstanden im Gegensatz zu Betriebsbahnhöfen (vgl. NAUMANN u. PACHL 2002, S. 19).

[32] Ältere Haltepunkte haben keinen Bahnsteig mit einer Bahnsteigkante, sondern sind z.B. aufgeschottert.

Sicherung der Zug- und Rangierfahrten dienen.“ (ebd.)[33] In der Beschreibung des Feldtests wird häufig auf Betriebsstellen Bezug genommen, da er im dort genutzten Betriebsdatenerfassungssystem als Oberbegriff für die jeweiligen Messpunkte steht.

Damit sind relevante räumliche Bezugspunkte benannt: Aus Fahrgastsicht ist dies der Halteplatz eines Zuges an einem Gleis innerhalb einer Station. Aus betrieblicher Sicht ist dies ebenfalls der gewöhnliche Halteplatz, da dieser Ort die Endkundenschnittstelle darstellt. Zudem sind die Blockstellen relevant, weil sie die Nutzung der jeweiligen Blockstrecken bestimmen. Bezüglich der Maßeinheit sind in Deutschland mit seinem metrischen System Kilometer, Meter und Zentimeter denkbar.

2.2.5.3 Zeitliche Bezugspunkte

Bei der Erarbeitung der Definition eines Fahrplans wurde die Bedeutung der zeitlichen Dimension beschrieben. Für den Endkunden ist es wichtig zu wissen, wann seine Zugfahrt beginnt und endet. Für die betriebliche Planung und Koordination ist die Belegung der Blockstrecken bzw. der Trassen entscheidend. Eine (Fahrplan-)*Trasse* ist „die im Fahrplan vorgesehene zeitliche und räumliche Inanspruchnahme der Infrastruktur durch eine Zugfahrt“ (NAUMANN u. PACHL 2002, S. 70). Im Bildfahrplan wird die Trasse durch die Sperrzeitentreppe gekennzeichnet. Eine Sperrzeitentreppe ist eine „grafische Darstellung der im Verlauf einer Zugfahrt durchfahrenen Folge“ von Blockstrecken (NAUMANN u. PACHL 2002, S. 201). Die Sperrzeiten setzen sich zusammen aus den Zeiten zum Bilden der Fahrstraße, zur Sichtung des relevanten Signals, zur Annäherung an die Blockstrecke, zum Durchfahren der Blockstrecke, zum Räumen der Blockstrecke (das sog. Freifahren) sowie zur Auflösung der Fahrstraße (vgl. NAUMANN u. PACHL 2002, S. 201, PACHL 2008a, S. 50 ff.).[34] Halte erfolgen definitionsgemäß in einer Blockstrecke und lassen sich zeitlich weiter differenzieren. Die Zerlegung ist im Rahmen dieser Arbeit nützlich, um die Unterschiede zwischen fahrgastrelevanten (verkehrlichen) sowie betrieblich relevanten Zeiten herauszuarbeiten. Dieser Unterschied ist hilfreich bei der Bestimmung der Bedienqualität, verstanden als Grad der Erfüllung von verkehrlichen Anforderungen durch betriebliche Prozesse. Beides, Zugfahrten und Zughalte, lassen sich im Sinne der ISO 9000-Norm als Prozesse auffassen.[35]

---

[33] Die Hervorhebungen wurden wegen der Übersichtlichkeit nicht wiedergegeben; diese sind: „Stellen in *Bahnhöfen* und auf der *freien Strecke*, die der unmittelbaren Regelung und Sicherung der *Zug-* und *Rangierfahrten* dienen.“ (PACHL 2008a, S. 292)

[34] Vgl. auch die Darstellung der Sperrzeitentreppe in NAUMANN u. PACHL 2002, S. 201 bzw. PACHL 2008a, S. 51.

[35] Nach Norm DIN EN ISO 9000:2005, S. 23 ist die allgemeine Definition eines Prozesses, dass Eingaben durch einen Satz von in Wechselbeziehungen oder Wechselwirkung stehenden Tätigkeiten in Ergebnisse umwandelt werden.

Die Regelhaltezeit ist eine Kombination aus betrieblich und verkehrlich notwendigen Zeiten. Die gesamte Haltezeit lässt sich nach PACHL 2008a, S. 198 ff. und WEIGAND 2008, S. 282 ff. differenzieren in Zeiten für die Öffnung der Türen, den Fahrgastwechsel (Ein- und Aussteigen), für das Schließen der Türen, das Prüfen und Fertigmelden des Zuges, das Bilden der Fahrstraße, das Erkennen des Signalbildes bzw. des Abfahrauftrages und für die Reaktionszeit auf den Abfahrauftrag. Vor dem Halt sind Zeiten notwendig für das Bilden der Fahrstraße, für die Sichtung des relevanten Signals sowie die Zeit für die Annäherung an den Bahnsteig bzw. Halteplatz bis zum Stillstand des Zuges. Nach dem Halt sind Zeiten anzusetzen für das Verlassen des Halteplatzes und das Räumen der Blockstrecke (das sog. Freifahren) sowie für die Auflösung der Fahrstraße.[36]

Mit der beschriebenen Differenzierung ist der Regelprozess der eigentlichen Zugfahrt (ohne Vor- und Nachbereitungstätigkeiten) vollständig beschrieben. Anhand dieser Beschreibung können nun relevante verkehrliche (auf den Fahrgast ausgerichtete) und betriebliche (auf den Betrieb und mittelbar auf Mitnutzer und den Aufgabenträger ausgerichtete) Zeitpunkte bzw. Bezugspunkte abgeleitet werden.

2.3 Bedarf an Steigerung der Pünktlichkeit

2.3.1 Anspruchsgruppen im deutschen Schienenpersonennahverkehr

In der Betriebswirtschaftslehre wurde in Verbindung mit der Diskussion, was relevante Ziele für eine Unternehmung sind, das Konzept der Anspruchsgruppen entwickelt. Im Bereich der Qualitätswissenschaft wurde dieser Ansatz aufgegriffen. Der *St. Galler Ansatz des Integrierten Qualitätsmanagements* nennt Kapitalgeber, Kunden, Mitarbeiter, die Öffentlichkeit (zusammen mit Medien und Nicht-Regierungsorganisationen), den Staat, Lieferanten und die Konkurrenz als Anspruchsgruppen (vgl. SEGHEZZI u.a. 2007, S. 13). Dieser Ansatz baut auf dem betriebswirtschaftlich orientierten St. Galler Managementmodell – beschrieben in ULRICH u. KRIEG 1974 und aktualisiert in RÜEGG-STÜRM 2003 – auf und reflektiert damit direkt die genannte Diskussion. Ein weiteres Modell, das Aachener Qualitätsmanagementmodell, beschreibt einen erweiterten Kreis an Anspruchsgruppen. Das *Aachener Modell* bezieht sich zudem ganz ausdrücklich auf einen Qualitätsbegriff analog zur ISO 9001:2005, in dem es Qualität als den Deckungsgrad zwischen Erwartungen der genannten diversen Anspruchsgruppen und den dazugehörigen tatsächlichen Eigenschaften definiert (vgl. SCHMITT u. PFEIFER 2007). Dieses breite Verständnis von Anforderungen wird ebenfalls im EFQM-Modell über die Krite-

[36] Vgl. auch die Darstellungen in PACHL 2008a, S. 51,199 und WEIGAND 2008, S. 283.

rien als Erfolgsfaktoren aufgegriffen (vgl. dazu z.B. MALORNY u. DICENTA 2007, S. 362 ff.) und Norm DIN EN ISO 9004:2009:13, 15 ff.).

Analog zur Aufzählung von Anspruchsgruppen im St. Galler Ansatz des Integrierten Qualitätsmanagements lassen sich im deutschen Markt für SPNV-Dienstleistungen Anspruchsgruppen bestimmen. In vorigen Abschnitten wurden bereits die Fahrgäste[37] und die Bestellerorganisationen als relevante Anspruchsgruppen identifiziert. Mit Hilfe einer Umfeldanalyse lassen sich weitere Anspruchsgruppen finden (vgl. zu Anspruchsgruppen auch MARTIN 2008, S. 193, Norm DIN EN 13816:2002, S. 6). Weitere Anspruchsgruppen sind:

- Eisenbahnverkehrsunternehmen: Mitarbeiter
- Eisenbahnverkehrsunternehmen: Kapitalgeber und Eigentümer
- Mitnutzer des Schienennetzes
- Betreiber des Schienennetzes
- weitere Gruppen wie Lieferanten, Regulierungs- und Aufsichtsbehörden, Öffentlichkeit, Steuerzahler, Medien und Nicht-Regierungsorganisationen, insbesondere Fahrgast- und Interessenverbände

2.3.2 KANO-Modell als Modell für den Wirkungszusammenhang zwischen Qualität und Kundenzufriedenheit

Das von NORIAKI KANO entwickelte und nach ihm benannte Modell beschreibt den Wirkungszusammenhang zwischen Qualität (als Erfüllung von Kundenanforderungen) und Kundenzufriedenheit. Das Modell unterscheidet zwischen drei Arten von Kundenanforderungen: den Basis- oder Grundanforderungen, den Leistungsanforderungen sowie den Begeisterungsanforderungen. Werden die Basisanforderungen nicht erfüllt, so ist der Kunde unzufrieden. Die Basisanforderungen werden teilweise explizit genannt, teilweise stillschweigend vorausgesetzt. Werden die Basisanforderungen erfüllt oder übererfüllt, so ist der Kunde lediglich nicht unzufrieden bzw. indifferent. Erst durch die Erfüllung von Leistungsanforderungen entsteht Zufriedenheit. Die Zufriedenheit steigt proportional mit der Erfüllung der Leistungsanforderungen. Die Leistungsanforderungen werden explizit von den Kunden genannt. Begeisterung entsteht, wenn zusätzlich Leistungen angeboten werden, die der Kunde schätzt, aber nicht erwartet. Die Leistungskriterien, die zu Begeisterung führen, sind dem Kunden oftmals selber nicht bekannt. Sie werden aber wirksam, sobald sie angeboten werden. Die Gesamtzufriedenheit entsteht aus dem Zusammenspiel aller drei Faktoren, ist also nicht additiv. Lücken bei Basisanforderungen können nach dem Modell z.B. nicht durch Leistungskriterien im

[37] Eine weitere Segmentierung wird im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgenommen. Vertiefende Information geben dazu z.B. MEFFERT u. POHLKAMP 2009, S. 17, 20, 60.

Bereich der Begeisterungsanforderungen kompensiert werden. Insofern lassen sich die Anforderungen auch als Muss-Kriterien (für Basisanforderungen), Soll-Kriterien (für Leistungsanforderungen) und Kann-Kriterien (für Begeisterungsanforderungen) beschreiben (vgl. TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008, S. 42 ff., BRUHN 2011, S. 44 ff.).[38] KANO nimmt weiter an, dass die Kundenanforderungen nicht statisch sind, sondern dass sie im Zeitablauf steigen, die Kunden also anspruchsvoller werden.[39] Im Modell wird dies durch eine Verschiebung der drei Arten der Anforderungen abgebildet. Begeisterungsanforderungen werden zu Leistungs- und dann zu Basisanforderungen. (ebd.) Die folgende Abbildung von einer Firmenwebsite visualisiert dies hervorragend (SCHLÜPFERING u. ARNOLD 2010):[40]

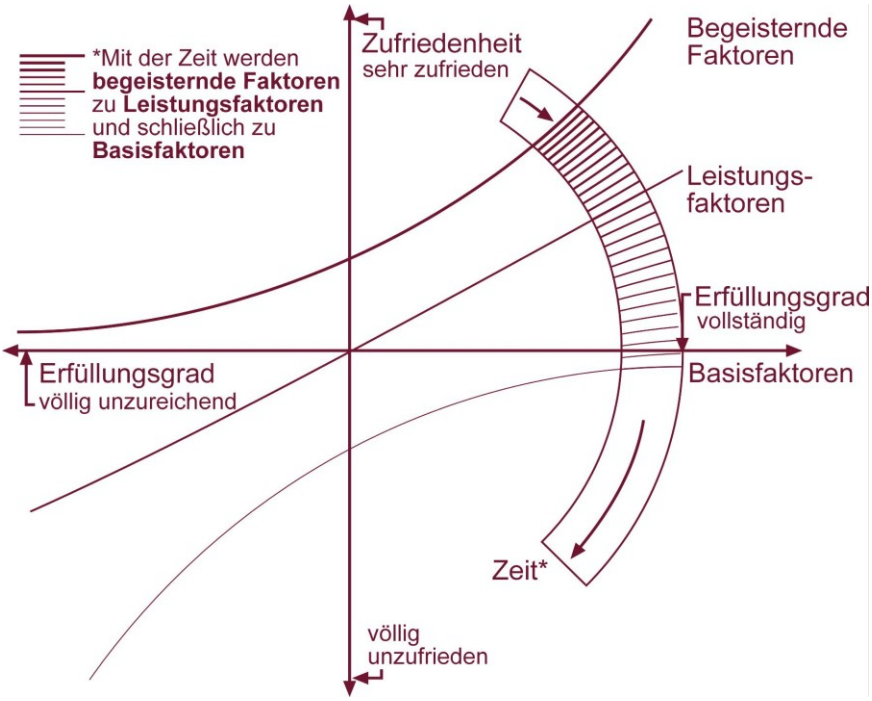


Abbildung 2.4*:* *KANO-Modell*

[38] Die Originalquelle ist der in japanischer Sprache verfasste Artikel KANO u.a. 1984. In ZULTNER u. MAZUR 2006 werden die Kategorien aus dem Japanischen ins Englische übersetzt. Im Gegensatz zu den oben genannten deutschen Quellen führen ZULTNER u. MAZUR 2006 noch die Begriffe *Indifferent Quality* und *Reverse Quality* ein. Da für diese Arbeit nur das Konzept der Basisanforderung relevant ist, wird dieser Unterschied hier nicht weiter vertieft. Gleichwohl besteht hier Klärungsbedarf.

[39] Als Beispiel mag der Airbag dienen. Bei der Einführung in den achtziger Jahren des letzten Jahrhunderts durch Hersteller von Oberklasseautomobilen (vgl. RUCKDESCHEL o.J.) gehörten die Airbags zu den Begeisterungsfaktoren. In der Folgezeit konnten sich Automobile über die Ausstattung mit Airbags differenzieren, ohne noch für Begeisterung zu sorgen (also als Leistungsfaktoren wirken), und heute gehören Airbags zur Grundausstattung fast jedes Kleinwagens und werden grundsätzlich erwartet.

[40] Eine weit verbreitete Lehrbuch-Darstellung findet sich in KAMISKE u. BRAUER 2008, S. 139 f.

Das *KANO-Modell* ist als Erklärungsmodell universell gültig und damit auch im deutschen Schienenpersonennahverkehr anwendbar (Logischer Schluss). Empirisch gestützt wird dies durch den Beitrag von SCHULZE u. SCHLAG 1999, der u.a. das *KANO-Modell* nutzt, um Veränderungen der Kundenzufriedenheit aufgrund von Veränderungen in der Kundenbetreuung eines deutschen SPNV-Anbieters zu erklären.

2.3.3 Pünktlichkeit als Basisanforderung wesentlicher Anspruchsgruppen

Die Pünktlichkeit ist ein wesentlicher Parameter im deutschen Schienenpersonennahverkehr (und allgemein im Eisenbahnverkehr). Die Annahme ist, dass die Pünktlichkeit eine Basisanforderung ist. Geprüft werden soll diese Annahme zum einen durch logisches Schließen, zum anderen durch eine Literaturrecherche.

2.3.3.1 Logische Herleitung

Ausgangspunkt sind die Anspruchsgruppen im deutschen SPNV (vgl. Abschnitt 2.3.1). Die *Fahrgäste* im Eisenbahnverkehr möchten zu einer im Fahrplan veröffentlichen Zeit von einem bestimmten Ort zu einem anderen Ort transportiert werden. Dies ist die Kernleistung der Eisenbahn und damit auch des Schienenpersonennahverkehrs. Die Kernleistung ist also durch zwei Orte und zwei Zeitpunkte bestimmt. Die Pünktlichkeit bildet ab, inwieweit die Anforderungen an die Zeit eingehalten werden. Da es sich um die Kernleistung handelt, kann gefolgert werden, dass die Pünktlichkeit eine Basisanforderung ist. Die *Bestellerorganisationen* handeln (zumeist) als Parafisci im Auftrag der Öffentlichkeit und somit indirekt im Sinne der Fahrgäste. Die Pünktlichkeit wird in allen Verkehrsverträgen der neueren Zeit explizit vereinbart und gemessen, Abweichungen werden mit Strafzahlungen belegt. In einigen Verträgen kann eine dauerhafte Abweichung von den vereinbarten Zielen sogar zu einer Vertragskündigung führen (vgl. exemplarisch RHEIN-MAIN-VERKEHRSVERBUND GMBH (RMV) 2012, S. 5). Insofern kann gefolgert werden, dass auch die Besteller die Pünktlichkeit als eine Basisanforderung betrachten. Für die Lokführer als *Mitarbeiter* der Eisenbahnverkehrsunternehmen reflektiert die Pünktlichkeit die Qualität ihrer Arbeit. Eine entstehende Unpünktlichkeit wirkt sich auch direkt auf die Arbeit der Zugbegleiter aus (Durchsagen tätigen, Anschlusswünsche erfassen und weitergeben, Information zur Anschlussdisposition erfragen und weitergeben, mit Kundenbeschwerden umgehen, Wahrnehmung von Kundenrechten ermöglichen, usw.). Ein zu hohes Maß an Unpünktlichkeit erschwert also die Arbeit und schafft Unzufriedenheit. Eine hohe Pünktlichkeit verändert dagegen nicht die Kerninhalte der Tätigkeit und schafft somit auch keine Zufriedenheit. Dies entspricht dem Muster einer Basisanforderung. Für *Kapitalgeber* und *Eigentümer* ist das Bild unklar. Zunächst wäre zu klären, welche Präferenzen sie haben (z.B. bezüglich

Kapitalverzinsung, Total-Quality-Anspruch, Einflussmaximierung). Dann wäre der Wirkzusammenhang zwischen Pünktlichkeit und den genannten Faktoren zu ermitteln. Da dies hier nicht zielführend wäre, wird keine Aussage bezüglich der Kategorisierung getroffen. Die Mitnutzer des Schienennetzes, also *andere Eisenbahnverkehrsunternehmen*, sind über die Zugfolge und die Anschlussdisposition direkt von Abweichungen des Fahrplans betroffen. Da dies ihre Kernleistung betrifft, kann es sich um eine Basisanforderung, aber auch um eine Leistungsanforderung handeln. Eine Leistungsanforderung ist dann denkbar, wenn die Pünktlichkeit anderer Nutzer die eigene Pünktlichkeit zwar spürbar, aber nicht überwiegend bestimmt. Dann gilt ein „Mehr ist besser", im Sinne eines Soll-Kriteriums. Diese Leistungsanforderung wird dann an den Netzanbieter gestellt. Für den Betreiber des Schienennetzes, das *Eisenbahninfrastrukturunternehmen*, beeinflusst die Pünktlichkeit direkt den Aufwand für die Disposition (siehe Abschnitt 4.2.2), für die Erzeugung und Weitergabe von Dispositionsinformation, mittelbar die Anzahl der verkaufbaren Trassen (z.B. über Umfang der Puffer) (vgl. z.B. JACOBS 2008, S. 199 ff.). Hier gibt es, ähnlich wie für die Mitnutzer des Schienennetzes, wieder beide Möglichkeiten, die Pünktlichkeit zu kategorisieren. Zusammenfassend erscheint es logisch zwingend, dass die Pünktlichkeit für die direkten Nutzer, die Fahrgäste, sowie für weitere Anspruchsgruppen als Basisanforderung betrachtet wird.

2.3.3.2 Stand der Forschung (Literaturrecherche)

Eine Literaturrecherche bestätigt dies. Die Pünktlichkeit ist neben der Sicherheit der Reisekette bzw. der Anschlusssicherheit die zentrale Größe für Kundenzufriedenheit sowie eine zentrale Größe bei der Kundenbindung. Eine allgemeine Aussage über die Befriedigung von Verkehrsbedürfnissen trifft bereits PIRATH 1949, S. 38, 164 f.[41] Eine direkte Bestätigung für den deutschen SPNV geben SCHULZE u. SCHLAG 1999, JACOBS 2008, S. 206 und YUAN 2008, S. 170. Allgemeine Hinweise für den Eisenbahnverkehr finden sich in SCHULZ 2009, S. 241, FRÄNTZEL 2007, S. 41, SEGHEZZI u.a. 2007, S. 38, NIEßING 2006, S. 87 f.[42] und HINTERHUBER 2004, S. 21. Für den deutschen ÖPNV geben KAHRS u. PROBST 2001 ein Beispiel aus dem Busbereich. Eine empirische Fundierung für den Schienenpersonenfernverkehr findet sich in MEFFERT u. NIEßING 2006,

[41] Diese mehr als sechzig Jahre alte Quelle ist für die Fragestellung ausgewählt worden, weil sie zeigt, dass bereits zu dieser Zeit die Pünktlichkeit als Grundanforderung verstanden wurde. Konkret heißt es dort „Die *speziellen Grundbedingungen*, die vom Verkehrskunden gestellt werden, liegen in den drei Forderungen nach: 1. *Sicherheit* […], 2. *Leistungsfähigkeit: Schnelligkeit, Regelmäßigkeit*, Pünktlichkeit, Häufigkeit, Bequemlichkeit, 3. *Wirtschaftlichkeit* […]" (PIRATH 1949, S. 38; Hervorh. im Original gesperrt anstatt kursiv) sowie „Die *Regelmäßigkeit* und *Pünktlichkeit* eines Verkehrsmittels ist vor allem für den Verkehr von Personen, hochwertigen Gütern und Nachrichten eine wichtige Voraussetzung, die die Verkehrsmittel zu erfüllen haben." (PIRATH 1949, S. 164; Hervorh. im Original gesperrt anstatt kursiv).

[42] Dort als „Hygienefaktor" (NIEßING 2006, S. 88) beschieben.

S. 13, 16, 33 und SIEFKE 1998. Eine Übertragung mit der Aussage, dass im Schienenpersonennahverkehr der Grundnutzen – und damit gerade auch die Pünktlichkeit – sich verstärkt auswirkt, findet sich in MEFFERT u. POHLKAMP 2009, S. 58.

Die zu prüfende Annahme war, dass die Pünktlichkeit eine Basisanforderung ist. Das Ergebnis, basierend auf der logischen Herleitung sowie der Literaturrecherche, ist, dass die Pünktlichkeit im deutschen Schienenpersonennahverkehr als eine Basisanforderung betrachtet werden kann.

2.3.4 Erfüllungsgrad der Anforderungen bezüglich Pünktlichkeit

Der Erfüllungsgrad einer Basisforderung soll nach dem Konzept von KANO 100 % betragen, um Unzufriedenheit zu vermeiden. Sind die Toleranzgrenzen der Kunden (*B2C*: Fahrgäste und *B2B*: Aufgabenträger) bekannt, so kann eine Aussage getroffen werden, ob eine 100 %-Erfüllung vorliegt. Im Rahmen des Feldtests (vgl. Kap. 5) wurden vom Eisenbahnverkehrsunternehmen in Abstimmung mit dem Aufgabenträger 252 Fahrgäste nach ihrer Verspätungstoleranz befragt (Fragebogen siehe Anlage 2). Ergebnis war, dass die Fahrgäste gewisse Verspätungen, in diesem Fall bedingt durch das Warten auf Anschlussreisende, tolerieren.[43] Sind die Züge einer Linie nun *nicht* zu jeder Zeit (und an jeder Station) oder zumindest im (Jahres-)Durchschnitt bei gegebener Toleranz 100 % pünktlich, so entsteht nach obiger Herleitung zwingend eine Unzufriedenheit. Kann gezeigt, dass die Pünktlichkeit nicht 100 % beträgt, so ist die Relevanz bezüglich der Kundenzufriedenheit hergeleitet. Treffen die Aufgabenträger zudem direkte Aussagen zum Erfüllungsgrad, so kann die Plausibilität der Herleitung überprüft werden.

Für eine Querschnittsuntersuchung wurden exemplarisch öffentlich zugängliche Quellen der Aufgabenträger analysiert. In Deutschland sind 26 Aufgabenträger tätig (Stand 26.02.2013, vgl. BUNDESARBEITSGEMEINSCHAFT DER AUFGABENTRÄGER DES SPNV E.V. (BAG SPNV) o.J.)[44]. Diese veröffentlichen regelmäßig Qualitätsberichte. Diese Qualitätsberichte wurden ausschnittsweise für große Aufgabenträger (BEG, LNVG, RMV, VBB und VRR/NRW-Zweckverbände) ausgewertet. Für die Bayerische Eisenbahngesellschaft mbH (BEG) ist die Pünktlichkeit ein zentrales Qualitätskriterium. Erhaltene Pönalemittel, mehr als 17 Millionen Euro, investierte sie 2010 vor allem in die Steigerung der Pünktlichkeit (vgl. BAYERISCHE EISENBAHNGESELLSCHAFT MBH (BEG) 2010a, S. 3, BAYERISCHE EISENBAHNGESELLSCHAFT MBH (BEG) 2010b, S. 12, BAYERISCHE EISENBAHNGESELLSCHAFT MBH (BEG) 28.02.2011). Die Landesnahver-

[43] Zu ähnlichen Schlüssen kommt KUBER 2005 in ihrer unveröffentlichten Diplomarbeit.

[44] Eine Übersicht ist unter BUNDESARBEITSGEMEINSCHAFT DER AUFGABENTRÄGER DES SPNV E. V. 2011 verfügbar.

kehrsgesellschaft Niedersachsen mbH führt das Qualitätskriterium Pünktlichkeit unter dem Aspekt der strategischen Handlungsfelder auf und bezeichnet diese als zu den „Schlüssel-Qualitätsstandards“ gehörend (LANDESNAHVERKEHRSGESELLSCHAFT NIEDERSACHSEN MBH (LNVG) 2010, S. 105). Abweichungen von der vereinbarten Pünktlichkeit werden mit Strafzahlungen (Pönale) belegt. Die LNVG schätzt eine Pünktlichkeit der von ihr bestellten Verkehre von 94–96 % im Jahresdurchschnitt als sehr hoch ein und sieht dort (im Jahr 2010) keine verstärkte Handlungsnotwendigkeit (vgl. LANDESNAHVERKEHRSGESELLSCHAFT NIEDERSACHSEN MBH (LNVG) 2010, S. 102 ff.). Die Rhein-Main-Verkehrsverbund GmbH misst der Ankunftspünktlichkeit (und der Anschlusssicherung) eine „besondere Bedeutung“ bei (WALCZOK u. SMOKTUN 2010, S. 4). Die Zielwerte liegen im Jahresdurchschnitt bei 94 % (vgl. RHEIN-MAIN-VERKEHRSVERBUND GMBH (RMV) 2012, S. 9). Der RMV sieht 2010 weiter Handlungsbedarf und spricht davon, „den Druck auf die Verkehrsunternehmen und Netzbetreiber zur weiteren Verbesserung der Pünktlichkeit zu erhöhen“ (WALCZOK u. SMOKTUN 2010, S. 6). Der Verkehrsverbund Berlin-Brandenburg GmbH sieht im Regionalverkehr bei einer Jahresdurchschnittspünktlichkeit von ca. 92 % weiteren Handlungsbedarf. Er verweist dabei auf zwei Eisenbahnverkehrsunternehmen mit einer durchschnittlichen Pünktlichkeit von 89,4 % bzw. 95,8 % (jeweils für das Jahr 2009) (vgl. VERKEHRSVERBUND BERLIN-BRANDENBURG GMBH (VBB) 2010, S. 23). Alle neun Zweckverbände,[45] die in dem *Qualitätsbericht SPNV NRW* für das Jahr 2009 berichten, sehen Steigerungsbedarf im Bereich der Pünktlichkeit (vgl. VERKEHRSVERBUND RHEIN RUHR AÖR (VRR) 2010, S. 20 ff.). Der Bericht weist zudem linienscharf die Verspätungsanteile aus. Diese betragen nach der dort gewählten Berechnung im Regionalverkehr bis ca. 25 % (mit einem Ausreißer von ca. 42 %) (ebd.: S. 12ff). Zusammenfassend ist zu erkennen, dass der Großteil der Aufgabenträger sich eine Steigerung der Pünktlichkeit für ihre bestellten SPNV-Dienstleistungen wünscht.

Aus Fahrgastsicht gibt es wenig bis keine öffentlich zugänglichen empirischen Daten. Die TNS Infratest führt regelmäßig ein ÖPNV-Kundenbarometer. Die Detaildaten, die für einen Beleg notwendig wären, werden aber nicht veröffentlicht. Die DB Regio AG als größtes deutsches SPNV-Eisenbahnverkehrsunternehmen führt regelmäßige eigene Kundenbefragungen durch. Im Jahr 2009 befragte das beauftragte Unternehmen Infas Kunden nach Leistungsmerkmalen, für die sie sich eine Veränderung wünschten. Für 19 ausgewertete Einheiten des Unternehmens waren die Faktoren

[45] Aachener Verkehrsverbund (AVV), Nahverkehrsverbund Paderborn / Höxter (nph), Nahverkehrs-Zweckverband Niederrhein (NVN), Verkehrsverbund Rhein-Ruhr (VRR), Verkehrsverbund Rhein-Sieg (VRS), VerkehrsVerbund OstWestfalenLippe (VVOWL), Zweckverband Ruhr-Lippe (ZRL), Zweckverband SPNV Münsterland (ZVM), Zweckverband Personennahverkehr Westfalen-Süd (ZWS).

„Fahrpreise“ und „Pünktlichkeit“ die Werte, die als Wunsch am häufigsten genannt wurden. Für diese 19 Einheiten wünschten sich im Mittel (Median) 23 % der Befragten eine Veränderung (vgl. DB MOBILITY LOGISTICS, MARKTFORSCHUNG / INFAS 2009, S. 4–7).

2.3.5 Schlussfolgerung: Bedarf, Pünktlichkeit im deutschen SPNV zu steigern

Eine grundsätzliche Plausibilitätsüberlegung sowie die ausschnittsweise Quellenforschung (als empirische Stütze) zeigen, dass bei SPNV-Aufgabenträgern als institutionellen Kunden sowie bei Fahrgästen als Nutzern des Schienenpersonennahverkehrs Bedarf besteht, die Pünktlichkeit im deutschen SPNV zu steigern. Der aus der Plausibilitätsüberlegung abgeleitete Schwellwert von 100 % erscheint nach der Quellenforschung zu hoch; er liegt vermutlich eher im Bereich ab 94 % (unter Beachtung der gewählten Schwellwerte). Hier besteht noch weiterer Forschungsbedarf.

2.4 Bisherige Methoden zur Steigerung der Pünktlichkeit

2.4.1 Literaturrecherche zur Erfassung des aktuellen Standes der Forschung

Mit Hilfe einer umfassenden Literaturrecherche soll der Stand der Forschung ermittelt werden. Recherchiert werden soll nach Quellen, die die Anwendung von Qualitätstechniken sowie Techniken allgemein zur Steigerung der Pünktlichkeit im Eisenbahnverkehr aus Sicht der Betreiber, der Eisenbahnverkehrsunternehmen, thematisieren. Gesucht werden Arbeiten, die vier inhaltliche Kriterien erfüllen:

- Eisenbahn, ideal: SPNV in Deutschland
- Steigerung der Pünktlichkeit bzw. Abbau von Verspätungen
- Qualitätstechniken, auch: Qualitätsmanagement, Techniken als solche
- Eisenbahnverkehrsunternehmen

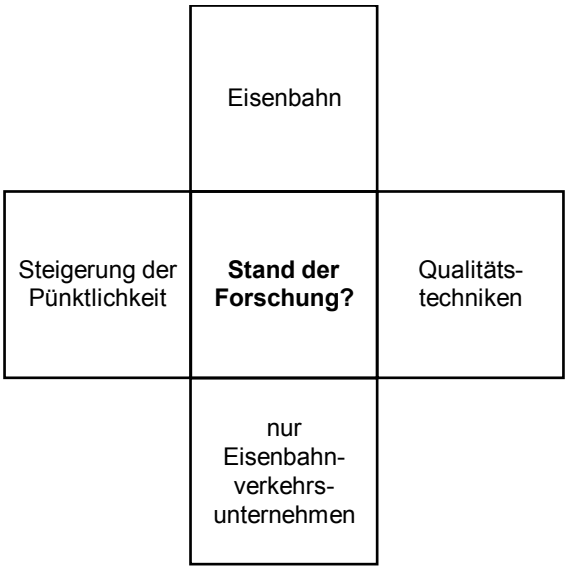


Abbildung 2.5: Thematische Eingrenzung zum Stand der Forschung

Der Erstzugang erfolgte über den Katalog der Deutschen Nationalbibliothek. Danach wurde die Recherche systematisch ausgeweitet. Durchsucht wurden Bibliothekskataloge, Datenbanken, Fachzeitschriften, Publikationslisten von bekannten Eisenbahnlehrstühlen, Internetseiten von Verbänden und von EU-Programmen. Genutzt werden u.a. als Bibliothekskataloge die Kataloge der Deutschen Nationalbibliothek (einschließlich der Zeitschriftendatenbank) und der ETH Zürich. Als Fachzeitschriften wurden die Zeitschriften *Der Eisenbahningenieur* (EI), *Eisenbahntechnische Rundschau* (ETR), *European Rail Technology Review* (RTR), *Internationales Verkehrswesen* (IV), *Signal + Draht* und *Qualität und Zuverlässigkeit* (QZ) vollständig oder in den letzten Jahrgängen durchsucht. Als weiterer Zugang werden die Publikationslisten von bekannten Ei-

senbahnlehrstühlen durchsucht, soweit sie online verfügbar waren.[46] Als Datenbanken wurden *Transport Research International Documentation* (TRID) (URL: trid.trb.org), *Emerald* (URL: www.emeraldinsight.com), *ASME Digital Library* (URL: asmedl.aip.org), *Information und Dokumentation Bahn* (IuD Bahn), *CORDIS* der Europäischen Kommission (URL: cordis.europa.eu) sowie die *JADE-Aufsatzdatenbank* (URL: http://www.ub.uni-bielefeld.de/databases/jade/jade_main.htm) genutzt. Ergänzend wurden Quellen zu EU-Programmen (IMPROVERAIL und ARRIVAL[47]) sowie öffentlich zugängliche Internetseiten von Verbänden, Organisationen und Tagungen durchsucht, u.a. Seiten des *Verbandes Deutscher Eisenbahn-Ingenieure e. V.*, der *International Association of Railway Operations Research* (IAROR) (URL: www.iaror.org), *Railway Technical Web Pages - Railway systems, technologies and operations across the world* (URL: www.railway-technical.com), des *World Congress Railway Research* (WCRR) (URL: http://www.railway-research.org/WCRR-World-Congress-Railway) und *Dagstuhl Research Online Publication Server* (URL: drops.dagstuhl.de). Bei der Durchsicht der Quellen wurden Literaturhinweise dann gezielt verfolgt. Für aktuelle Brancheninformationen sowie zur Recherche von Arbeitspapieren wurden zudem Internetsuchmaschinen eingesetzt.

2.4.2 Ergebnis der Recherche: Stand der Forschung

2.4.2.1 Quellen im ausgewählten Forschungsfeld

Für das ausgewählte Forschungsfeld (bestimmt als Schnittmenge der vier Parameter *Eisenbahn*, *Steigerung der Pünktlichkeit* bzw. *Abbau von Verspätungen*, *Qualitätstechniken* und *Eisenbahnverkehrsunternehmen*) ergab die Recherche nur zwei Quellen, WEIGAND 2005 sowie VEISETH u.a. 2011 (in Kombination mit VEISETH u.a. 2008), die für das Forschungsfeld als einschlägig zu bezeichnen sind.

WEIGAND 2005 skizziert in dem siebenseitigen Beitrag „Verbesserung der Pünktlichkeit der S-Bahn Rhein-Main – ein prozessübergreifendes Six Sigma-Projekt“ das Vorgehen und weist mögliche Effekte für die Pünktlichkeit aus. Er nennt überblicksartig ausgewählte Techniken:

- Steckbrief SMART erstellen
- Datensammelplan erstellen
- Messungen durchführen

---

[46] Hierfür wurde eine Übersicht der deutschsprachigen Lehrstühle für das Eisenbahnwesen (bzw. des Öffentlichen Verkehrs) genutzt (online unter http://www.eisenbahnlehre.org).

[47] IMPROVERAIL ist ein Akronym für “Improved tools for railway infrastructure capacity and access management”, ARRIVAL ist ein Akronym für “Algorithms for robust and online railway optimization: Improving the validity and reliability of large scale systems”.

– Mitfahrten auf Zügen
– PARETO-Analyse durchführen
– Brainstorming durchführen
– Maßnahmenplan erstellen
– regelmäßige Controllingsitzungen halten

Zur Umsetzung und erzielten Effekten trifft WEIGAND keine Aussagen. Allerdings gibt er Hinweise auf Schwachpunkte im Verbesserungsprozess. Die Arbeit gibt aufgrund ihres Charakters lediglich einen Überblick und kann daher nicht als detaillierte Leitlinie für zukünftige Verbesserungen dienen. Sie gibt jedoch einen wichtigen Hinweis auf die grundsätzliche Machbarkeit. Die Führungsrollen in diesem Projekt wurden von Mitarbeitern des EIU besetzt. Dieser Ansatz weicht damit von der Vorgabe *Eisenbahnverkehrsunternehmen* ab.

Die Autoren der norwegischen Quelle, VEISETH, HEGGLUND, WIEN, OLSSON und STOKLAND, beschreiben in ihrem Konzeptpapier vier Fallstudien, aus denen sie eine anwendungsorientierte Methode zur Steigerung der Pünktlichkeit, genannt PIMS (*Punctuality Improvement Method System*), ableiten. Anspruch des Ansatzes ist es, alle Akteure im Eisenbahnsektor einzubeziehen, Projekt- mit Linienarbeit zu verbinden und Erfahrungswissen zu nutzen. Der Kreis der Akteure umfasste in diesem Fall Güterverkehrs- und Personenverkehrs-EVU, JERNBANEVERKET als Infrastrukturbetreiber (EIU) und gleichzeitig als Eisenbahnbehörde sowie als Unterstützer eine Unternehmensberatung und eine Universität (vgl. VEISETH u.a. 2011, S. 269, 272). Der Ansatz beruht explizit auf dem PDCA-Zyklus sowie dem WV-Muster-Modell[48] von SHIBA und WALDEN (vgl. SHIBA u. WALDEN 2001, S. 74 ff.) und durchläuft vier Schritte im Projekt und drei in der Linienorganisation der Eisenbahnunternehmen (EVU und EIU).

[48] Die Beschreibung „WV“ bezieht sich auf ein Zick-Zack-Muster zwischen zwei Ebenen (der Erfahrungs- und der gedanklichen Ebene), welches durch die beiden Buchstaben symbolisiert werden soll.

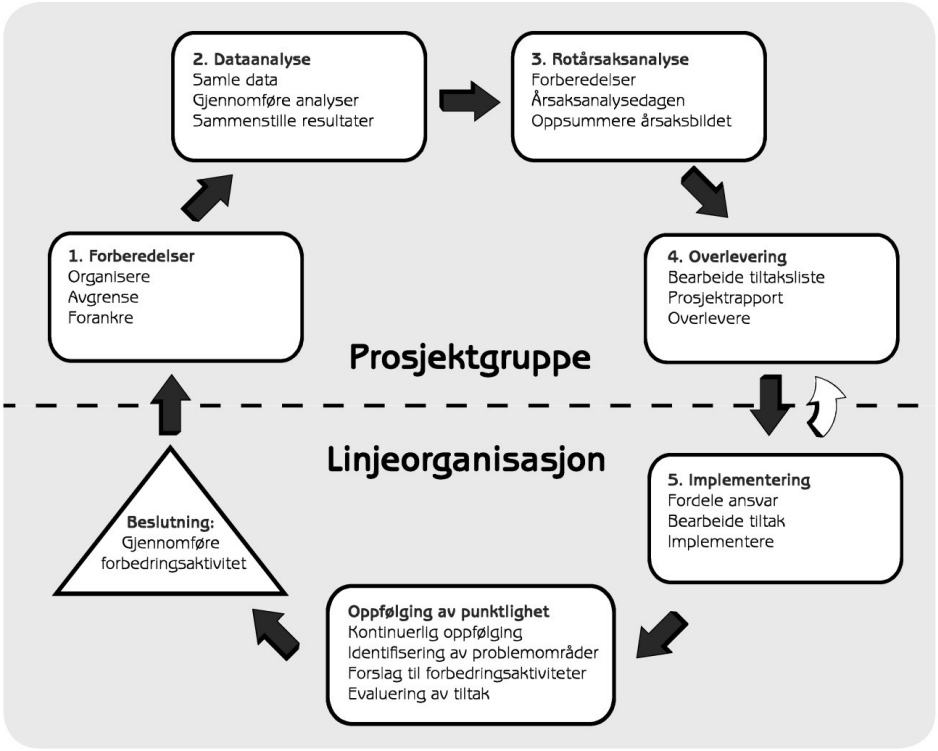


*Abbildung 2.6: Verbesserungszyklus PIMS Norwegen (*VEISETH u.a. 2008, S. 7*)*

Der Ansatz ist gestützt durch ein Methodenhandbuch, welches in der Internetversion für jeden Schritt eine Kurzbeschreibung des Inhalts, die dazugehörigen Qualitätstechniken, einen Hinweis auf problematische Punkte[49] sowie eine Checkliste beinhaltet (vgl. VEISETH u.a. 2008). Eine CD-Fassung enthält zudem Vorlagen und Beispiele. Insgesamt werden 18 Qualitätstechniken vorgeschlagen, die in der folgenden Tabelle aufgeführt sind:

Tabelle 2.4: Qualitätstechniken im PIMS-Norwegen-Ansatz

Qualitätstechniken im PIMS-Norwegen-Ansatz			
1.	Regelkarten	10.	Matrixdiagramm
2.	Pareto-Diagramm	11.	Flussdiagramm
3.	Ursache-Wirkungs-Diagramm	12.	Baumdiagramm
4.	Datenerfassungsblatt	13.	Projektumfeldanalyse
5.	Histogramm	14.	SWOT-Analyse
6.	Zeitverlaufsdiagramm	15.	Prozessdarstellungen: u.a. Swimlane
7.	Linien- und Kreisdiagramm	16.	Ursachenanalyse (mit Warum?-Fragen)
8.	Streu-/ Korrelationsdiagramm	17.	Brainstorming
9.	Korrelationsanalyse (mit Koeffizient)	18.	Maßnahmentabelle

[49] Im Handbuch als *Erfolgsfaktoren* („Suksessfaktorer“, z.B. VEISETH u.a. 2008, S. 15) betitelt.

Dieses System stellt einen interessanten Ansatz dar, weil es viele Bereiche des Forschungsfeldes abdeckt. In zwei Bereichen weicht es jedoch von den vorgegebenen Kriterien ab. Zum einen umfasst der Ansatz ausdrücklich Eisenbahnverkehrsunternehmen und Eisenbahninfrastrukturunternehmen, beschränkt sich also nicht nur auf Eisenbahnverkehrsunternehmen. Zudem wurden EVU aus dem Bereich des Güterverkehrs explizit mit einbezogen (vgl. VEISETH u.a. 2008, S. 38 f.). EVU im Güterverkehrsbereich arbeiten jedoch in einem anderen Marktumfeld (ausschließlich B2B, Abfahrtszeiten abhängig von der Beladung, selten Taktverkehre, andere zeitliche Toleranzen), sodass sich andere Rahmenbedingungen für eine Verbesserung ergeben. Zum zweiten ist unklar, auf welcher Basis der Bezugsrahmen, das WV-Modell (vgl. SHIBA u. WALDEN 2001) sowie die Qualitätstechniken ausgewählt und kombiniert wurden (bzw. warum bestimmte Qualitätstechniken nicht eingesetzt werden).

Da die Recherche für das ausgewählte Forschungsfeld (bestimmt als Schnittmenge der vier Parameter *Eisenbahn*, *Steigerung der Pünktlichkeit* bzw. *Abbau von Verspätungen*, *Qualitätstechniken* und *Eisenbahnverkehrsunternehmen*) nur zwei einschlägige Quellen ergab, wurde der Untersuchungsraum ausgeweitet.

2.4.2.2 Quellen bei Ausweitung des Untersuchungsraumes – Ansätze der Fahrplanoptimierung

Um den Stand der Forschung besser erfassen zu können, wurde der Untersuchungsraum durch einen Verzicht auf einzelne Rechercheparameter ausgeweitet. Eine Ausweitung der Recherche durch den Verzicht des Rechercheparameters *aus Sicht eines Eisenbahnverkehrsunternehmens* ergab keine weiteren Quellen. Dies änderte sich, nachdem die Recherche durch den Verzicht des Rechercheparameters *durch Anwendung von Qualitätstechniken* erneut ausgeweitet wurde. In der Schnittmenge zwischen *Eisenbahnverkehr* und *Steigerung der Pünktlichkeit* bzw. *Abbau von Verspätungen* sind umfangreiche Quellen vorhanden. Einem Großteil der Quellen ist gemeinsam, dass sie die Steigerung der Pünktlichkeit als Fahrplanoptimierung auffasst und diese Optimierung durch Ansätze aus dem Bereich der Operation Research versucht. Eine sehr gute Zusammenfassung bei guter Quellenübersicht gibt das Sammelwerk „Railway Timetable & Traffic – Analysis, Modelling, Simulation“, herausgegebenen von INGO A. HANSEN und JÖRN PACHL (HANSEN u. PACHL 2008). Die gefundenen Quellen lassen sich anhand des vierschrittigen Prozesses der Fahrplanerstellung und -durchführung einordnen. Die folgende Darstellung des Forschungsstandes nutzt die Kapitelstruktur von HANSEN u. PACHL 2008), um einen Überblick zu geben. Zur besseren Einordnung sind die einzelnen Kapitel in der folgenden Überblicksgrafik den einzelnen Prozessschritten zugeordnet.

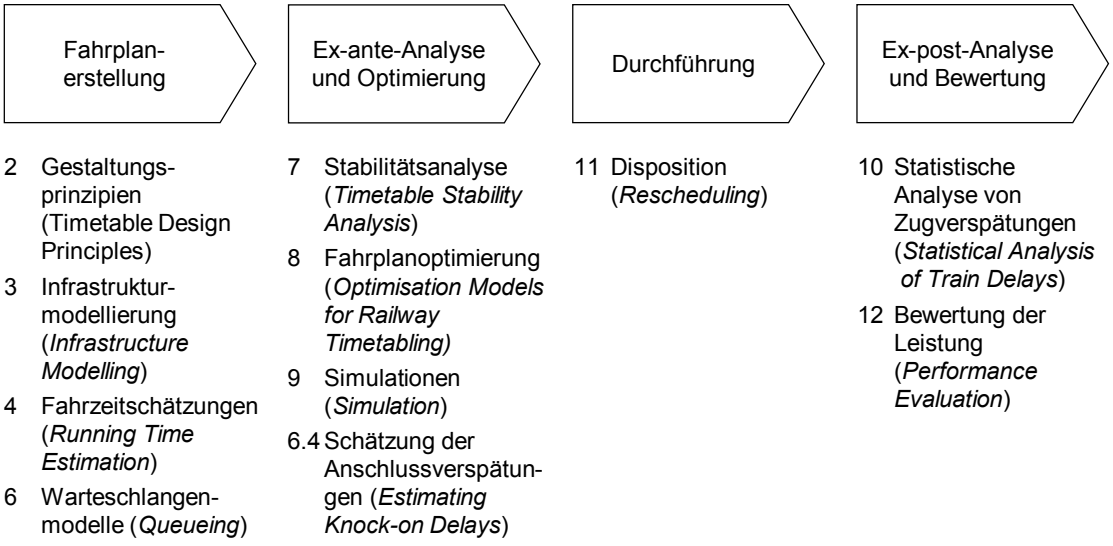


Abbildung 2.7: Elemente der Fahrplanoptimierung (mit Kapitelnummern aus HANSEN u. PACHL 2008*)*

2.4.2.2.1 Prozessschritt *Fahrplanerstellung*

Bei der Fahrplanerstellung ist zunächst die Grundkonzeption entscheidend (*Timetable Design Principles*, vgl. PACHL 2008b). Im deutschen Schienenpersonennahverkehr werden die Verkehre heute zumeist als vertaktete Verkehre (mit einem Taktfahrplan) angeboten (vgl. z.B. BORNDÖRFER u. LIEBCHEN 2009). Alle Eisenbahnverkehre zeichnen sich durch ihre Spurgebundenheit aus. Bei der Fahrplanerstellung kommt daher der Abbildung der Infrastruktur im Fahrplanplanungssystem eine hohe Bedeutung zu. RADTKE 2008 beschreibt die Infrastrukturmodellierung (*Infrastructure Modelling*) und gibt vertiefende Literaturhinweise. Die Fahrzeitschätzungen (*Running Time Estimation*) bilden dann die Möglichkeiten des Eisenbahnverkehrsunternehmens ab, die Infrastruktur mit ihrem Fahrzeugpark zu befahren. Infrastruktur und verfügbare Fahrzeuge repräsentieren somit die physischen Möglichkeiten, eine Verkehrsdienstleistung zu erbringen. Auf dieser Basis kann ein Fahrplan entsprechend der gewünschten Grundkonzeption erstellt werden. Bei der Entscheidung, wie mit konkurrierenden Trassenbelegungswünschen umgegangen wird, hilft die Bedienungstheorie bzw. die Warteschlangentheorie (*Queueing*; vgl. WENDLER 2008). DENKE 1999 gibt ein einfaches Beispiel und zeigt anhand der Budapester Straßenbahn, wie die Bedienungstheorie auch zur Analyse und Bewertung von eingegrenzten Pünktlichkeitsproblemen genutzt werden kann. ROOS 2006, S. 11 gibt einen Überblick über die Ansätze zur Kapazitätsanalyse. KROON u.a. 2008 nennen noch HUISMAN u. BOUCHERIE 2001 und WENDLER 2007 als Beispiele. Fahrpläne werden traditionell aufgrund der Erfahrung der Angebotsplaner erstellt. Die im nächsten Abschnitt vorgestellten Ansätze helfen den Angebotsplanern, ihre Fahrpläne zu opti-

mieren. Darüber hinaus können heute mathematische Optimierungsmodelle genutzt werden, um Fahrpläne zu erzeugen. KROON u.a. 2008 beschreiben das zugrunde liegende Modell dieser Optimierung, das *Periodic Event Scheduling Problem* (PESP). Sie zeigen verschiedene Lösungswege des PESP auf und geben ein Anwendungsbeispiel aus dem Netz der NIEDERLÄNDISCHEN STAATSBAHN (NS). Ein weiteres praktisches Beispiel ist die Optimierung der Berliner U-Bahn (vgl. LIEBCHEN 2006 und LIEBCHEN 2008, die zugehörige Projektbeschreibung[50] sowie LIEBCHEN u. MÖHRING 2004).

2.4.2.2.2 Prozessschritt *Ex-ante-Analyse und Optimierung*

Aus der Perspektive der Pünktlichkeit werden Fahrpläne nach ihrer Stabilität und Robustheit bewertet (*Timetable Stability Analysis*). GOVERDE 2008, S. 118 ff. definiert Stabilität als die Fähigkeit, eine Verspätung innerhalb eines endlichen Zeitraums auszugleichen. Ein System ist stabil, wenn die Summe der Verspätungen von im System beginnenden oder in das System einfahrenden Zügen kleiner ist als die Summe der Verspätungen der im System endenden oder der das System verlassenden Züge. Bei offenen Systemen (Züge fahren ein und aus) spricht er von einer lokalen Stabilität, bei geschlossenen Systemen (ein- und ausfahrende Züge entfallen; ihre Verspätung ist null) spricht er von einer globalen Stabilität. Robustheit von Fahrplänen ist bisher nicht einheitlich definiert (vgl. SIEFER 2008, S. 164). KROON u.a. 2008, S. 136, 142 definieren Robustheit von Fahrplänen so, dass kleine Störungen nur geringe Auswirkungen auf die Pünktlichkeit haben. Robuste Fahrpläne zeichnen sich durch eine Unempfindlichkeit gegenüber auftretenden Störungen aus (d.h., es entstehen keine oder geringe Verspätungen), entstandene Verspätungen werden schnell wieder abgebaut und sie werden nur in geringem Maße als Anschlussverspätungen übertragen. Ein Zusammenhang mit dem Robustheitsbegriff aus dem Qualitätsmanagement (vgl. z.B. GAMWEGER u.a. 2009) ist nahe liegend, wird aber nicht hergestellt. SIEFER 2008, S. 164 nennt den Anteil an pünktlichen und verspäteten Zügen, getrennt nach den vier Klassen *pünktlich*, *leicht verspätet*, *verspätet*, *stark verspätet*, als mögliches Maß für die Robustheit.

Die übliche Art, eine gewisse Robustheit zu erzielen, ist die Nutzung von Fahrzeitzuschlägen sowie Haltezeit- bzw. Wendezeitpuffern (vgl. GOVERDE 2008, S. 118, 128 und KROON u.a. 2008, S. 142 sowie UIC-Richtlinie 406 (Industrienorm UIC-Kodex 406). Ansätze, die über die Lage und Dimensionierung der Fahrzeitenzuschläge und der Pufferzeiten den Fahrplan optimieren (*Optimisation Models for Railway Timetabling*), sind u.a. VROMANS 2005, HOFMAN u. MADSEN 2005, KROON u.a. 2008, NOORDEEN 1995 und VANSTEENWEGEN u. VAN OUDHEUSDEN 2006 bzw. VANSTEENWEGEN u. VAN OUDHEUS-

[50] Im Internet zu finden unter: http://www.math.tu-berlin.de/coga/projects/matheon/B5/ (Stand 17.04.2011).

DEN 2007.[51] VROMANS 2005 stellt ein stochastisches Optimierungsmodell vor, welches er auf den niederländischen Korridor Haarlem nach Maastricht und Heerlen angewendet hat. Aufgrund der Optimierungen erwartet er bei einer Toleranz von drei Minuten eine Steigerung der Pünktlichkeit um 5,8 Punkte von 83,7 % auf 89,5 % (vgl. VROMANS 2005, S. 167). HOFMAN u. MADSEN 2005 untersuchen und optimieren das S-Bahn-Netz (*S-tog*) der DSB. Sie nutzen dabei die Simulationssoftware Arena.[52] KROON u.a. 2008 stellen ein stochastisches Optimierungsmodell vor, welches acht Wochen an einem niederländischen Teilnetz, der sog. Zaanlijn, getestet wurde, welches nach der Optimierung robuster auf kleinere Verspätungen reagierte. NOORDEEN 1995 beschreibt das Simulationsmodell FASTA. FASTA wurde nach seiner Aussage für die Schätzung der Stabilität des SBB-Fahrplans *Bahn 2000* verwendet und hatte einen Einfluss auf die Entwicklung von SIMONE (vgl. MIDDELKOOP u. BOUWMAN 2000). VANSTEENWEGEN u. VAN OUDHEUSDEN 2006 bzw. VANSTEENWEGEN u. VAN OUDHEUSDEN 2007 nutzen Fahrgastwartezeiten als Optimierungsparameter. Verspätungen werden über Verteilungsfunktionen abgeschätzt. Die Optimierung erfolgt über die Minimierung der Wartezeiten mittels linearer Programmierung. Der Ansatz wird am belgischen Intercity-Netz getestet. Ein weiterer Ansatz ist die Optimierung der Gleisbelegung in Bahnhöfen. KROON u.a. 2008 geben einen Überblick über verschiedene Ansätze. Praktisch angewendet wird der Ansatz von ZWANEVELD ET AL (vgl. ZWANEVELD u.a. 1996 bzw. ZWANEVELD u.a. 2001) bei der NIEDERLÄNDISCHEN STAATSBAHN, die ein Modul STATION in ihre Fahrplanerstellungssoftware DONS integriert hat (vgl. KROON u.a. 2008, S. 146).

Alle Ansätze lassen sich auch als Simulationen interpretieren. SIEFER 2008 beschreibt Simulationen als Mittel, um Fahrpläne und Infrastruktur zu optimieren und damit Verspätungen zu reduzieren und die Pünktlichkeit zu steigern. Er unterscheidet zwischen Simulationen nach ihrem Maßstab (makroskopisch oder mikroskopisch), ihrem analytischen Ansatz (deterministisch oder stochastisch) und der Verarbeitung von Daten (synchron oder asynchron). Als kommerzielle synchrone Simulationsprogramme nennt SIEFER 2008, S. 159 RailSys, FALKO und TRANSIT (Deutschland), VISION und RailPlan (Großbritannien), OpenTrack (Schweiz), SIMONE (Niederlande) und RAILSIM (USA). Ergänzend sei noch OpenTimetable (Schweiz) genannt. RailSys ist in RAIL MANAGEMENT CONSULTANTS 2011, FALKO in SIEMENS o.J. beschrieben. RailPlan wurde von der Firma VST Comreco Rail Ltd. in York (UK) angeboten, welche 1999 von der Vossloh System-Technik GmbH gekauft wurde (vgl. VOSSLOH SYSTEM-TECHNIK GMBH 29.09.1999, OLDENBURG 2000) und 2007 an die Funkwerk AG weiter-

[51] Für die Operations-Research-Ansätze ist es wichtig, die Fahrplan-Grundkonzeption zu unterscheiden. Für die weitere Diskussion wird ein Taktfahrplan angenommen.

[52] Vermutlich das Produkt *Arena* der Fa. Rockwell Automation, Inc.

verkauft wurde (vgl. FUNKWERK AG 11.01.2007). Die verbundenen Programme RailPlan, PowerPlan, TrainPlan, Timetable Robustness Analyser, ResourcePlan, TrainPlan sowie ResourceManager sind in FUNKWERK INFORMATION TECHNOLOGIES GMBH o.J. skizziert. OpenTrack ist überblicksartig in OPENTRACK 2008, OPENTRACK RAILWAY TECHNOLOGY GMBH 2011, OPENTRACK RAILWAY TECHNOLOGY GMBH o.J. bzw. LÜTHI u. HÜRLIMANN 2006 beschrieben und theoretisch in HÜRLIMANN 2001 fundiert. OpenTimetable ist in ULLIUS 2003 beschrieben und theoretisch in ULLIUS 2004 fundiert. In ULLIUS 2005 ist ein Beispiel für eine Verspätungsanalyse mit Hilfe der Software gegeben.[53] In LÜTHI u.a. 2005 wird der kombinierte Einsatz der beiden Programme zur Entwicklung von robusten Fahrplänen skizziert. SIMONE wird in MIDDELKOOP u. BOUWMAN 2000 und MIDDELKOOP u. BOUWMAN 2011 beschrieben. Ein neuer, in der Simulation nutzbarer Algorithmus, wird in SCHLENKER 2004 entwickelt. RAILSIM der Fa. SYSTRA Consulting Inc. wird auf der Internetseite www.railsim.com vorgestellt. Petri-Netz-Simulationen als synchrone Simulationen werden nach Siefer bisher nur akademisch entwickelt und genutzt (vgl. SIEFER 2008). Nach GOVERDE 2008, S. 118 können Ansätze, die eine Max-Plus-Algebra nutzen, als Subklasse von Petri-Netzen eingeordnet werden. Beginnend mit der Arbeit von BRAKER 1993, wurde dieser Ansatz durch mehrere Arbeiten weiterentwickelt, u.a. durch GOVERDE 2005 (in Kurzfassung bei GOVERDE 2007) sowie HEIDERGOTT u.a. 2006. In GOVERDE 2008, S. 128 ff. ist beschrieben, wie der Ansatz zur Analyse der Erholungszeit und damit zur Stabilität des Fahrplans sowie zur Analyse von Verspätungsübertragungen genutzt werden kann. STEBENS 2001 hat eine Simulation von Eisenbahnverkehr auf der Basis von Zellularautomaten entwickelt, die ebenfalls den synchronen Simulationen zugeordnet werden kann. Als asynchrone Simulationsprogramme nennt SIEFER 2008 BABSI und STRESI (Deutschland). Ergänzend zu STRESI lassen sich noch die Schwesterprogramme STRELE und ALFA nennen. Zusammen bilden sie die Programmfamilie SLS. STRELE ermittelt die Leistungsfähigkeit von Eisenbahnstrecken (vgl. RHEINISCH-WESTFÄLISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE (RWTH) 2008b und hat als theoretische Grundlage die Dissertation von SCHWANHÄUßER (vgl. SCHWANHÄUßER 1974). STRESI ist in RHEINISCH-WESTFÄLISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE (RWTH) 2008c beschrieben und theoretisch u.a. durch SCHULTZE 1985 fundiert (vgl. RHEINISCH-WESTFÄLISCHE TECHNISCHE

[53] Die Software OpenTimeTable besteht aus zwei Modulen, dem NetAnalyzer und dem CorridorAnalyzer. Das Modul NetAnalyzer fasst Zugnummern oder Betriebsstellen zu Gruppen zusammen und analysiert diese (Stand 2005) nach vier Aspekten: 1. Züge mit Verspätungen über einem Schwellwert, 2. Vergleich der wöchentlichen Verspätungen, 3. Entwicklung der täglichen Verspätungen und 4. Entwicklung des Belegung der Infrastruktur. Findet der Anwender hier Verspätungsschwerpunkte, so kann er diese mit dem CorridorAnalyzer vertiefend analysieren. Dieses Modul bietet Zeit-Wege-Diagramme in Form von Bildfahrplänen, Histogramme der Verspätungen und Zeitverlaufsdiagramme für die Anzahl von belegten Trassen (vgl. ULLIUS 2005).

HOCHSCHULE (RWTH) 2008c). ALFA ist in RHEINISCH-WESTFÄLISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE (RWTH) 2008a beschrieben und hat als theoretische Grundlage u.a. WAKOB 1985 (vgl. RHEINISCH-WESTFÄLISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE (RWTH) 2008a).

2.4.2.2.3 Prozessschritt *Durchführung*

Zunächst ist zwischen der Netz- und der Ressourcendisposition zu unterscheiden. Für die Netzdisposition gilt, dass im Idealzustand alle Züge in einem Netz auf den für sie geplanten Trassen fahren, d.h. sie nutzen zu den geplanten Zeitpunkten bzw. Zeiträumen die ihnen zugewiesene Infrastruktur. In dieser Idealwelt entspricht der Istzustand dem Sollzustand – ein Eingriff ist nicht notwendig. Entstehen Abweichungen, so kann zunächst der Lokführer versuchen, durch eine Anpassung seiner Fahrweise die Abweichungen zu korrigieren. Im Fahrplan sind dafür Fahrzeitzuschläge und Halte- und Wendezeitpuffer – also allgemein Puffer – vorgesehen (vgl. Unterabschnitt 2.4.2.2.2). Im obigen Abschnitt zur Optimierung von Fahrplänen wurde zudem beschrieben, dass die (Fahrplan-)Lage der Züge zueinander so optimiert werden kann, dass der Einfluss von auftretenden Verspätungen auf andere Züge minimiert wird. Gelingt dies nicht, so wird im deutschen SPNV der Netzbetreiber alleine oder in Abstimmung mit dem Eisenbahnverkehrsunternehmen durch dispositive Maßnahmen (*rescheduling*) versuchen, den Sollzustand wieder herzustellen. Die Disposition erfolgt manuell durch die DB Netz AG als EIU, unterstützt durch das „Leitsystem Disposition Strecke/Knoten“ (LeiDis S/K) (vgl. JACOBS 2008, S. 183, BÜKER 2010, S. 35). Der Disponent kann dazu[54]

- eine andere Fahrstraße wählen,
- die Haltezeit verlängern (die Ausfahrt wird später gestellt),
- die Fahrzeit verlängern (was häufig einem ungeplanten Halt entspricht),
- zusätzliche Halte einlegen,
- Halte auslassen,
- eine Teilleistung ausfallen lassen (häufig als vorzeitige Wende, um wieder in den Regelumlauf zu kommen) oder
- die Leistung komplett ausfallen lassen.

JACOBS 2008 strukturiert die Disposition in Konflikterkennung (*conflict detection module*) und Konfliktlösung (*conflict resolution module*). In der Konfliktlösung unterscheidet er fünf Ansätze:[55]

1. Asynchrone Simulation
2. Synchrone Simulation

[54] Angelehnt an JACOBS 2008, S. 182,186, geordnet nach der Schwere des Eingriffs. Vgl. auch KROON u.a. 2008, S. 142.

[55] Mit weiteren Hinweisen zu Quellen.

3. Optimierung
4. Regelbasierte Lösungen
5. Wissensbasierte Lösungen

Unterschieden werden kann zudem nach manueller, semi-automatischer und automatischer Disposition (vgl. jeweils JACOBS 2008). Angelehnt an JACOBS 2008, S. 182, 197 f. gibt es fünf mögliche Kriterien, nach denen die Dispositionsmaßnahmen bewertet werden können:

1. Minimierung der Gesamtverspätungsminuten
2. Minimierung der gewichteten Gesamtverspätungsminuten (gewichtet nach der Priorität des Zuges oder gewichtet nach der Anzahl der Reisenden)[56]
3. Zeit bis zur Herstellung des Sollzustandes
4. Minimierung der Kosten der beteiligten Unternehmen
5. Minimierung der gesamtgesellschaftlichen Kosten[57]

Streuungsmaße als Bewertungskriterien sind ebenfalls denkbar (vgl. auch 2.4.2.2.4) und schaffen eine Verknüpfung zu den Ansätzen des Qualitätsmanagements.

In der Ressourcendisposition ist ein weiterer Ansatz die Optimierung der Disposition von Lokführern im Verspätungsfall bzw. Störungsfall, das (auf Englisch) so genannte *Train Driver Recovery Problem* (TDRP). Bei (größeren) Verspätungen erreichen Lokführer unter Umständen ihre maximal erlaubte Lenkzeit[58] oder es ist absehbar, dass sie ihre Folgeleistung nicht mehr im Rahmen der erlaubten Lenkzeit erbringen können. Die Aufgabe der Disposition besteht darin, so rechtzeitig für Ersatz zu sorgen, dass die Zugfahrt nicht ausfallen muss bzw. die Folgeleistung ohne Verspätungen beginnen kann. Gelingt dies nicht, so entstehen Folgeverspätungen oder Zugausfälle. Die gleiche Aufgabe stellt sich bei Fahrzeugen – hier ist die Begrenzung der Laufleistung (in km) bis zur nächsten Behandlung (in Deutschland die sog. Nachschau) die Beschränkung (vgl. z.B. ALMODÓVAR u. GARCÍA-RÓDENAS 2011). Im deutschen SPNV ist diese Ressourcendisposition Aufgabe des jeweiligen Eisenbahnverkehrsunternehmens. Beide Aufgaben lassen sich als Disposition im Störungsfall begreifen. REZANOVA u. RYAN 2010 bzw. REZANOVA 2009, ACUNA-AGOST 2009 und KROON u. HUISMAN 2009 geben einen Überblick zu diesem Aspekt.[59] WALKER u.a. 2005 entwickeln eine simultane Op-

[56] Vgl. z.B. die Pünktlichkeit der SBB, die eine Gewichtung über die Auslastung der Züge nutzt und Kundenverspätungsminuten ausweist (vgl. KELLER 2009, SBB AG 2011).

[57] Vgl. den Ansatz von ACKERMANN 1998, der die unternehmens- und gesamtgesellschaftlichen Kosten für die Produkte ICE, EC/IC und IRE des Unternehmensbereichs Fernverkehr der Deutschen Bahn AG ermittelt hat.

[58] Das Limit kann durch gesetzliche oder tarifvertragliche Regelungen bestimmt sein.

[59] HUISMAN u.a. 2005 geben einen Gesamtüberblick über Themen mit Bezug zum Schienenpersonenverkehr, die im Bereich der Operations Research bearbeitet werden. Darin enthalten ist auch eine Übersicht über die Disposition im Störungsfall.

timierung von Fahrplänen und Dienstplänen. GROTH u.a. 2009 geben einen Literaturüberblick, betrachten die beteiligten Akteure und behandeln die Aspekte *Fahrplanoptimierung* sowie *Optimierung von Personal und Fahrzeugen im Störungsfall* mit Beispielen der DSB und NS (vgl. zudem GROTH 2008). POTTHOFF u.a. 2008 haben zur Optimierung der Personaldisposition einen Algorithmus entwickelt und im Netz der NS praktisch getestet. D'ARIANO u.a. 2007 entwickeln einen Algorithmus, um Zugfolgekonflikte zu minimieren. Sie testen diesen als automatisierten Dispositionsprozess ebenfalls im Netz der NS. ABBINK u.a. 2008 beschreiben einen Ansatz, die Disposition von Lokführern im Störungsfall über ein autonomes Multiagentensystem zu organisieren, welches ebenfalls im Netz der NS getestet wird. In allen angegebenen Quellen finden sich zahlreiche Hinweise zu weiterführender Literatur.

2.4.2.2.4 Prozessschritt *Ex-post-Analyse und Bewertung*

Verspätungen können zunächst über statistische Kennzahlen wie das arithmetische Mittel und die Standardabweichung beschrieben und über ein Histogramm visualisiert werden. Aus der Verteilung lässt sich bei gegebenen Toleranzen direkt die Pünktlichkeit ermitteln (*Statistical Analysis of Train Delays*, vgl. YUAN 2008, S. 170 ff.). Ein umfangreicher Teil der Forschung hat sich mit der Schätzung der Verteilungsform und ihrer Parameter beschäftigt, da diese als wichtige Größe in Modelle und Simulationen (siehe dazu 2.4.2.2.2) eingeht, z.B. zur Abschätzung von Folgeverspätungen (vgl. auch WENDLER 2008, Abschnitt 6.4). Ebenso kann damit der Einfluss von Verspätungen auf die Gleisbelegung und damit auf die Trassenkapazität abgeschätzt werden (vgl. YUAN 2008, S. 170 f. sowie MARTIN 2008, S. 199 ff.). YUAN 2008 nennt zahlreiche Quellen, beginnend bei der vielzitierten Arbeit von SCHWANHÄUßER 1974 und gibt selber eine Anleitung zur Abschätzung der Verteilungsform. Als weitere Kennzahl für die Analyse wird die Anzahl der durchgeführten geplanten Zugfahrten genannt (vgl. YUAN 2008, S. 171). Sie ist der Kehrwert des Anteils an Zugausfällen (absolut oder gemessen in Trassenkilometern). Die der Analyse folgende Bewertung hängt von der jeweiligen Fragestellung ab. MARTIN 2008 gibt einen Überblick über verschiedene Ansätze und Quellen (*Performance Evaluation*). GOVERDE u. ODIJK 2002 beschreiben eine unterstützende Software (PETER – *Performance Evaluation of Timed Events in Railways*) zur Analyse eines Netzes und zeigen eine beispielhafte Auswertung anhand des niederländischen InterCity-Netzes. PETER beruht auf dem Max-Plus-Algebra-Ansatz.

2.4.2.2.5 Übergreifende Ansätze

Ein Schwerpunkt der Eisenbahnbetriebslehre[60] ist die Optimierung von Fahrplänen durch Simulationen (vgl. obigen Unterabschnitt 2.4.2.2.2). Kernproblem der heutigen Fahrplanoptimierung ist, dass dabei keine Ist-Betriebsdaten genutzt und dadurch bestehende Schwachstellen nicht berücksichtigt werden (vgl. BRÄNDLI 2004). Ein Teil der hier genannten Ansätze, z.B. OpenTimetable, greift dies explizit auf (vgl. ULLIUS 2005 sowie vertiefend ULLIUS 2004). Insofern ist die Unterscheidung in *Ex-ante*- und *Ex-post*-Analyse weniger eine Frage der eingesetzten Software (die dann identisch ist), sondern eine Frage der zeitlichen Perspektive. Ein bestehender Fahrplan wird unter Nutzung von Betriebsdaten analysiert und in Form von Anpassungen als neuer Fahrplan optimiert. Optimierungskriterien können die Auslastung der Infrastruktur unter der Nebenbedingung der Konfliktfreiheit sowie die präzise Umsetzung (operationalisiert durch Stabilität, Robustheit und Erfüllungsquote) unter der Nebenbedingung der Sicherheit sein (vgl. BRÄNDLI 2004 sowie die vorhergehenden Erörterungen). SIEFER 2008, S. 155 f. zählt die Vorteile von Simulationen auf, so z.B. die Möglichkeiten, Annahmen zu testen, bevor Investitionsentscheidungen bezüglich Infrastruktur oder Fahrzeugen getroffen oder Fahrplanänderungen vorgenommen werden. Beispiele der DSB sind in CLAUSEN 2007 gegeben. Im Umkehrschluss zeigen die Vorteile aber die vorhandenen Restriktionen auf, wenn keine Simulationen eingesetzt werden (können). Fahrplanvarianten können nur sehr eingeschränkt im Sinne der Statistischen Versuchsplanung als Versuchsläufe getestet werden. Bei alternativen Fahrzeugen ist dies eher denkbar, falls diese (z.B. als Ersatzparks) bereits vorhanden und verfügbar sind – aber auch dies ist mit hohem Planungsaufwand und zusätzlichen Betriebskosten für Trassenanmeldungen und Zu- und Abführungen möglich. Infrastruktur (wie Weichen, Schienenstränge, Signale, Brücken, Tunnel) wird vermutlich aufgrund der hohen Kosten und schwerwiegenden Eingriffe niemals nur testweise gebaut werden. SIEFER 2008, S. 155 bringt die Einschränkungen zusammenfassend auf den Punkt: „*In real railway operation, there is no room for experiment.*“ (ebd.)

Eine Möglichkeit, potenzielle Einflussfaktoren über Korrelations- bzw. lineare Regressionsmodelle zu testen, beschreibt YUAN 2008, S. 170.[61] Einen generellen Ansatz zur Ausgestaltung eines Qualitätsmanagementsystems im Verkehrsbereich beschreiben GRUNBERG u. SCHLEUSENER 1999, ohne die Ebene der eingesetzten Methoden und Techniken zu konkretisieren.

---

[60] Einen Überblick über die Inhalte der Eisenbahnbetriebslehre geben KÖNIG oder PACHL 2008a.

[61] Er nennt drei Beispiele, zu finden in HARRIS u. GODWARD 1992, S. 130–142, GOVERDE u. HANSEN 2001 und OLSSON u. HAUGLAND 2004.

2.4.3 Forschungslücke: kein umfassender Ansatz zur Steigerung der Pünktlichkeit vorhanden

Eisenbahnverkehrsunternehmen sind der Ersteller der Dienstleistung *Schienenpersonennahverkehr*. Sie bieten als Kernleistung potenziellen Kunden an, sie mittels Schienenfahrzeugen gemäß eines Fahrplans von einer Station (Bahnhof, Haltepunkt) zu einer anderen Station zu befördern (vgl. MARTIN 2008, S. 194 bzw. Unterkapitel 2.1). Abweichungen vom Fahrplan, gemessen als Pünktlichkeit, sind eine zentrale Bewertungsgröße für die Qualität dieser Dienstleistung. Die Qualität ist im Schienenpersonennahverkehr in Deutschland nicht zufriedenstellend. Eisenbahnverkehrsunternehmen haben also ein Interesse daran, die Pünktlichkeit zu steigern (vgl. die beiden Unterkapitel 2.2 und 2.3). Die Recherche ergab, dass es zu diesem Themengebiet bisher kaum einschlägige Forschungsbeiträge gibt (vgl. Unterabschnitt 2.4.2.1). Bisher erforscht wurden vor allem Ansätze zur Fahrplanoptimierung (vgl. Unterabschnitt 2.4.2.2). Das Vorhandensein dieser Ansätze führte aber bisher nicht zu einer befriedigenden Pünktlichkeit im europäischen bzw. deutschen SPNV (vgl. HANSEN 2008, S. 7 f. [62]). Der einzige vertiefende Ansatz, der weite Bereiche des ausgesuchten Forschungsfeldes abdeckt, ist das norwegische PIMS-Modell (vgl. VEISETH u.a. 2008). Hier ist jedoch unklar, wie die methodische Basis gewählt wurde und ob der Ansatz auch durch ein einzelnes Eisenbahnverkehrsunternehmen alleine angewendet werden kann (bzw. wie wirksam der Ansatz dann ist). Insgesamt besteht also eine Forschungslücke, wie in der folgenden Abbildung als schwarzes Feld illustriert:

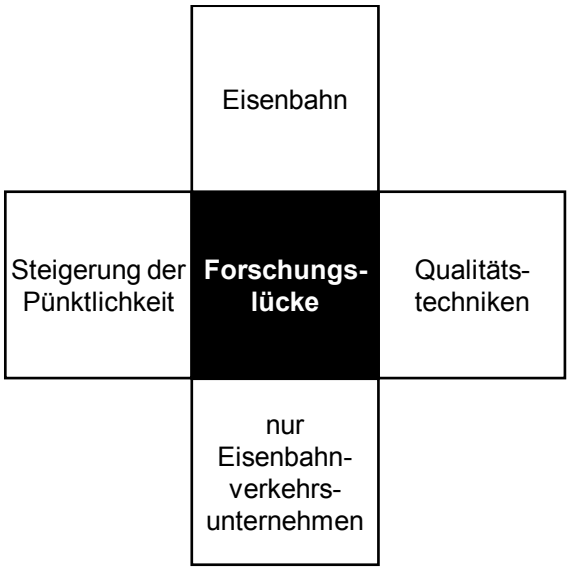


Abbildung 2.8*:* *Forschungslücke*

[62] HANSEN sieht als Ursache die mangelnde Robustheit der Fahrpläne aufgrund fehlender Nutzung von Betriebsdaten und unzureichender Optimierung (vgl. ebd.).

3 Qualitätstechniken: Stand der Forschung

3.1 Qualitätsmanagement als Bezugsrahmen

3.1.1 Erfüllung von Kundenanforderungen durch Nutzung von Techniken des Qualitätsmanagements

Qualität ist der Grad, in dem Kundenanforderungen erfüllt werden. In Unterkapitel 2.3 wurde herausgearbeitet, dass die Qualität bezüglich Pünktlichkeit im deutschen Schienenpersonennahverkehr nicht ausreichend ist. In Unterkapitel 0 wurde festgestellt, dass es bisher keinen veröffentlichten umfassenden Ansatz gibt, als Eisenbahnverkehrsunternehmen die eigene Pünktlichkeit so zu steigern, dass die Anforderungen der Anspruchsgruppen erfüllt werden.

Mit dem Qualitätsmanagement gibt es einen nun fast hundert Jahre alten Bereich (vgl. LINß 2005, S. 8, ZOLLONDZ 2006), der sich mit der Aufgabe beschäftigt, Anforderungen von Anspruchsgruppen zu erfüllen – oder, mit WALTER MASING gesprochen, der als „Oberbegriff aller qualitätsrelevanten Tätigkeiten“ (MASING 1999, S. VI) fungiert. Daher soll das Qualitätsmanagement als Bezugsrahmen dienen, um geeignete Techniken dieses Bereiches (Qualitätstechniken) zu identifizieren und zu kombinieren, die dann, von Eisenbahnverkehrsunternehmen angewendet, die Pünktlichkeit im deutschen Schienenpersonennahverkehr steigern.

3.1.2 Allgemeine Beschreibung des Qualitätsmanagements

Qualitätsmanagement wird heute gemäß der Norm DIN EN ISO 9000:2005 als „aufeinander abgestimmte Tätigkeiten zum Leiten und Lenken einer **Organisation** […] bezüglich **Qualität**“ (Hervorheb. im Original, Norm DIN EN ISO 9000:2005, S. 21) definiert. Darüber hinaus besteht keine allgemeingültige Strukturierung dieses Bereiches (vgl. INJAC 2007, S. 16). Die Strukturierungsversuche sind daher vielfältig. Eine umfassende Beschreibung aus verschiedenen Perspektiven gibt zunächst das deutsche Standardwerk (vgl. SEGHEZZI u.a. 2007) zum Qualitätsmanagement, „MASING – Handbuch Qualitätsmanagement“. MEHDORN u. TÖPFER 1996 versuchen eine Integration einiger Konzepte: Sie sehen *Re-Engineering* als Basis des Qualitätsmanagements (vgl. HAMMER u. CHAMPY 1996), TQM, *Kaizen* und *Lean Management* (vgl. WOMACK u.a. 1994) als ergänzende Konzepte sowie *Benchmarking* für die Ermittlung der eigenen Wettbewerbsfähigkeit und für den Wissenstransfer. Ein weiterer zusammenführender Ansatz ist das *Integrierte Qualitätsmanagement* von SEGHEZZI u.a. 2007. ZOLLONDZ sieht Qualitätsmanagement als evolutionäres Konzept, welches er als Stufenmodell mit fünf Stufen – Qualitätskontrolle, Qualitätssteuerung, Qualitätssicherung, Qualitätsmanagement, Total Quality Management – zusammenfasst (vgl. ZOLLONDZ 2006, S. 27 f.; siehe auch

KAMISKE u. BRAUER 2008, S. 88). JOCHEM u.a. 2010, S. 4 erweitern das Stufenmodell um „Business Excellence“ als sechste Stufe. Das *Berliner TQM-Umsetzungsmodell* verbindet den Excellence-Gedanken mit dem EFQM-Bewertungsmodell und gibt konkrete Hinweise für eine Einführung (vgl. KAMISKE u. BRAUER 2008, S. 18–23, WILMES u. RADTKE 2000, RADTKE u.a. 1999 sowie die Beschreibung zu TQM in diesem Abschnitt). GEIGER u. KOTTE 2008 wiederum gehen in ihrer Strukturierung sehr formal vor. Schwerpunkt des Qualitätsmanagements ist für sie die Erfüllung von „Forderungen an die Beschaffenheit aller Einheiten einer Organisation“ (GEIGER u. KOTTE 2008, S. 5). Sie entwickeln eine Beschreibung analog zur Normenfamilie ISO 9000 – formal über die Nutzung der gleichen Instrumente, wie Definitionen und Beziehungsdiagramme, inhaltlich über die gleiche Struktur von Qualitätspolitik, -system und -elementen (Qualitätsplanung, Qualitätslenkung, usw.) (vgl. im Überblick GEIGER u. KOTTE 2008, S. 5). Prominent ist die Nutzung des QTK-Kreises (Qualität, Termin, Kosten), mit der sie auf die wesentlichen Leistungsmerkmale einer Organisation hinweisen (vgl. GEIGER u. KOTTE 2008, S. 29–44). ROBERT SCHMITT und TILO PFEIFER bezeichnen das Qualitätsmanagement als „Grundlage erfolgreicher Unternehmensführung“ (PFEIFER u. SCHMITT 2010, S. 1). Sie entwickeln mit dem *Aachener Qualitätsmanagement-Modell* ein Modell entlang der Dimensionen Kunde, Führung, Betrieb und geben zudem eine breite Sammlung an Qualitätstechniken und -methoden. BRUHN 2011 beschreibt das Qualitätsmanagement für Dienstleistungen.

Folgt man der Beschreibung der historischen Entwicklung im MASING (vgl. INJAC 2007), so beginnt das moderne Qualitätsmanagement in der Zeit des Ersten Weltkriegs mit der Entwicklung der statistischen Prozesskontrolle (auch LINß 2005, S. 8). Fehler in der Massenproduktion führten schnell zu großen Verlusten. (vgl. auch LERNER 1980 sowie KETTING 1999). INJAC schreibt hier den USA, als damals technologisch und industriell am weitesten entwickelten Land, eine Führungsrolle zu. In der Zeit des Zweiten Weltkriegs wird das Qualitätsmanagement wiederum insbesondere in den USA durch die Kriegsproduktion angetrieben, konzeptionell erweitert und so die Grundlagen des heutigen Qualitätsmanagements gelegt. Während die Weiterentwicklung in den USA mit dem Ende des Zweiten Weltkriegs abrupt abbricht (amerikanische Firmen agieren nun überlegen in Verkäufermärkten), werden die Ansätze im zerstörten Japan aufgegriffen und auf eigene Art weiterentwickelt (vgl. INJAC 2007, S. 17–26 sowie ZOLLONDZ 2006, S. 81 f.). Auf dieser Basis entwickelten sich die heute bekannten umfassenden Ansätze unter dem Oberbegriff *Total Quality Management* (TQM), die sich in den wichtigen Qualitätsauszeichnungen wiederfinden (vgl. KAMISKE u. BRAUER 2008, S. 181 ff., ZINK 2004 sowie MALORNY 1999) und die auch die Grundlage der heutigen Normenfamilie ISO 9000 darstellen (vgl. INJAC 2007, S. 26–33).

Daher sollen die DIN EN ISO-Normen 9000:2005, 9001:2008 und 9004:2009 als Referenz für das zu entwickelnde Verfahren dienen. Sie stellen als Norm an sich eine geeignete Grundlage dar. Weiter bilden sie die Entwicklung des Qualitätsmanagements ab und sind daher konsistent zu den oben beschriebenen Konzepten. Zudem sind sie in der aktuellen Fassung als Meta-Standard ausgelegt (vgl. SEGHEZZI 2007, S. 157, Norm DIN 55350-11:2008, S. 7) und erlauben daher eine individuelle Differenzierung, bezogen auf das jeweilige Bezugsobjekt – hier die Dienstleistungen im deutschen Schienenpersonennahverkehr.

3.1.3 Die Normenfamilie ISO 9000 als Referenz

Mit der 1987 erstmals veröffentlichten Normenfamilie ISO 9000 (vgl. KAMISKE u. BRAUER 2008, S. 67) liegen international gültige Normen vor, die als Meta-Standard (vgl. SEGHEZZI 2007:157, Norm DIN 55350-11:2008, S. 7) den Rahmen für eine Qualitätsverbesserung[63] vorgeben. Während die Norm ISO 9000:2005[64] die Grundlagen an Qualitätsmanagementsysteme beschreibt und ISO 9001:2008 die Anforderungen an ein solches System nennt, ist die Norm ISO 9004:2008 als Leitfaden konzipiert, um die Leistung einer Organisation zu verbessern und damit die jeweilige Kundenzufriedenheit zu steigern (vgl. Norm DIN 55350-11:2008, S. 4). Die Norm ISO 19011:2010 gibt eine Anleitung für Audits von Qualitätsmanagement- und/oder Umweltmanagementsystemen[65] (vgl. Norm (Entwurf) DIN EN ISO 19011:2010). ISO 9000 bzw. ISO 9001 setzen als Standard ein modellhaftes prozessorientiertes Qualitätsmanagementsystem (vgl. Norm DIN 55350-11:2008, S. 8 f.), welches in der erweiterten Fassung der ISO 9004 in folgendem Bild visualisiert wird:

---

63 Zur Definition des Begriffs *(Qualitäts-)Verbesserung* vgl. Norm DIN EN ISO 9000:2005, S. 16, 21.

64 Aus Platzgründen werden die DIN EN ISO-Normen 9000:2005, 9001:2008 und 9004:2009 verkürzt als ISO 9000-Familie genannt. Wird kein Jahr hinzugefügt, so ist die zum Zeitpunkt der Abgabe dieser Arbeit gültige Fassung gemeint.

65 Hier schon in der Entwurfsfassung prEN ISO 19011:2010 genutzt.

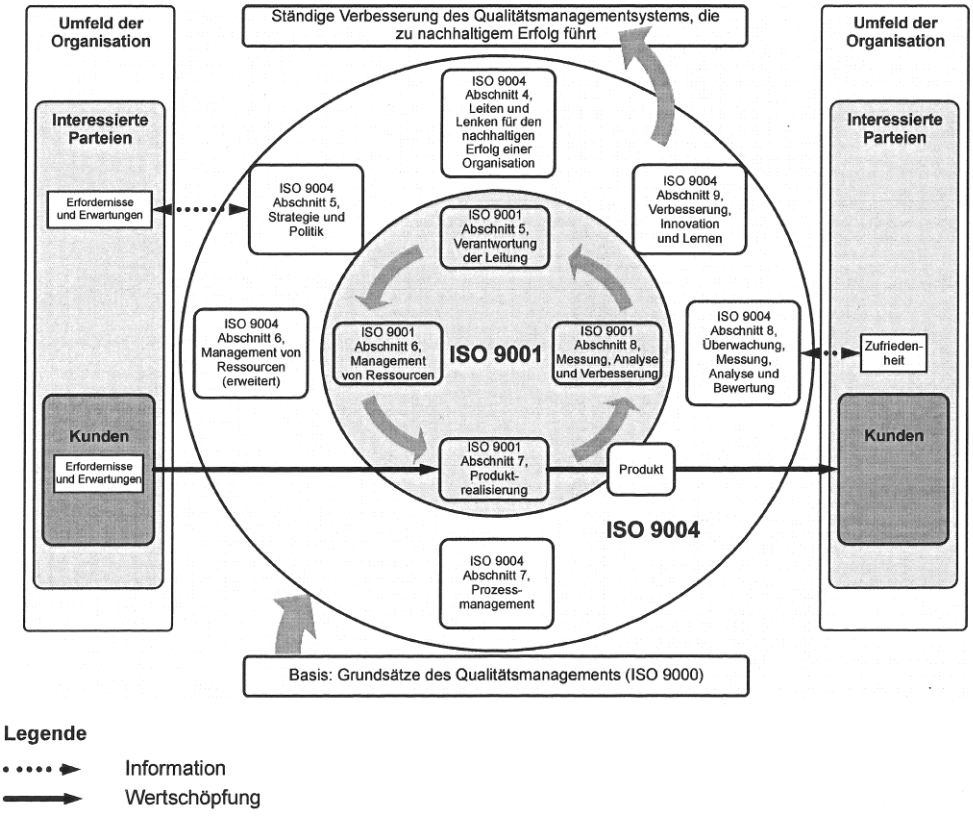


Bild 1 — Erweitertes Modell eines prozessbasierten Qualitätsmanagementsystems

*Abbildung 3.1: Prozessorientiertes Qualitätsmanagementsystem nach ISO 9004:2009 (*Norm DIN EN ISO 9004:2009, S. 7*)*

Wenn hohe Qualität einer der drei wesentlichen Faktoren für den Erfolg im Markt ist (vgl. MASING 2007, S. 5 f.)[66], so schafft eine hohe Qualität in den Prozessen erst die Voraussetzung dafür (vgl. LINß 2005, S. 1, DEMING 2000, S. 1–7). BAILLY 2009, S. 12 nennt zudem die Transparenz für Führung und Mitarbeiter und daraus resultierend Akzeptanz und Motivation als einen wesentlichen Vorteil einer Prozessorientierung.[67] In

[66] Die weiteren Erfolgsfaktoren sind ein niedriger Preis und eine schnelle Lieferung (vgl. MASING 2007, S. 5 f.). Nach der DEMING'schen Wirkungskette ist die Qualität sogar der einzige Erfolgsfaktor – niedrige Kosten und damit niedrige Preise sowie geringe Verschwendung wie wenig Wartezeiten und somit schnelle Liefermöglichkeiten können als abgeleitete Größen betrachtet werden (vgl. DEMING 2000, Kap. 1 „*Chain Reaction*").

[67] Vgl. auch die Norm selber: Norm DIN EN ISO 9001:2008, S. 6 ff.

dem Prozessmodell[68] erfolgt eine ständige Verbesserung der Produktrealisierung[69] durch einen Zyklus, der mit Messung, Analyse und Verbesserung beginnt, in ISO 9004 noch ergänzt um das Element Überwachung. Die Produktrealisierung schließt Dienstleistungen ein und verweist explizit auf den Transport als Dienstleistung (vgl. Norm DIN 55350-11:2008, S. 24). Zudem passt die Definition von Dienstleistungen, die in den drei Dimensionen Potenzial-, Prozess- und Ergebnisorientierung arbeitet, zu der Prozessorientierung: Die drei Dimensionen lassen sich – abgeleitet aus CORSTEN u. GÖSSINGER 2007, S. 31 – übersetzen in die Aspekte *eingesetzte Ressourcen*, *Verlauf der Dienstleistungsproduktion* sowie *erreichter Zustand*. Dies ist fast deckungsgleich zu den Elementen, wie sie in der Definition eines Prozesses in der Norm („Satz von in Wechselbeziehungen oder Wechselwirkung stehenden Tätigkeiten, der Eingaben in Ergebnisse umwandelt", Norm DIN EN ISO 9000:2005, S. 23) gegeben sind. Das Modell ist darüber hinaus auf jede beliebige Organisation anwendbar (vgl. Norm DIN EN ISO 9004:2009, S. 11) und damit auch im deutschen Schienenpersonennahverkehr nutzbar.

3.1.4 Eingrenzung der Untersuchung auf die Verbesserung im ISO 9004-Prozessmodell

Verbesserung bedeutet, dass die Eignung zur Erfüllung von Anforderungen erhöht wird (vgl. Norm DIN EN ISO 9000:2005, S. 21). Als Ansatz für Verbesserungen empfiehlt die Norm einen strukturierten Ansatz und nennt als Beispiel den PDCA-Ansatz von SHEWHART bzw. DEMING. (vgl. Norm DIN EN ISO 9004:2009, S. 51). Der höchste Grad an Detaillierung bezüglich der Durchführung einer Verbesserung gibt der Abschnitt 2.9 „Ständige Verbesserung" der ISO 9000 (Norm DIN EN ISO 9000:2005, S. 16):

a) Analysieren und Beurteilen der aktuellen Situation, um verbesserungswürdige Bereiche zu erkennen;
b) Festlegen der Ziele der Verbesserung;
c) Suchen nach möglichen Lösungen, um diese Ziele zu erreichen;
d) Beurteilen dieser Lösungen und Treffen einer Auswahl;
e) Verwirklichen der gewählten Lösung;
f) Messen, Verifizieren, Analysieren und Beurteilen der Ergebnisse der Verwirklichung, um zu ermitteln, ob die Ziele erreicht wurden;
g) Formalisieren der Änderungen.

---

[68] Im Sinne einer idealisierten, schematischen Beschreibung der Beziehungen innerhalb eines Objektes (vgl. BROCKHAUS DUDEN NEUE MEDIEN GMBH 2006), hier eines Qualitätsmanagementssystems. Zu prozessorientiertem Qualitätsmanagement vgl. LINß 2005, S. 21 ff.

[69] Wobei beide, die Produktrealisierung sowie die Verbesserung, als Prozess abgebildet werden (vgl. Norm DIN EN ISO 9000:2005, S. 8,18).

Ein Verfahren zur Steigerung der Pünktlichkeit ist eine Verbesserung im Sinne der Norm, da die Pünktlichkeit eine wichtige Basisanforderung der Anspruchsgruppen im deutschen Schienenpersonennahverkehr ist (vgl. Abschnitt 2.3.5). Um eine Verbesserung durchzuführen, empfiehlt die Norm einen strukturierten Ansatz, der in dieser Arbeit entwickelt werden soll. Dabei gibt die Norm ein Beispiel (PDCA-Zyklus) und zeigt selber eine prototypische Abfolge auf (ebd.: S. 16).

3.1.5 Wirksamkeit des Qualitätsmanagements

Der freiwillige Einsatz eines neuen Verfahrens zur Steigerung von Qualität ist aus Sicht eines gewinnorientierten Unternehmens nur dann sinnvoll, wenn das Verfahren wirksam und wirtschaftlich ist. Grundannahme dieser Arbeit ist es, dass etablierte Verfahren zur Qualitätsverbesserung[70] diesen beiden Kriterien, *Wirksamkeit* und *Wirtschaftlichkeit*, prinzipiell genügen. Gestützt wird diese Annahme zunächst von der Tatsache, dass diese Verfahren über längere Zeiträume von Unternehmen eingesetzt werden, dass diese Unternehmen noch existieren und dass sie diese Verfahren als erfolgreich einschätzen. Ein Beispiel ist der „Six Sigma Survey“, dessen Ergebnisse in DUSHARME 2003 vorgestellt werden. Demnach antworteten 64 % der teilnehmenden Firmen mit einem Six Sigma-Programm, dass Six Sigma ihre Profitabilität spürbar gesteigert habe. Eine ähnliche Umfrage führte die Fachhochschule Köln durch, mit gleichen Ergebnissen (vgl. SCHMIEDER u.a. 2005, S. 20). Schließlich gibt es auch Hinweise und Aussagen aus der Wissenschaft, die diese Annahme stützen. In einem älteren Ansatz untersuchten HENDRICKS und SINGHAL 600 US-amerikanische Firmen und verglichen die Leistung von Qualitätspreisgewinnern mit einer Vergleichsgruppe (vgl. HENDRICKS u. SINGHAL 1997). Sie kommen zu dem Ergebnis, dass die Qualitätspreisgewinner bessere Ergebnisse erzielen als die Vergleichsgruppe.[71] Anlass für ihre Untersuchung waren kritische Beiträge in der US-amerikanischen Presse sowie Untersuchungen von Managementberatungsfirmen. So zitieren ASHKENAS, ULRICH, JICK und KERR 1995 mehrere Studien (von McKinsey&Co, A.D. Little, A.T. Kearney sowie der American Electronics Association), welche besagen, dass nur eine Minderheit (maximal 30 %) der befragten Firmen einen deutlichen Nutzen aus ihren TQM-Aktivitäten erkennen (vgl. ASHKENAS u.a. 1998, S. 333 f.). Ein ähnliches Ergebnis weist die Beratungsfirma McKinsey&Co aus – demnach waren von 141 Initiativen zur Qualitätsverbesserung in der Automobilzulieferindustrie nur 20 Initiativen (14 %) erfolgreich (vgl. MALORNY 1999, S. 4).

---

[70] Eine Übersicht von möglichen Verfahren findet sich in Unterkapitel 3.3. Zu beachten ist die inhaltliche Abgrenzung, wie sie in Kapitel 3.2 diskutiert wird.

[71] Vgl. ergänzend BECKER 1998 und MARCH 1998 sowie vertiefend HENDRICKS u. SINGHAL 1999, HENDRICKS u. SINGHAL 2001 und KUMAR u.a. 2009.

Die bisher dargestellten Untersuchungen gingen von der direkten Wirkung des Qualitätsmanagements (in der jeweiligen Ausprägung) auf den Unternehmenserfolg aus. Die Wirkung auf den Unternehmenserfolg (in finanzwirtschaftlichen Kennziffern ausgedrückt) ergibt sich aber über die Produkt- bzw. Dienstleistungsqualität – prominent in der DEMING'schen Erfolgskette beschrieben (vgl. DEMING 2000). Dies untersuchten RUST, ZAHORIK und KEININGHAM, welche einen positiven Zusammenhang zwischen Qualität und Unternehmenserfolg, aber einen abnehmenden Grenznutzen aufzeigen und ebenfalls auf die Möglichkeiten des Scheiterns hinweisen (vgl. RUST u.a. 1995). Weitere empirische Bestätigungen für einen positiven Zusammenhang zwischen (Produkt-) Qualität und Unternehmenserfolg finden sich z.B. in BUZZELL u. GALE 1989 (zusammenfassend beschrieben in HERBERG 2000, S. 135 ff.). Für Dienstleistungen beleuchtet BRUHN 2011 den Zusammenhang zwischen Dienstleistungsqualität und Unternehmenserfolg in seinem einführenden Kapitel. Er zeigt dort die „Erfolgskette des Qualitätsmanagements für Dienstleistungen" (ebd.: S. 6ff) und gibt Hinweise auf die Dienstleistungsqualität als empirischen Erfolgsfaktor. JOCHEM, GIEBEL und GEERS sehen Qualitätsmanagement ebenfalls als grundsätzlich wirksam an (vgl. JOCHEM 2010, S. 7). Das zugrunde liegende Werk (JOCHEM 2010) zeigt überdies, wie ein Untersuchungsdesign aussehen könnte, und gibt Hinweise auf frühere Untersuchungen zu diesem Thema. Darauf aufbauend (vgl. GIEBEL 2010) entwickelt GIEBEL einen Ansatz, Qualitätsmanagementstrukturen und -aktivitäten wirtschaftlich zu bewerten (vgl. GIEBEL 2011).

Aufgrund der empirischen Ergebnisse sowie der kritischen Einwände kann nicht von einer nomologischen Hypothese im Sinne eines unbedingten Wirkungszusammenhangs ausgegangen werden:[72]

> Nomologische Hypothese:
> Wenn Verfahren zur Qualitätssteigerung eingesetzt werden, sind diese wirksam und wirtschaftlich.

Eher wird eine Richtungsaussage im Sinne einer statistischen Hypothese gültig sein:

> Richtungsaussage:
> Wenn Verfahren zur Qualitätssteigerung eingesetzt werden, sind diese mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit wirksam und wirtschaftlich.

[72] RUST u.a. 1995 führen als pointiertes Beispiel einen Malcolm Baldrige National Quality Award-Gewinner an, welcher zwei Jahre nach dem Gewinn des renommierten Qualitätspreises in Konkurs ging (detailliert beschrieben in HILL 1993).

Die Erfolgswahrscheinlichkeit hängt wiederum von dem Grad ab, in dem Erfolgsfaktoren beachtet werden:

> Ergänzende Richtungsaussage:
> Je mehr und stärker Erfolgsfaktoren beachtet werden, umso höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass Verfahren zur Qualitätsverbesserung wirksam und wirtschaftlich sind.

Erfolgsfaktoren für die Umsetzung von TQM-Konzepten werden z.B. in MALORNY 1999, S. 5 und BLACK u. PORTER 1996 genannt. BEER 2003 nennt weitere Quellen, die die Wirksamkeit von Verbesserungsinitiativen belegen, und nennt ebenfalls Erfolgsfaktoren.

3.1.6 Zwischenstand

In den vorhergehenden Abschnitten wurde in einer Trichterlogik zunächst das Qualitätsmanagement als Bezugsrahmen beschrieben, die Normenfamilie ISO 9000 als Referenz gewählt und auf die Verbesserungen im Prozessmodell der ISO 9004 beschränkt. Als nächstes sollen geeignete Techniken dieses Bereiches (Qualitätstechniken) identifiziert und zu einem neuen Verfahren kombiniert werden. Dazu ist zunächst zu klären, was genau Qualitätstechniken und Qualitätsmethoden sind.

3.2 Definition von Qualitätstechnik und -methode

3.2.1 Stand der Forschung und Problemstellung

Ziel der Definition von *Qualitätstechnik* in dieser Arbeit ist es, eine Auswahl bei der späteren Recherche treffen zu können und diese Auswahl nachvollziehbar zu machen. Die Leistung der Definition liegt daher in ihrer Trennschärfe. Das gleiche Ziel wird bei der Definition des Begriffs *Qualitätsmethode* verfolgt. Zudem soll die Beziehung der beiden Begriffe zueinander bestimmt werden.

Der Begriff *Qualitätstechnik* wird in der Literatur nicht eindeutig verwendet (unklare Definition). Zudem sind die denkbaren Einheiten[73] verschieden kategorisiert (uneinheitliche Systematisierung). Versuche einer Systematisierung wurden Anfang der neunziger Jahre des letzten Jahrhunderts mit KIRSTEIN (mit einem Kreismodell, vgl. KIRSTEIN 1992), SCHULER (über Textpiktogramme, vgl. SCHULER 1992) sowie GOGOLL und THEDEN (über Blöcke, vgl. GOGOLL u. THEDEN 1994) gemacht. Weitere Systematisierungen

[73] Einheit wird hier als etwas verstanden, was einzeln beschrieben und betrachtet werden kann (vgl. GEIGER u. KOTTE 2008, S. 49 ff.).

finden sich bei LINß (über eine Zuordnung zum PDCA-Zyklus, vgl. LINß 2005, S. 106 ff.) oder bei KROSLID u.a. (als 7x7-Tool-Liste, vgl. KROSLID u.a. 2003). Diese Versuche stellen weitestgehend den Stand der Forschung dar und werden allgemein als nicht abgeschlossen angesehen (vgl. exemplarisch GEIGER u. KOTTE 2008, S. 505 f.).

Im Rahmen der Systematisierungsversuche fällt auf, dass die Begriffe *Methoden* und *Techniken* häufig gemeinsam verwendet werden. Ebenfalls häufig werden die Begriffe *Werkzeuge*, *Tools* und *Verfahren* genannt (vgl. obige Quellen). Unklar ist dabei, wie die Begriffe zueinander stehen. Nach THEDEN sind Methoden und Verfahren sowie Instrumente und Werkzeuge synonym. Qualitätstechniken werden gemäß seiner Definition als Oberbegriff geführt (vgl. THEDEN 2001, S. 1004). KIRSTEIN wiederum trennt Methoden und Strategien von Verfahren und Operationen (vgl. KIRSTEIN 1992, S. 401). Später schreibt er: „Die Auswahl der Methoden ist relativ einfach: es handelt sich um Handwerkszeuge …“ (KIRSTEIN 1992, S. 403). Demnach wären Methoden und Werkzeuge synonym. SCHULER benennt in seinem Artikel „Methoden und Tools zur Sicherung der Qualität“ sein Überblicks-Schaubild mit „Grob-Übersicht der wichtigsten Methoden und Techniken“, in der dazugehörigen Bildunterschrift steht aber „Die wichtigsten Denkweisen und Methoden der Qualitätssicherung“ (jew. SCHULER 1992, S. 405). Unklar ist, ob Methoden und Techniken als synonym oder einander ergänzend betrachtet werden und wie sie sich von Denkweisen abgrenzen. Auf der Folgeseite werden in dem Schaubild „Zusammenstellung allgemeiner Prinzipien, QS-Methode und Techniken“ die fünf Bereiche „Modelle/Prinzipien/Lehrmeinungen“, „Techniken für Zusammenarbeit“, „Analyseverfahren“, „Darstellungen für Zusammenhänge“ und „Darstellungen für Vergleiche“ gleichberechtigt dargestellt (jew. SCHULER 1992, S. 406). Weiter stellt Schuler „Die 7 klassischen SPC-Tools“ vor (SCHULER 1992, S. 407). Das erste Tool ist der PDCA-Zyklus, welcher auf der vorherigen Seite unter „Modelle/Prinzipien/Lehrmeinungen“ geführt wurde. Eindeutige Beziehungen zwischen den Begriffen lassen sich also nicht erkennen.

Schließlich sei noch auf die Schwierigkeit hingewiesen, über die gleichen Einheiten zu sprechen. Für viele Einheiten gibt es mehrere deutsche Begriffe oder Akronyme sowie zusätzlich noch englische und japanische Bezeichnungen. Beispiele sind das Ursache-Wirkungs-Diagramm, das auch Fischgrät- oder ISHIKAWA-Diagramm genannt wird, dann die 5A-Aktion, als deutsche Fassung, die auch 5S-Aktion genannt wird (nach ihrem japanischen Ursprung) sowie der Problem-Entscheidungs-Plan, der auch Reaktionsplan, Prüfplan oder englisch *Control Plan* genannt wird. Schwierig ist dabei zudem die inhaltliche Abgrenzung. Die Messsystemanalyse (MSA) wird auch Messmittel- oder Prüfmittelfähigkeitsuntersuchung genannt. Wird die englische Bezeichnung *Gage R&R* bzw. die Eindeutschung GRR-Verfahren genutzt, so ist nicht immer klar, ob damit eine

Messsystemanalyse allgemein oder eine MSA mit Bezug auf die Parameter *Reproduzierbarkeit* und *Wiederholbarkeit* (engl. *Reproducibility* und *Repeatability*, R&R) gemeint ist.

3.2.2 Bestehende Definitionen

Um Definitionen zu finden und damit eine Forschungsgrundlage zu schaffen, werden zunächst zwei Zugänge gewählt: über Normen sowie über die aktuelle Literatur.

Nach der Definition des DEUTSCHEN INSTITUTS FÜR NORMUNG sind Qualitätstechniken die „Gesamtheit von Methoden, die im Qualitätsmanagement angewendet werden" (Norm DIN 55350-11:2008, S. 6). Qualitätsmanagement wird als „aufeinander abgestimmte Tätigkeiten zum Leiten und Lenken einer Organisation […] bezüglich Qualität" (Norm DIN EN ISO 9000:2005, S. 25) definiert. Da der Begriff *Methode* in den DIN-Normen nicht gesondert definiert ist, fehlt ihm noch die notwendige Trennschärfe. Auch werden die oben genannten Abgrenzungsprobleme der Begriffe *Technik*, *Methode*, *Verfahren* und *Werkzeug* hier nicht gelöst.

Der zweite Zugang erfolgt über die aktuelle Literatur. Hier geben ZOLLONDZ 2006 und THEDEN 2001 Definitionsansätze für den Begriff *Qualitätstechnik*. ZOLLONDZ 2006 definiert *Qualitätstechnik* wie folgt:

> Qualitätstechniken sind diejenigen Mittel und praktische Anwendungen *(know how)*, die auf dem Gebiet des Qualitätsmanagements auf verschiedenen Ebenen und in verschiedenen Phasen der Produktentwicklung zum Lösen von spezifischen Problemen eingesetzt werden. Solche Techniken, bei denen im Deutschen am Wortende das Appendix *-technik* verwendet wird, sind in vielen Bereichen gebräuchlich: Organisationstechnik, Analysetechnik, Synthesetechnik, Problemlösungstechnik, Moderationstechnik, Präsentationstechnik etc. In diesen Wissenszweigen bezeichnet *-technik* jeweils ein bestimmtes, unter Mitteleinsatz, zielorientiertes Vorgehen zur Lösung von spezifischen Problemen. Genau dies ist auch das Ziel des Einsatzes von Qualitätstechniken, mittels derer Probleme aus dem Bereich des Qualitätsmanagements zu lösen sind. Qualitätstechniken zeichnen sich dabei durch strukturiertes, systematisches Vorgehen zur Verringerung der Komplexität aus und unterstützen das Qualitätsmanagement auf der *operativen Ebene*. Qualitätstechniken bedienen sich dabei auch der Gerätetechnik (Beispiel PC-Technik) [...]. (ZOLLONDZ 2006, S. 334)

Auf die Fragestellung dieser Arbeit zugeschnitten ließe sich die Beschreibung auf folgende Definition verkürzen:

Qualitätstechnik (zusammenfassend nach ZOLLONDZ):

Einsatz von Mitteln im Rahmen eines strukturierten, systematischen, zielorientierten Vorgehens auf der operativen Ebene zur Lösung von spezifischen Problemen auf dem Gebiet des Qualitätsmanagements

THEDEN 2001 wählt einen etymologischen Zugang. Er beschreibt *Qualitätstechnik* als ein Kunstwort, gebildet aus den beiden Wörtern *Qualität* und *Technik*. Technik definiert er analog zum Duden Universalwörterbuch (DUDEN - DEUTSCHES UNIVERSALWÖRTERBUCH 2006.) als „Gesamtheit der Maßnahmen, Einrichtungen und Verfahren, die dazu dienen, naturwissenschaftliche Erkenntnisse praktisch nutzbar zu machen." (THEDEN 2001, S. 1004) Er führt dabei eine für die Aufgabenstellung wichtige gedankliche Unterscheidung ein: Technik kann einerseits als Mittel (instrumentelle Ebene), andererseits als strukturierte und systematische Vorgehensweise (prozedurale Ebene) interpretiert werden. Der instrumentellen Ebene weist er die Begriffe *Instrumente* und *Werkzeuge* zu, der prozedualen Ebene die Begriffe *Methoden* und *Verfahren*. Die prozeduale Ebene detailliert er dabei noch weiter.[74] Identisch mit der obigen Definition von ZOLLONDZ 2006 ist THEDENS Verweis auf verschiedene Einsatzbereiche von Techniken sowie das Ziel, durch sie spezifische Probleme zu lösen. Auf dieser Basis wählt er folgende Definition:

> Qualitätstechniken sind diejenigen Instrumente und Methoden, die auf dem Gebiet des Qualitätsmanagements auf verschiedenen Ebenen zum Lösen von spezifischen Problemen eingesetzt werden. (THEDEN 2001, S. 1004)

Später weicht THEDEN seine Trennung wieder auf. So stellt er fest: „Eine eindeutige Trennung von Methoden und Instrumenten erscheint jedoch nicht immer möglich." (THEDEN 2001, S. 1004 f.)

Da sich weder aus dem Normenkatalog noch aus der aktuellen Literatur eine geeignete, trennscharfe Definition ableiten lässt, die eine gesamthafte Strukturierung der verwendeten Begriffe leistet, wird der von THEDEN gewählte lexikalisch-etymologische Zugang vertieft. Als erste Näherung bietet sich eine freie Assoziation von verwandten Begriffen an (analog zum Brainstorming).[75] Als Ergebnis der gedanklichen Frage „Welche Begriffe sind eng mit dem Begriff *Qualitätstechnik* (im Kontext von Qualitätsmanagement) verwandt?" ergibt sich für diese Arbeit folgende Liste: *Instrument, Konzept,*

---

[74] Konkret heißt es dort: „Qualitätstechniken [sollen] dazu dienen, Probleme zu identifizieren, zu analysieren, Lösungsalternativen aufzuzeigen, geeignete Problemlösungen auszuwählen und umzusetzen. […] Gemeinsam ist allen Qualitätstechniken die systematische Vorgehensweise nach festen Regeln." (THEDEN 2001, S. 1004) In einer Norm würde man dies sehr wahrscheinlich als Anmerkung aufnehmen.

[75] Die Abgrenzung erfolgt gemäß der Leitlinie »Brainstorming alleine heißt Nachdenken!«.

Methode, Technik, Tool, Verfahren, Vorgehen, Werkzeug. Die assoziierten Begriffe können nun durch eine Recherche in Wörterbüchern der deutschen Sprache konkretisiert werden. Wo eine deutsche Norm-Definition vorliegt, wird diese auch aufgenommen. Auf dieser Grundlage werden die folgenden Definitionen diskutiert.

Tabelle 3.1: Definitionen der assoziierten Begriffe (in alphabetischer Reihung)

Begriff	**Definition**
Instrument	„lat. instrumentarum, eigtl. = Ausrüstung, Gerätschaft [...]: 1. meist fein gearbeitetes, oft kompliziert gebautes Gerät für wissenschaftliche, technische Arbeiten [...]“ (1)
Methode	„spätlat. methodus < griech. méthodos = Weg od. Gang einer Untersuchung, eigtl. = Weg zu etw. hin: 1. auf einem Regelsystem aufbauendes Verfahren zur Erlangung von [wissenschaftlichen] Erkenntnissen od. praktischen Ergebnissen: eine technische M.; komplizierte -n, eine M. anwenden; nach einer M. arbeiten. 2. Art u. Weise eines Vorgehens: [...] M. (Planmäßigkeit, sinnvolle Ordnung) in etw. bringen; [...]“ (1)
Technik	„nlat. technica = Kunstwesen; Anweisung zur Ausübung einer Kunst od. Wissenschaft, [...] zu: téchnē = Handwerk, Kunst(werk, -fertigkeit); Wissenschaft: 1. [...] alle Maßnahmen, Einrichtungen u. Verfahren, die dazu dienen, die Erkenntnisse der Naturwissenschaft für den Menschen praktisch nutzbar zu machen [...] 2. besondere, in bestimmter Weise festgelegte Art, Methode des Vorgehens, der Ausführung von etw.: die virtuose, brilliante, saubere T. der Pianistin; eine T. erlernen, beherrschen“ (1)
Tool	„engl.; Werkzeug: 1. Werkzeug, Instrumentarium, das man für eine bestimmte Aufgabe benötigt. […]“ (2)
Verfahren	„1. Art u. Weise der Durch-, Ausführung von etw.; ↑Methode [...]“ (1) „festgelegte Art und Weise, eine Tätigkeit oder einen **Prozess** […] auszuführen“ (3)
Vorgehen	„Vorgehensweise [...]“ (1)
Vorgehensweise	„Art u. Weise, wie jmd. ↑vorgeht“ (1)
Werkzeug	„mhd. wercziug [...]: 1. a) für bestimmte Zwecke geformter Gegenstand, mit dessen Hilfe etwas [handwerklich] bearbeitet od. hergestellt wird [...] b) <o. Pl.> Gesamtheit von ↑Werkzeugen (a), die für eine Arbeit gebraucht werden [...]“ (1)

Quellen:
(1) DUDEN - DEUTSCHES UNIVERSALWÖRTERBUCH 2006.
(2) DUDEN - DEUTSCHES FREMDWÖRTERBUCH 2007.
(3) Norm DIN EN ISO 9000:2005, S. 25

3.2.3 Diskussion und Begriffsklärung

3.2.3.1 Anforderungen an Fachbegriffe

Beim lexikalisch-etymologischen Zugang ist zu beachten, dass die sog. Gemeinsprache, wie sie z.B. in den DUDEN-Wörterbüchern beschrieben ist, vieldeutig ist. Aufgabe einer Fachsprache ist es, dass Sachverhalte und Probleme eines Fachgebietes knapp und ohne Missverständnisse beschrieben werden können. Eine wichtige Anforderung an Fachbegriffe ist daher, dass sie eindeutig sind. Eine Eindeutigkeit ist nicht gegeben, wenn ein Begriff mehrere Einheiten beschreibt (*Homonym*) oder für eine Einheit mehrere Begriffe verwendet werden (*Synonym*). Die Anforderung kann erfüllt werden, indem ein Begriff definiert wird. Die Definition des Fachbegriffes sollte sich dann auf den vorwiegend in der Gemeinsprache genutzten Begriff beziehen, um Missverständnisse zu vermeiden (vgl. THEISEN 2011, S. 135 ff., GEIGER u. KOTTE 2008, S. 46 ff., GRAEBIG 2006, KORNMEIER 2007, S. 68 ff.).

3.2.3.2 Klärung der Begriffe *Instrument*, *Werkzeug* und *Tool*

Aus den DUDEN-Erklärungen ergibt sich, dass die Begriffe *Instrument*, *Werkzeug* und *Tool* weitestgehend in gleicher Bedeutung verwendet werden und daher als synonym gelten können. Gemeint sind jeweils Gegenstände oder Geräte. Für diese Arbeit sollen diese drei Begriffe daher synonym verstanden werden. Zu beachten ist die Gefahr, dass der Begriff Werkzeug als rhetorische Figur synonym für umfassendere Begriffe genutzt werden könnte (*pars pro toto*) und damit mehrdeutig würde. Als Beispiel sei die Übersicht der 7x7-Tool-Liste von KROSLID u.a. 2003 genannt.

3.2.3.3 Klärung der Begriffe *Verfahren*, *Methode* und *Vorgehen*

Unklar ist die Beziehung der Begriffe *Methode*, *Verfahren* sowie *Vorgehen*. Der Begriff *Verfahren* wird gemeinsprachlich als Art und Weise der Durch- bzw. Ausführung von etwas beschrieben und hat damit einen konkreten Anwendungsbezug. Dabei wird auf den Begriff *Methode* verwiesen. Der Begriff *Methode* hat seinen Ursprung im spätlateinischen *methodus* bzw. im griechischen *méthodos* als „Weg zu etw. hin“ (DUDEN - DEUTSCHES UNIVERSALWÖRTERBUCH 2006.) im engen Wortsinne und als „Weg oder Gang einer Untersuchung“ (DUDEN - DEUTSCHES UNIVERSALWÖRTERBUCH 2006.) im erweiterten Wortsinn. Durch die gemeinsprachliche Beschreibung als ein „auf einem Regelsystem aufbauendes Verfahren zur Erlangung von [wissenschaftlichen] Erkenntnissen od. praktischen Ergebnissen“ bzw. „Planmäßigkeit, sinnvolle Ordnung in etw. bringen“ (siehe Definition *Methode* in Tabelle 3.1) wird das Planvolle, Regelbasierte an einer Methode betont. Durch die Nutzung des Begriffes *Verfahren* entsteht ein Zirkel-

bezug. Dieser Bezug kann aufgelöst werden, indem die Methode als Teilmenge von möglichen Verfahren gesehen wird. Die Definition in der Norm stützt dies. Demnach ist ein Verfahren lediglich eine „festgelegte Art und Weise, eine Tätigkeit oder einen Prozess auszuführen“ (siehe Definition *Verfahren* in Tabelle 3.1). Durch die alternative Nennung von Tätigkeiten oder Prozessen sind beliebige Abstraktionsstufen denkbar. Eine Methode dagegen ist deutlich spezifischer als eine regelgeleitete und zielgerichtete Untersuchung definiert. Deutlich wird auch die klare Prozessorientierung einer Methode. Eine *Methode* wird in dieser Arbeit daher als spezielles Verfahren betrachtet. Der Begriff *Vorgehen* bzw. *Vorgehensweise* wird einfach nur als Art und Weise, wie jemand vorgeht, beschrieben. Als festgelegtes Vorgehen entspricht dieses dem Verfahren. Denkbar wäre außerdem auch ein spontanes Vorgehen. Der Begriff *Vorgehen* stellt somit einen Oberbegriff für den Begriff *Verfahren* dar.

3.2.3.4 Klärung des Begriffes *Technik*

Die Ausführungen der gemeinsprachlichen Definition sind nicht direkt nutzbar. Zunächst ist der Einschub in der zweiten Auslegung, „Methode des Vorgehens“ (siehe Definition *Technik* in Tabelle 3.1), nicht konsistent zu den Definitionen der Einzelbegriffe *Methode* und *Vorgehen* der gleichen Quelle.[76] Wird dieser Einschub ausgelassen, so wird Technik definiert als „besondere, in bestimmter Weise festgelegte Art der Ausführung von etw.“ (ebd.). Dies passt zu der an der gleichen Stelle beschriebenen neulateinischen Herkunft des Wortes, *technica*, welche eine Anweisung zur Ausübung einer Kunst oder einer Wissenschaft ist. Die erste Auslegung der Technik als „Maßnahmen, Einrichtungen u. Verfahren [...], die dazu dienen, die Erkenntnisse der Naturwissenschaft für den Menschen praktisch nutzbar zu machen“ (ebd.) setzt *Technik* zunächst als Oberbegriff für die Begriffe *Maßnahmen*, *Einrichtungen* und *Verfahren*. Maßnahmen sind in DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (DIN) 2006, S. 9 als zielgerichtete Tätigkeiten definiert. Dort ist weiter ausgeführt, dass der Begriff *Tätigkeit* als Verändern des Zustandes einer Einheit definiert ist mit der Anmerkung, dass Tätigkeiten von Personen auch als *Handlungen* bezeichnet werden können. Einrichtungen können als Werkzeuge interpretiert werden. Die lateinische Herkunft des synonymen Begriffs Instrument, *instrumentarum*, bezeichnet Ausrüstungen oder Gerätschaften und stützt diese Auslegung. Die gemeinsprachlichen Definitionen decken dies ebenfalls ab.[77] Eine Technik rückt damit in die Nähe einer *Verfahrensanweisung*, die als „verbindliche Spezifikation, die ein Verfahren enthält“ definiert ist (Norm DIN 55350-11:2008, S. 7). In den Anmerkungen zu der Definition wird zunächst ausgeführt, dass „in einer Verfahren-

[76] Methode ist dort als Art u. Weise eines Vorgehens beschrieben (vgl. Def. in Tabelle 3.1).
[77] Vgl. jeweils die Definitionen in Tabelle 3.1.

sanweisung [...] üblicherweise Anwendungsbereich und Zweck der Tätigkeit oder des Prozesses enthalten [sind]. Außerdem ist häufig in der Verfahrensanweisung festgelegt, was, durch wen, wann und wo getan werden muss. Weiterhin können die zu benutzenden Einrichtungen, Materialien und Hilfsmittel sowie die Überwachungs- und Dokumentationsmethoden festgelegt sein.“ (ebd.) Es wird zudem angemerkt, dass es hierarchisch gegliederte Systeme von Verfahrensanweisungen gibt (vgl. ebd.). Dies würde auch den Begriff *Verfahren* erfassen, wenn auch in anderer Form, nämlich als Anweisung zur Ausführung eines Verfahrens. Schließlich wird im Wörterbuch noch das altgriechische Wort *téchnē* als zweite Herkunft angegeben. *téchnē* steht für Handwerk, Kunst(werk) bzw. Kunst(fertigkeit). Die Begriffe *Handwerk* und *Kunst(werk)* könnten für das Ergebnis der Tätigkeit stehen (Produktorientierung). Möglich ist auch, dass die beiden Begriffe als rhetorische Figuren (*pars pro toto*) synonym für die Fähigkeiten des Handwerkers bzw. des Künstlers stehen könnten (Potenzialorientierung). Für diese Sichtweise spricht die gleichrangige Erwähnung des Begriffes *Kunstfertigkeit*. Die Produktorientierung wird daher verworfen und die Potenzialorientierung in der Auslegung angenommen. Aus den Herkunftswörtern *technica* und *téchnē* sowie den beiden diskutierten Auslegungen ergeben sich also diese drei Aspekte für die Definition des Begriffes *Technik*:

1. Eine Technik ist einer tätigkeitsbezogenen Verfahrensanweisung ähnlich.
2. Schwerpunkt der Verfahrensanweisung oder Anleitung sind Handlungen im Sinne von menschlichen Tätigkeiten (vgl. obige Normdefinition).
3. Die Anleitung schließt die Nutzung von Werkzeugen ein. Die Werkzeuge sind als Hilfsmittel zu verstehen und daher begrifflich untergeordnet.

3.2.3.5 Neudefinition von relevanten Begriffen

Auf Basis der Diskussion können die relevanten Begriffe nun neu definiert werden:

Qualitätstechnik:
Eine Qualitätstechnik ist eine Anleitung, wie Tätigkeiten und Gegenstände kombiniert werden sollen, um spezifische Probleme im Bereich des Qualitätsmanagements zu lösen

Qualitätsmethode:
Eine Qualitätsmethode ist ein Regelsystem, wie Qualitätstechniken kombiniert werden sollen, um spezifische Probleme im Bereich des Qualitätsmanagements zu lösen

Beide sind damit Verfahren im Sinne der Norm (vgl. Norm DIN EN ISO 9000:2005, S. 25). Wichtig ist, ähnlich wie bei den Dienstleistungen,[78] zwischen der Qualitätstechnik als Anleitung, der Ausführung der Qualitätstechnik und dem Ergebnis der Ausführung zu unterscheiden. Eine Qualitätstechnik selber ist kein Prozess. Die Ausführung einer Qualitätstechnik dagegen ist ein Prozess im Sinne der Norm.[79] Gleiches gilt für eine Qualitätsmethode. Demnach können beide zu einem Ergebnis führen, welches im Sinne der Norm als Produkt[80] aufgefasst werden kann. Wird der Erfüllungsgrad durch die Ausführung einer Qualitätstechnik gesteigert, so wurde die Qualität erhöht (vgl. Norm DIN EN ISO 9000:2005, S. 18).

Wichtig ist auch, dass die Begriffe *Werkzeug*, *Instrument* und *Tool* im Rahmen einer Fachsprache nicht als Synonym für Qualitätstechniken oder Qualitätsmethoden verwendet werden (vgl. Anforderungen an eine Fachsprache in den Unterabschnitten 3.2.3.1 und 3.2.3.2). In dieser Arbeit werden daher folgende Definitionen genutzt (analog zur Verwendung in der Gemeinsprache):

> Instrument:
> Ein Instrument ist ein meist fein gearbeitetes, oft kompliziert gebautes Gerät
>
> Werkzeug:
> Ein Werkzeug ist ein für bestimmte Zwecke geformter Gegenstand, mit dessen Hilfe etwas bearbeitet oder hergestellt wird
>
> Tool:
> Engl. für Werkzeug

Basierend auf den entwickelten Definitionen kann ein Begriffsdiagramm zur Orientierung erstellt werden.

---

78 Vgl. dazu die Hinweise von GEIGER u. KOTTE 2008, S. 43.

79 Die Definition eines Prozesses lautet „Satz von in Wechselbeziehung oder Wechselwirkung stehenden Tätigkeiten, der Eingaben in Ergebnisse umwandelt“ (Norm DIN EN ISO 9000:2005, S. 23).

80 Ein Produkt ist definiert als „Ergebnis eines **Prozesses**“ (Norm DIN EN ISO 9000:2005, S. 24), welches auch Dienstleistungen umfasst (Hervorh. dort, vgl. ebd.).

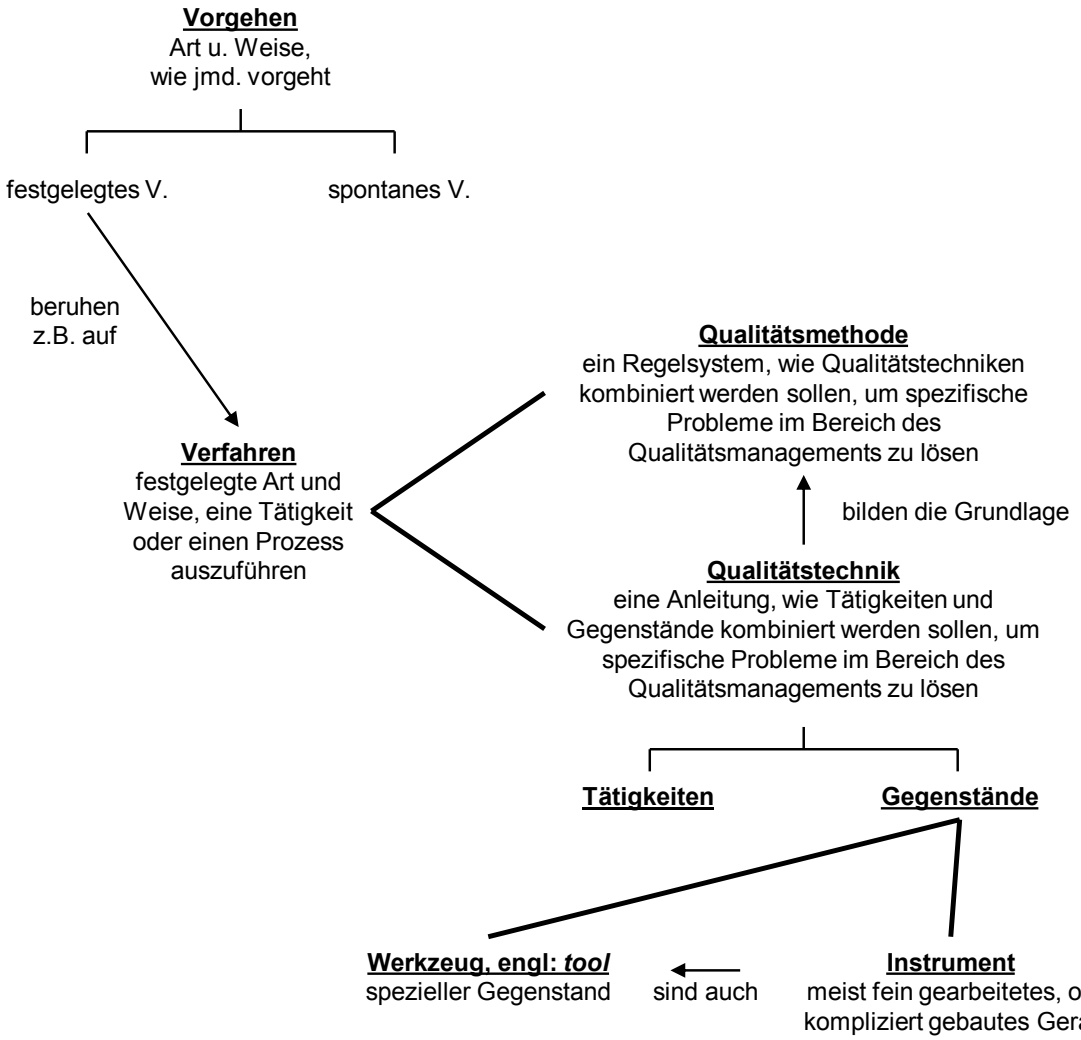


Abbildung 3.2: Begriffsdiagramm zum Begriff Qualitätstechnik *und anderen relevanten Begriffen*

3.2.4 Verbleibende Forschungsaufgabe

Als zukünftige Forschungsaufgabe bleibt noch die konsistente Definition weiterer Begriffe, wie *Qualitätsstrategien* (z.B. Total Quality Management, Six Sigma), *Prinzipien* (z.B. Null-Fehler-Prinzip) sowie die Einordnung von organisatorischen Modellen wie z.B. Qualitätszirkel.

3.3 Bestehende Regelsysteme für Verbesserungen als Grundlage: Stand der Forschung

3.3.1 Vorgehen

Im vorherigen Abschnitt wurde *Qualitätstechnik* definiert als eine Anleitung, wie Tätigkeiten und Gegenstände kombiniert werden sollen, um spezifische Probleme im Bereich des Qualitätsmanagements zu lösen. Eine *Qualitätsmethode* wurde definiert als ein Regelsystem, wie Qualitätstechniken kombiniert werden sollen, um spezifische Probleme im Bereich des Qualitätsmanagements zu lösen. Bezugsrahmen ist jeweils das Qualitätsmanagement. Mit Hilfe einer Literaturrecherche wird nun ermittelt, welche bereits etablierten, prinzipiell universell einsetzbaren Qualitätsmethoden (als Regelsysteme für Verbesserungen) es aktuell gibt. Das Ergebnis der Literaturrecherche zeigt den Stand der Forschung und ermöglicht es, eine Methodenbasis für das zu entwickelnde Verfahren auszuwählen (vgl. Unterkapitel 4.2). Der Zugang erfolgt über Standardwerke und Überblicksarbeiten. Als Standardwerke werden ausgewählt PFEIFER u. SCHMITT 2007, PFEIFER u. SCHMITT 2010, LINß 2005, GEIGER u. KOTTE 2008 und KAMISKE u. BURCKHARDT 2009. Als Überblicksarbeiten werden ZOLLONDZ 2001, ZOLLONDZ 2006 und KAMISKE u. BRAUER 2008 ausgewählt. Aufgrund der umfangreichen Literatur in deutscher Sprache werden hier nur deutschsprachige Werke genutzt.

3.3.2 Ergebnis der Literaturrecherche im Überblick

Im Rahmen der Literaturrecherche konnten acht Regelsysteme für Verbesserungen im Bereich des Qualitätsmanagements identifiziert werden:

- PDCA-Zyklus von SHEWHART / DEMING
- Normenfamilie ISO 9000
- 8D-Problemlösungsmethode
- Kreativer Problemlösungsprozess (KPL-Prozess)
- KVP-Workshops
- DMAIC aus Six Sigma
- Sechs Gemba-Prinzipien
- Vorgehensmodell bei TOYOTA (nach MIKE ROTHER)

Die Regelsysteme werden im Folgenden kurz beschrieben.

3.3.3 Kurzbeschreibungen der identifizierten Ansätze

3.3.3.1 PDCA-Zyklus von SHEWHART / DEMING

Der PDCA-Zyklus besteht entsprechend seines Akronyms aus vier Elementen, nämlich *Plan*, *Do*, *Check*, *Act*. Er wurde von WALTER A. SHEWHART entwickelt und später durch

W. EDWARDS DEMING publik gemacht. Der PDCA-Zyklus wird daher auch häufig als DEMING-Kreis bezeichnet (vgl. KAMISKE u. BRAUER 2008, S. 305, ZOLLONDZ 2006, S. 81). W. EDWARDS DEMING selber nennt seinen Lehrer SHEWHART als Urheber des Zyklus' (vgl. DEMING 2000, S. 88, ZOLLONDZ 2001, S. 148). In einer Abbildung einer handschriftlichen Skizze von DEMING (vgl. ZOLLONDZ 2006, S. 81) ist unter der Überschrift „THE SHEWHART CYCLE" (ebd.) ein Kreis mit vier Zahlen im Innenkreis zu sehen. Den vier Zahlen sind außerhalb des Kreises folgende Beschreibungen zugeordnet:

- „Plan a change or a test, aimed at improvement" (ebd.)
- „CARRY IT OUT (preferably on a small scale)" (ebd.)
- „Study the results. What did we learn?" (ebd.)
- „ACT. Adopt the change
  or Abandon it
  or Run through the cycle again, possibly under different environmental conditions" (ebd.)

Die Hervorhebung durch die Großschreibungen lässt vermuten, dass DEMING einen Schwerpunkt in der Verbesserung auf die Durchführung legte („*CARRY IT OUT*" und „*ACT*" gegenüber „*Plan*" und „*Study*"). Der Zyklus ist nicht nur als konkrete Verbesserungsanleitung zu verstehen. Er wird auch als grundsätzliche Denkhaltung verstanden sowie als grundsätzliches Erklärungsmodell für die ständige Verbesserung gesehen (vgl. ZOLLONDZ 2006, S. 85, KAMISKE u. BRAUER 2008, S. 304 ff., WAGNER 2007, S. 181, Norm DIN EN ISO 9004:2009, S. 51).

3.3.3.2 Normenfamilie ISO 9000

Wie in Abschnitt 3.1.3 beschrieben, stellt die Normenfamilie ISO 9000 mit den Normen DIN EN ISO 9000:2005, DIN EN ISO 9001:2008, DIN EN ISO 9004:2009 sowie DIN EN ISO 19011:2002/2010 einen grundlegenden, universellen Standard für eine ständige Verbesserung einer Organisation dar. Die Normen verfolgen einen prozessorientierten Standard, wie in Abschnitt 3.1.3 aufgezeigt wurde. Entsprechend sind nach der Norm auch Verbesserungen als Prozess aufzufassen und abgebildet. In dem erweiterten Prozessmodell der ISO 9004 (vgl. Norm DIN EN ISO 9004:2009, S. 7) folgen auf den Abschnitt 7 „Produktrealisierung" (mit dem Prozessergebnis „Produkt") die Abschnitte 8 „Überwachung, Messung, Analyse und Bewertung" sowie 9 „Verbesserung, Innovation und Lernen" (alle ebd.). Erweitertes Prozessmodell heißt es, da die Norm ISO 9004 den Abschnitt 8 „Messung, Analyse und Verbesserung"[81] der Norm ISO 9001

[81] Norm DIN EN ISO 9001:2008.

ausdifferenziert. Damit ist ein grundsätzliches Regelsystem für Verbesserungen beschrieben und die Verbesserungsaktivitäten sind entsprechend eingeordnet.

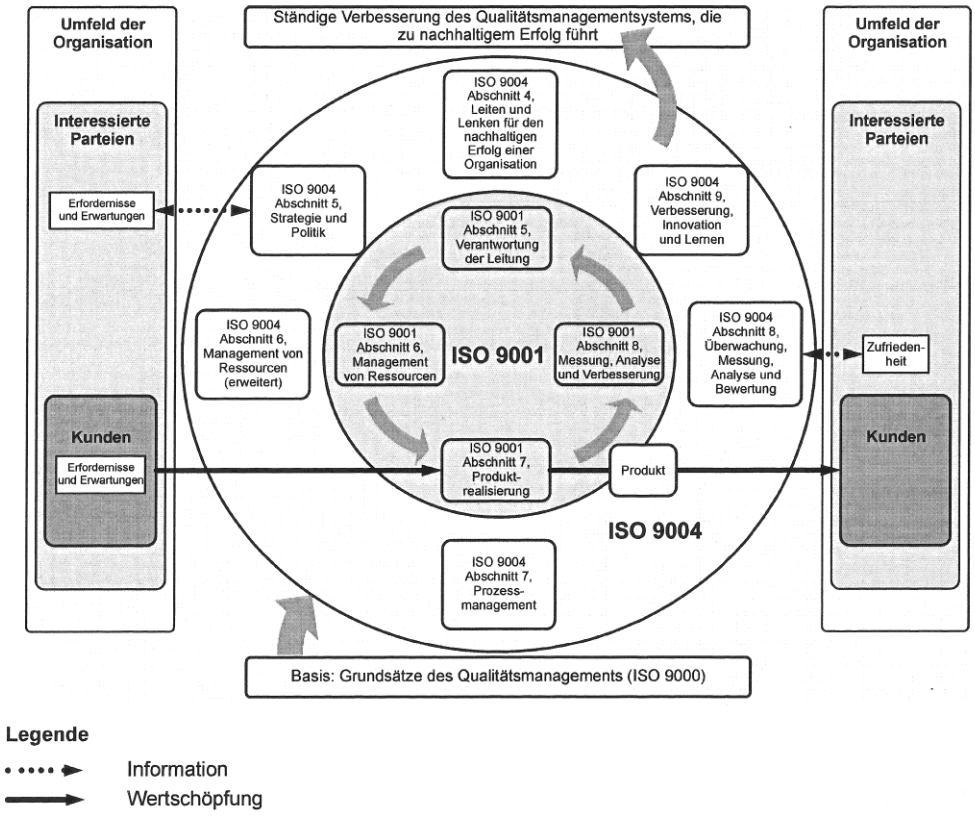


Bild 1 — Erweitertes Modell eines prozessbasierten Qualitätsmanagementsystems

Abbildung 3.3: Erweitertes Prozessmodell nach Norm DIN EN ISO 9004:2009, S. 7

Innerhalb der relevanten Abschnitte gibt es die Anforderung, für die Durchführung von Verbesserungen einen strukturierten Ansatz zu nutzen (vgl. Norm DIN EN ISO 9004:2009, S. 51. Als Beispiel wird der PDCA-Ansatz von SHEWHART bzw. DEMING genannt. Der PDCA-Zyklus wird in der Norm ISO 9001 noch einmal detailliert (Norm DIN EN ISO 9001:2008, S. 7):

> ANMERKUNG Außerdem kann auf alle Prozesse die als „Planen-Durchführen-Prüfen-Handeln“ (en: Plan-Do-Check-Act, PDCA) bekannte Methode angewandt werden. PDCA lässt sich kurz wie folgt beschreiben:
> Planen: Festlegen der Ziele und Prozesse, die zum Erzielen von Ergebnissen in Übereinstimmung mit den Kundenanforderungen und den Politiken der Organisation notwendig sind;

Durchführen:	Verwirklichen der Prozesse;
Prüfen:	Überwachen und Messen von Prozessen und Produkten anhand der Politiken, Ziele und Anforderungen an das Produkt sowie Berichten der Ergebnisse;
Handeln:	Ergreifen von Maßnahmen zur ständigen Verbesserung der Prozessleistung.

Diese Form der Beschreibung weicht deutlich vom Original ab, wie es W. EDWARDS DEMING persönlich skizziert hat (vgl. den vorhergehenden Abschnitt zum PDCA-Zyklus). Dies ist jedoch folgerichtig, wenn man, wie oben beschrieben, den PDCA-Zyklus nicht nur als konkrete Verbesserungsanleitung, sondern auch als grundsätzliches Erklärungsmodell für die ständige Verbesserung sieht – wie es die Norm hier tut. Weitere Anforderungen stellt die Normenfamilie bezüglich einer Verbesserung in Unterkapitel 2.9 „Ständige Verbesserung“ der ISO 9000. Hier fordert sie (Norm DIN EN ISO 9000:2005, S. 16):

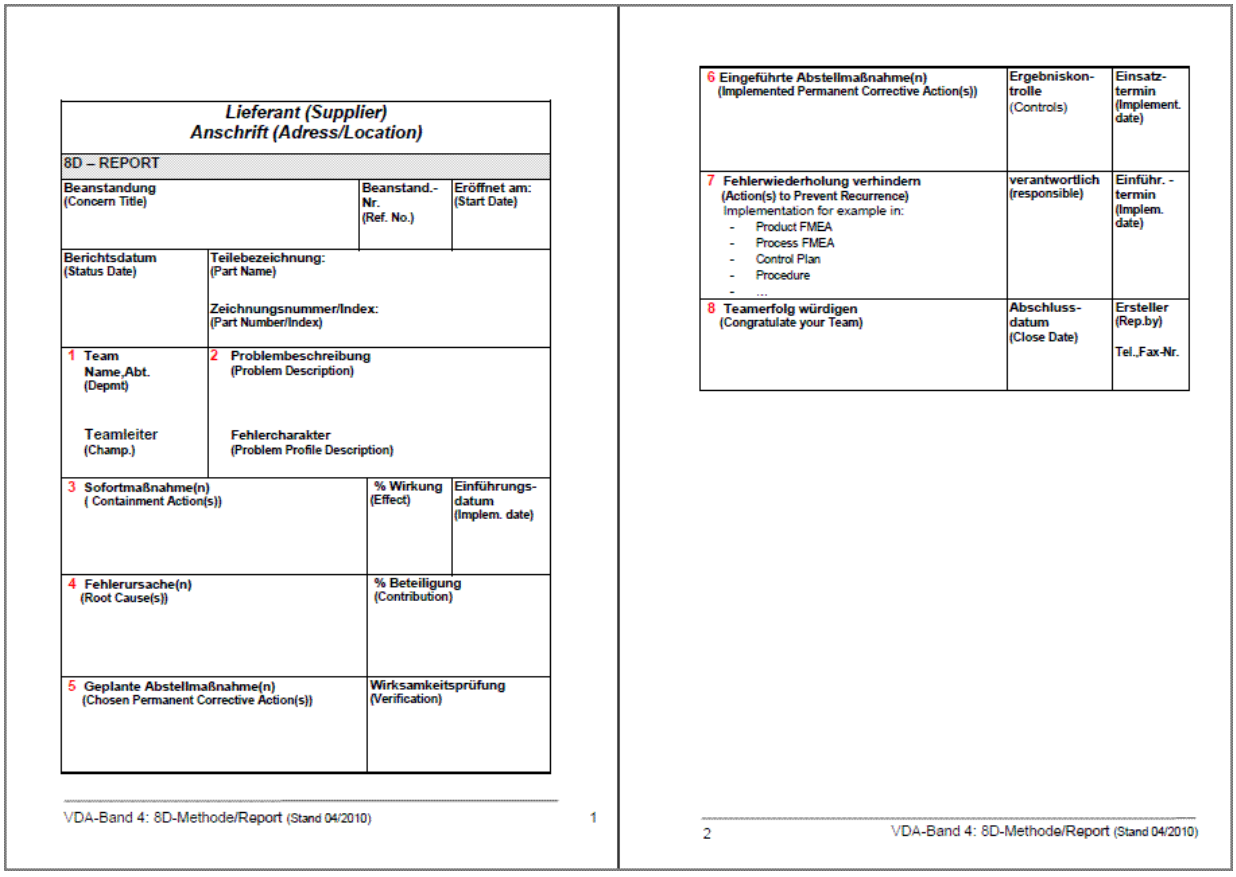
> Das Ziel einer ständigen Verbesserung eines Qualitätsmanagementsystems besteht darin, die Wahrscheinlichkeit zu steigern, die Zufriedenheit der Kunden und anderer interessierter Parteien zu erhöhen. Zu solchen Verbesserungsmaßnahmen gehören:
> a) Analysieren und Beurteilen der aktuellen Situation, um verbesserungswürdige Bereiche zu erkennen;
> b) Festlegen der Ziele der Verbesserung;
> c) Suchen nach möglichen Lösungen, um diese Ziele zu erreichen;
> d) Beurteilen dieser Lösungen und Treffen einer Auswahl;
> e) Verwirklichen der gewählten Lösung;
> f) Messen, Verifizieren, Analysieren und Beurteilen der Ergebnisse der Verwirklichung, um zu ermitteln, ob die Ziele erreicht wurden;
> g) Formalisieren der Änderungen.

Dieses Sieben-Schritt-Verfahren bezieht sich zunächst auf die Verbesserung des Qualitätsmanagementsystems selber. Da aber die Produktrealisierung Teil des Systems ist, kann das Sieben-Schritt-Verfahren auch auf die Verbesserung der Produktrealisierung angewendet werden. Das Sieben-Schritt-Verfahren stellt damit die detaillierteste Form eines Regelsystems für Verbesserungen dar.

3.3.3.3 8D-Problemlösungsmethode

8D steht für *8 Disciplines* oder *8 Schritte* (s.u.). Die 8D-Problemlösungsmethode ist nach KAMISKE und BREUER eine Methode, die in der industriellen Serienfertigung eingesetzt wird, um bei Reklamationen Fehler dauerhaft abzustellen und dies als Zulieferer auch dem Abnehmer zu dokumentieren. Die Autoren grenzen den Einsatz bewusst gegen Dienstleistungen ab. Unklar ist, ob dies rein deskriptiv (die 8D-Problemlösungsmethode wird zurzeit nicht im Bereich von Dienstleistungen eingesetzt)

oder kausal (die Methode eignet sich nicht) gemeint ist (vgl. KAMISKE u. BRAUER 2008, S. 276). Die 8D-Problemlösungsmethode wurde in der Automobilbranche entwickelt (vgl. PFEIFER u. SCHMITT 2010, S. 779)[82] und in Europa durch den deutschen Verband der Automobilindustrie quasi standardisiert (vgl. KAMISKE u. BRAUER 2008, S. 277). Bei ihrer Anwendung wird ein weitgehend standardisiertes Berichtsformat genutzt, der *8D-Report* (vgl. die folgende Abbildung).



Lieferant (Supplier)
Anschrift (Adress/Location)

8D – REPORT

Beanstandung (Concern Title)	**Beanstand.-Nr.** (Ref. No.)	**Eröffnet am:** (Start Date)
Berichtsdatum (Status Date)	**Teilebezeichnung:** (Part Name) **Zeichnungsnummer/Index:** (Part Number/Index)	
1 **Team Name,Abt.** (Depmt) **Teamleiter** (Champ.)	2 **Problembeschreibung** (Problem Description) **Fehlercharakter** (Problem Profile Description)	
3 **Sofortmaßnahme(n)** (Containment Action(s))	**% Wirkung** (Effect)	**Einführungs-datum** (Implem. date)
4 **Fehlerursache(n)** (Root Cause(s))	**% Beteiligung** (Contribution)	
5 **Geplante Abstellmaßnahme(n)** (Chosen Permanent Corrective Action(s))	**Wirksamkeitsprüfung** (Verification)	

VDA-Band 4: 8D-Methode/Report (Stand 04/2010) 1

6 **Eingeführte Abstellmaßnahme(n)** (Implemented Permanent Corrective Action(s))	**Ergebniskon-trolle** (Controls)	**Einsatz-termin** (Implement. date)
7 **Fehlerwiederholung verhindern** (Action(s) to Prevent Recurrence) Implementation for example in: - Product FMEA - Process FMEA - Control Plan - Procedure - ...	**verantwortlich** (responsible)	**Einführ. -termin** (Implem. date)
8 **Teamerfolg würdigen** (Congratulate your Team)	**Abschluss-datum** (Close Date)	**Ersteller** (Rep.by) **Tel.,Fax-Nr.**

2 VDA-Band 4: 8D-Methode/Report (Stand 04/2010)

Abbildung 3.4: 8D-Berichtsformat des QUALITÄTS MANAGEMENT CENTER IM VERBAND DER AUTOMOBILINDUSTRIE E.V. (VDA QMC) 2010

Die acht Schritte der 8D-Problemlösungsmethode beschreiben den Regelkreis der Verbesserung (vgl. PFEIFER u. SCHMITT 2010, S. 779 ff., KAMISKE u. BRAUER 2008, S. 278 ff., JUNG u.a. 2011, RAMBAUD 2006, REBITZER 2008, S. 9):

[82] Nach JUNG U.A. fordern VOLKSWAGEN und FORD die Anwendung der Methode – bei CHRYSLER und MAGNA wird eine verwandte Methode mit dem Namen 7STEP eingesetzt (vgl. JUNG u.a. 2011, S. 10,14).

1. Team für die Problemlösung zusammenstellen
2. Problem beschreiben
3. Sofortmaßnahmen zur Schadensbegrenzung treffen einschließlich Überwachung ihrer Wirkung
4. Fehlerursache(n) ermitteln
5. Korrekturmaßnahmen festlegen (einschließlich Beleg ihrer Wirksamkeit)
6. Korrekturmaßnahmen umsetzen, laufend ihre Wirkung überwachen sowie Sofortmaßnahmen aufheben
7. Fehlerwiederholung verhindern
8. Teamleistung würdigen

Das Vorgehen ist überblicksartig in PFEIFER u. SCHMITT 2010, S. 779 ff. und KAMISKE u. BRAUER 2008, S. 278 ff. sowie vertiefend in JUNG u.a. 2011 und RAMBAUD 2006 beschrieben. In RIESENBERGER u. SOUSA 2010 wird der 8D-Prozess in einer Fallstudie im Bereich der Automobilindustrie optimiert. Wichtig ist der Hinweis von JUNG u.a. 2011, S. 14 f. auf eine möglichst eindeutige Nutzung von Begriffen – den Autoren folgend wird daher der Begriff *Korrekturmaßnahme* nach der Norm ISO 9000 statt des Begriffes *Abstellmaßnahme* verwendet.

3.3.3.4 Kreativer Problemlösungsprozess (KPL-Prozess)

Der Kreative Problemlösungsprozess (KPL-Prozess) wurde von JAMES M. HIGGINS entwickelt (vgl. HIGGINS 1994) und in Deutschland zusammen mit Gerold G. Wiese publiziert (vgl. HIGGINS u. WIESE 1996, WIESE 2001). Der Prozess besteht aus acht Prozessschritten (WIESE 2001, S. 440):

- Analyse des Umfelds
- Problemerkennung
- Problemidentifikation
- Aufstellung der Annahmen
- Entwicklung der Alternativen
- Bewertung und Auswahl der Alternativen
- Implementierung bevorzugter Lösungen
- Kontrolle und kontinuierliche Verbesserungen

Der Prozess ist als Regelkreis angelegt. Der Schritt *Kontrolle* verweist wieder auf den ersten Prozessschritt *Analyse des Umfelds* (vgl. HIGGINS u. WIESE 1996, S. 22, 24, WIESE 2001, S. 440). Die Autoren stellen den Kreativen Problemlösungsprozess in den Kontext von Innovationsmanagement: Ein Unternehmen ist in zunehmend globalisierten, volatilen Märkten vor allem durch marktfähige Innovationen erfolgreich. Innovationen sollen durch die Nutzung der von Ihnen aufgeführten über hundert Techniken

schneller und zielsicherer entstehen (vgl. das Vorwort sowie das einführende Kapitel in HIGGINS u. WIESE 1996, S. vii–17). Die jeweiligen Techniken sind den acht Phasen zugeordnet (vgl. HIGGINS u. WIESE 1996, S. 248–258). Der Ansatz ist insgesamt eher vorbeugend ausgelegt. So empfehlen die Autoren eine permanente, tägliche Analyse des eigenen Unternehmensumfeldes. Werden potenzielle Probleme oder Alternativen identifiziert, so sollen Szenarien entwickelt werden, in denen auf die potenziell eintretenden Probleme eingegangen wird (vgl. HIGGINS u. WIESE 1996, S. 24 f.). Im Sinne der Norm ISO 9000 behandelt der KPL-Prozess also nicht nur Korrekturmaßnahmen, sondern auch vorbeugende Maßnahmen.

3.3.3.5 KVP-Workshops

Unter KVP-Workshops[83] sind moderierte Arbeitstreffen unterschiedlicher Dauer zu verstehen. WAHREN 1998, S. 12 gibt eine mögliche Gliederung, angelehnt an IMAI 1992. Demnach lassen sich die Ansätze – neben dem betrieblichen Vorschlagswesen – in Ansätze aufteilen, die alle Mitarbeiter anwenden können, sowie in Ansätze, die eine besondere Qualifizierung erfordern. Zu den *Alle-Mitarbeiter*-Ansätzen zählt WAHREN 1998, S. 12–18, 49 die Ansätze

- ViT (Verbesserungen im Team) der KARER CONSULTING AG und
- CEDAC (*Cause and Effect with Addition of Cards*) von SONY,

zu den Expertenansätzen

- ViT^{SPO} (Verbesserungen im Team – Systematische Prozessoptimierung),
- KVP^2 der VOLKSWAGEN AG,
- FADE (*Focus, Analyze, Develop, Execute*) des ORGANIZATIONAL DYNAMICS INSTITUTE (ODI),
- *Kaikaku*,
- PVP (Porsche-Verbesserungs-Prozess),
- PTI (*Power-Team-Initiative*) der SIEMENS AG sowie
- GENESIS (Grundlegende Effektivitätsverbesserung nach einer Schulung in schlanker Produktion, Organisation und Beschaffung) der TCW-BERATUNGSGESELLSCHAFT.[84]

Ergänzt werden können noch das

- ASI-Modell des AMERICAN SUPPLIER INSTITUTES und
- POP (Permanenter Optimierungsprozess) der DEUTSCHEN BAHN AG.

---

[83] KVP steht für einen Kontiniuerlichen Verbesserungsprozess.

[84] Dieser Ansatz ist detailliert in WILDEMANN 1994 sowie WILDEMANN 1997 beschrieben.

Um die Struktur von KVP-Workshops exemplarisch zu zeigen, werden aus der Liste der elf genannten Ansätze vier Ansätze bezüglich ihrer Regelkreisstruktur detailliert. Der ViT-Ansatz repräsentiert einen Ansatz, bei dem nach WAHREN 1998 alle Mitarbeiter einbezogen werden können und der in kurzen Sitzungen (ca. 60 Min.) abläuft.[85] Der KVP^2-Ansatz von VOLKSWAGEN wird aufgrund seiner Bekanntheit ausgewählt. Der ASI-Ansatz wird als nicht-europäischer Ansatz ausgewählt. Der POP-Ansatz wird ausgewählt, weil er in einem Unternehmen des deutschen Schienenpersonennahverkehrs und damit im Forschungsfeld angewendet wird. Die drei letztgenannten Ansätze werden in mehreren Tagen durchlaufen. Um alle vier exemplarisch ausgewählten Ansätze direkt untereinander vergleichen zu können, wird ihr Ablauf in Tabellenform dargestellt (als Belege vgl. für ViT-Sitzungen: WAHREN 1998, S. 53–56, 88, 105–109, 129–142, KVP^2: STAUDT u. MEIER 1996, S. 289 bzw. KIRSTEIN u. MÜNNICH 1997, S. 227, ASI: HERRMANN 2008, S. 27, POP: DB TRAINING 2006, S. 14):

[85] Ähnliche Workshops werden u.a. in WITT u. WITT 2008, S. 61 ff. beschrieben.

Tabelle 3.2: KVP-Workshops: Detaillierung der Abläufe

ViT-Sitzungen	KVP[2]	ASI	POP
Sitzung / Workshop vorbereiten			
1. Sammeln der Probleme 2. Auswahl der Themen für nächste Sitzungen und Aufnahme in Problemspeicher 3. Vorbereitung der Sitzung	1. Vorbereitung des Workshops	1. Arbeitsgruppe bilden	1. Workshop vorbereiten
Problem vertiefen			
4. in Sitzung: Problem abgrenzen und definieren	2. Einführung in den Workshop	2. Problem definieren	2. Workshop eröffnen (Thema & Ziele)
		3. Sofortmaßnahmen treffen	
	3. Prozeßablauf verstehen	4. Daten sammeln	3. Ist-Situation und Prozessablauf verstehen
	4. IST-Analyse und Meßgrößendefinition	5. Daten analysieren	
Ursachen finden, vertiefen, auswählen			
5. in Sitzung: Ursachen finden 6. in Sitzung: Ursachen gruppieren 7. in Sitzung: Ursachen gewichten und auswählen	5. Brainstorming Verschwendung	6. Ursachen bestimmen	4. Verschwendungen sammeln
Lösungen sammeln, auswählen, testen, einführen			
8. in Sitzung: Lösungen suchen	6. Brainstorming Verbesserung	7. Lösungen suchen	5. Verbesserungen sammeln
	7. Lösungsvorschläge entwickeln	8. Lösungen bewerten	6. Lösungsvorschläge entwickeln
9. in Sitzung: Aufgaben verteilen	8. Maßnahmenkatalog erstellen	9. Lösungen festlegen	7. Maßnahmenpläne erarbeiten
	9. Umsetzung und Simulation der Maßnahmen		8. Maßnahmen mit Verantwortlichen abstimmen
10. Entscheidung über Realisierung d. Lösungen	10. Präsentation		9. Abschlusspräsentation durchführen
11. Realisieren der Lösung		10. Lösungen einführen	10. Maßnahmen umsetzen
Auswirkungen verfolgen			
	11. Maßnahmenverfolgung	11. Auswirkungen überprüfen	11. Maßnahmen verfolgen & Workshop abschließen
		12. Der Wiederholung vorbeugen	

Der Vergleich zeigt eine ähnliche Struktur. Alle vier exemplarisch ausgewählten Ansätze folgen prinzipiell der Struktur

- Vorbereitung,
- Problem vertiefen,
- Ursachen finden, vertiefen, auswählen,
- Lösungen sammeln, auswählen, testen und einführen sowie
- Auswirkungen verfolgen.

Im ASI-Modell sind im Unterschied zu den anderen Ansätzen noch die Schritte *Sofortmaßnahmen treffen* und *Der Wiederholung vorbeugen* (vgl. HERRMANN 2008, S. 27) enthalten. Hierin und im gesamten Ablauf gibt es eine hohe Ähnlichkeit zum 8D-Report. Wie oben beschrieben, wurde die 8D-Problemlösungsmethode in der Automobilbranche entwickelt. Die gewählte Darstellung des ASI-Modells stammt laut HERRMANN 2008, S. 26 von VOLKSWAGEN. Das AMERICAN SUPPLIER INSTITUTE (ASI) selber wurde gegründet, um Zulieferer der Automobilindustrie zu schulen (vgl. AMERICAN SUPPLIER INSTITUTE (ASI) 2000).[86] Die Ähnlichkeit ist daher über ihren gleichen Ursprung (die Automobilindustrie) erklärbar.

Die beiden Ansätze KVP^2 und POP weisen eine starke Übereinstimmung untereinander und auch zum ASI-Ansatz auf. Lediglich der Schritt *Umsetzung und Simulation* liegt im KVP^2-Ansatz *vor* der Abschlusspräsentation, während die Umsetzung ohne Simulation im POP-Ansatz *nach* der Präsentation erfolgt. In HASE 1994 wird der Ablauf eines KVP^2-Workshops detailliert dargelegt: Auf S. 135 wird beschrieben, dass im Schritt *Simulieren* auch eine Standardisierung eines neuen Ablaufs gefordert ist. Insofern ergibt sich auch hier eine Ähnlichkeit zum ASI-Modell.

Die zeitlich kurzen ViT-Sitzungen werden durch eine vorgeschaltete Problemsammlung und Auswahl vorbereitet. Obwohl dieser Schritt bei den drei anderen exemplarisch ausgewählten Ansätzen nicht explizit erwähnt wurde, kann angenommen werden, dass auch hier eine Form der Problemauswahl stattfindet. Unterschiede dürften hier im Personenkreis liegen.[87]

STEINBECK 1994, S. 25 f. weist noch auf die kritischen Erfolgsfaktoren der in diesem Abschnitt diskutierten Ansätze hin: Die Ansätze seien dann besonders erfolgreich, wenn

---

[86] SIMON 1996, S. 153 weist auf einen weiteren Ansatz der Automobilindustrie hin, der dem KVP^2-Ansatz sehr ähnlich sein soll: PICOS – *Purchased Input Concept Optimization (with) Suppliers* von GENERAL MOTORS (GM).

[87] Bei ViT-Sitzungen alle Mitarbeiter, bei den anderen Ansätzen eher Führungsebenen; vgl. z.B. KIRSTEIN u. MÜNNICH 1997, S. 228)

„die Mitarbeiter mit eigenen Mitteln unmittelbar in ihrer Umgebung die betrieblichen Prozesse verbessern können." (vgl. auch JUNG 2006, S. 912) Hemmnisse entstünden, wenn die Mitarbeiter Angst hätten, aufgrund der Verbesserungen ihren Arbeitsplatz zu verlieren. (vgl. ebd.)

3.3.3.6 DMAIC aus Six Sigma

Die Methode *Six Sigma* wurde Mitte der 1980er-Jahre bei der Firma MOTOROLA in den USA entwickelt (vgl. MORGENSTERN 2004, S. 2 f., MAGNUSSON u.a. 2004, S. 9). Einen Überblick aus der Perspektive des CEOs gibt QUINN 2002, ergänzt um eine detaillierte geschichtliche Darstellung in HUESING 2008.[88] Für Six Sigma existieren vielfältige Beschreibungen und Definitionen. MOTOROLA selber sieht drei Ebenen: die der statistischen Maßzahl, die der Verbesserungsmethode und die Ebene der Geschäftsphilosophie (vgl. HUESING 2008, S. 41, MOTOROLA UNIVERSITY 1994b-2006, MOTOROLA UNIVERSITY 1994a-2006). MAGNUSSON u.a. 2004, S. 55 sehen Six Sigma als Sammlung und Kombination von Qualitätstechniken („Toolbox"-Ansatz), als „Verbesserungsprogramm" sowie als „unternehmensweite Strategie" (jew. ebd.).[89] PANDE u.a. 2001, S. 88 formulieren die gleichen drei Ebenen als Zielgröße: „Problemlösungen", „Strategische Verbesserungen", Unternehmenswandel" (jew. ebd.). Aus der Perspektive der ISO 9004 ist Six Sigma eine Methode des Qualitätsmanagements mit dem Schwerpunkt der Qualitätsverbesserung.[90] Für Prozessverbesserungen (in Abgrenzung zu *Design for Six Sigma*; vgl. MAGNUSSON u.a. 2004, S. 19) hat sich heute ein Fünf-Schritt-Verfahren durchgesetzt, welches mit dem Akronym DMAIC belegt ist. Das Akronym DMAIC steht dabei für *Define*, *Measure*, *Analyze*, *Improve*, *Control* (z.B. PANDE u.a. 2001, S. 49, MAGNUSSON u.a. 2004, S. 19).

---

88 In ihrer Funktion als Corporate Master Black Belt and Head of External Six Sigma for Motorola EMEA der MOTOROLA, INC.

89 Bei einer Befragung ergänzen sie auf der untersten Ebene noch den Aspekt „Einheitliche Sprache" (MAGNUSSON u.a. 2004, S. 16) sowie den Aspekt „Teil der Unternehmensstrategie" (ebd.).

90 Dezidierte Definitionen sind zu finden in REIßINGER u.a. 2007, S. 254, PANDE u.a. 2001, S. 9, RATH & STRONG MANAGEMENT CONSULTANTS 2008, S. 7 sowie in GEIGER u. KOTTE 2008, S. 513 (als deutsche Übersetzung einer spanischen Definition in UNE 66174:2003-11).

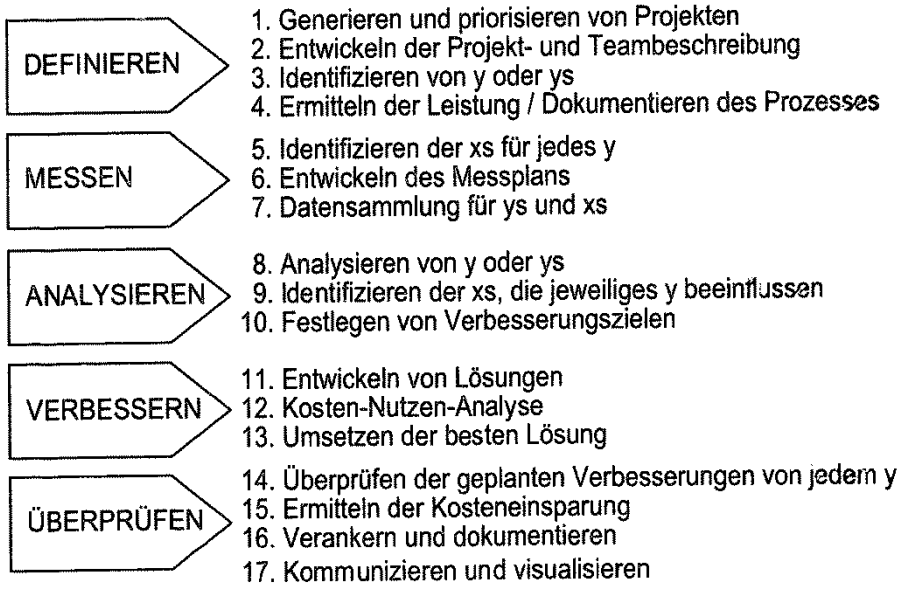


*Abbildung 3.5: Beispielhafte Darstellung der DMAIC-Phasen (*MAGNUSSON u.a. 2004, S. 110*)*

MOTOROLA selber ergänzte die Verben bzw. Imperative der fünf Phasen wie folgt (MOTOROLA UNIVERSITY 1994b-2006):

- Define opportunity,
- Measure performance,
- Analyze opportunity,
- Improve performance, and
- Control performance

Die genaue Autorschaft des Regelsystems ist nicht unstrittig. MIKEL J. HARRY sowie MARIO PEREZ-WILSON nehmen beide für sich in Anspruch, als Angestellte von MOTOROLA den Verbesserungszyklus entwickelt zu haben.[91] HARRY präsentierte 1985 ein Regelsystem in Form von „Logic Filters“ (HARRY 1985 bzw. HARRY 2004-2008), die er über seine nebenberufliche Beratungsfirma veröffentlicht hat, und bezeichnet diese auf seiner Homepage explizit als Vorgänger des DMAIC-Verbesserungsprozesses (auch „Breakthrough Strategy“ (ebd.)). Weitere Veröffentlichungen zu Six Sigma sind die interne Broschüre HARRY 1997 sowie eine gebundene Chartsammlung (HARRY 1994). In der 2000 veröffentlichten deutschen Fassung der US-amerikanischen Ausgabe von

[91] Heftige Kritik an HARRY J. MIKEL wird über das Internetforum iSixSigma geübt. Dort wird MARIO PEREZ als der Erfinder der Methode genannt (vgl. den Beitrag #65233 in EX SME 2004). MARIO PEREZ, Inhaber der ASC-Beratungsfirma, wirbt entsprechend damit, dass er den ursprünglichen Six Sigma-Ansatz entwickelt hat (vgl. ADVANCED SYSTEMS CONSULTANTS 2006). Ebenso nimmt die Beratungsgesellschaft RATH&STRONG’S für sich in Anspruch, dass ihr Berater DORIAN SHAININ an der Entwicklung beteiligt war (vgl. die Widmung in RATH & STRONG MANAGEMENT CONSULTANTS 2008, S. III).

„*Six sigma: the breakthrough management strategy revolutionizing the world's top corporations*“ (HARRY u. SCHROEDER 2000b, dt. HARRY u. SCHROEDER 2000a) nennen die Autoren HARRY und SCHROEDER dann acht Phasen – „erkennen, definieren, messen, analysieren, verbessern, kontrollieren, standardisieren und integrieren“ (HARRY u. SCHROEDER 2000a, S. 38), von denen sie die vier Phasen „messen, analysieren, verbessern, kontrollieren“ (ebd.) als „Kernphasen“ (ebd.) bezeichnen. In englischer Fassung entspräche dies einem RD-MAIC-SI-Prozess.[92] Unklar ist, wie und wann genau die Festlegung auf die heute üblicherweise genannten fünf Phasen DMAIC stattfand.[93] PEREZ-WILSON sieht seinen fünfstufigen Verbesserungsprozess *Machine/Process Capability Study* (M/PCpS) als den methodischen Ursprung für den DMAIC-Prozess. Der Verbesserungsprozess durchläuft folgende fünf Phasen „*Process Delineation*“, „*Metrology Characterization*“, „*Capability Determination*“, „*Optimization*“, and „*Control*“ (jew. SHUE 1988, PEREZ-WILSON 1989). Als Beleg für seine Urheberschaft führt PEREZ-WILSON in seinem Zeitverlaufsdiagramm zur Entwicklung von Six Sigma (vgl. ADVANCED SYSTEMS CONSULTANTS (ASC) 2009) seine Veröffentlichung PEREZ-WILSON 1989 an, welche er nach einem Verbesserungserfolg bei MOTOROLA (vgl. MOTOROLA, INC. 1988) herausgebracht habe (vgl. auch den ersten Teil in PEREZ-WILSON 1999). HUESING 2008, S. 20 sieht viele Autoren und viele Beiträge als Quelle für die heute bekannte Six Sigma-Methode (ebenso BOB GALVIN, ehemaliger CEO von Motorola; vgl. QUINN 2002).

Die fünf Phasen sind heute in umfangreicher Literatur beschrieben. Zudem existieren zahlreiche Handbücher, welche die in den einzelnen Phasen empfohlenen Qualitätstechniken aufzählen. Als Beispiele seien hier WAPPIS u. JUNG 2010, S. 3, PYZDEK u. KELLER 2010, TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008, S. 43, RATH & STRONG MANAGEMENT CONSULTANTS 2008, S. 7, 28, GUNDLACH u. JOCHEM 2008, ROENPAGE u.a. 2007, S. 12, 28, MCCARTY u.a. 2005, S. 335, REHBEHN u. YURDAKUL 2005, S. 100, KELLER 2005, MAGNUSSON u.a. 2004, S. 41, 110, BROECHELER u. SCHÖNBERGER 2004, S. 19, MORGENSTERN 2004, KROSLID u.a. 2003, BICHENO 2002 und PANDE u.a. 2000, S. 39, 156 genannt. Trotz der im Vergleich zu anderen Verbesserungsansätzen hohen Standardisierung weichen auch die einzelnen Six Sigma-DMAIC-Ansätze in ihrer konkreten Ausprägung voneinander ab (vgl. MAGNUSSON u.a. 2004, S. 20). Exemplarisch zeigt dies TIWARI 2003, S. 45 in einem Vergleich von vier Quellen. PANDE u.a. 2001, S. 50 f. bewerten diese Abweichungen als begrüßenswert. Demnach soll jedes Unternehmen den

---

92 RD-MAIC-SI: *recognize, define, measure, analyze, improve, control, standardize, integrate* (eigene Übersetzung). Als R-DMAIC-S mit S für *sustain* wird die Methode in MUIR 2006 beschrieben.

93 Bereits im gleichen Jahr 2000 und im Folgejahr 2001 erschienen zahlreiche Bücher, die nur noch auf den DMAIC-Zyklus verweisen, z.B. PANDE u.a. 2000, S. 37 ff., BREYFOGLE u.a. 2001, S. 104, JURAN INSTITUTE 2001, S. 21 ff., MUNRO 2001, S. 1.

für sich passenden Weg finden, um auf breiter Basis Prozesse in Richtung einer Six Sigma-Fähigkeit (hier im Sinne der statistischen Maßzahl) hin zu entwickeln. Im Anschluss geben sie neun Hinweise auf mögliche „Fallen“ (ebd.: S. 53–57), die einen Six Sigma-Ansatz scheitern lassen können.

3.3.3.7 Sechs Gemba-Prinzipien

Gemba ist ein japanischer Begriff und bezeichnet die Orte in einem Unternehmen, an denen Wertschöpfung stattfindet (vgl. KAMISKE u. BRAUER 2008, S. 98 f., IMAI 1997, S. 13 f.). *Gemba* wird aber nach IMAI 1997, S. 13 in Japan auch im Alltag verwendet und bezeichnet dort allgemein den Ort des Geschehens (z.B. eines Erdbebens). Als *Gembutsu* werden die Mitarbeiter bezeichnet, die in *Gemba* arbeiten sowie die Mitarbeiter, die den dortigen Arbeitsprozess einschließlich der eingesetzten Maschinen und Materialien beeinflussen (vgl. ZOLLONDZ 2001, S. 383). Die Wertschöpfung kann nach den Sechs Gemba-Prinzipien am Ort des Geschehens verbessert werden. IMAI nennt das entsprechende Regelsystem „The Golden Rules of Management“ (IMAI 1997, S. 24 ff.). In deutscher Fassung sind diese Regeln in KAMISKE u. BRAUER 2008, S. 99 als die „sechs Prinzipien von Gemba“ (ebd.) aufgeführt:

1. Gehe zu Gemba, wenn eine Abweichung auftritt.
2. Überprüfe Gembutsu.
3. Leite Sofortmaßnahmen ein.
4. Finde die Ursachen der Abweichungen heraus.
5. Beseitige die Ursachen an der Quelle.
6. Standardisiere, um einem Wiederauftreten der Abweichung vorzubeugen.

IMAI verbindet das Vorgehen eng mit dem PDCA-Zyklus von SHEWHART / DEMING und stellt einen weiteren Zyklus, den SDCA-Zyklus, dazu. *S* steht hier für „Standardize“ (IMAI 1997, S. 5). Die Aufgabe des SDCA-Vorgehens sei die Stabilisierung eines Prozesses, die Aufgabe des PDCA-Vorgehens die der Verbesserung (vgl. IMAI 1997, S. 6). ZOLLONDZ 2001, S. 383 ordnet dieses Vorgehen den japanischen Qualitätstechniken zu. Sie sind Teil des japanischen Konzeptes der kontinuierlichen Verbesserung, des Kaizens[94] (vgl. IMAI 1997, KAMISKE u. BRAUER 2008, S. 99, ZOLLONDZ 2001, S. 383, 401–410).

3.3.3.8 Vorgehensmodell bei TOYOTA (nach MIKE ROTHER)

MIKE ROTHER stellt in seinem Werk „Die Kata des Weltmarkführers – Toyotas Erfolgsmethoden“ (ROTHER 2009) ein prozessorientiertes Vorgehensmodell für eine Ver-

[94] Zum Inhalt und zur Abgrenzung des Begriffes *Kaizen* vgl. ZOLLONDZ 2001, S. 401 ff., PFEIFER u. SCHMITT 2010, S. 80 ff., ZOLLONDZ 2006, S. 242 ff. sowie ausführlich IMAI 1986.

besserung in kleinen Schritten und schnellen Zyklen vor (vgl. ebd.: S. 115). Die Verbesserung läuft in fünf grundsätzlichen Schritten ab (ROTHER 2009, S. 85, 271):

1. Langfristigen, konkret operationalisierten Zielzustand (Vision) verstehen und akzeptieren
2. Aktuellen Zustand (auch Ist- oder Ausgangszustand genannt) durch Beobachtung vor Ort verstehen
3. Nächsten Zielzustand in Zielrichtung verstehen bzw. festlegen
4. Schrittweise auf den Zielzustand durch PDCA und fünf Fragen hinarbeiten
5. Mit einer Reflexion („Was haben wir gelernt?"; ebd.: S. 271) abschließen

Sinn des ersten Schrittes ist es, der gesamten Organisation eine allgemeine Verbesserungsrichtung ohne spezielles Führungshandeln[95] vorzugeben und sie damit auszurichten (vgl. ROTHER 2009, S. 112 f.).[96] Er ist eng verknüpft mit der Unterscheidung zwischen Ziel und Zielzustand sowie dem speziellen Problemverständnis von TOYOTA.[97] In dem Vorgehensmodell wird zwischen Ziel und Zielzustand unterschieden. ROTHER definiert einen Zielzustand als „eine Beschreibung […], wie und nach welchem Muster ein Prozess funktionieren soll, um das gewünschte Ergebnis zu erzielen." (ebd.: S. 113; siehe auch ebd.: S. 127 ff.) Das Ergebnis kann dann als Ziel(-wert) interpretiert werden (vgl. ebd.: S. 113 f.). Für ROTHER ist es zwingend, dass sich die Verbesserungsaktivitäten auf das Erreichen des Zielzustandes konzentrieren und nicht auf das Erreichen von Zielwerten. Die Argumentation ist, dass es kurzfristig einfach möglich ist, einen Zielwert an einem singulären Ort der Wertschöpfungskette zu erreichen. Solange diese Zielerreichung aber nicht im Einklang mit der Optimierung der gesamten Wertschöpfung steht und/oder das Ziel über kompensatorische Maßnahmen[98] erfolgt, stellt die Zielerreichung keine wirkliche Verbesserung dar.[99] Gemessen an der Vision ist das Unternehmen jeden Tag in wahrscheinlich allen Prozessen von seinem Idealzustand entfernt.

---

95 Damit alle Mitglieder einer Organisation eine Vision teilen, ist wiederum sehr intensives Handeln aller Führungskräfte notwendig (vgl. DOPPLER u. LAUTERBURG 2008, S. 115 ff., WAHREN 1998, S. 163–176). Bei TOYOTA ist dies z.B. der *One-Piece-Flow* ohne Verschwendung, der als Vision fungiert (vgl. u.a. ROTHER 2009, S. 59, LIKER u. MEIER 2006, S. 80, LIKER 2004, S. 101, SHINGO u. DILLON 1989, S. xxv,105).

96 Siehe auch JOHNSON u. BRÖMS 2000, insb. S. 105f. Die Autoren beschreiben dort eine organische Sichtweise, in der Mitarbeiter als autonom agierende Teile eines Produktionssystems betrachtet werden und dieses wiederum als lebendiges System gesehen wird.

97 Zur Schulung der standardisierten Arbeit, zum Problemverständnis und zur Ausrichtung über eine Vision vgl. auch LIKER u. MEIER 2008, insb. S. 137.

98 Beispiele sind zu finden bei ROTHER 2009, S. 79 f., 114 f., 284 f. mit einem Verweis auf JOHNSON u. BRÖMS 2000, insb. Kap. 2.

99 ROTHER nennt u.a. AUSTIN 1996 und AUSTIN u. DEVIN 2003 als vertiefende Quellen. Siehe auch KOHN 1999, S. 96–141 und KOHN 1992, S. 197 ff. zu den möglichen Wirkungen von Zielwertvorgaben in Verbindung mit dem Setzen von extrinsischen Anreizen zur Zielerreichung.

TOYOTA hat daraus sein spezielles Problemverständnis entwickelt: Um dem Idealzustand näher zu kommen, ist es sinnvoll und vor allem notwendig, jeden Tag Fehler aufzudecken. Nur durch das Aufdecken können die Fehler beseitigt werden. Durch das Beseitigen der Fehler kann das Unternehmen dem Idealzustand ein kleines Stück näher kommen (vgl. ROTHER 2009, S. 111 f., 146 ff.). Dieses Problemverständnis fasst ROTHER in folgenden drei Annahmen zusammen (ROTHER 2009, S. 148):

- Die Menschen tun ihr Bestes.
- Ein Problem ist ein Systemproblem. Wenn wir anstelle dieses Mitarbeiters wären, wäre das Problem ebenso aufgetreten.
- Es gibt für alles einen Grund und wir können zusammenarbeiten, um den Grund eines Problems zu verstehen.

Die nächsten drei Schritte Nr. 2 bis Nr. 4 benötigen eine besondere Perspektive: ROTHER weist darauf hin, dass diese drei Schritte nicht mit der Fragestellung „Was *können* wir tun, um uns zu verbessern?“ durchlaufen werden sollen, sondern mit der Perspektive „Was *müssen* wir tun, um uns zu verbessern?“ (ROTHER 2009, S. 48). Diese Perspektive beinhaltet zwei Aspekte: Zum einen ist eine Vielzahl von Aktivitäten dann überflüssig, wenn einige wenige Maßnahmen zum gleichen Ergebnis führen; zum anderen helfen Maßnahmen nur begrenzt, wenn sie nicht die Kernursache beseitigen. Daher ist der wesentliche Schritt die Erfassung des Ist-Zustandes durch Beobachtungen vor Ort, der zu einem tieferen Prozessverständnis und damit auch zu einem Ursachenverständnis führt (vgl. ebd.: S. 116f). Mit diesem tieferen Prozessverständnis können dann wenige Verbesserungen nach der PDCA-Logik getestet und gegebenenfalls eingeführt werden. ROTHER beschreibt den PDCA-Zyklus wie folgt (ROTHER 2009, S. 141):

1. *Plan*: Definieren Sie Ihre Erwartungen, was Sie tun werden und was geschehen wird. Das ist die Hypothese oder Vorhersage.
2. *Do* (oder Ausprobieren): Überprüfen Sie die Hypothese, indem Sie versuchen, den Prozess planmäßig auszuführen. Das wird anfangs häufig im kleinen Umfang getan. Beobachten Sie genau.
3. *Check*: Vergleichen Sie das tatsächliche Ergebnis mit dem erwarteten.
4. *Act* (Was ist der nächste Schritt?): Standardisieren und stabilisieren Sie das, was funktioniert, oder beginnen Sie den PDCA-Zyklus wieder von vorn.

Ergänzt wird der Zyklus noch durch ein „Go and see“[100] (ROTHER 2009, S. 142) welches den bereits oben beschriebenen Ansatz verdeutlicht, durch Beobachtungen vor Ort die wesentlichen Erkenntnisse zu gewinnen. Dazu muss der Prozess so detailliert werden, dass Abweichungen früh genug erkannt werden können (vgl. ebd.: S. 150 ff.). Um allen Mitarbeitern einen Zugang zu ermöglichen, wird im vierten Schritt mit Ein-

[100] In der Zyklus-Darstellung im Zentrum abgebildet (vgl. ebd.).

Faktoren-Experimenten (anstatt mehrfaktoriellen Versuchen, die eine entsprechende Ausbildung erfordern) gearbeitet, die in schnellen Zyklen (ein bis zwei Tage) durchlaufen werden (vgl. ebd.: S. 50 f., 156 ff.). Der PDCA-Zyklus lässt sich als wissenschaftlicher Erkenntnisprozess auffassen, der durch Realexperimente Hypothesen falsifiziert, dadurch ein tieferes Problem- und Prozessverständnis schafft und so handlungsleitend für wirksame Verbesserungen wird (vgl. ebd.: S. 141 ff., wo zudem auf SHEWHART 1986, S. 45 verwiesen wird). Abschließend wird der verbesserte Prozess bei TOYOTA schriftlich festgehalten. In diesem Zusammenhang weist Rother auf zwei Aspekte der „standardisierten Arbeit" (ebd.: S. 123) hin: Zum einen repräsentiert ein Standard eine Vorgabe, wie ein Prozess ablaufen soll. Dabei ist der Begriff *Standard* weit gefasst: neben der Beschreibung von Arbeitsketten kann er auch Taktvorgaben, logistische Abläufe, Losfolgen usw. enthalten. Zum anderen beschreibt der Begriff *standardisierte Arbeit* einen Zustand, in dem der Prozess im Ist gemäß der Vorgabe läuft (als Ist-Zustand). Nach ROTHER laufen auch bei TOYOTA Prozesse nicht nach ihrem Standard (im weiten Sinne) ab. Die Qualitätsphilosophie von TOYOTA zeige sich im Umgang mit einer Abweichung. Anstatt die Abweichung als Mangel zu sehen, für die die Prozessausführenden verantwortlich sind und der durch mehr Disziplin zu erreichen ist, fragt sich die TOYOTA-Führungskraft, welche Hindernisse die Organisation davon abhalten, den Zielzustand zu erreichen, und was zur Erreichung noch zu tun sei (vgl. ebd.: S. 125).[101] Als Handlungsanleitung fasst ROTHER den Ansatz in fünf Fragen zusammen (Hervorh. im Original, ebd.: S. 161):

Die fünf Fragen

1. Was ist der Zielzustand? *(die Herausforderung)*
2. Wie ist der jetzige Zustand?
3. Welche Hindernisse halten Sie aktuell davon ab, den Zielzustand zu erreichen? Welches eine davon gehen Sie jetzt an?
4. Was ist Ihr nächster Schritt? *(Start des nächsten PDCA-Zyklus)*
5. Wann können wir uns vor Ort ansehen, was wir aus diesem Schritt gelernt haben?

ROTHER zeigt auf, dass es nicht der Einsatz von Qualitätstechniken ist, der TOYOTA erfolgreich gemacht hat, sondern eine spezielle Lern- und Anpassungsfähigkeit, die von ihm als Denk- und Verhaltensroutine (jap. *kata*) beschrieben wird (vgl. ROTHER 2009, S. 12 ff., 22 ff., 33 ff.). Diese Verbesserungsroutine wird durch eine zweite, ebenso wichtige Routine ergänzt: durch die *Coaching-Kata*. ROTHER beschreibt diese ausführlich (vgl. ebd.: S. 177ff). STEVEN SPEAR kommt zu gleichen Erkenntnissen (vgl. SPEAR 1999 und SPEAR 2004). In SPEAR 2004 kann ein solches Coaching an einem anschauli-

[101] Zur psychologischen Wirkung, eine Abweichung als ablehnenswerten Fehler oder als Verbesserungschance zu sehen, vgl. PERVIN u.a. 2005, S. 548 ff.

chen Beispiel verfolgt werden. Übersetzen lässt sich die beschriebene Form des Coachings als eine Mischung aus situativem Führen (wie es prägnant in BLANCHARD u.a. 2002 beschrieben ist) und sokratischem Führen (vgl. z.B. HOCHGESCHURTZ 2009).

3.3.4 Vergleich der Problemlösungsstrukturen

Jedes der acht Regelsysteme lässt sich als Prozess auffassen. Durch einen visuellen Vergleich der jeweiligen Prozessschritte lassen sich Gemeinsamkeiten und Unterschiede im Ablauf feststellen. Dazu werden für jedes der acht Regelsysteme anhand der vorliegenden Beschreibungen die Prozessschritte aufgenommen und entsprechend ihrer Abfolge in einem Diagramm aufgetragen. Gleiche bzw. sehr ähnliche Prozessschritte werden auf gleiche Höhe gebracht. So können Gemeinsamkeiten und Lücken visuell bestimmt werden. Das Ergebnis der visuellen Analyse ist in Abbildung 3.6 zu sehen. Ergebnis des visuellen Vergleichs ist eine hohe Übereinstimmung aller acht Ansätze in der Abfolge. Unterschiede liegen in der Detaillierung und der Akzentuierung vor.

Der PDCA-Zyklus ist mit vier Elementen das grundlegende Modell eines Regelsystems für Verbesserungen. Er ist nicht weiter ausdetailliert. Wie in den Beschreibungen zum PDCA-Zyklus sowie zur Normenfamilie ISO 9000 und dem *Toyota Problem Solving* aufgeführt, werden die vier Schritte unterschiedlich definiert und interpretiert. Die Spannweite reicht von einer umfassenden Verbesserungsphilosophie bis zu einer konkreten Versuchsvorschrift, um Hypothesen zu falsifizieren (im *Toyota Problem Solving*). Der DMAIC-Prozess mit fünf Elementen ist auf dieser Ebene das Regelsystem mit einer ähnlichen Detaillierungsstufe. ZOLLONDZ 2006, S. 86 charakterisiert den DMAIC-Prozess als Variante des PDCA-Zyklus', ebenso PANDE u.a. 2001, S. 37, 48 f. und REIßINGER u.a. 2007, S. 256. Im Unterschied zum PDCA-Zyklus sind aber alle fünf Elemente des DMAIC-Prozesses noch einmal in sich strukturiert (vgl. als Beispiel die Übersicht in TIWARI 2003, S. 45). Zudem werden den einzelnen Phasen in nahezu allen anwendungsorientierten Quellen konkrete Qualitätstechniken zugeordnet (vgl. die oben genannten Quellen). Nach REIßINGER u.a. 2007, S. 268 besteht in „vielen Unternehmen" (ebd.) durch an DMAIC angepasste Formblätter auch eine inhaltliche Verbindung zwischen der 8D-Methode und dem Six Sigma-DMAIC-Zyklus. Auch der DMAIC-Ansatz kann als Regelsystem oder als Geschäfts- und Verbesserungsphilosophie betrachtet werden. Die Nähe zwischen dem 8D-Verbesserungsprozess und dem ASI-Prozess wurde bereits herausgearbeitet, ebenso die Ähnlichkeit der verschiedenen Ansätze der KVP-Workshops untereinander. Alle diese Ansätze haben einen konkreten Problembezug. Das Gleiche gilt auch für die sechs Gemba-Prinzipien. Auch hier gibt es eine enge Verbindung zum PDCA-Zyklus, ergänzt um einen weiteren Zyklus, den SDCA-Zyklus. Beide Ansätze sind auch die einzigen, welche nach dem Erkennen eines Problems die

Einleitung von Sofortmaßnahmen vorsehen. Der Ansatz von TOYOTA, wie ihn ROTHER beschreibt, beinhaltet in untrennbarer Weise ein Regelsystem zur Verbesserung einerseits und eine Grundhaltung bzw. Philosophie andererseits. In kürzerer Form beschreibt dies STEVEN SPEAR in seinen Beiträgen im Harvard Business Review (vgl. SPEAR 1999 und SPEAR 2004). Demnach wird der Verbesserungsprozess erst wirksam, wenn eine gemeinsame, akzeptierte Vision vorhanden ist und gleichzeitig Verbesserungshandeln auf allen Ebenen als Alltagshandeln und nicht als Ausnahme gesehen wird. Zu untersuchen bleibt, inwieweit eine spezielle Kultur notwendig oder förderlich ist, um diesen Ansatz wirken zu lassen. Hinweise lassen sich aus ROIS 1999 ableiten. ROIS arbeitet in ihrer Kulturanalyse die Unterschiede zwischen der japanischen und europäischen Kultur heraus. Als Erfolgsfaktoren beschreibt sie, dass in Japan ein starkes Gruppenbewusstsein ein Verhalten bevorzugt, bei dem Vorgaben strikt umgesetzt werden (aufgrund einer eher geringen individuellen Risikobereitschaft), auftretende Fehler eher sach- als personenbezogen bearbeitet werden (mit dem Fokus auf die Entdeckung und zukünftiger Vermeidung anstatt auf Sanktionierung einer Person), Erfolge als Gruppe erreicht werden (mit einer eher geringen persönlichen Profilierung) und Ziele eher langfristig als kurzfristig verfolgt werden (basierend auf der Tugend Geduld) (vgl. ROIS 1999, S. 68 f.). Demnach ist die Gruppenorientierung dem beschriebenen Ansatz zumindest deutlich dienlicher (oder sogar dessen zentrale Voraussetzung) als eine auf Einzelpersonen zentrierte Haltung, wie sie im europäischen und US-amerikanischen Kulturraum vorherrscht. CUSUMANO 2011 weist in seinen Überlegungen zum „Toyota-Debakel“ (ebd.) der Jahre 2009 und 2010 mit den entsprechenden Unfällen und Rückrufen auf den gleichen Zusammenhang hin. Das TOYOTA-Produktionssystem ist seiner Auffassung nach intakt. Die Probleme seien entstanden, weil die Führung von TOYOTA – im Bestreben, GENERAL MOTORS als weltgrößten Automobilhersteller im Absatz zu überholen – ihre Führungsressourcen überdehnt hätten. Dies führte zu Fehlern in der Produktentwicklung und im Zulieferprozess, die schließlich im Zusammenspiel in den beschriebenen Qualitätsproblemen kumulierten (vgl. CUSUMANO 2011, S. 34 f.). Im Bestreben, Volumen zu produzieren, kam es zu Einbußen in der Vermittlung der Grundhaltung, unbedingte Qualität zu produzieren (vgl. dazu auch LIKER 2004, S. 128 ff.). Aus dieser Grundhaltung wiederum wird der PDCA-Zyklus als konkrete Anleitung zur Falsifizierung von Hypothesen genutzt und entspricht damit sehr dem westlichen Verständnis von Wissenschaft und Rationalität.

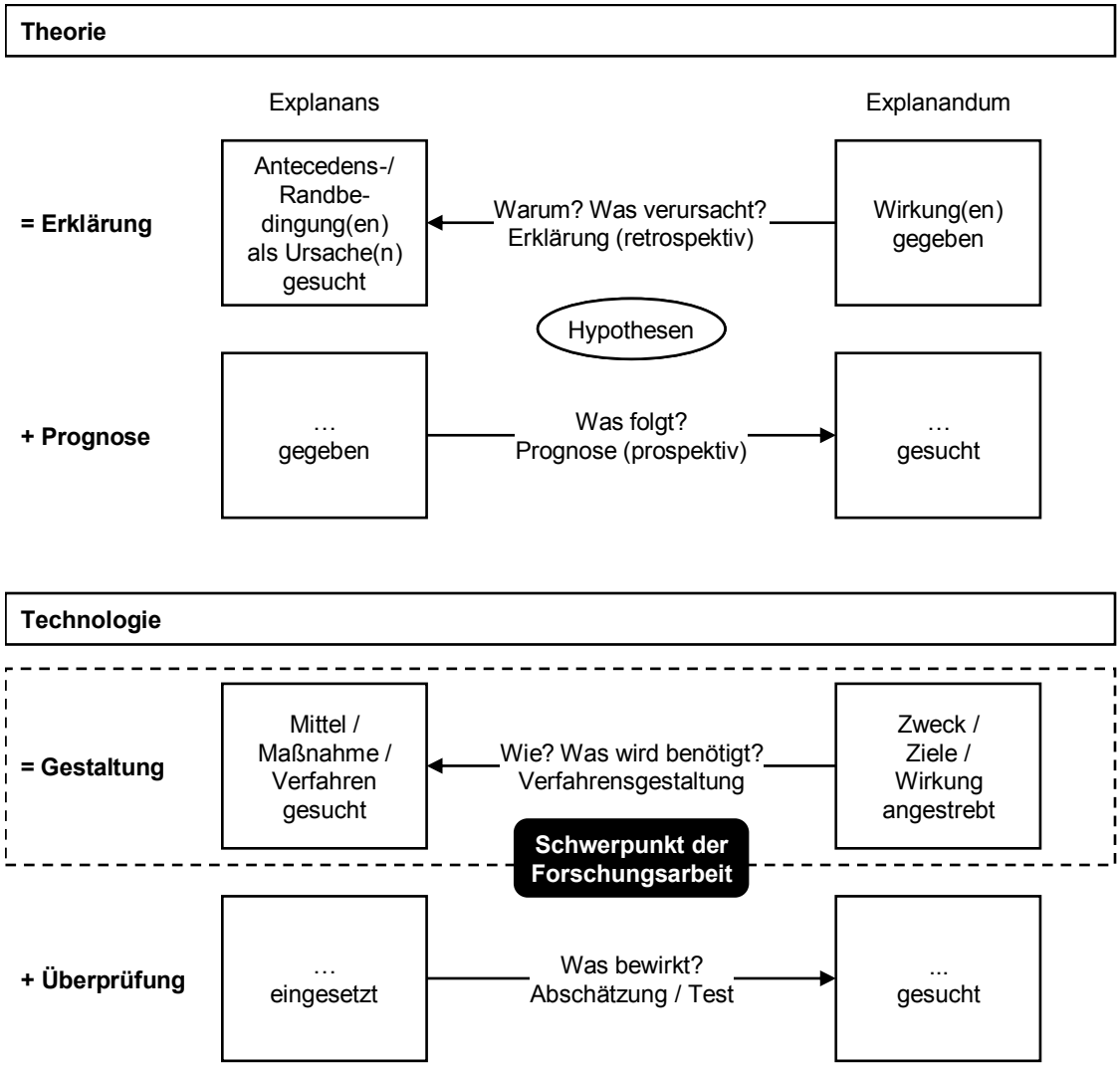
Zusammenfassend betrachtet widersprechen sich keine der acht Ansätze. Alle haben einen prinzipiell gleichen Grundaufbau. Alle Ansätze können daher als methodische Grundlage für das zu entwickelnde Verfahren dienen.

Abbildung 3.6: Visueller Vergleich der Problemlösungs-Regelsysteme im Qualitäts-management

4 Entwicklung eines Verfahrens für Eisenbahnverkehrsunternehmen zur Steigerung der Pünktlichkeit

4.1 Gestaltungsdesign

Im Forschungsdesign wurde der Schwerpunkt der Arbeit auf die Verfahrensgestaltung gelegt (vgl. Unterkapitel 1.3).



modifiziert übernommen aus Töpfer (2010), S. 83

Abbildung 4.1: Schwerpunkt aus Forschungsdesign: Verfahrensgestaltung

Das Gestaltungsdesign zeigt konkret, wie das Verfahren zur Steigerung der Pünktlichkeit entwickelt wird. Zunächst wird die methodische Grundlage bestimmt. Dazu werden die bestehenden Regelsysteme für Verbesserungen anhand von Kriterien bewertet und ein Regelsystem, der Six Sigma-DMAIC-Ansatz, ausgewählt. Im nächsten Schritt wer-

den die einzelnen Phasen bestimmt. Es wird geklärt, wie mit der Projekterzeugung und -auswahl umgegangen werden soll. Ergebnis wird sein, dass es sinnvoll ist, die Projekterzeugung und -auswahl als eigene Phase *Recognize* zu führen. Das zu entwickelnde Verfahren basiert also auf sechs Phasen, R-DMAIC. Um den Stand der Forschung für diese Verfahren zu bestimmen, werden neun Six Sigma-Literaturquellen kriterienbasiert ausgewählt. Die ausgewählten Literaturquellen werden genutzt, um die Ziele, Verfahrensschritte und die vorgeschlagenen Qualitätstechniken für ein Standard-Six Sigma-Vorgehen für jede Phase R-DMAIC zu bestimmen (Literaturauswahl). Die Ziele, Verfahrensschritte und Qualitätstechniken werden dazu zunächst je Quelle verglichen, diskutiert und zusammengefasst. Dabei wird das Standard-Six Sigma-Vorgehen auf das zu lösende Problem, die zu steigernde Pünktlichkeit im deutschen SPNV, gespiegelt (Diskussion und Transfer). Dabei wird der Gutscharakter, SPNV als Dienstleistung, berücksichtigt. In der Phase *Recognize* wird zudem eine Technik zur Lokalisierung von Verspätungen entwickelt – das Differenzverspätungsdiagramm. Der gesamte Ablauf wird dann zusammenfassend als Abfolge der wesentlichen möglichen Schritte dargestellt (in Form einer einfachen Prozessbeschreibung ähnlich einem LIPOK-Diagramm). Das nun entwickelte Verfahren wird anschließend bei einer deutschen SPNV-Linie getestet (Feldtest). Das beschriebene Vorgehen ist noch einmal in Abbildung 4.2 visualisiert.

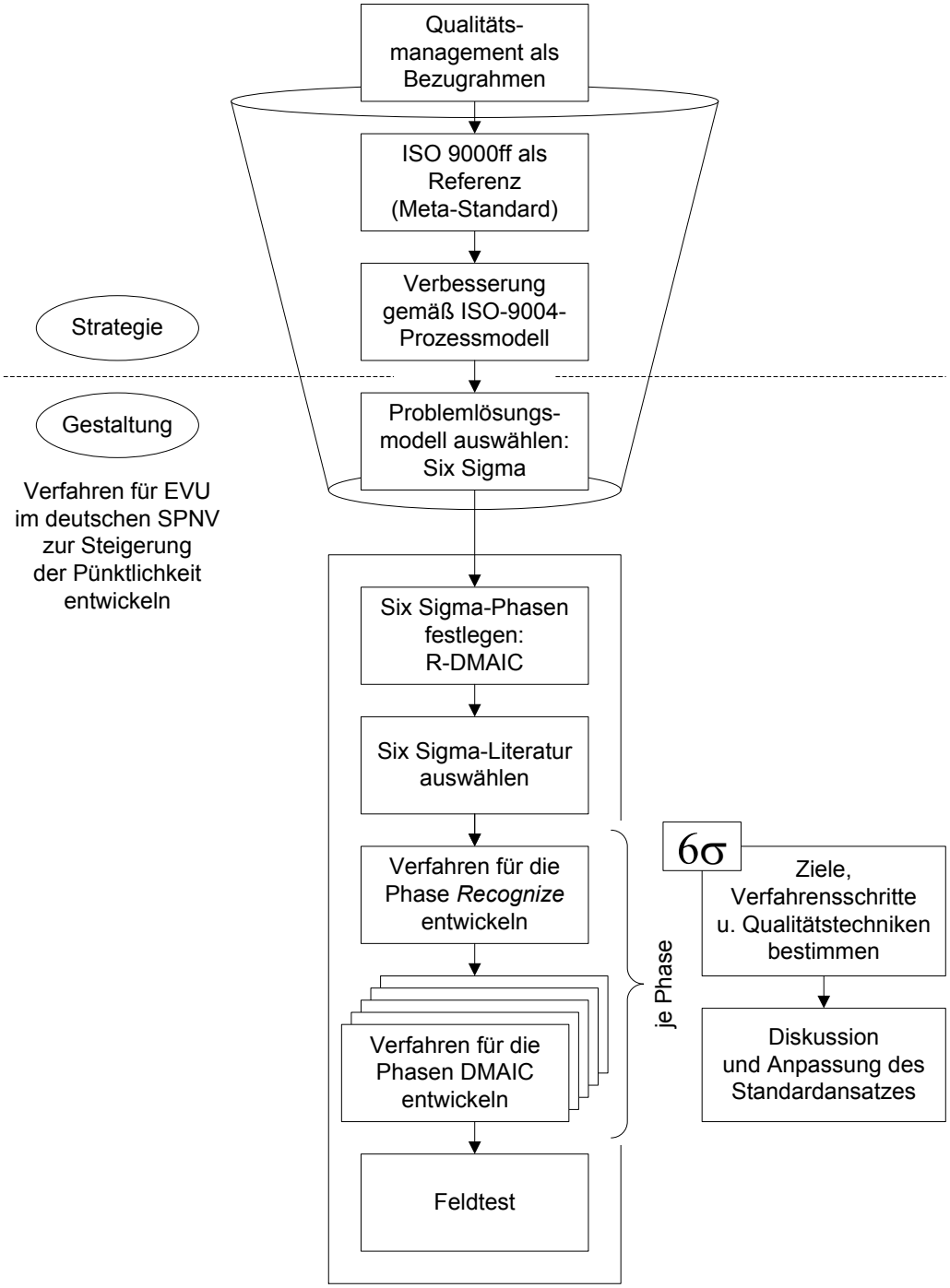


Abbildung 4.2: Gestaltungsdesign für die konkrete Ausgestaltung der Six Sigma-Phasen R-DMAIC

4.2 Auswahl Problemlösungsmodell: Six Sigma als Basis

4.2.1 Kriterienentwicklung

Um ein bestehendes Regelsystem für Verbesserungen als (Arbeits-)Grundlage für das zu entwickelnde Verfahren nachvollziehbar auswählen zu können, werden zunächst Kriterien entwickelt. Die Kriterien leiten sich aus der Forschungsaufgabe ab.

Da es sich bei dieser Arbeit um eine anwendungsorientierte Arbeit handelt, die einen Transfer von einer Industrie in eine andere beinhaltet, soll der auszuwählende Ansatz einen eher universellen Charakter haben. Somit ist eine grundsätzliche Übertragbarkeit gegeben (Kriterium *Universalität*). Eine breite praktische Anwendung stützt die Übertragbarkeit und lässt auf eine gewisse Wirksamkeit schließen.[102] Dieser Aspekt wird als Kriterium *Breite Anwendung* bezeichnet. Da es sich bei dieser Arbeit um einen Gestaltungsansatz handelt (vgl. Unterkapitel 1.3 und 4.1), ist die konkrete Hinterlegung der einzelnen Prozessschritte mit Qualitätstechniken notwendig (Kriterium *Hinterlegung mit Qualitätstechniken* (QT)). Eine größere Anzahl von Literaturquellen kann als Indiz für die Akzeptanz gewertet werden und reflektiert die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit der jeweiligen Methode. Dieser Aspekt wird als Kriterium *Literatur* bezeichnet. Zusammengefasst haben sich aus den Überlegungen folgende vier Auswahlkriterien ergeben:

1. Der Ansatz wird auf breiter Basis in verschiedenen Branchen angewendet: *Universalität*
2. Der Ansatz wird praktisch breit angewendet: *Breite Anwendung*
3. Der Ansatz hinterlegt die einzelnen Prozessschritte mit Qualitätstechniken: *Hinterlegung mit QT*
4. Es ist eine umfangreiche Literatur zu dem Ansatz vorhanden: *Literatur*

4.2.2 Entwicklung des Bewertungsverfahrens

Die Auswahlkriterien können in einer Matrix bewertet werden. Alle Kriterien werden als gleich wichtig betrachtet. Um zu einem differenzierten Bild zu kommen, werden folgende Punktwerte eingesetzt:

- 0 Punkte: trifft nicht zu
- 1 Punkt: trifft in geringem Maße zu
- 3 Punkte: trifft zu
- 9 Punkte: trifft voll zu

[102] Die Annahme ist, dass Unternehmen kein Verfahren freiwillig dauerhaft einsetzen, welches nur Aufwand, aber kein Nutzen erzeugt (vgl. auch Abschnitt 3.1.5).

4.2.3 Bewertung der einzelnen Ansätze

Der PDCA-Ansatz von SHEWHART bzw. DEMING kann als Quasi-Standard angesehen werden. Beleg dafür ist, dass er auch Grundlage der Normenfamilien ISO 9000 ist. Er wird auf breiter Basis zitiert. Gleichzeitig ist er aufgrund seiner Universalität nicht mit konkreten Qualitätstechniken belegt. Daraus ergibt sich folgende Bewertung:

Tabelle 4.1: Bewertung PDCA

Breite Anwendung	Universalität	Hinterlegung mit QT	Literatur
9	9	0	9

Der ISO-9001-Ansatz ist als Norm ein Standard. Da die Normenfamilie aber als Meta-Standard ausgelegt ist (vgl. SEGHEZZI 2007, S. 157, Norm DIN 55350-11:2008, S. 7), sind die Prozessschritte nicht mit konkreten Qualitätstechniken belegt. Daraus ergibt sich folgende Bewertung:

Tabelle 4.2: Bewertung ISO 9001

Breite Anwendung	Universalität	Hinterlegung mit QT	Literatur
9	9	1	9

Der 8D-Report ist ein standardisierter, in der produzierenden Industrie breit genutzter Ansatz. Während das 8D-Formblatt ursprünglich nur das reine Berichtsformat darstellte (vgl. KAMISKE u. BRAUER 2008, S. 278), sind den einzelnen Phasen heute konkrete Qualitätstechniken zugeordnet (vgl. VERBAND DER AUTOMOBILINDUSTRIE E.V. (VDA) 2010, JUNG u.a. 2011). Daraus ergibt sich folgende Bewertung:

Tabelle 4.3: Bewertung 8D

Breite Anwendung	Universalität	Hinterlegung mit QT	Literatur
3	9	3	1

Der kreative Problemlösungsprozess (KPL-Prozess) beruht auf einer Quelle aus dem Bereich des Innovationsmanagements (vgl. HIGGINS u. WIESE 1996 bzw. als Lexikon-eintrag vgl. WIESE 2001). Daraus ergibt sich folgende Bewertung:

Tabelle 4.4: Bewertung KPL

Breite Anwendung	Universalität	Hinterlegung mit QT	Literatur
1	9	9	1

Das ASI-Modell sowie die Workshop-Formate ViT, KVP[2] und POP sind mit 11 bzw. 12 Prozessschritten die detailliertesten Regelsysteme für Verbesserungen. Schwerpunkte liegen in der Automobilindustrie bzw. der produzierenden Industrie. POP wird bei der DEUTSCHEN BAHN genutzt. Literatur ist kaum vorhanden – entsprechend ist die Hinterlegung firmenspezifisch (bei den entsprechenden Beratungsfirmen und den nutzenden Firmen) und vermutlich auch firmenindividuell. Daraus ergibt sich folgende Bewertung:

Tabelle 4.5: Bewertung KVP-Workshopformate

Breite Anwendung	Universalität	Hinterlegung mit QT	Literatur
9	9	3	3

Der Six Sigma-DMAIC-Prozess wird weltweit in verschiedenen Industrien genutzt (vgl. z.B. MAGNUSSON u.a. 2004, S. 9, 101, SCHMIEDER 2008). PFEIFER u. SCHMITT 2010 bescheinigen dem Ansatz eine „hohe Anwender- und Praxisorientierung" (ebd.: S. 41) und bezeichnen ihn – neben dem Total Quality Management – als „aktueller Stand der Technik" (ebd.). Ähnlich äußert sich SCHMIEDER 2008, S. 62. KADOW u. WURSTER 2004 und LANG u. REEMTSEMA 2003 berichten von einer Anwendung im Eisenbahnverkehr in Deutschland. Zwei Artikel im Magazin *bahntech* ergänzen dies (vgl. O.A. 2002a und O.A. 2002b). Der fünfschrittige DMAIC-Prozess zeichnet sich durch eine sehr detaillierte Hinterlegung mit Qualitätstechniken aus. Literatur ist umfangreich vorhanden (vgl. obige Kurzbeschreibung). Daraus ergibt sich folgende Bewertung:

Tabelle 4.6: Bewertung Six Sigma DMAIC

Breite Anwendung	Universalität	Hinterlegung mit QT	Literatur
9	9	9	9

Im *Toyota-Problem-Solving*-Ansatz entwickelt ROTHER die Grundthese, dass die jeweils eingesetzten Techniken bei TOYOTA nur ein Spiegels des jeweils aktuellen Lernprozesses sind (vgl. ROTHER 2009). Daher zählt ROTHER keine einzelnen Qualitätstechniken auf, sondern beleuchtet den Einsatz einzelner Qualitätstechniken aus dem Blickwinkel eines Lernmodells heraus. Das dort beschriebene Vorgehen ist sehr ähnlich den sechs Prinzipien von *Gemba*. Beide Ansätze haben ihren Ursprung in Japan (vgl. ZOLLONDZ 2001, S. 381 ff.). Bei der Entwicklung ist daher auch zu überprüfen, ob

die gleichen kulturellen Voraussetzungen vorliegen.[103] OHNO oder LIKER beispielsweise thematisieren dies in ihren vielbeachteten Werken zum *Toyota Production System* (vgl. OHNO 2006, S. 75 ff., LIKER 2004, aber auch z.B. BECKER 2006, S. 101), ROIS gibt dazu eine theoretische Unterlegung (vgl. ROIS 1999). Daraus ergibt sich folgende Bewertung:

Tabelle 4.7: Bewertung Gemba-Prinzipien

Breite Anwendung	Universalität	Hinterlegung mit QT	Literatur
3	9	1	1

Tabelle 4.8: Bewertung Toyota Problem Solving

Breite Anwendung	Universalität	Hinterlegung mit QT	Literatur
1	3	1	3

Fasst man alle Bewertungen in einer Tabelle zusammen, addiert die Punktwerte (unter der Annahme der gleichen Gewichtung) und reiht die Ansätze absteigend nach ihrem Summenwert, so ergibt sich folgendes Bild:

Tabelle 4.9: Auswahlmatrix Problemlösungsansätze

Ansatz	Breite Anwendung	Universalität	Hinterlegung mit QT	Literatur	Punktwert
Six Sigma-DMAIC	9	9	9	9	36
ISO 9001	9	9	1	9	28
PDCA	9	9	0	9	27
KVP-Workshopformate	9	9	3	3	24
KPL	1	9	9	1	20
8D-Report	3	9	3	1	16
Sechs Gemba-Prinzipien	3	9	1	1	14
Toyota Problem Solving	1	3	1	3	8

4.2.4 Ergebnis der Bewertung: Nutzung des Six Sigma DMAIC-Ansatzes

Als Ergebnis der Bewertung ist der DMAIC-Ansatz zur Prozessverbesserung der geeignetste Ansatz, um als Grundlage für ein Verfahren zur Steigerung der Pünktlichkeit zu dienen. Der Ansatz wird praktisch und auf breiter Basis in verschiedenen Branchen angewendet. Der Ansatz hinterlegt die einzelnen Prozessschritte mit Qualitätstechniken, welche in umfangreicher Literatur gut zugänglich sind.

[103] Für die Aufgabenstellung *Steigerung der Pünktlichkeit* verweist YAMANOUCHI 1997 auf S. 366 f. auf Bedeutung der Kultur für die Erreichung hoher Pünktlichkeitswerte.

4.3 Festlegung der Phasen: R-DMAIC

Die fünf Phasen *Define*, *Measure*, *Analyze*, *Improve* und *Control* sind heute für Six Sigma-Verbesserungsprojekte Standard (vgl. dazu auch Unterabschnitt 3.3.3.6). Der DMAIC-Verbesserungsprozess beginnt mit der Projektbeschreibung und -abgrenzung. Das Forschungsdesign beschreibt, dass auf der Einflussebene ein Bedarf besteht, die Pünktlichkeit zu verbessern. Dieser Bedarf wird auf der Gestaltungsebene durch die Durchführung des Verfahrens bedient (soweit eine Steigerung der Pünktlichkeit erzielt wird). Dies geschieht im Einklang mit der gewählten Normenbasis ISO 9000 ff. Der Verbesserungszyklus startet hier mit dem Schritt „Analysieren und Beurteilen der aktuellen Situation, um verbesserungswürdige Bereiche zu erkennen“ (aus Abschnitt 2.9 „Ständige Verbesserung“ der ISO 9000; Norm DIN EN ISO 9000:2005, S. 16). Dieser Schritt liegt außerhalb der bzw. zeitlich vor den DMAIC-Phasen. Der dann folgende Schritt des ISO-Zyklus‘, „Festlegen der Ziele der Verbesserung“ (ebd.), kann bereits der Definieren-Phase zugeordnet werden. Auch alle folgenden Phasen des ISO-Zyklus‘ lassen sich den einzelnen Six Sigma-DMAIC-Phasen zuordnen.[104] Für die Verfahrensabwicklung ist also zu klären, wie zu verbessernde Bereiche identifiziert oder erkannt (Englisch: *to recognize*) werden und daraus entsprechende DMAIC-Projekte abgeleitet werden können.

In der Six Sigma-Literatur wird die Projektauswahl in vielen Quellen thematisiert (so auch in den später genutzten neun Quellen), aber fast nie als eigenständige Phase ausgewiesen. In TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008, S. 39 wird der Begriff „Pre-DEFINE“ (ebd.) erwähnt. Er bezieht sich aber auf die Projektvorbereitung – die Projektauswahl ist dann bereits abgeschlossen. Lediglich HARRY u. SCHROEDER 2000b, S. 108 ff. sowie MUIR 2006, S. 13 f. beschreiben eine solche Phase und nennen sie „Recognize“ (ebd.) (in der deutschen Fassung „erkennen“; HARRY u. SCHROEDER 2000a, S. 38). Beide sehen den MAIC- bzw. den DMAIC-Zyklus als Kern der Verbesserungsaktivitäten (ebd.).[105] Die fehlende Konkretisierung in Form einer detailliert beschriebenen Phase steht im Widerspruch zu der hohen Bedeutung, die der Projektauswahl als wesentlichem Erfolgsfaktor zugeschrieben wird (vgl. WAPPIS u. JUNG 2010, S. 13, TOUTENBURG u.

---

[104] Die Phasen lassen sich wie folgt zuordnen: „Analysieren und Beurteilen der aktuellen Situation, um verbesserungswürdige Bereiche zu erkennen“ Norm DIN EN ISO 9000:2005, S. 16 vor DMAIC. „Festlegen der Ziele der Verbesserung“ (ebd.) = Phase *Define*, „Suchen nach möglichen Lösungen, um diese Ziele zu erreichen“ und „Beurteilen dieser Lösungen und Treffen einer Auswahl“ sowie „Verwirklichen der gewählten Lösung“ (alle ebd.) = Phase *Improve*, „Messen, Verifizieren, Analysieren und Beurteilen der Ergebnisse der Verwirklichung, um zu ermitteln, ob die Ziele erreicht wurden“ und „Formalisieren der Änderungen“ (ebd.) = Phase *Control*.

[105] Eine im Grundsatz ähnliche Logik beschreibt BREYFOGLE 2009 mit P-DMAIC, ohne jedoch das P (für „Project“; ebd.) dezidiert als Phase zu entwickeln.

KNÖFEL 2008, S. 37, PANDE u.a. 2000, S. 137).[106] Da auch die Norm einen solchen Schritt vorsieht (s.o.), soll das zu entwickelnde Verfahren mit der Phase *Recognize* beginnen. Darauf folgend dann die fünf DMAIC-Phasen. Die Phasenabfolge soll mit dem Akronym R-DMAIC beschrieben werden.

4.4 Quellenauswahl: neun deutsche und US-amerikanische Quellen

Bei der Auswahl der Quellen für die Erfassung des aktuellen Standes wurden vier Kriterien angelegt: Aktualität, Charakter des Werkes, Bezug zur Unternehmensgröße und Herkunft. Um ein aktuelles Verfahren zu entwickeln, wurden nur Quellen erfasst die nicht älter als ca. 10 Jahre sind. Daher wurden nur Quellen ab dem Veröffentlichungsjahr 2000 berücksichtigt. Nicht berücksichtigt wurden daher frühe Schriften wie z.B. HARRY 1985, MOTOROLA, INC. 1988, SHUE 1988, PEREZ-WILSON 1989, HARRY 1994 oder HARRY 1997. Da es sich um ein anwendungsbezogenes Forschungsthema handelt, wurden nur Quellen mit hoher Anwendungsorientierung (Anwendungsbücher), Lehrbücher und Kompendien in die Auswahl einbezogen.

Ein vielzitiertes Lehrbuch mit mehreren Auflagen ist WAPPIS u. JUNG 2010.[107] Ein umfangreiches und im deutschen Raum viel zitiertes Werk ist TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008. Unter den Kompendien ist ROENPAGE u.a. 2007 ein viel zitiertes Werk mit mehreren Auflagen. Eine gute Verknüpfung zwischen den Anfängen von Six Sigma, dem aktuellen Stand sowie dem europäischen und dem US-amerikanischen Raum bietet RATH & STRONG MANAGEMENT CONSULTANTS 2008. Die gute Verknüpfung zwischen den Anfängen von Six Sigma und dem aktuellen Stand der Anwendung resultiert aus der Mitarbeit von SHAININ, welcher als Berater von RATH & STRONG Six Sigma in den Anfängen mit geprägt hat und seine Erfahrungen in dieses Werk von 2008 mit eingebracht hat (vgl. RATH & STRONG MANAGEMENT CONSULTANTS 2008, S. III). MAGNUSSON u.a. 2004 ist ein häufig zitiertes Werk aus der Industriepraxis (um Doppelungen zu vermeiden, wurde daher KROSLID u.a. 2003 aus der vielbeachteten Hanser-Reihe „Pocket Power“ des Herausgebers G. KAMISKE nicht ausgewählt). Ein sehr praxisorientiertes Werk aus dem Bereich eines Großunternehmens mit konkreten Beispielen und in zweiter Auflage ist REHBEHN u. YURDAKUL 2005. BROECHELER u. SCHÖNBERGER 2004 ist dagegen eine Quelle mehr aus der Beraterpraxis mit klarer Mittelstandsorientierung. Mit diesen drei Werken wird die industrielle Praxis in Großunternehmen und Mittelstand gut abgedeckt. Bei den US-amerikanischen Quellen (als Ursprungsland von Six Sigma) fiel die Auswahl aufgrund der Breite schwer. PANDE u.a. 2000 in der Originalfassung

---

[106] Zur Wirksamkeit vgl. Abschnitt 3.1.5. Die Projektauswahl von Six Sigma-Projekten wird ausführlich in GUNDLACH u. JOCHEM 2008 und SCHMIEDER 2008, S. 50 ff. diskutiert.

[107] Hier wurde anfänglich die zweite Auflage genutzt, dann aber die dritte Auflage aus dem Jahr 2010 für die Quellenbelege herangezogen.

wurde ausgewählt, weil er in der amerikanischen Literatur häufiger zitiert wird, aber auch im deutschen Raum bekannt ist (die deutsche Fassung erschien 2001, vgl. PANDE u.a. 2001). Bei den Handbüchern fiel die Wahl auf MCCARTY u.a. 2005, weil es als Black-Belt-Handbuch eine umfassende Darstellung liefert und im MOTOROLA-Verlag erschienen ist und daher einen Bezug zum Ursprung von Six Sigma hat. HARRY u. SCHROEDER 2000a wurde in der deutschen Fassung nur bei der Phasenfestlegung und der Projektauswahl genutzt, weil das Werk ansonsten eher konzeptionell angelegt ist. Die Quellenauswahl ist noch einmal zusammenfassend in Tabelle 4.10 dargestellt.

Tabelle 4.10: Ausgewählte Six Sigma-Quellen

	Charakter			Bezug		Herkunft	
Titel:	Anwendungsbuch	Lehrbuch	Kompendium	Großunternehmen	Mittelstand	europäisch	amerikanisch
WAPPIS, JUNG (2010): Taschenbuch Null-Fehler-Management	X	X				X	
TOUTENBURG, KNÖFEL (2008): Six Sigma	X	X				X	
ROENPAGE U.A. (2007): Six Sigma+Lean Toolset	X		X			X	
RATH & STRONG'S (2008) Rath & Strong's Six Sigma pocket guide	X		X				X
KROSLID, FABER, MAGNUSSON, BERGMAN (2003): Six Sigma umsetzen	X			X		X	
REHBEHN, YURDAKUL (2005): Mit Six Sigma zu Business Excellence	X			X		X	
BROECHELER, SCHÖNBERGER (2004): Six Sigma für den Mittelstand	X				X	X	
PANDE, NEUMAN, CAVANAGH (2000): The Six Sigma Way	X			X			X
MCCARTY U.A. (2005): Six Sigma Black Belt Handbook	X			X			X

4.5 Ausgestaltung der sechs Phasen R-DMAIC

4.5.1 Verfahrensentwicklung: Phase R – *Recognize* (Projekt auswählen)

4.5.1.1 Festlegung des Zieles

Wie bereits im vorherigen Unterkapitel 4.3 hergeleitet, ist es das Ziel der Phase *Recognize*, dass geeignete Projekte identifiziert sind (siehe auch HARRY u. SCHROEDER 2000a, S. 263).[108] Bei MCCARTY u.a. 2005, S. 335 f., MAGNUSSON u.a. 2004, S. 110 ff. und BROECHELER u. SCHÖNBERGER 2004, S. 19, 37 ff.) wird die Projektauswahl in der Phase *Define* als Ziel genannt. Aufgrund der Entscheidung, die Projektauswahl als eigenständige Phase zu entwickeln, wird das Ziel der Projektauswahl nicht in der Phase *Define* aufgenommen, sondern der Phase *Recognize* zugeordnet (vgl. bezüglich der Projektauswahl auch WAPPIS u. JUNG 2010, S. 13 f., TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008, S. 37 ff., REHBEHN u. YURDAKUL 2005, S. 86 f., 261, PANDE u.a. 2000, S. 143).

4.5.1.2 Erfassung, Diskussion und Festlegung der grundlegenden Prozessschritte

PANDE u.a. 2000, S. 141 ff. schlagen einen vierstufigen Prozess zur Projektauswahl vor:

1. Quellen für die Projekterzeugung auswählen
2. Prüfung auf eine grundsätzliche Eignung als Six Sigma-DMAIC-Projekt
3. Projektauswahl anhand von Kriterien
4. Schriftliche Begründung

Anhand dieses Vorschlages lassen sich die Beiträge weiterer Quelle gut strukturieren. Der vorgeschlagene Prozess soll daher als Ablaufschema für die Phase *Recognize* dienen.[109]

In Schritt 1 werden Quellen für die Projekterzeugung ausgewählt. Mögliche Quellen für die Projekterzeugung können rein externe Quellen, gemischt intern-externe sowie rein interne Quellen. Rückmeldungen von Kunden (aus Umfragen, Gesprächen oder Beschwerden), Markttrends sowie Wettbewerbervergleiche (z.B. in Form von Benchmarks) sind rein externe Quellen. Ein Vergleich der Ist-Position mit der gewünschten Position gemäß der eigenen Unternehmensstrategie nutzt sowohl interne als auch externe Quellen. Fehlerberichte sind ebenfalls gemischt intern-externe Quellen. Hinweise von Mitarbeitern (z.B. aus Verbesserungsvorschlägen oder von Qualitätsmanagern) sowie Prozessdaten sind rein interne Quellen (vgl. für Schritt 1 WAPPIS u. JUNG 2010, S. 14, MAGNUSSON u.a. 2004, S. 39 f., 110, 113, PANDE u.a. 2000, S. 142). Bezogen auf

[108] Da HARRY u. SCHROEDER 2000a eine wichtige Quelle für die Entscheidung war, die Phase *Recognize* zu nutzen, wird diese Quelle in dieser Phase zusätzlich zu den neun ausgewählten Werken ebenfalls berücksichtigt.

[109] Ein Beispiel für ein konkretes Ablaufschema, welches diesem weitestgehend entspricht, findet sich bei TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008, S. 39.

das zu entwickelnde Verfahren lassen sich schnell Konkretisierungen entwickeln. Als externe Quellen können Beschwerden bezüglich der Pünktlichkeit einzelner Linien oder Züge, Auswertungen aus Kundenumfragen, Hinweise des Aufgabenträgers oder Vergleiche mit Wettbewerbern dienen. Ein Vergleich der Ist-Position bezüglich der Pünktlichkeit mit der gewünschten Position gemäß der eigenen Unternehmensstrategie ist eine gemischt intern-externe Quelle. Hinweise von Mitarbeitern sowie Auswertungen der Pünktlichkeiten und Verspätungen sind rein interne Quellen. Es ist zu erwarten, dass ausreichend Hinweise auf Verbesserungsmöglichkeiten bzgl. Pünktlichkeit vorliegen werden.

Schritt 2 ist die Prüfung der Ansätze auf eine grundsätzliche Eignung als Pünktlichkeitsprojekt. Eine Prüfung auf eine grundsätzliche Eignung als Six Sigma-DMAIC-Projekt kann in Form eines gestuften Prüfschemas ablaufen, wie es TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008, S. 39 vorschlagen:

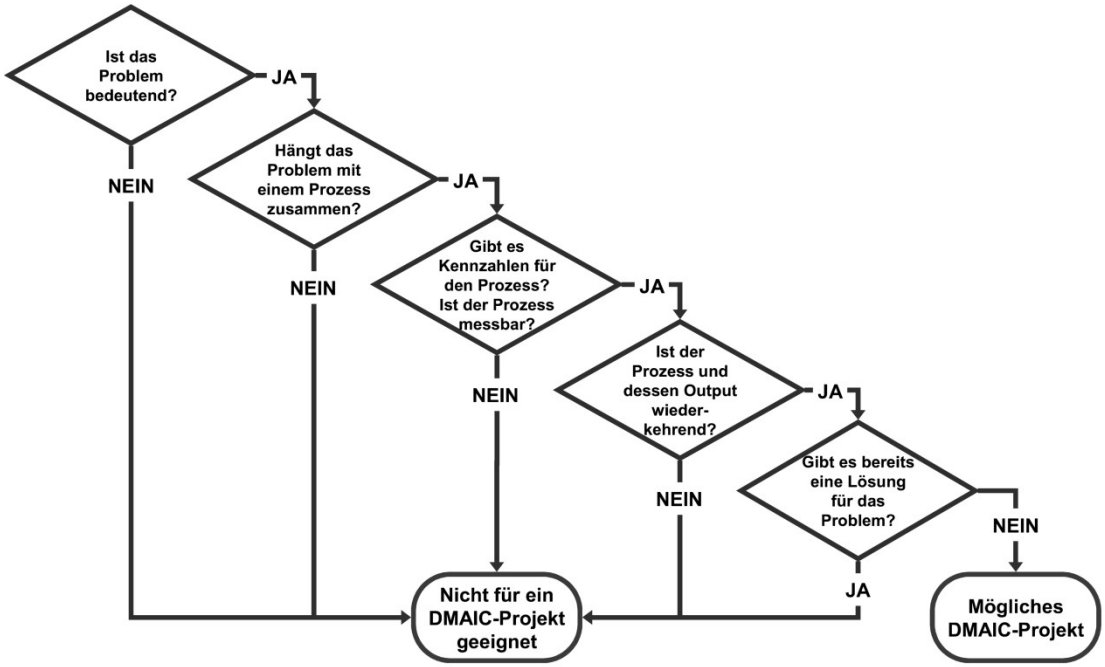


Abbildung 4.3: Kriterien zur Beurteilung möglicher DMAIC-Projekte nach TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008, S. 38

PANDE u.a. 2000, S. 143 nennen ähnliche Anforderungen: Die Prozessleistung ist unbefriedigend und dies ist ein gravierendes Problem, die Ursache ist unklar und es fehlt eine befriedigende Lösung. Allgemein wird gefordert, dass Six Sigma-DMAIC-Projekte sich auch auf Kern- und Schlüsselprozesse beschränken sollen, deren Verbesserung in eindeutigem Zusammenhang zum Betriebsergebnis und zu langfristigen Unternehmenszielen steht (vgl. zu Schritt 2 MCCARTY u.a. 2005, S. 336, REHBEHN u. YURDAKUL

2005, S. 86 f., 261, PANDE u.a. 2000, S. 143, HARRY u. SCHROEDER 2000a, S. 263). Pünktlichkeitsprojekte erfüllen viele dieser Anforderungen. Eine unzureichende Erfüllung des Basisfaktors Pünktlichkeit (vgl. Abschnitt 2.3.3) ist ein bedeutendes Problem und über Pönalezahlungen an den Aufgabenträger über die Umsatzwirkung hinaus ganz direkt monetär bewertbar. Die Pünktlichkeit resultiert aus einen Prozess (des Züge-Fahrens), welcher messbar ist und sich wiederholt.

Der Schritt 3 ist die Projektauswahl anhand von Kriterien. Liegen eine Reihe von Six Sigma-DMAIC-geeigneten Projektvorschlägen vor, so erfolgt eine Auswahl anhand von expliziten Kriterien. Eine mögliche Kategorisierung der Kriterien zur Projektauswahl ist die Einteilung in die drei Bereiche „Geschäftsbeitrag", „Machbarkeit" und „Wirkung auf die Organisation" (PANDE u.a. 2000, S. 145), in die sich die Empfehlungen der anderen Autoren einordnen lassen. Im Bereich *Geschäftsbeitrag* ist die Wirkung auf das Geschäftsergebnis, auf die Prozessleistung und auf die Kundenzufriedenheit das Kriterium. Im Bereich *Machbarkeit* im Sinne einer organisatorischen und technischen Durchführbarkeit geht es um die Fokussiertheit der Projekte („*Meaningful* and *Manageable*"; PANDE u.a. 2000, S. 139), d.h., es sollten keine allumfassenden „Welthungerhilfe-Projekte" (TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008, S. 39) sein, die das Projektteam überfordern. Kriterien sind der Umfang der notwendigen Ressourcen für die Erarbeitung der Verbesserung, deren Verfügbarkeit sowie die technische und die organisatorische Komplexität des Problems. Wichtig ist auch der Grad der Unterstützung der obersten Leitung. Als Zeitrahmen wird eine Umsetzbarkeit innerhalb von drei bis sechs Monaten empfohlen. Um die Ressourcen zielgerichtet einsetzen zu können, können hier bereits Verspätungsschwerpunkte identifiziert werden. Im Bereich *Wirkung auf die Organisation* sind der Zusammenhang zu aktuellen Verbesserungsaktivitäten und -zielen, die Vereinbarkeit mit den Unternehmenszielen, der Umfang der notwendigen Ressourcen für den Erhalt der Verbesserung sowie die Anzahl und der Umfang der Projekte die entscheidenden Kriterien. Empfohlen wird, sich auf wenige Projekte bzw. auf Veränderungen zu konzentrieren, um die Organisation nicht zu überfordern (vgl. zu Schritt 3 TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008, S. 37 ff., MCCARTY u.a. 2005, S. 67 f., MAGNUSSON u.a. 2004, S. 110, PANDE u.a. 2000, S. 138 f., 146 f., HARRY u. SCHROEDER 2000a, S. 265, 269 ff.). Alle Kriterien erscheinen für Projekte zur Steigerung der Pünktlichkeit sinnvoll. Da die Anwendung dieses Verfahren die betriebliche Zuverlässigkeit steigern soll, ist es wichtig, neben der obersten Leitung auch die jeweiligen Operationsebenen einzubinden (vgl. den allgemeinen Hinweis bei HARRY u. SCHROEDER 2000a, S. 263).

Schritt 4 ist die schriftliche Begründung. Mit der schriftlichen Begründung („Project Rationale", auch „Purpose Statement"; PANDE u.a. 2000, S. 147 oder „Project Proposal"; TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008, S. 39) schließt die Projektauswahl ab. Die schriftli-

che Begründung legt dar, warum dieses Projekt notwendig ist und welches Ziel es erreichen soll. Sie ist dem Projektsteckbrief in der folgende Phase *Define* schon sehr nahe und kann daher als Vorläuferdokument die Arbeit am Projektsteckbrief erleichtern.

4.5.1.3 Erfassung, Diskussion und Festlegung der Qualitätstechniken

In Schritt 1, der Auswahl von Quellen für die Projekterzeugung, werden mögliche Projektideen mithilfe von Interviews gesammelt (vgl. TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008, S. 37 ff.). Bei einer größeren Anzahl werden die Ideen mit einem Affinitätsdiagramm strukturiert (vgl. MAGNUSSON u.a. 2004, S. 111). In Schritt 2, der Prüfung der Ansätze auf eine grundsätzliche Eignung als Pünktlichkeitsprojekt, kann das oben beschriebene Prüfschema (vgl. TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008, S. 39) als Qualitätstechnik verstanden werden. In Schritt 3 erfolgt die konkrete Bewertung über die Priorisierung mittels eines PARETO-Diagramms, über eine Punktbewertung oder über eine Bewertungsmatrix (vgl. TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008, S. 37 ff., MAGNUSSON u.a. 2004, S. 111 f.). WAPPIS u. JUNG 2010, S. 13 schlagen für die Bewertung eine klassische, an die BCG-Matrix angelehnte Vier-Felder-Matrix mit den Größen „Aufwand für die Umsetzung“ und „Erzielbare Verbesserung“ zur Projektauswahl vor. Auf das Verfahren adaptiert könnte die Matrix wie folgt aussehen:

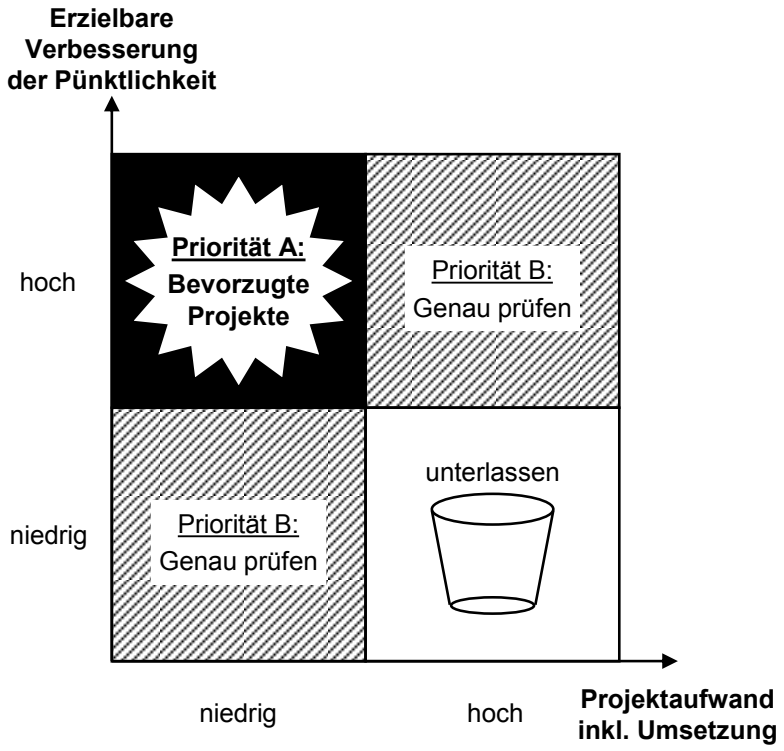


Abbildung 4.4: Auswahlmatrix für Projekte zur Steigerung der Pünktlichkeit

Das im folgenden Unterabschnitt 4.5.1.4 vorgestellte Differenzverspätungs-Diagramm als spezielle Qualitätstechnik zur Detektion von Verspätungsschwerpunkten kann hier ebenfalls helfen, Projekte passenden Umfangs zu finden. Die schriftliche Bewertung als Schritt 4 kann bereits das Format eines Projektsteckbriefs annehmen. Das Ergebnis der Auswahl von Qualitätstechniken über alle Schritte ist in der folgenden Abbildung zusammengefasst:

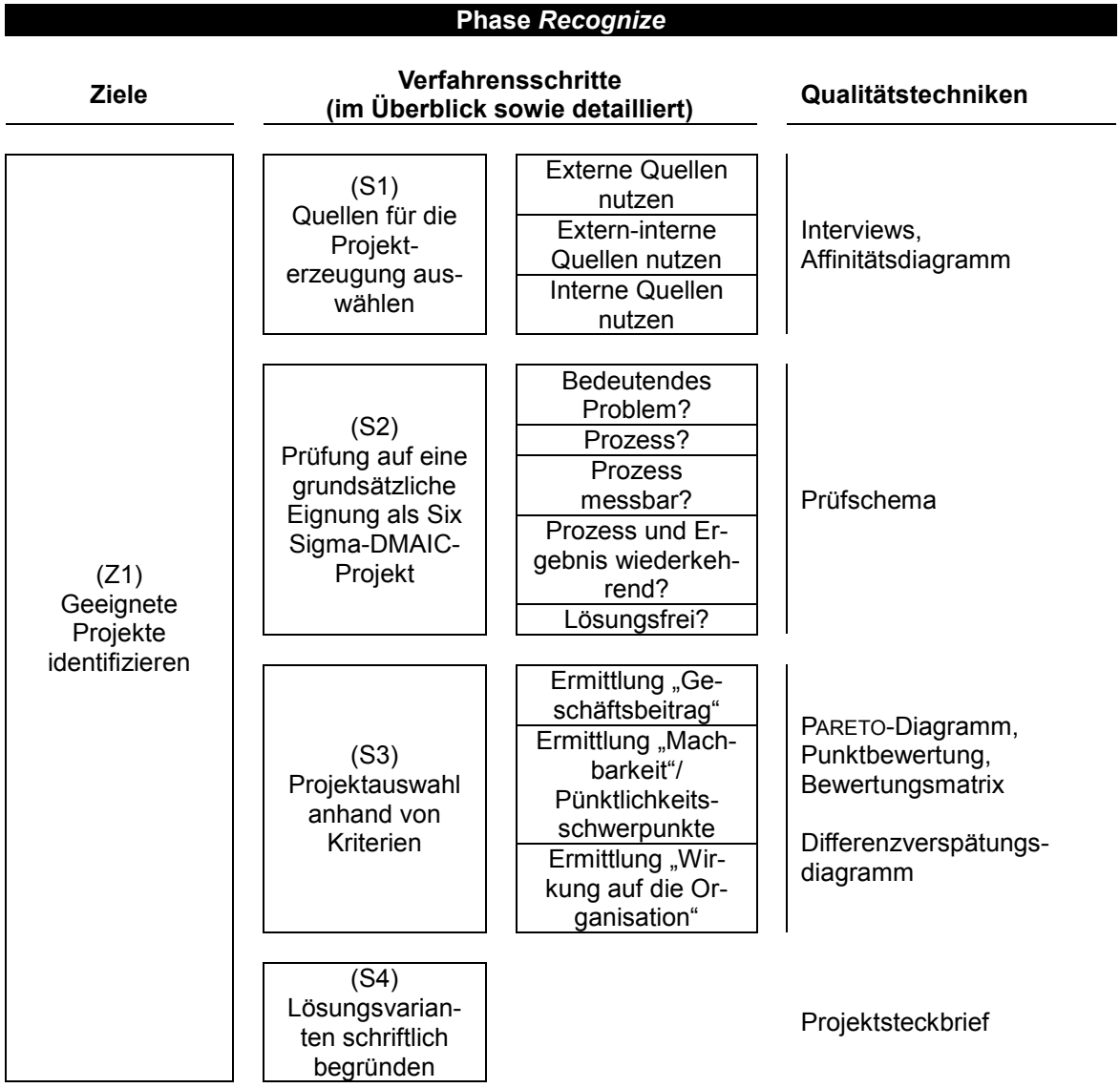


Abbildung 4.5: Katalog von Zielen, grundlegenden Prozessschritten und ausgewählten Qualitätstechniken in der Phase Recognize

4.5.1.4 Entwicklung einer speziellen Qualitätstechnik zur Detektion von Verspätungsschwerpunkten: Differenzverspätungs-Diagramm

Um die Verbesserungsressourcen zielgerichtet einsetzen zu können, wurde das Differenzverspätungs-Diagramm als spezielle Qualitätstechnik zur Detektion von Verspätungsschwerpunkten entwickelt. Die Funktionsweise sei an einem Beispiel erklärt: Ein Zug hält laut Kundenfahrplan an fünf Stationen. Für jede Station wird die Ankunftspünktlichkeit ermittelt. Der Grenzbereich sei einseitig mit einer oberen Grenzabweichung von 3,0 Min. Die Verspätung am ersten Halt sei 3,0 Min., am nächsten Halt 3,5 Min, dann 4,0 Min, 4,5 Min. und am letzten Halt und Endbahnhof 5,0 Min. Die Zugfahrt wurde mit 20 % Pünktlichkeit durchgeführt.[110] Der erste Halt (1 von 5) war gerade noch innerhalb des Toleranzbereichs,[111] die vier weiteren Halte (4 von 5) außerhalb. In traditioneller Sichtweise würde man sich die Halte mit der stärksten Verspätung anschauen und fragen, warum dort eine Verspätung entstanden ist. Dies wäre der letzte Halt. Verursachungsgerecht wäre es aber, sich den ersten Halt anzuschauen, weil hier die größte Abweichung stattgefunden hat. Das Differenzverspätungsdiagramm liefert diese Information. Für frei zu wählende Abschnitte zeigt das Diagramm, wie sich der tatsächliche Fahrzeit- bzw. Haltezeitverbrauch relativ zum geplanten Fahrzeit- bzw. Haltezeitverbrauch verhalten hat. Im gewählten Beispiel wären die Differenzen (in Min.) {3,0; 0,5; 0,5; 0,5; 0,5}. Eine Differenzverspätung wurde in Abschnitt 2.2.4 definiert als Differenz von zwei Fahrplanabweichungen (Verspätungen, Verfrühungen oder Kombinationen aus beiden). Die fünf als Balken gezeigten Werte sind also Differenzverspätungen. Für dieses Beispiel zeigt die folgende Abbildung den Zusammenhang:

---

[110] In Abschnitt 2.2.2 wurde die Pünktlichkeit definiert als der prozentuale Anteil von Elementen einer Zugfahrt (als Ankunft, Abfahrt, Halt und/oder Durchfahrt) an der Gesamtzahl dieser Elemente, welche die in einem Fahrplan festgelegten Zeiten innerhalb einer gegebenen Toleranz einhalten.

[111] Der Toleranzbereich sei definiert als]-∞ ; +3,0 Min.].

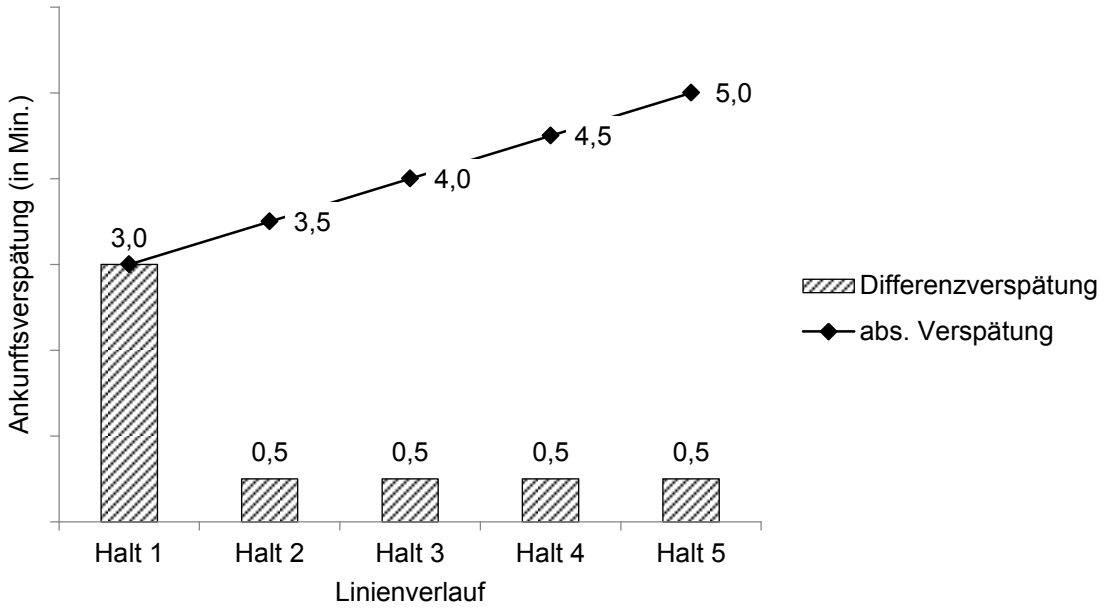


Abbildung 4.6: Beispiel für ein Differenzverspätungs-Diagramm für eine Zugfahrt

Werden diese Differenzverspätungen bei mehrfachen Zugfahrten grafisch als Mittelwerte, Mediane oder als Boxplots für alle definierten Abschnitte im Linienverlauf aufbereitet, so lassen sich Verspätungsschwerpunkte und Puffer einfach optisch lokalisieren. Ist der Wert für einem Abschnitt positiv, so hat die einzelne Zugfahrt oder die Aggregation der betrachteten Zugfahrten in diesem Abschnitt mehr Zeit als geplant benötigt – Verspätungen sind entstanden. Ist der Wert negativ, so wird die geplante Zeit nicht ausgeschöpft. Als Abschnitte im Linienverlauf bieten sich zunächst der Start(-bahnhof) und dann alternierend alle durchfahrenen Strecken sowie absolvierten Halte an. Die Entwicklung der Qualitätstechnik basierte auf der Überlegung, dass eine Überschreitung des Grenzwerts an einem Messpunkt zwingend auf einer oder mehreren vorhergehenden Abweichungen vom Fahrplan beruhen muss. Da die Abweichungen additiv wirken, lässt sich aus dem Muster der einzelnen Differenzverspätungen je Abschnitt ablesen, wie die Überschreitung des Grenzwerts zustande kam. Sind die Differenzverspätungen annähernd gleich verteilt, so sind die Ursachen nicht räumlich lokalisiert. Gibt es dagegen starke Unterschiede (wie im obigen Beispiel), die sich im Diagramm insbesondere als starke positive Ausschläge zeigen, so lassen sich in diesen Abschnitten Ursachen für eine unzureichende Pünktlichkeit vermuten. Aus der Annahme, dass sich die einzelnen Zugfahrten ähnlich verhalten, können über eine Mittelwert- oder Medianbetrachtung der Differenzverspätungen je Abschnitt Annahmen für Zeiträume abgeleitet werden. Der Einsatz von Boxplots ist dabei die aussagekräftigste grafische Form, da über die Boxplots sowohl Lage- als auch Streuungsinformationen einfließen.

4.5.2 Verfahrensentwicklung: Phase D – *Define* (Projektziel und -umfang bestimmen)

4.5.2.1 Erfassung, Diskussion und Festlegung der Ziele

Die Zielbeschreibungen sind bei den neun ausgewählten Quellen unterschiedlich detailliert. Deutlich wird jedoch bei allen die Wichtigkeit, ein umfassendes Problemverständnis zu bekommen, den zugehörigen Prozess zu erfassen und die bestehenden Anforderungen zu kennen. Als Ziele bezüglich eines umfassendes Problemverständnisses (Ziel 1) und der Prozesserfassung (Ziel 2) wird genannt, dass das Problem sowie die beteiligten Prozesse identifiziert, beschrieben und abgegrenzt sind, die Prozess-Ergebnisvariable bestimmt ist, der Istzustand dargestellt ist und das Leistungsniveau des Prozesses abgeschätzt ist (vgl. WAPPIS u. JUNG 2010, S. 3, TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008, S. 43, RATH & STRONG MANAGEMENT CONSULTANTS 2008, S. 7, 28, ROENPAGE u.a. 2007, S. 12, 28, MCCARTY u.a. 2005, S. 335, REHBEHN u. YURDAKUL 2005, S. 100, MAGNUSSON u.a. 2004, S. 41, 110, BROECHELER u. SCHÖNBERGER 2004, S. 19, PANDE u.a. 2000, S. 39, 156). ROENPAGE u.a. 2007, S. 12 und PANDE u.a. 2000, S. 39 nennen zudem das Ziel, dass die Anforderungen in messbare Ziele übersetzt sind (Ziel 3).

Bei REHBEHN u. YURDAKUL 2005, S. 106 wird bereits in dieser Phase als Ziel genannt, dass bereits mögliche Einflussgrößen ermittelt sind. Da dieses Ziel von allen anderen Quellen in späteren Phasen genannt wird, wird dieses Ziel nicht in diese Phase aufgenommen. Ein weiterer Grund, dieses Ziel nicht aufzunehmen, liegt in dem Six Sigma-Vorgehen selber: Eine zu frühe Hypothesenfestlegung durch den Auftraggeber würde den Suchhorizont zu sehr einschränken. Aus der Verbesserungspraxis kommen daher die Leitlinien für die Projektbeauftragung „Probleme, nicht Ursachen!“ und „Ziele, nicht Maßnahmen!“ (vgl. auch PANDE u.a. 2000, S. 386)

Ziele aus dem Bereich des Projekt- und Veränderungsmanagements sind, dass die Projektbeteiligten, der Zeitrahmen und die verfügbaren Ressourcen beschrieben sind, dass das Projekt inhaltlich abgegrenzt und formell beauftragt ist (Ziel 4) sowie, dass die Wichtigkeit des Projekts dargestellt und die Akzeptanz gesichert ist (Ziel 5) (vgl. RATH & STRONG MANAGEMENT CONSULTANTS 2008, S. 28, ROENPAGE u.a. 2007, S. 28, MCCARTY u.a. 2005, S. 335, MAGNUSSON u.a. 2004, S. 41, 113, PANDE u.a. 2000, S. 244).

Alle genannten Ziele lassen sich in die Aufgabenstellung, die Pünktlichkeit im deutschen Schienenpersonennahverkehr aus Sicht eines Eisenbahnverkehrsunternehmens zu verbessern, einordnen: Anforderungen bezüglich Pünktlichkeit bestehen aus Kunden-

und aus interner Sicht, Abweichungen von diesen Anforderungen können als Problem beschrieben werden, die Pünktlichkeit ist das Ergebnis von Prozessen, diese Prozesse lassen sich messen, Verbesserungen können über Projekte organisiert werden.

4.5.2.2 Erfassung, Diskussion und Festlegung der grundlegenden Prozessschritte

Konsistent zu den Schwerpunkten bei den Zielen sind die wesentlichen Schritte die Darstellung des Problems und des Prozesses (Schritt 1), die Festlegung des Projektzieles (abgeleitet aus den Kundenwünschen und weiteren Anforderungen) (Schritt 2), die formelle Projektdefinition und -beauftragung mittels Projektsteckbrief (Schritt 3) sowie die Kommunikation (Schritt 4) und der Phasenabschluss (Schritt 5).

Der Projektsteckbrief ist das zentrale Dokument dieser Phase. Er enthält u.a. Problembeschreibung in SMARTer[112] Formulierung, Projektziel, Projektumfang bzw. Projektgrenzen, Projektablauf mit Meilensteinen (Zeitplan), Teamzusammensetzung und -rollen. Die Übersetzung der gesammelten Anforderungen in messbare kunden-, geschäfts- und vorgabenkritische Qualitätsmerkmale (*Critical to Quality*, CTQ) wird unterschiedlich betrachtet. MAGNUSSON u.a. 2004, S. 33 differenzieren die qualitätskritischen Merkmale in kunden-, prozess- und vorgabenkritische Qualitätsmerkmale. Dies ist in Einklang mit der ISO-Definition von Qualität, nach der die Qualität den Grad bezeichnet, in dem Anforderungen erfüllt werden (vgl. Norm DIN EN ISO 9000:2005, S. 18). ROENPAGE u.a. 2007, S. 39, 52 und MCCARTY u.a. 2005, S. 348 f. führen als weitere Differenzierung CTB, also *Critical to Business* ein, MCCARTY u.a. 2005, S. 349 f. zudem noch *Critical to Process*. Da in den CTQ auch prozesskritische und damit geschäftsrelevante Anforderungen abgebildet werden (können), ist der Mehrwert dieser Differenzierung in CTQ, CTB und CTP nicht klar und wird daher in dieser Arbeit nicht weiter verfolgt.

Auf der Ebene des Projekt- und Veränderungsmanagements wird das Verbesserungsteam gebildet und ein Projektauftakttreffen (*Kick-off*) durchgeführt. Im Rahmen einer Projektumfeldanalyse werden Interessenträger und Meinungsbildner identifiziert und ihnen wird die Wichtigkeit des Projektes dargelegt (vgl. für den Abschnitt WAPPIS u. JUNG 2010, S. 3, TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008, S. 42, RATH & STRONG MANAGEMENT CONSULTANTS 2008, S. 7, 28, ROENPAGE u.a. 2007, S. 28, MCCARTY u.a. 2005, S. 335, REHBEHN u. YURDAKUL 2005, S. 98, MAGNUSSON u.a. 2004, S. 110, BROECHELER u. SCHÖNBERGER 2004, S. 19, 179, PANDE u.a. 2000, S. 39, 156).

[112] Das Akronym SMART steht hier für die Begriffe *Spezifisch*, *Messbar*, *Abgestimmt*, *Realistisch* und *Terminiert*.

4.5.2.3 Erfassung, Diskussion und Festlegung der Qualitätstechniken

Unter dem Begriff *Qualitätstechnik* wird eine Anleitung verstanden, wie Tätigkeiten und Gegenstände kombiniert werden sollen, um spezifische Probleme im Bereich des Qualitätsmanagements zu lösen (vgl. Unterabschnitt 3.2.3.5).[113] Die erfassten Qualitätstechniken werden quellenscharf den einzelnen grundlegenden Prozessschritten nach dem Überwiegendprinzip zugeordnet, untereinander verglichen und zusammengefasst. Das Ergebnis ist in Abbildung 4.7 am Ende dieses Abschnitts zu sehen. Die Quellenverweise sind wegen der hohen Anzahl für alle DMAIC-Phasen gesondert in Erfassungstabellen (hier Tabelle 6.4 in Anlage 6) im Anhang ausgewiesen.[114]

Alle Quellen nennen den Projektauftrag als wichtige Qualitätstechnik, um ein Six Sigma-DMAIC-Projekt zu definieren und damit die Verbesserung zu strukturieren. Auch die Elemente des Projektauftrags sind in den Grundzügen bei allen genutzten Quellen identisch. Typische Elemente sind Problembeschreibung (mit Istgrößen, evtl. zusätzlich Geschäftssituation), Zielzustand, Zielgröße und Zielwert, Projektgrenzen, Zeitplan mit Meilensteinen (als Liste oder als GANTT-Diagramm), Projektmitglieder (Namen, Funktion, Rolle, Grad der Freistellung), Budgetplan, Nutzenausweis. Unterschiede bestehen in der Differenzierung.[115] Auch werden, je nach Ansatz, Elemente in den Projektauftrag aufgenommen oder separat geführt. Ein Beispiel sind die Team-Spielregeln, die bei PANDE u.a. 2000, S. 244 Teil des Projektauftrags sind und bei MCCARTY u.a. 2005, S. 337 gesondert geführt werden. Gleiches gilt für einen Budgetplan (vgl. WAPPIS u. JUNG 2010, S. 21, RATH & STRONG MANAGEMENT CONSULTANTS 2008, S. 12), der ebenfalls integriert werden kann. Bei der Nutzung eines Projektauftrags ist für das zu entwickelnde Verfahren zu diskutieren, ob der Budgetplan bzw. der Nutzenausweis in umfangreicher Form notwendig ist. Für einen Ausweis von Kosten und Nutzen spricht, dass möglicherweise kritische *Stakeholder* überzeugt werden können. Für sie wird transparent, welcher Nutzen auf der Kundenseite entsteht sowie welche Kosten bzw. Kostenreduzierungen damit verbunden sind. Die Kostenwirkung sollte, um diesem Ziel gerecht zu werden, in Projekt- und Regelprozesskosten differenziert werden. Werden der erzielte Nutzen (ausgedrückt in Geldeinheiten) sowie die Kosten saldiert, so bekommt die Steigerung der Pünktlichkeit ein *Preisschild*. Sind die Abwei-

---

[113] Sollte bei der Erfassung die Aufzählung einer Qualitätsmethode (vgl. Definition ebd.) notwendig sein, so wird dies in der abschließenden Übersicht gekennzeichnet.

[114] Gleiche Qualitätstechniken werden in den verschiedenen Quellen (und teilweise innerhalb derselben Quelle) unterschiedlich bezeichnet. Hier wird im Zweifel die gängigere Variante bzw. die deutschsprachige Variante bevorzugt. Eine Übersicht der alternativen Bezeichnungen findet sich in Tabelle 6.9.

[115] So kann der Zeitplan als Liste oder als GANTT-Diagramm ausgeführt sein. Die Differenzierung in der Darstellung eines Zielzustandes und einer Zielvorgabe (vgl. MCCARTY u.a. 2005, S. 106 f., 343 f.) findet nicht überall statt. Ebenso wird die Darstellung der Geschäftssituation (*Business Case*) unterschiedlich gewichtet und ausgelegt (vgl. z.B. MCCARTY u.a. 2005, S. 106 f., 343 f.).

chungskosten nicht bekannt und können Pünktlichkeitsgewinne nicht in monetären Gewinnen ausgedrückt werden, so können nur (die meist einfach zu ermittelnden) Projektkosten und evtl. direkte Kosten der Verbesserung (wie z.B. einmalige Umbaukosten) ausgewiesen werden. Das *Preisschild* weist dann die Investition in die Verbesserung der Pünktlichkeit aus, ohne ihr einen monetären Nutzen entgegenzusetzen. Dies ist ein Argument gegen den Ausweis von monetären Größen im Projektauftrag zur Steigerung der Pünktlichkeit. Abhängig von der jeweiligen Unternehmenskultur und der aktuellen Geschäftssituation kann im kostensensiblen deutschen Schienenpersonennahverkehr die Gefahr bestehen, dass sinnvolle Verbesserungen unterlassen werden, da die GuV-Wirkung einer Steigerung der Eignung, Anforderungen zu erfüllen, nicht abgeschätzt und ausgewiesen wurde. Ein weiteres Argument gegen den Ausweis von monetären Größen, zumindest auf der Nutzenseite, ist der hohe Aufwand, die Kosten einer Abweichung (in diesem Fall von Fahrplanvorgaben) zu ermitteln. Eine entsprechende Forderung könnte daher schon im Anfangsstadium die Akzeptanz des Verfahrens schmälern. Auch gibt es in der Wissenschaft dazu kaum empirische Untersuchungen, die den Verantwortlichen der Eisenbahnverkehrsunternehmen im deutschen Schienenpersonennahverkehr validierte Werte zur Abschätzung an die Hand geben könnten.[116] Ein Vergleich mit den beiden forschungsfeldnahen Quellen, WEIGAND 2005 sowie VEISETH u.a. 2008, ergibt, dass auch dort auf den Ausweis des monetären Nutzens verzichtet wird. Für dieses Verfahren wird daher empfohlen, zunächst auf den Ausweis des wirtschaftlichen Nutzens zu verzichten.

Bei der Darstellung des Hauptprozesses nennen nahezu alle Quellen den SIPOC als Qualitätstechnik (in deutscher Fassung LIPOK für *Lieferant – Input – Prozess – Output – Kunde*). Hier differenzieren RATH & STRONG MANAGEMENT CONSULTANTS 2008 und MCCARTY u.a. 2005 und zeigen weitere, differenziertere Möglichkeiten, Prozesse darzustellen. Die dort genannten Qualitätstechniken werden nicht in die Phase *Define* übernommen, sondern der Phase *Analyze* zugeordnet. Hergeleitet wird die Entscheidung aus den Zielen, nach denen die Beteiligten lediglich über ein grundlegendes Prozessverständnis verfügen sollen (vgl. auch TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008, S. 68, PANDE u.a. 2000, S. 251).

Alle Quellen nennen Qualitätstechniken zur Sammlung der Kundenwünsche (VOC) und der Übersetzung in messbare kritische Qualitätsmerkmale (CTQ). Als Format für die VOC bzw. CTQ wird meist eine Liste bzw. Matrix genannt (z.B. als VOC-Übersetzungsmatrix bei TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008, S. 47, aber auch als CTQ-(Treiber-)Baum bei RATH & STRONG MANAGEMENT CONSULTANTS 2008 und BRO-

[116] Eine Quelle ist ACKERMANN 1998 mit Schwerpunkt auf den SPFV.

ECHELER u. SCHÖNBERGER 2004). Die Bewertung bzw. die Priorisierung der CTQ wird je nach Quelle in die Phase *Define*[117] oder die Phase *Measure*[118] gelegt – für dieses Verfahren wird dies letzterer Phase zugeordnet. Bei der Nutzung im Rahmen des zu entwickelnden Verfahrens ist zu testen, inwieweit sich durch die eingrenzte Themenstellung – Steigerung der Pünktlichkeit – eine Beschränkung auf die interne Prozesssicht ergibt und dadurch eine Sammlung und Priorisierung von VOC und CTQ durch die genannten Techniken und Methoden entfallen kann.

Im Six Sigma-Ansatz sind neben den klassischen Qualitätstechniken auch Techniken aus dem Projektmanagement integriert. Alle in den Quellen dazu genannten Techniken (Teambildung, *Stakeholder*-Einbindung[119] und Phasenabschluss) sind universell und lassen sich direkt für das zu entwickelnde Verfahren übernehmen.

Six Sigma wird hier als sog. *Toolbox*-Ansatz genutzt (zum Ansatz allgemein vgl. TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008, S. 27, MAGNUSSON u.a. 2004, S. 58). Daher ist zu überprüfen, wie mit den Six Sigma-typischen Rollen umgegangen wird. Six Sigma kennt fünf Rollen, die sich in Anlehnung an fernöstliche Kampfsport-Schüler- und Meistergrade *Belts* nennen (dt. Gürtel). Üblicherweise werden *Master Black Belts*, *Black Belts*, *Green Belts*, *White* (oder synonym *Yellow*) *Belts* sowie *Champions* genannt. Detaillierte Rollenbeschreibungen finden sich bei MAGNUSSON u.a. 2004, S. 23 ff., BROECHELER u. SCHÖNBERGER 2004, S. 41 ff. (inkl. Checkliste), REHBEHN u. YURDAKUL 2005, S. 100, 264, ROENPAGE u.a. 2007, S. 18 ff., TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008, S. 22 ff. und WAPPIS u. JUNG 2010, S. 7 f. Diese *Belts* nehmen im Standard-Six Sigma-Ansatz bestimmte Teamrollen ein. Teamrollen sind nach MAGNUSSON u.a. 2004, S. 114 Projektsponsor, Projektmanager und Projektmitglieder. Der Projektsponsor ist ein Mitglied der obersten Leitung und entspricht dem Champion. Seine Aufgabe ist es, die Rahmenbedingungen für entsprechende Verbesserungsprojekte zu schaffen und den Projektfortschritt zu verfolgen. Im Rahmen dieser Arbeit ist er Auftraggeber von Verbesserungsprojekten zur Steigerung der Pünktlichkeit. Der Projektmanager ist *Green Belt* oder *Black Belt* und damit in der Anwendung von Qualitätstechniken geschult. Ein zertifizierter *Black Belt* (d.h., er hat seine Fähigkeiten in Verbesserungsprojekten nach-

---

[117] Vgl. TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008, MCCARTY u.a. 2005 und PANDE u.a. 2000. Genannt wird das KANO-Modell, welches die Einordnung der VOC in Grund- und Leistungsanforderungen sowie Begeisterungsfaktoren ermöglicht. TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008, S. 53–59 geben eine detaillierte Anleitung, wie die Anforderungen nach dem KANO-Modell eingeordnet werden können. Sie nennen zudem sechs weitere Qualitätstechniken und -methoden zur Priorisierung von Anforderungen (Paarvergleich, Rangordnungsverfahren, Rating, Konstant-Summen-Skala, Regressionsanalyse, Conjoint-Analyse).

[118] Vgl. BROECHELER u. SCHÖNBERGER 2004, S. 63, REHBEHN u. YURDAKUL 2005, S. 107 und TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008, S. 75.

[119] Die Umfeldanalyse ist nach den in Abschnitt 0 entwickelten Definitionen eine Qualitätsmethode, da dort verschiedene Qualitätstechniken wie *Brainstorming*, *Relationendiagramm* und *Bewertungsraster* kombiniert werden.

gewiesen) sollte alle in dieser Arbeit diskutierten Qualitätstechniken anwenden können. Die Aufgabe des Projektmanagers ist die Leitung des Projekts. Er bringt neben den Methodenkenntnissen auch noch die soziale Kompetenz ein, ein Projektteam zu führen und *Stakeholder* einzubinden. Die Projektmitglieder sind *Green Belts* oder *White Belts*. Sie werden vom Projektmanager fachlich für die Zeit des Projekts geführt. Sie bringen das notwendige Prozesswissen in das Projekt ein. Als *White Belts* haben sie nur eine grundlegende Einführung in den Ablauf eines Projektes und die Anwendung von Qualitätstechniken erhalten (vgl. MAGNUSSON u.a. 2004, S. 23 ff., 114, BROECHELER u. SCHÖNBERGER 2004, S. 41 ff.). Zunächst ist es sinnvoll, diese Teamrollen und die dahinter liegende Qualifikation zu übernehmen. Ein Grund dafür ist, dass eine gute Ausbildung und eine entsprechende Praxiserfahrung der Projektmitarbeiter als ein Erfolgsfaktor dargestellt wird.[120] Ein weiterer Hinweis findet sich bei WEIGAND 2005, S. 57, nach dem die genannten Rollen – zumindest formal – ausgewiesen wurden. Bei VEISETH u.a. 2011 wird in den Piloten die Methodenkompetenz über die wissenschaftlichen Mitarbeiter bzw. professionellen Berater sichergestellt. Die Autoren empfehlen dort, sog. „superusers" (VEISETH u.a. 2011, S. 273) auszubilden. Diese Super-user sollen Praktiker der Eisenbahn-Organisationen sein, welche über die Piloten an die Anwendung des Verfahrens herangeführt werden, um dieses später selbstständig anwenden zu können. Im Rahmen der Feldtests wird zu überprüfen sein, ob die entsprechenden Voraussetzungen vorhanden sind bzw. geschaffen werden können.

Abschließend empfehlen MCCARTY u.a. 2005, S. 113, 356 noch, sog. *Quick Wins* (offensichtliche, leicht umzusetzende Maßnahmen) als solche herauszustellen und direkt zu realisieren. Da es sich hier um keine Technik im engeren Sinne handelt, wird diese Empfehlung nicht im Sinne der Technik weitergeführt.

Nach entsprechender Diskussion liegt damit für die Phase *Define* ein Katalog von Qualitätstechniken vor, welche nach Zielen und grundlegenden Prozessschritten strukturiert ist (vgl. Abbildung 4.7; mit detaillierten Quellenangaben in Anlage 6, Tabelle 6.4). Für eine weitere Vertiefung der Phasen bieten einzelne Quellen Übersichten und detaillierte Ablaufdiagramme an. Als Übersichten bieten z.B. WAPPIS u. JUNG 2010, S. 15 einem Projektstrukturplan, TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008, S. 42 ein Drei-Schritt-Modell und ROENPAGE u.a. 2007, S. 29 eine Visualisierung von sechs Teilprozessschritten an. WAPPIS u. JUNG 2010, S. 3 und REHBEHN u. YURDAKUL 2005, S. 98 zeigen eine *Roadmap*. REHBEHN u. YURDAKUL 2005, S. 266 ff. sowie BROECHELER u. SCHÖNBERGER 2004, S. 179 ff. bieten einen detaillierten Ablaufplan, der bei BROECHELER und SCHÖN-

[120] KROSLID u.a. 2003, S. 54 sehen den Vorteil einer Six Sigma-Strategie in der festen Kombination von bereits bekannten Verbesserungswerkzeugen und -methoden mit den Rollen sowie der Aufmerksamkeit der obersten Unternehmensleitung. Sie treffen aber keine Aussagen zu der Wirkung der Rollen in einem reinen Toolbox-Ansatz.

BERGER in genaue Handlungsanweisungen für den Projektmanager und die einzelnen Teamsitzungen heruntergebrochen ist.

Elemente wie Verfahrensschritte und Qualitätstechniken, welche nicht im Rahmen des Verfahrens genutzt werden, sind in den jeweiligen Phasen mit einem gestrichelten Kasten gekennzeichnet. Soweit einem Verfahrensschritt anstatt einer Qualitätstechnik eine Qualitätsmethode zugeordnet ist, wird dies durch eine Anmerkung gekennzeichnet.

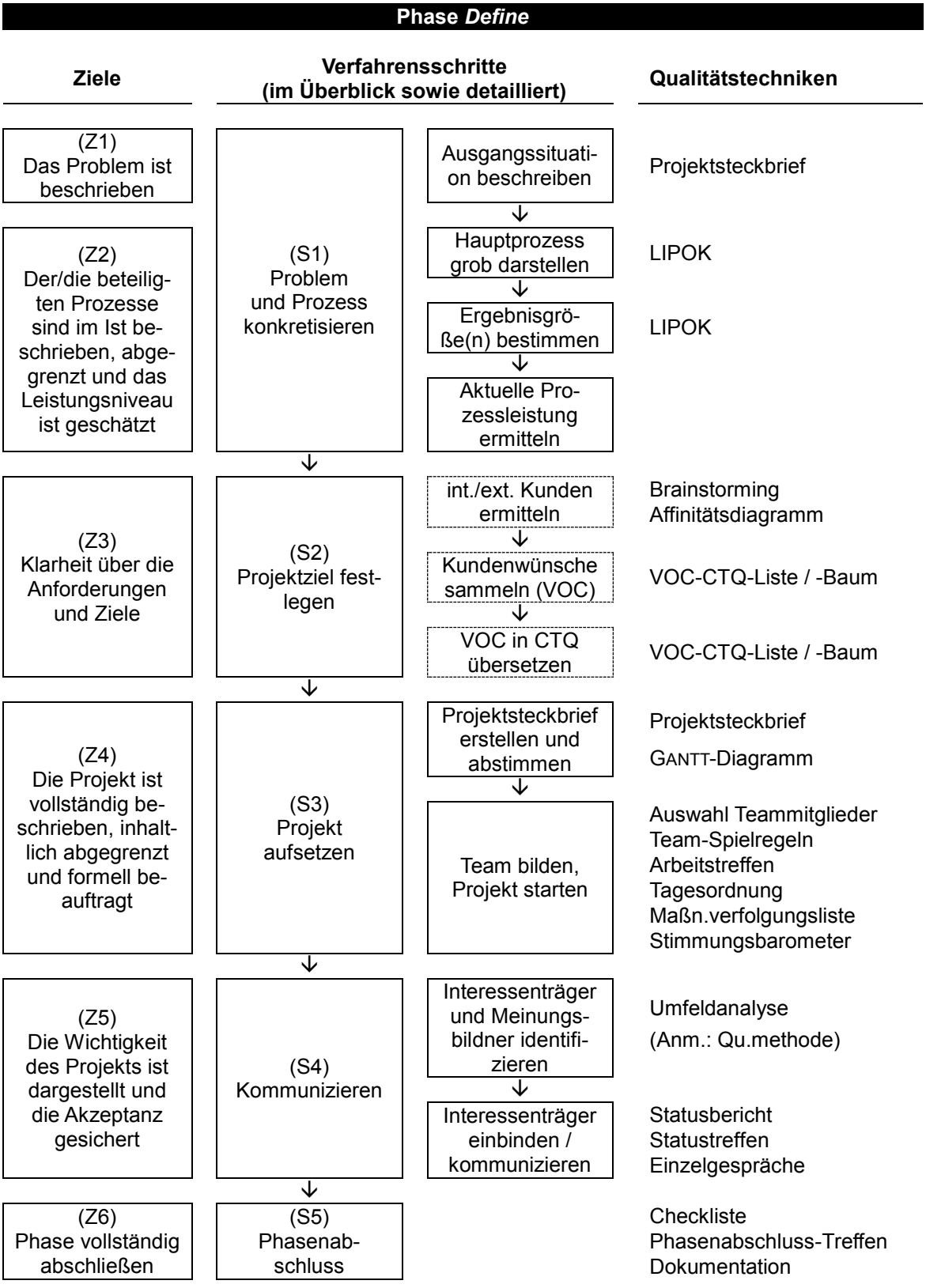


Abbildung 4.7: Katalog von Zielen, grundlegenden Prozessschritten und ausgewählten Qualitätstechniken in der Phase Define

4.5.3 Verfahrensentwicklung: Phase M – *Measure* (Messen)

4.5.3.1 Erfassung, Diskussion und Festlegung der Ziele

Versteht man das R-DMAIC-Verfahren als sequenziell ablaufendes Verfahren mit sechs Phasen, so gibt es bei den neun Quellen wesentliche Unterschiede bei der Abgrenzung der Phase *Measure*. Allen Quellen ist zunächst gemeinsam, dass sie als wesentliches Ziel der Phase *Measure* sehen, dass das Problem sowie das Verbesserungsziel detailliert und bestätigt sind (Ziel 1). Wie in jeder Phase ist der vollständige Abschluss der Phase ein weiteres Ziel (Ziel 2).

4.5.3.2 Erfassung, Diskussion und Festlegung der Prozessschritte

Um das Hauptziel zu erreichen, werden (als wesentliche Teilschritte) zunächst die Datenerfassung geplant (Schritt 1) und bestehende Daten gesammelt und bewertet (Schritt 2). WAPPIS u. JUNG 2010, S. 87, 95 empfehlen die Nutzung bestehender Daten, weisen aber auch auf damit verbundene Probleme hin.[121] Unterschiedlich gehandhabt wird die Frage, ob bereits mögliche Ursachen in der Grundlogik des x-y-Denkmodells gesammelt werden sollen. ROENPAGE u.a. 2007 und TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008 lassen die Phase *Measure* bei der Messung und Aufbereitung der Outputgrößen enden. TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008, S. 77 empfehlen jedoch, bereits bestehende Messpunkte innerhalb des Prozesses zu nutzen. Damit werden auch Prozessgrößen erfasst, aber noch keine Fehlereinflussgrößen. Ein Großteil der anderen Quellen ermittelt in der Messen-Phase bereits gezielt mögliche Einflussfaktoren als Vorbereitung auf die Analyse-Phase (vgl. WAPPIS u. JUNG 2010, S. 92, 94, RATH & STRONG MANAGEMENT CONSULTANTS 2008, S. 29, 34, MCCARTY u.a. 2005, S. 365 f., REHBEHN u. YURDAKUL 2005, S. 106 f., BROECHELER u. SCHÖNBERGER 2004, S. 59 ff., 180 und MAGNUSSON u.a. 2004, S. 117 f.). Diese Arbeit folgt dem oben geschilderten Vorgehen von ROENPAGE u.a. 2007 und TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008, um die Ursachensuche, Ursachenauswahl, Ursachenvertiefung sowie die Ursachenbestätigung in der Phase *Analyze* zu bündeln. In einer darauf folgenden Messsystemanalyse (Schritt 3) wird bestimmt bzw. abgeschätzt, welche Abweichungen aus dem Messsystem selber stammen (vgl. WAPPIS u. JUNG 2010, S. 116 ff., RATH & STRONG MANAGEMENT CONSULTANTS 2008, S. 42 ff., TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008, S. 84 ff., speziell für eine MSA in „Non-Manufacturing Environments“ vgl. MCCARTY u.a. 2005, S. 553 ff.). Gegebenenfalls muss das Messsystem verbessert werden oder eine anderes Messverfahren bzw. eine andere Messmethode

[121] Vorteile, vorhandene Daten zu nutzen, sind ihre schnelle Verfügbarkeit und die geringen Kosten der Beschaffung. Nachteile sind, dass „oft nicht bekannt ist, unter welchen Bedingungen sie erhoben wurden“ und dass „vielfach auch ergänzende Informationen fehlen“ (jew. WAPPIS u. JUNG 2010, S. 95).

gefunden werden (vgl. REHBEHN u. YURDAKUL 2005, S. 114 f.).[122] Schließlich werden die Daten erfasst (Schritt 4) und die Messdaten aufbereitet und analysiert (Schritt 5). In dieser Phase wird der Projektauftrag überprüft und gegebenenfalls angepasst (Schritt 6). Alle Phasen enden mit einem Phasenabschluss (Schritt 7).

4.5.3.3 Erfassung, Diskussion und Festlegung der Qualitätstechniken

Bei der Planung der Datenerfassung reflektiert die Festlegung der Qualitätstechniken die bereits geführte Diskussion zur Erhebung von Kunden(-stimmen). Annahme ist, dass durch die Konzentration des Verfahrens auf die Steigerung der Pünktlichkeit als einzige Kundenanforderung Qualitätstechniken zur Sammlung, Bewertung und Auswahl von Kundenanforderungen entfallen können.[123] Alle Quellen geben an, dass die Datenerfassung mit Hilfe eines Datensammlungsplans geplant wird. Ein solcher Plan vermeidet, insbesondere durch eine präzise operationale Definition, Missverständnisse bei der Erfassung und sichert somit eine hohe Datenqualität. Zur Datenerfassung gehört auch die (bereits diskutierte) Nutzung von bestehenden Daten. Hier kann eine Bewertungsmatrix helfen, die Vor- und Nachteile einer Nutzung zu klären (vgl. ROENPAGE u.a. 2007, S. 58). Die Nutzung von Bestandsdaten zur Pünktlichkeit ist für dieses Verfahren von großer Bedeutung, da typischerweise die Betriebsdatenerfassung des Netzbetreibers eine große Zahl an Daten erzeugt.

Bei der Messsystemanalyse werden auf der Ebene der Qualitätstechniken sechs Kriterien zur Messpräzision − Granularität/Auflösung, Genauigkeit, Wiederholbarkeit, Reproduzierbarkeit, Linearität und zeitliche Stabilität − untersucht. WAPPIS u. JUNG 2010, S. 124 und REHBEHN u. YURDAKUL 2005, S. 114 zeigen einen Ablaufplan für eine Messsystemanalyse. Die Datenart, stetig oder diskret, bestimmt die geeignete Qualitätstechnik. Bei diskreten Daten können Genauigkeit, Wiederholbarkeit und Reproduzierbarkeit mit einer sogenannten *Gage R&R* getestet werden. Bei stetigen Daten kann die

---

[122] Klarheit bei der Verwendung von Begriffen gibt die Norm DIN 1319-1:1995 zu Grundlagen der Messtechnik, in der zwischen Messgröße, Messprinzip, Messmethode und Messverfahren unterschieden wird. Die Messgröße ist die „Größe, der die Messung gilt"(Norm DIN 1319-1:1995, S. 2). Die Messgröße wird in einem Messverfahren erhoben. Das Messverfahren beruht auf einem Messprinzip und einer Messmethode (vgl. ebd. S. 7). Das Messprinzip ist die „physikalische Grundlage der Messung" (ebd.), die Messmethode ist die „vom Messprinzip [..] unabhängige Art des Vorgehens bei der Messung" (ebd.). In dem Beispiel von ROENPAGE u.a. 2007 (Lackdicke) sind verschiedene Messverfahren wie Ultraschall-, Wirbelstrom- oder Wärmebildprüfung denkbar, die auf verschiedenen physikalischen Prinzipien (z.B. Induktionswirkung eines Magnetfeldes) beruhen und durch unterschiedliche Methoden (z.B. Differenzmessung der Wirbelstromdichte) ein Messergebnis erzeugen.

[123] Sollten diese Teilschritte notwendig sein, so kann für die Festlegung der Messgrößen je CTQ eine Messgrößenmatrix eingesetzt werden (vgl. ROENPAGE u.a. 2007, S. 52 f.), die eine hohe Analogie zum *House of Quality* (HoQ) des *Quality Function Deployment* (QFD) aufweist (vgl. KAMISKE u. BRAUER 2008, S. 263 ff., TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008, S. 74 ff., ZOLLONDZ 2006, S. 163 ff.). Zudem ist es denkbar, dass die VOC-CTQ-Liste aus der Phase *Define* um weitere Spalten ergänzt wird.

Genauigkeit durch eine *Gage Linearity and Bias Study* (WAPPIS u. JUNG 2010, S. 127) bestimmt werden. Die Genauigkeit und die Präzision bezüglich Wiederholbarkeit kann durch ein *Verfahren 1* bestimmt werden (vgl. WAPPIS u. JUNG 2010, S. 128 ff.), die Präzision bezüglich Wiederholbarkeit und Reproduzierbarkeit durch ein *Verfahren 2*[124] (vgl. WAPPIS u. JUNG 2010, S. 133 ff., ROENPAGE u.a. 2007, S. 72 f.). Die Prüfung der Präzision bezüglich der Linearität beschreiben WAPPIS u. JUNG 2010, S. 131. Die Prüfung der Stabilität kann durch eine Wiederholung der MSA erfolgen (vgl. WAPPIS u. JUNG 2010, S. 143). Alle genannten Verfahren werden hier als Qualitätstechniken eingeordnet, da die praktische Umsetzung heute in den allermeisten Fällen mittels spezieller Software durchgeführt werden wird. Dies entspricht eher einer Kombination von Tätigkeiten und Gegenständen (und damit einer Qualitätstechnik) als einer Kombination eigenständiger Qualitätstechniken (dies wäre eine Qualitätsmethode).

Für das zu entwickelnde Verfahren sind aufgrund des Untersuchungsobjektes nicht alle Tests möglich. Der Test auf Wiederholbarkeit ist, was Zugfahrten betrifft, nicht oder nur sehr bedingt möglich. Als Dienstleistung mit Integration der Fahrgäste als externem Faktor sind Wiederholmessungen zur Pünktlichkeit nur unter experimentellen Bedingungen möglich, nicht aber in realer Produktionsumgebung. In realer Produktionsumgebung ändern sich typischerweise mit jeder Fahrt die Anzahl der Fahrgäste, die vorhergehenden und folgenden Zugfahrten, das Bedienpersonal des Zuges, der Stellwerke, usw. Dementsprechend ist die Genauigkeit in der Definition „Differenz zwischen gemessenem Mittelwert und einem Standard“ (ROENPAGE u.a. 2007, S. 67) nicht errechenbar, da kein Mittelwert vorliegt. Hier muss dann auf einen Einzelwert abgestellt werden. Aus gleichem Grund kann die zeitliche Stabilität nicht an einem Untersuchungsobjekt ermittelt werden. Bei automatischer Betriebsdatenerfassung ist ein Test auf Reproduzierbarkeit nicht möglich, da die Erfassung einmalig automatisiert erfolgt.

Für die eigentliche Datenerfassung werden in allen Quellen Datenerfassungsformulare (z.B. als Fehlersammelkarte/Strichliste, Konzentrationsdiagramm oder Fragebogen) genannt, welche für das Verfahren alle prinzipiell geeignet sind.[125] Nach der Durchführung der Datenerfassung kann die zeitliche Stabilität mit Hilfe von Qualitätsregelkarten geprüft werden (vgl. z.B. BROECHELER u. SCHÖNBERGER 2004, S. 83 ff.). Für die Aufbereitung der Messdaten nennen alle Quellen Diagramme (Balken-, Stab-, Torten-, Pareto-, Zeitverlaufs-, Punktdiagramme, Histogramme, Streudiagramm/Korrelationsdiagramme oder Box Plots) sowie eine Reihe von statistischen Kennzahlen (Gesamtanzahl, Minimum, Maximum, arithmetisches Mittel, Median, Modalwert, Varianz, Stan-

[124] Das Verfahren 3 wird unter Verfahren 2 subsummiert, da es dem Verfahren 2 ohne Bedienereinfluss entspricht (vgl. WAPPIS u. JUNG 2010, S. 143).

[125] Die jeweilige Fragestellung bestimmt dann das passende Datenerfassungsformular.

dardabweichung, Spannweite, Perzentilabstand). Bestimmte Kennzahlen sollen gleiche Sachverhalte abbilden. Das arithmetische Mittel, der Median und der Modalwert werden häufig genutzt, um Aussagen zur Fähigkeit von Prozessen zu treffen. Varianz bzw. Standardabweichung sowie Spannweite oder Perzentilabstand sollen die Streuung eines Prozesses abbilden und damit Aussagen zur Prozessbeherrschung möglich machen (vgl. exemplarisch ROENPAGE u.a. 2007, S. 75 ff. zum Verständnis von Variation). Werden die Diagramme und Kennzahlen als Qualitätstechnik verstanden, so sind sie alle für das Verfahren nutzbar. Die Kenntnis der Verteilungsform ist für die Errechnung von Kennzahlen zur Prozessleistungsfähigkeit wichtig (geprüft wird insbesondere, ob die Streuung normalverteilt ist). Häufig wird daher der Test auf Normalverteilung genannt. Da bei Verspätungen zeitabhängige nicht-normalverteilte Werte zu erwarten sind, zeigt die Norm DIN ISO 21747:2007 alternative Wege, die Prozessleistung und die Prozessfähigkeit zu berechnen.[126] Als Kennzahlen zur Prozessleistungsfähigkeit werden Fehleranteile,[127] Ausbeute,[128] Kurzfrist-Kennzahlen C_p bzw. C_{pk} (langfristig: P_p, P_{pk}), Prozess-Sigma[129] oder Perzentilabstand (vgl. ROENPAGE u.a. 2007, S. 105) genutzt. MCCARTY u.a. 2005 und PANDE u.a. 2000, S. 231 weisen noch die *Cost of Poor Quality* (COPQ) als monetäre Größe aus. Die Techniken zum Projektmanagement, wie in der Phase *Define* beschrieben, gelten für alle weiteren Phasen und werden daher nicht mehr detailliert aufgeführt. Das Gleiche gilt für den vollständigen Phasenabschluss. Das Ergebnis der Auswahl lässt sich in den folgenden zwei Abbildungen darstellen. Die Quellenangaben für die dort aufgeführten bzw. die oben diskutierten Qualitätstechniken finden sich in Anlage 6 in Tabelle 6.5.

126 Beschrieben in WAPPIS u. JUNG 2010, S. 163–172.

127 Die Fehleranteile werden als Fehler pro Einheiten (Defects Per Unit, DPU; gleich dem Fehleranteil in %), Defects Per Million Units (DPMU), Defects Per Opportunities (DPO) oder Defects Per Million Opp. (DPMO) ausgedrückt.

128 Bei der Ausbeute drückt der First Pass Yield (FPY) die Ausbeute ohne Nacharbeit, der Final Yield (FY) die Ausbeute mit Nacharbeit und der Rolled Throughput Yield (RTY) die Gesamtausbeute innerhalb einer Prozesskette aus.

129 Ein Prozess-Sigma kann über den C_{pk}-Wert, die Ausbeute, den DPMO ermittelt werden (vgl. ROENPAGE u.a. 2007, S. 110 ff.).

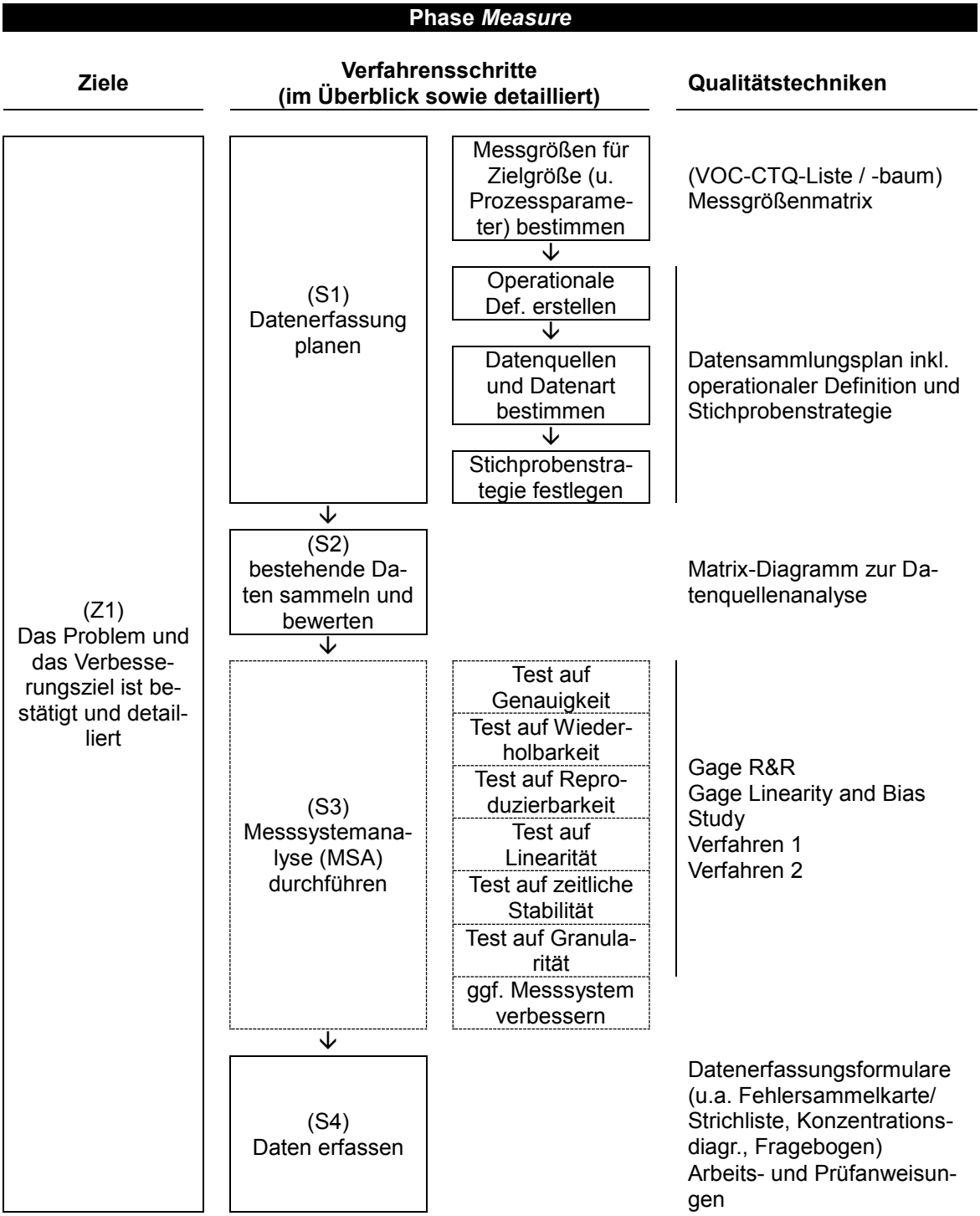


Abbildung 4.8: Katalog von Zielen, grundlegenden Prozessschritten und ausgewählten Qualitätstechniken in der Phase Measure *– Teil 1*

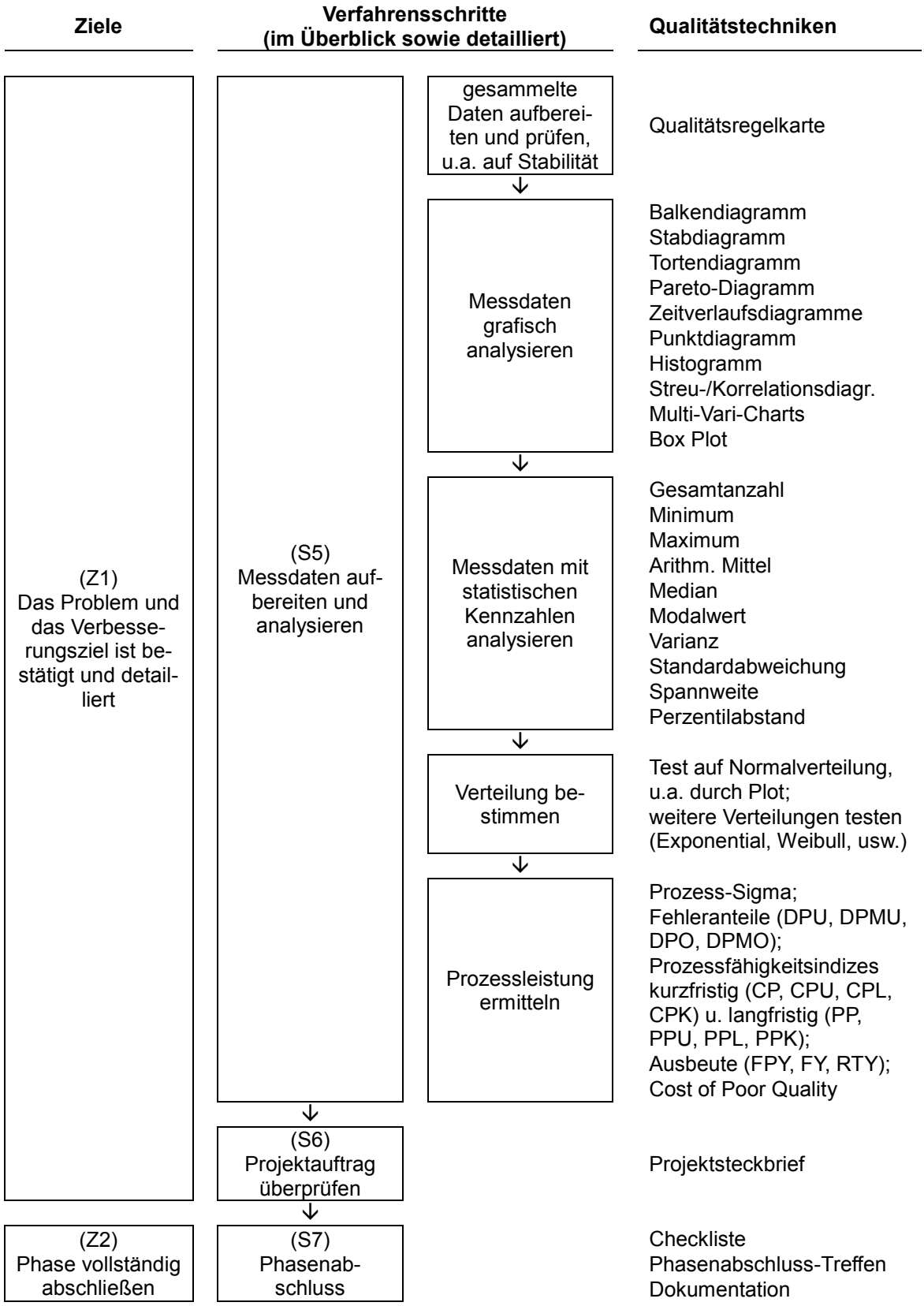


Abbildung 4.9: Katalog von Zielen, grundlegenden Prozessschritten und ausgewählten Qualitätstechniken in der Phase Measure *– Teil 2*

4.5.4 Verfahrensentwicklung: Phase A – *Analyze* (Analysieren)

4.5.4.1 Erfassung, Diskussion und Festlegung der Ziele

Alle untersuchten Quellen sind sich sehr ähnlich in der Formulierung der Ziele für die Analyse-Phase. Je nach Abgrenzung zur Messen-Phase wird als Ziel genannt, dass *mögliche* Ursachen gesammelt sind (Ziel 1), also Ursachenhypothesen aufgestellt sind. Diese Hypothesen sollen dann so eingehend untersucht worden sein, dass sie für Dritte nachvollziehbar, als wahrscheinlich angesehen oder verworfen (falsifiziert) werden können.[130] Zudem wird als Ziel gesetzt, dass die Stärke des Einflusses bestimmt ist und damit auch Kernursachen benannt werden können (Ziel 2). MAGNUSSON u.a. 2004, S. 41 fordern noch die Formulierung von Verbesserungszielen (Ziel 3) (vgl. dazu auch TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008, S. 209 f.). Durchgängiges Ziel ist der vollständige Abschluss der Phase (Ziel 4) (vgl. für die Formulierung der Ziele WAPPIS u. JUNG 2010, S. 3, TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008, S. 124, RATH & STRONG MANAGEMENT CONSULTANTS 2008, S. 8, ROENPAGE u.a. 2007, S. 12, 116, REHBEHN u. YURDAKUL 2005, S. 134, MCCARTY u.a. 2005, S. 393, MAGNUSSON u.a. 2004, S. 41, 110, 122 f., BROECHELER u. SCHÖNBERGER 2004, S. 20, PANDE u.a. 2000, S. 256 f.).

4.5.4.2 Erfassung, Diskussion und Festlegung der Prozessschritte

Bezüglich der wesentlichen Prozessschritte bleiben die meisten Quellen bei einem linearen Ablauf, der sich weitestgehend ähnelt und den genannten Zielen folgt. Die Vertiefung erfolgt nach der Hypothesenbildung (Schritt 1) über eine Datenanalyse sowie über eine Prozessanalyse (vgl. TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008, S. 124, PANDE u.a. 2000, S. 256 sowie die im Folgenden genannten Quellen) (Schritt 2). Die Datenanalyse arbeitet nach der Grundlogik der Datenschichtung,[131] um spezielle Ursachen zu finden bzw. die Annahmen zu prüfen. Unterschiede gibt es lediglich in der Frage, ob die Prozess- sowie die Datenanalyse hintereinander (vgl. z.B. ROENPAGE u.a. 2007, S. 102, REHBEHN u. YURDAKUL 2005, S. 266 f.) oder parallel (vgl. z.B. BROECHELER u. SCHÖNBERGER 2004, S. 105) verlaufen sollen. Für das zu entwickelnde Verfahren bietet sich ein iteratives Verfahren an. Da der Produktionsprozess (die Zugfahrt) nicht an einem Ort statt-

---

130 Über die theoretische Unmöglichkeit, eine Hypothese zu verifizieren, siehe Unterabschnitt 6.2.5.2.

131 TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008, S. 126 ff. nutzen zwei Begriffe, *Segmentierung* und *Schichtung*. Die Daten werden demnach segmentiert, indem die Daten nach bestimmten inhärenten Merkmalen (welche miterhoben oder später zugeordnet wurden) getrennt betrachtet werden. Ergeben sich bezüglich des Einflusses auf die Outputmessgröße Unterschiede, so sollen die Daten getrennt weiterverarbeitet werden; dies sei eine Schichtung. ROENPAGE u.a. 2007, S. 149 f. und WAPPIS u. JUNG 2010, S. 113 f. nutzen für das gleiche Vorgehen nur den Begriff *Datenschichtung* (auch: Stratifikation; vgl. PANDE u.a. 2000, S. 211). Aus Gründen der Einfachheit wird in dieser Arbeit auch nur der Begriff *Datenschichtung* genutzt. Geht es um die getrennte Weiterverarbeitung, so bietet sich der Begriff „Datenzerlegung“ (WAPPIS u. JUNG 2010, S. 115) an.

findet, bietet sich als Beginn eine Datenanalyse an, um Verspätungsschwerpunkte mittels Datenschichtung zu ermitteln. Können Verspätungsschwerpunkte ermittelt werden, so ist eine Prozessbeobachtung möglich. Denkbare Prozessbeobachtungen sind z.B. der Halte- und Abfertigungsvorgang aller Züge einer Linie an einem Gleis eines Bahnhofs oder die Zugfahrt eines sog. Flop-Zuges in Form von wiederholten Führerstandsmitfahrten. Die Prozess- und die Datenanalyse wirken hier nicht nur vertiefend, sondern können auch entdeckend wirken, also Hinweise auf weitere Ursachen liefern.

Unklar in den Quellen ist die Einordnung der Hypothesenbildung in den Ablauf. Bei einem Großteil der Quellen werden bereits Hypothesen zu Beginn der Messen-Phase aufgestellt (vgl. obigen Abschnitt 4.5.3.1). Bei ROENPAGE u.a. 2007, S. 117 wird die Hypothesenbildung über mögliche Ursachen an den Anfang der Analyse-Phase gestellt. Bei PANDE u.a. 2000, S. 256 erfolgt die Hypothesenbildung in der Analyse-Phase erst nach der Prozess- und Datenanalyse. Im Rahmen dieser Arbeit soll die Hypothesenbildung bei einem linearen Ablauf am Anfang der Phase stattfinden (wie bei ROENPAGE u.a. 2007, S. 117 beschrieben). Ein Vorteil dieser Festlegung ist die Konsistenz zu allen Quellen, welche die Hypothesenbildung bereits in die Messen-Phase gelegt haben − die Reihenfolge bleibt somit ähnlich, nur die Zuordnung zu der Phase ändert sich. Ein weiterer Vorteil ist die höhere Effizienz. Durch eine frühe Hypothesenbildung in der Analyse-Phase können die Ressourcen für die Prozess- und Datenanalyse gezielt eingesetzt werden. Auf Basis der Hypothesen, die letztlich den Zusammenhang zwischen den Einflussgrößen und den Outputmessgrößen beschreiben, werden die Haupteinflussgrößen auf den Prozess mit den Daten bestätigt und die Stärke der Ursachenwirkung auf den Output abgeschätzt (noch Schritt 2) (vgl. WAPPIS u. JUNG 2010, S. 261, TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008, S. 210, RATH & STRONG MANAGEMENT CONSULTANTS 2008, S. 134, ROENPAGE u.a. 2007, S. 12, 116, REHBEHN u. YURDAKUL 2005, S. 134, MCCARTY u.a. 2005, S. 393, 425, MAGNUSSON u.a. 2004, S. 41, 110, 122 f., BROECHELER u. SCHÖNBERGER 2004, S. 144 ff., PANDE u.a. 2000, S. 256 f.). Sind die Haupteinflussgrößen (Kernursachen) bekannt, so können gegebenenfalls Verbesserungsziele vereinbart werden (Schritt 3) (vgl. MAGNUSSON u.a. 2004, S. 41). Eine monetäre Bewertung ist ebenfalls möglich (vgl. TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008, S. 209 f.).

4.5.4.3 Erfassung, Diskussion und Festlegung der Qualitätstechniken

Um zu Beginn die Hypothesen zu bilden, werden Brainstorming, Affinitätsdiagramm, Ursache-Wirkungs-Diagramm, 5-mal-Warum und Auspunkten als Qualitätstechniken aufgeführt. Als Qualitätsmethode wird zudem die Fehlermöglichkeiten- und -einflussanalyse (FMEA) genannt. Ein Ursachenbaum als Baumdiagramm hilft, eine Übersicht über alle betrachteten Einflussgrößen zu behalten. Eine für das Verfahren

zentrale Technik ist das Differenzverspätungsdiagramm. Diese speziell für dieses Verfahren entwickelte Technik erlaubt es, die Entstehung von Verspätungen auf relativ einfache Weise zu visualisieren. Mit dieser Visualisierung werden erste, räumlich definierte Verspätungsschwerpunkte sichtbar. Durch weitere Qualitätstechniken der Datenanalyse können diese detailliert werden. Für grafische Analysen werden als Qualitätstechniken ein PARETO-Diagramm, ein *Dot Plot*, ein einfaches und geschichtetes Histogramm, ein einfaches und geschichtetes Streudiagramm, ein *Matrix Plot*, ein Portfolio-Diagramm, ein Zeitverlaufsdiagramm und ein *Box-Plot*-Diagramm genannt. Ein erster Abgleich zwischen den Verspätungsschwerpunkten und den aufgestellten Hypothesen ist möglich. Sind Schwerpunkte ausgewählt, so kann der jeweils zu untersuchende Ist-Prozess, ausgehend von einem LIPOK, durch entsprechend geeignete Flussdiagramme detailliert werden. Detaillierte Flussdiagramme können z.B. Prozess-Funktions-Diagramme, Flussdiagramme mit Kundenkontaktpunkten, mit Angaben zur Wertschöpfung oder Prozess- und Wartezeiten oder Mischungen daraus sein.[132] In einer Prozesskostenmatrix können die aktuellen Kosten des Ist-Prozesses erfasst werden. Ein Relationendiagramm hilft, Zusammenhänge zu erfassen. Die Erwartung ist, dass durch diese Prozessanalyse Einflussgrößen erkannt werden. Im Rahmen der Datenanalyse werden dann wiederum Daten erhoben (hierzu siehe die Ausführungen in der Phase *Measure*)[133] und auf unterschiedliche Weise (grafisch und mit Kennzahlen) ausgewertet.

Nach der Daten- und der Prozessanalyse können die bereits bestehenden Hypothesen überprüft werden und potenziell entscheidende Einflussgrößen festgelegt werden. Da die Daten- und die Prozessanalyse auch entdeckend wirken können, kann der Wunsch bestehen, mit den neu gewonnenen Erkenntnissen die Hypothesen zu den Haupteinflussgrößen zu überarbeiten, neu zu formulieren oder zu vertiefen. Um die Haupteinflussgrößen auf den Prozess mit den Daten bestätigen zu können, kann es notwendig sein, die Form der Verteilung zu kennen. Hier bieten sich verschiedene Tests auf Verteilungsformen, z.B. auf Normal-, WEIBULL-, Exponential-, Chi-Quadrat-, F-, STUDENT-, t-, POISSON- oder Binominalverteilung, an. Für den Test auf die wichtige Normalverteilung werden der Normalverteilungsplot oder der ANDERSON-DARLING-Test genannt. Über eine Box-Cox-Transformation können Daten gegebenenfalls in eine Normalverteilung überführt werden, sodass z.B. Kennziffern für die Prozessleistungfähigkeit richtig berechnet werden können. Statistische (Hypothesen-)Tests, z.B. t-Test, F-Test, ANOVA oder ANOM, können dann Hypothesen auf einem bestimmten Signifikanzniveau testen.

---

[132] Weiter werden allgemeine Analysen ohne konkrete Nennung von Abläufen und Qualitätstechniken genannt, z.B. Kostenanalyse, Durchlaufzeitanalyse, Qualitätsanalyse, Informationsflussanalyse und Leistungsanalyse (vgl. WAPPIS u. JUNG 2010, S. 188 f.).

[133] Über den grundsätzlichen Zusammenhang insb. zwischen den Phasen *Measure* und *Analyse* siehe Unterabschnitt 6.2.5.2

Zusammenhänge von zwei Größen können über ein Streudiagramm visualisiert werden und mit einer Geraden (bei einem unterstellten linearen Zusammenhang)[134] geschätzt werden. Die Stärke des Zusammenhangs kann über einen Korrelationskoeffizienten ausgedrückt werden und damit auch eine erste Aussage über die Stärke des Zusammenhangs zwischen den zwei untersuchten Größen getroffen werden. Die Methode der Regressionsanalyse hilft dann, einen im Sinne einer Arbeitshypothese belastbaren kausalen Zusammenhang zu formulieren.[135]

Durch *SHAININ-Tools* (z.B. Komponententausch, Variablenvergleich, Multi-Vari-Charts, Haupteffekten-Diagramm)[136] oder eine statistische Versuchsplanung (SVP) (z.B. Probiermethode (*trial and error*), vollfaktorieller Versuchsplan, teilfaktorieller Versuchsplan, *Response Surface Methodology*) [137] können ebenso Annahmen überprüft (verworfen, verändert oder bestätigt) werden und dann die Stärke des Einflusses der Kernursache(n) bestimmt werden. Beide Methoden bestehen aus einer Abfolge von Qualitätstechniken, die zumeist mit der Bestätigung einer Kernursache auch zugleich Hinweise über die Stärke des Einflusses geben. Für das zu entwickelnde Verfahren der Steigerung der Pünktlichkeit im deutschen SPNV ist allerdings zu hinterfragen, inwieweit der Einsatz beider Methoden effizient möglich ist. Schwierigkeiten sind zum einen durch den Charakter der Dienstleistung gegeben (durch die Immaterialität, den Ortswechsel sowie die Einbeziehung von Endkunden bedingt), zum anderen sind bestimmte Elemente wie die betriebliche Disposition nicht in der alleinigen Einflusssphäre des Eisenbahnverkehrsunternehmens (vgl. auch SIEFER 2008, S. 155 zu den Möglichkeiten von Experimenten im Eisenbahnverkehr). Die beiden genannten Gruppen von Qualitätstechniken werden daher zunächst nicht in das Verfahren aufgenommen.[138] Eine Möglichkeit, mit dem besonderen Charakter der Zugfahrt als Dienstleistung umzugehen, ist der Einsatz einer Prozesssimulation. Hier steht mittlerweile neben allgemeiner Simulationssoftware auch auf Zugfahrt spezialisierte Software zur Verfügung (vgl. dazu Abschnitt 2.4.2.2).

Sind die Kernursachen als Arbeitshypothese bestätigt und in ihrem Einfluss auf die Outputmessgröße(n) bestimmt, so können Verbesserungsziele festgelegt werden. Eine Kontroll-Einfluss-Matrix als Portfoliodiagramm hilft zu erkennen, welche Größen so-

---

134 Weitere Zusammenhänge sind möglich, z.B. ein exponentieller, ein logarithmischer oder ein polynomischer Zusammenhang.

135 Ein Beispiel geben REHBEHN u. YURDAKUL 2005, S. 156 ff. sowie MAGNUSSON u.a. 2004, S. 265 ff.Vertiefend vgl. BACKHAUS u.a. 2011, S. 56 ff. und URBAN u. MAYERL 2011.

136 Vgl. WAPPIS u. JUNG 2010, S. 228 ff. KAMISKE u. BRAUER 2008, S. 382 ff. geben ergänzend eine gute Übersicht, BHOTE 1988 eine detaillierte Beschreibung.

137 Der englische Begriff *Design of Experiments* (DoE) wird ebenfalls verwendet. Für eine detaillierte Beschreibung vgl. KAMISKE u. BRAUER 2008, S. 375 ff. (als Einstieg) sowie KLEPPMANN 2011.

138 Auch dies ist als Hypothese zu verstehen, die im Rahmen von Feldtests als nicht zweckmäßig widerlegt werden kann.

wohl einen hohen Einfluss haben als auch durch das Verbesserungsteam beeinflussbar sind. Die grobe Kalkulation des Projektnutzens hilft zu verstehen, ob es wirtschaftlich sinnvoll ist, das Projekt weiterzuführen. Eine Analyse-Abschlussmatrix kann alle genannten Aspekte zusammenführen. Das Ergebnis der Auswahl ist in folgender Abbildung zusammengefasst (detaillierte Quellennachweise in Anlage 6, Tabelle 6.6):

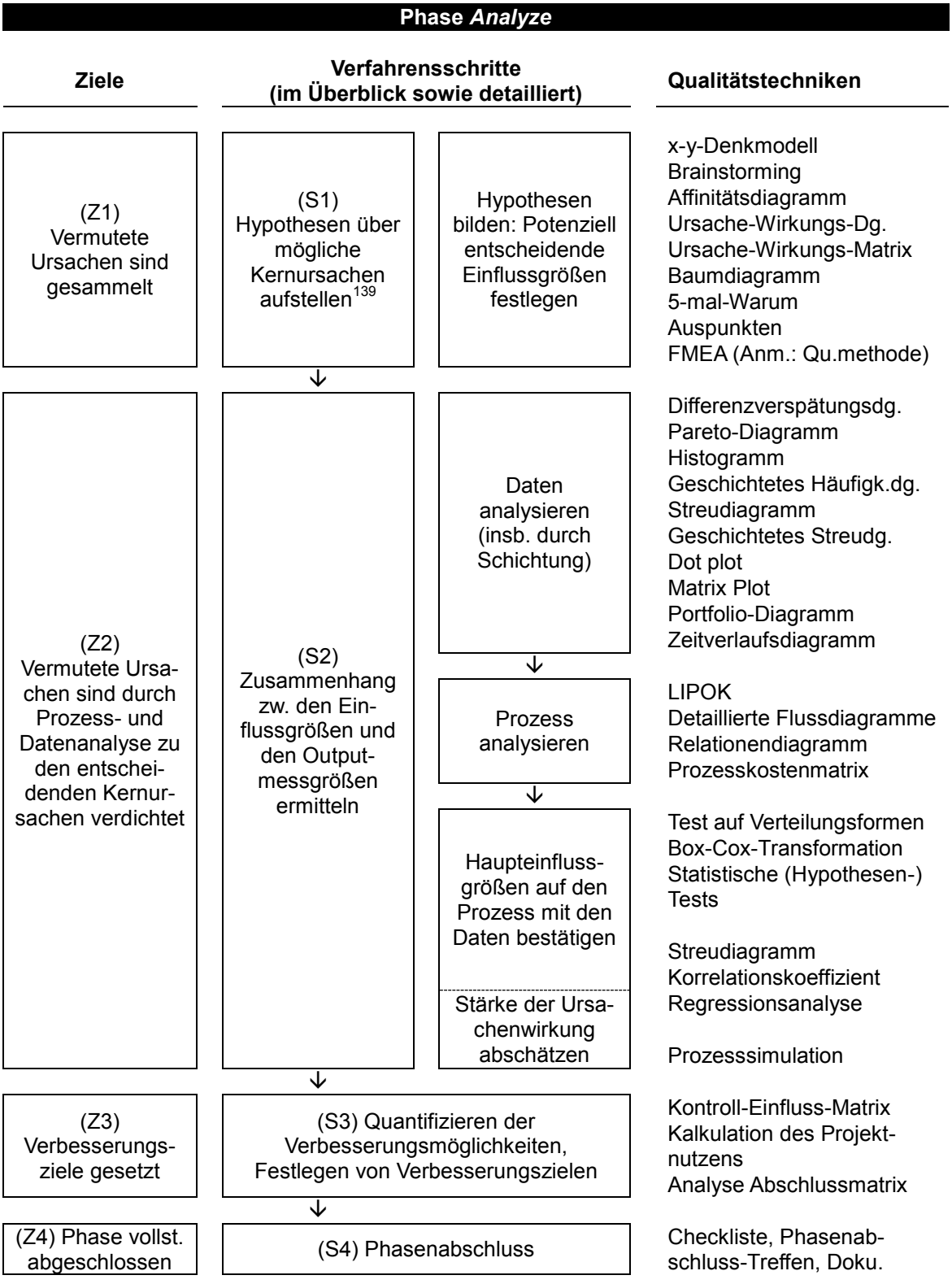


Abbildung 4.10: Katalog von Zielen, grundlegenden Prozessschritten und ausgewählten Qualitätstechniken in der Phase Analyze

[139] Auf Basis der Ergebnisse der Messen-Phase.

4.5.5 Verfahrensentwicklung: Phase I – *Improve* (Verbessern)

4.5.5.1 Erfassung, Diskussion und Festlegung der Ziele

Die zwei Hauptziele der Phase *Improve* sind, dass eine wirkungsvolle Lösung auf der Basis von Kernursachen gefunden ist (Ziel 1) und dass diese Lösung eingeführt ist (Ziel 2). Das erste Hauptziel lässt sich in mehrere Teilziele unterteilen. Teilziele sind, dass erstens Lösungsmöglichkeiten systematisch erarbeitet sind, dass zweitens die Alternativen bewertet und ausgewählt sind und dass drittens die Wirksamkeit für die ausgewählte Lösung nachgewiesen ist. Die Einführung (Implementierung) der Lösung und die Standardisierung werden je nach Quelle noch in der Phase *Improve* (vgl. RATH & STRONG MANAGEMENT CONSULTANTS 2008, S. 143 ff., MAGNUSSON u.a. 2004, S. 138, PANDE u.a. 2000, S. 281 f.) oder in der nachfolgenden Phase *Control* (vgl. WAPPIS u. JUNG 2010, S. 286, 288 f., MCCARTY u.a. 2005, S. 457) gesehen.[140] TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008, S. 288 sehen als einzige Quelle die Implementierung völlig außerhalb des DMAIC-Projektes.[141] In dieser Arbeit soll die Phase *Improve* die Planung der Implementierung und die eigentliche Implementierung der ausgewählten Lösung (wie bei der Mehrheit der Quellen) beinhalten. Die Zuordnung der Implementierung zur Phase *Improve* erfolgt, um die eigentliche Steuerung in der Phase *Control* (engl.: steuern) zu betonen und nicht mit der Einführung zu vermischen. Dies schließt ein Nachsteuern nicht aus, z.B. in Form weiterer Qualifizierungen oder Anpassungen von Verfahrensanweisungen. Aus dieser Festlegung leitet sich das Ziel ab, die ausgewählte Lösung einzuführen, mit den Teilzielen, die Lösung abzusichern, die Implementierung zu planen, Akzeptanz für die ausgewählte Lösung zu schaffen sowie die Mitarbeiter zu befähigen, die Lösung umzusetzen.

4.5.5.2 Erfassung, Diskussion und Festlegung der grundlegenden Prozessschritte

Aus den genannten Zielen leiten sich folgende Prozessschritte ab: Zunächst werden die Lösungsalternativen auf Basis der in der Analyse-Phase identifizierten Kernursache(n) entwickelt (Schritt 1). Die Lösungsalternativen werden dann durch eine nachvollziehbare Bewertung ausgewählt (Schritt 2). Die ausgewählte Lösungsalternative kann daraufhin experimentell oder in einem Pilotprojekt getestet werden, um die Wirksamkeit

---

[140] Bei BROECHELER u. SCHÖNBERGER 2004 wird der Zeitpunkt der vollumfänglichen Implementierung eines verbesserten Prozesses nicht genannt. Aus den Beschreibungen lässt sich schlussfolgern, dass die Implementierung zwischen den beiden Phasen *Improve* und *Control* stattfindet (vgl. insb. BROECHELER u. SCHÖNBERGER 2004, S. 174). Gleiches gilt für ROENPAGE u.a. 2007, S. 265 ff. und REHBEHN u. YURDAKUL 2005, S. 196, 200.

[141] „Ein DMAIC-Projekt hat zum Ziel, eine Lösung zu entwickeln, die das bestehende Problem am besten löst. Die Implementierung der Lösung ist generell kein fester Bestandteil des Six-Sigma-Projektes, sondern Aufgabe eines sich – falls erforderlich – anschließenden Implementierungsprojektes." (TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008, S. 288)

nachzuweisen (Schritt 3).[142] Die ausgewählte Lösungsalternative kann zudem auf Risiken untersucht und durch vorbeugende Maßnahmen abgesichert werden (Schritt 4). Die Risikoanalyse kann dabei Teil der Bewertung sein oder eigenständig ausgeführt werden. Auf Basis der Erkenntnisse des Tests wird die Lösung gegebenenfalls noch einmal angepasst (und im Extremfall verworfen). Ist die Wirksamkeit belegt (hier werden Techniken aus der Messen- und Analyse-Phase genutzt) und die Zustimmung der Führung erteilt (vgl. MCCARTY u.a. 2005, S. 429), wird ein Implementierungsplan entwickelt, welcher die Maßnahmen zur Einführung und dauerhaften Umsetzung der Lösung beschreibt (Schritt 5). Insbesondere Kommunikationsmaßnahmen sorgen für Akzeptanz (Schritt 6). Schließlich erfolgt die Befähigung der Mitarbeiter (Schritt 7) mit der entsprechenden Implementierung der ausgewählten Lösung (Schritt 8) (vgl. für den obigen Abschnitt WAPPIS u. JUNG 2010, S. 2 f., 262, TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008, S. 212 f., RATH & STRONG MANAGEMENT CONSULTANTS 2008, S. 8, 135 ff., ROENPAGE u.a. 2007, S. 196 f., REHBEHN u. YURDAKUL 2005, S. 98, 194 ff., MCCARTY u.a. 2005, S. 429 ff., MAGNUSSON u.a. 2004, S. 41 f., 110, 137 f., BROECHELER u. SCHÖNBERGER 2004, S. 20, 149 f., PANDE u.a. 2000, S. 276).

Für das zu entwickelnde Verfahren sind die genannten Teilschritte 1 und 2 sowie 4 bis 8 uneingeschränkt anwendbar. Der experimentelle Nachweis der Wirksamkeit (Schritt 3) ist aufgrund des Gutscharakters von Zugfahrten (SPNV als Dienstleistung, vgl. Abschnitt 2.1.2) schwierig bis praktisch unmöglich (wie schon in der Phase *Analyse* diskutiert, vgl. Abschnitt 4.5.4.3). Daher wird der Schritt des Vorab-Nachweises der Wirksamkeit fakultativ angelegt.

4.5.5.3 Erfassung, Diskussion und Festlegung der Qualitätstechniken

BROECHELER u. SCHÖNBERGER 2004, S. 164 weisen darauf hin, dass die Bandbreite und der Umfang der möglichen Lösungen so groß ist, dass keine allgemein gültigen Empfehlungen für die Entwicklung, Umsetzung (Phase *Improve*) und Steuerung (Phase *Control*) mehr gegeben werden können. Diesem Hinweis folgend, ist die Auswahl der hier dargestellten Techniken fakultativ zu verstehen und schließt die Anwendung weiterer Techniken nicht aus. WAPPIS u. JUNG 2010, S. 263 ff. geben eine gute Detailstrukturierung für die Entwicklung von Lösungen (Schritt 1). Sie unterscheiden zwischen vier Möglichkeiten:

1. Lösungen direkt ableiten
2. Lösungen mittels Kreativitätstechnik finden

[142] Der Pilotversuch wird später als Qualitätstechnik aufgeführt, ist aber eher als spezielles Vorgehen zu verstehen, welches fallspezifisch ist.

3. Lösungen mittels Statistischer Versuchsplanung finden
4. Lösungen über Fehlhandlungsvermeidung finden

In diese Struktur können die Techniken aller neun Quellen gut eingeordnet werden. Als direkt abgeleitete Lösungen können z.B. Reparaturen oder der Austausch von defekten Teilen gelten. Hier sind keine besonderen Qualitätstechniken notwendig. Um Lösungen mittels Kreativitätstechnik zu finden, stehen zahlreiche Techniken zur Verfügung. In den ausgewählten Quellen werden *Brainstorming*, *Brainwriting*, *Brainstorming* mittels ISHIKAWA-Diagramm, *Brainstorming* mittels *Mindmapping*, Methode 635, SCAMPER, Analogie, Reizwortanalyse, Sechs-Hüte-Denken, *Challenge Assumptions*, Morphologischer Kasten, Affinitätsdiagramm und die N/3-Methode als Kreativitätstechniken genannt.[143] Für die Qualitätstechniken der Statistischen Versuchsplanung wird auf die Phase *Analyse* verwiesen. Lösungen über die Vermeidung von Fehlhandlungen beruhen nach den genutzten Quellen auf *Poka-Yoke*-Konstruktionen.

Die Bewertung und Auswahl von Lösungen (Schritt 2) kann als Einzel- oder Gruppenentscheidung gefällt werden (vgl. RATH & STRONG MANAGEMENT CONSULTANTS 2008, S. 136 ff.). Die eingesetzten Techniken decken sich teilweise mit den in der Phase *Define* aufgeführten Techniken. Hier wird sich ein im Verfahren geübter Anwender einen erfahrungsbasierten Fundus an Techniken aufbauen, sodass die Techniken eigentlich „zusammengezogen“ werden können. Um im Vorgehen stringent zu bleiben, werden hier nur die Techniken ausgewiesen, welche auch in den neun Quellen in der Phase *Improve* genannt werden.[144] Um die ausgewählte Lösung zu erproben, sie zu verfeinern und ihre Wirksamkeit nachzuweisen (Schritt 3), können gegebenenfalls Pilotversuche mit einem Nachweisplan eingesetzt werden.[145] Versuchsproduktionen mit Prozessfähigkeitsuntersuchungen in Verbindung mit Checkliste für Produkt- und Prozessfreigaben (vgl. WAPPIS u. JUNG 2010, S. 282 ff.) erscheinen für das Betrachtungsobjekt Zugfahrt aufgrund der Dienstleistungseigenschaften nicht sinnvoll (vgl. die Diskussion bei den wesentlichen Schritten). Um die Lösungen durch eine Risikoanalyse und Vorbeugung abzusichern (Schritt 4), kann zunächst über Prozessbeschreibungen sowie Verfahrensanweisungen (in Verbindung mit Zeichnungen und Vorgabewerten für Prozessparameter sowie Checklisten und Formblättern) ein Standard geschaffen werden, der dann über eine FMEA (mit Hilfe des FMEA-Formblatts) oder einem Fehlerbaum mit logischen Verknüpfungen und Ausfallwahrscheinlichkeiten auf Risiken analysiert wird. Ein Reaktionsplan hilft, mit Risiken umzugehen, die nicht vorab vermieden werden können (z.B.

[143] Auf die Problematik der uneinheitlichen Terminologie – hier wird z.B. die N/3-Methode als Technik eingeordnet – ist bereits hingewiesen worden.

[144] Gleiches gilt für die Kreativitätstechniken, die Techniken der Statistischen Versuchsplanung sowie für die Projektplanungstechniken.

[145] PANDE u.a. 2000, S. 328 geben einen Überblick, wie Piloten zugeschnitten werden können.

konstruktiv durch *Poka Yoke*) (vgl. BROECHELER u. SCHÖNBERGER 2004, S. 158 ff.). Die Planung und Implementierung der ausgewählten Lösung (Schritt 5) erfolgt unter Nutzung von universellen Werkzeugen des Projektsmanagements, wie Aktivitätenplan, Maßnahmenliste, Zeitplan bzw. Gantt-Diagramm, Netzplan, Verantwortlichkeitsliste und Budget- und Ressourcenplan. Die Ausbildung von Prozessnutzern wird der Steuern-Phase zugeordnet. Um Akzeptanz für die ausgewählte Lösung zu schaffen (Schritt 6), kann eine *Stakeholder*-Analyse in Kombination mit einer Kraftfeld-Analyse durchgeführt werden. Eine passende Kommunikation mit verschiedenen Medien schafft Transparenz und senkt so die entstehenden Widerstände gegenüber Veränderungen, die aus der Verbesserung resultieren (vgl. BROECHELER u. SCHÖNBERGER 2004, S. 150 f., 164).[146] Mitarbeiter können durch Unterweisungen und Schulungen befähigt werden (Schritt 7). Die nachfolgenden Abbildungen geben einen Überblick über die Ziele, die wesentlichen Schritte und die zugeordneten Qualitätstechniken (detaillierte Quellennachweise in Anlage 6, Tabelle 6.7).

[146] Weiterführende Quellen zum Veränderungsmanagement und deren Hintergründe sind DOPPLER u. LAUTERBURG 2008, KOSTKA u. MÖNCH 2009, COHN 2009, LANGMAACK 2011 und LÖHMER u. STANDHARDT 2010.

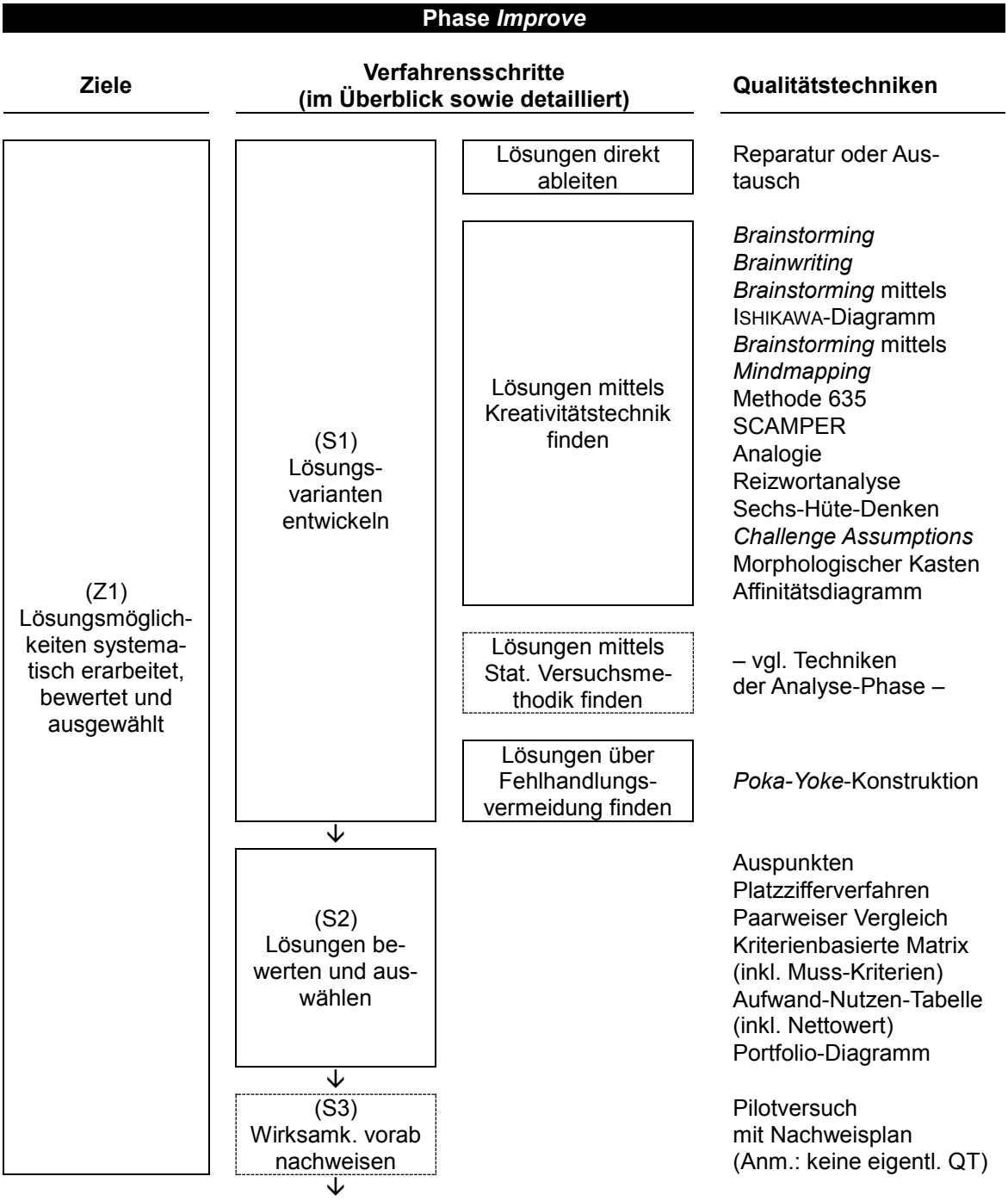


Abbildung 4.11: Katalog von Zielen, grundlegenden Prozessschritten und ausgewählten Qualitätstechniken in der Phase Improve *– Teil 1*

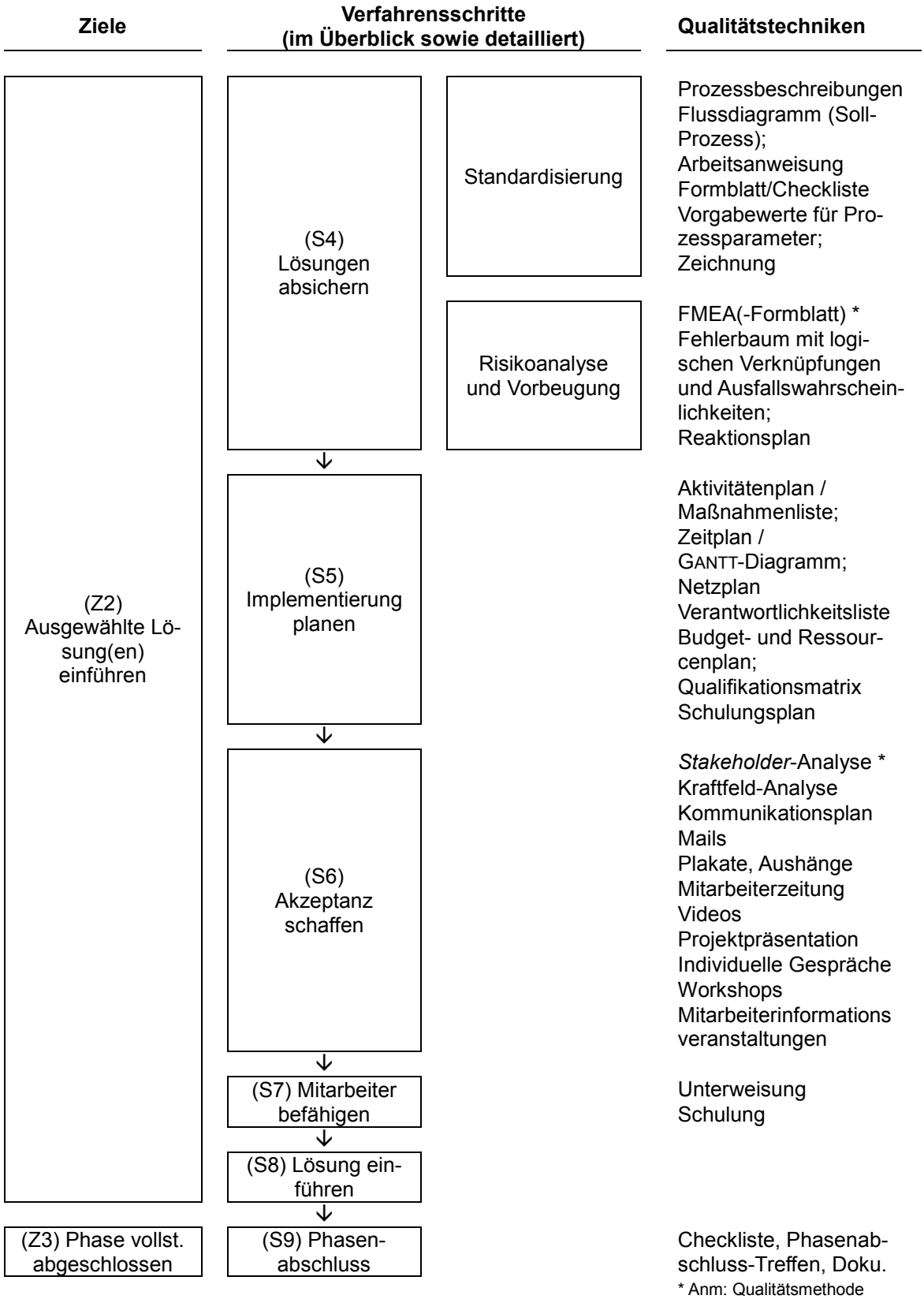


Abbildung 4.12: Katalog von Zielen, grundlegenden Prozessschritten und ausgewählten Qualitätstechniken in der Phase Improve *– Teil 2*

4.5.6 Verfahrensentwicklung: Phase C – *Control* (Steuern)

4.5.6.1 Erfassung, Diskussion und Festlegung der Ziele

Das Ziel der Phase *Control*, Englisch für *Steuern*, ist, dass die langfristige Wirksamkeit der gefundenen Lösung sichergestellt ist. Damit dieses Ziel erreicht werden kann, werden folgende drei Teilziele genannt: Erstens ist für den in der vorherigen Phase *Improve* eingeführten Prozess ein geeignetes Überwachungssystem installiert, zweitens ist das Verbesserungsprojekt dokumentiert und drittens ist das Verbesserungsprozess auch formal abgeschlossen (vgl. für die Ziele WAPPIS u. JUNG 2010, S. 2 f., 289 ff., 311 ff., RATH & STRONG MANAGEMENT CONSULTANTS 2008, S. 8, 149, 174, TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008, S. 281, 286, ROENPAGE u.a. 2007, S. 12, 268, MCCARTY u.a. 2005, S. 457, REHBEHN u. YURDAKUL 2005, S. 201, BROECHELER u. SCHÖNBERGER 2004, S. 167 f., PANDE u.a. 2000, S. 335 ff.). Das genannte Ziel mit seinen drei Teilzielen ist universell formuliert und kann daher für das zu entwickelnde Verfahren vollständig übernommen werden.

4.5.6.2 Erfassung, Diskussion und Festlegung der grundlegenden Prozessschritte

In der vorherigen Phase *Improve* wurden die erforderlichen Unterlagen geändert oder neu erstellt und dann freigegeben, um das Ziel eines standardisierten und dokumentierten Prozesses zu erreichen. Zur Einführung des Prozesses wurden die geänderten bzw. neuen Dokumente dann an den erforderlichen Stellen bereitgestellt und die Mitarbeiter zu den neuen Prozessen informiert und geschult, sodass sie in der Lage sind, den Prozess korrekt anzuwenden und mit Abweichungen umzugehen. Um ein Überwachungssystem zu installieren (Schritt 1) ist zunächst die Befähigung der Mitarbeiter durch eine laufende Qualifizierung aufrechtzuerhalten. Dann sind Messgrößen für die Prozessüberwachung zu definieren. Diese Messgrößen werden dann laufend auf geeignete Weise überwacht.[147] Um auf Abweichungen gezielt reagieren zu können, werden entsprechende Handlungen vorab beschrieben (vgl. WAPPIS u. JUNG 2010, S. 289 ff., 309 f., RATH & STRONG MANAGEMENT CONSULTANTS 2008, S. 8, 150 f., 154 ff., TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008, S. 283 f., 286, ROENPAGE u.a. 2007, S. 270 ff., MCCARTY u.a. 2005, S. 458 ff., 464 f., REHBEHN u. YURDAKUL 2005, S. 201, BROECHELER u. SCHÖNBERGER 2004, S. 162, 167 ff., 172 ff., MAGNUSSON u.a. 2004, S. 138 ff., PANDE u.a. 2000, S. 338, 341 ff.). Für die abschließende Projektdokumentation (Schritt 2) werden die wesentlichen Schritte und Ergebnisse der einzelnen Projektphasen dokumentiert und der Nachweis der Verbesserung geliefert. Um bei folgenden Projekten die prozessualen Erkenntnisse des aktuellen Projekts nutzen zu können, werden die Lernerfahrungen des

[147] Details dazu im folgenden Abschnitt zu den Qualitätstechniken.

Projektes dokumentiert. Um das Projekt auch formal abzuschließen (Schritt 3), wird ein Projektabschlussbericht erstellt, die Projektergebnisse an den Prozesseigner übergeben und die Teamleistung gewürdigt. Die Bewertung der Projektarbeit im Team hilft, die Projektmitglieder individuell zu entwickeln (vgl. WAPPIS u. JUNG 2010, S. 311,313 ff., RATH & STRONG MANAGEMENT CONSULTANTS 2008, S. 174, TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008, S. 291 ff., ROENPAGE u.a. 2007, S. 289 ff., MCCARTY u.a. 2005, S. 459, 466 ff., REHBEHN u. YURDAKUL 2005, S. 201, BROECHELER u. SCHÖNBERGER 2004, S. 174f, 176 f., MAGNUSSON u.a. 2004, S. 139 f., PANDE u.a. 2000, S. 338 f.). MCCARTY u.a. 2005, S. 465 nennen zudem als Schritt, die Übertragbarkeit der Verbesserung auf andere Unternehmensbereiche zu prüfen.

In den einzelnen Quellen werden konkrete Ablaufpläne und -diagramme beschrieben, so bei REHBEHN u. YURDAKUL 2005, S. 204, MCCARTY u.a. 2005 oder BROECHELER u. SCHÖNBERGER 2004, S. 168. Sowohl REHBEHN u. YURDAKUL 2005 als auch MCCARTY u.a. 2005 setzen in dieser Phase einen übergreifenden Plan mit einzelnen Unterplänen ein. Bei MCCARTY u.a. 2005, S. 458 enthält der Lösungsplan sechs Unterpläne, konkret eine Risikoanalyse nach der Durchführung des Piloten, z.B. durch eine FMEA,[148] einen Implementierungsplan, einen Schulungsplan, einen Kommunikationsplan, eine Kosten-Nutzen-Berechnung sowie einen Übergabeplan. Ein weiterer umfassender Plan ist der Prozesssteuerungsplan (MCCARTY u.a. 2005, S. 459 f.) mit den Elementen Prozesskunde, Kundenanforderungen (CTQ), Flussdiagramm, Messplan, Regelkarte und Reaktionsplan.

Ebenso wie die genannten Ziele sind die wesentlichen Schritte aufgrund ihrer Allgemeinheit auch für das zu entwickelnde Verfahren sinnvoll und können daher übernommen werden.

4.5.6.3 Erfassung, Diskussion und Festlegung der Qualitätstechniken

Um die Befähigung der Mitarbeiter durch eine laufende Qualifizierung aufrechtzuerhalten, kann ein Schulungsplan eingesetzt werden. Für ein Überwachungssystem (Schritt 1) bietet sich ein Prozesssteuerungsplan bzw. Messplan an, in dem die Messgrößen für eine Prozessüberwachung definiert werden. Die laufende Überwachung der Messgrößen erfolgt über eine Vollerhebung (durch z.B. LeiDis-Daten) oder Stichproben. Die Aufbereitung der Daten geschieht in einem sog. Pünktlichkeits-EKG, mittels Regelkarten sowie über Prozesstafeln, BSC o.ä. (visuelles Management). Da nicht erwartet werden kann, dass alle für die Verkehrsdurchführung zuständigen Mitarbeiter Zugang zu Statistiksoftware wie Minitab, SPSS oder qs-STAT haben, wurde für die Steuerung der Pünktlichkeit eine Datei, basierend auf MS Excel, entwickelt. Diese Datei

[148] Vgl. für die Abgrenzung zur Phase *Improve* die geführte Diskussion.

mit der Bezeichnung *Pünktlichkeits-EKG* besteht aus 11 Tabellenblättern, jeweils gegliedert in eine Tabelle und ein Grafik. Wesentlich ist dabei, dass die Nutzer schnell die Outputgröße *Pünktlichkeit* insgesamt sowie geschichtet nach Linienrichtung, Messstellen, Zugnummern und Wochentagen erkennen können sowie als erste Datenanalyse die kodierten Verspätungsfälle nach Ursachen untersuchen können (vgl. Screenshots in der Anlage). In vorab vereinbarten Überprüfungstreffen nach Abschluss des Projektes kann die Einhaltung des Prozesses und die Wirkung noch einmal von Champion, Prozesseigner und Verbesserungsteam gemeinsam überprüft werden. Generell sind Audits (mit Nutzung einer Audit-Checkliste) eine geeignete Methode, einen Prozess regelmäßig zu überwachen (vgl. zu Audits HERRMANN 2007). Ein Reaktionsplan hilft, planvoll auf Abweichungen zu reagieren.

Die Dokumentation (Schritt 2) erfolgt in einem Projektabschlussbericht. Die genutzten Daten, Protokolle usw. können in einem Gruppenlaufwerk gespeichert werden. Ein Nachweis der Verbesserung kann über die Berechnung eines Prozessfähigkeitsindex‘, z.B. des Sigma-Werts, sowie die Darstellung in Form von Vorher-Nachher-Vergleichsdiagrammen erfolgen. Die Berechnung des Nettonutzens zeigt die monetäre Wirkung des Projekts. Eine Beschreibung des Projekts in Form einer Fallstudie dokumentiert die Lernerfahrungen des Projektes und kann in einer Datenbank abgelegt und im Intranet veröffentlicht werden.

Um das Projekt auch formal abzuschließen (Schritt 3), werden der Projektabschlussbericht sowie die Projektergebnisse in einer Abschlusssitzung an den Prozesseigner übergeben und die Teamleistung mit einem Abschlussincentive gewürdigt. Ein teaminternes Feedback hilft den einzelnen Teammitgliedern bei ihrer Weiterentwicklung. Dies kann auch über einen Fragebogen strukturiert sein.

Die nachfolgende Abbildung gibt einen Überblick über die Ziele, die wesentlichen Schritte und die zugeordneten Qualitätstechniken (detaillierte Quellennachweise in Anlage 6, Tabelle 6.8).

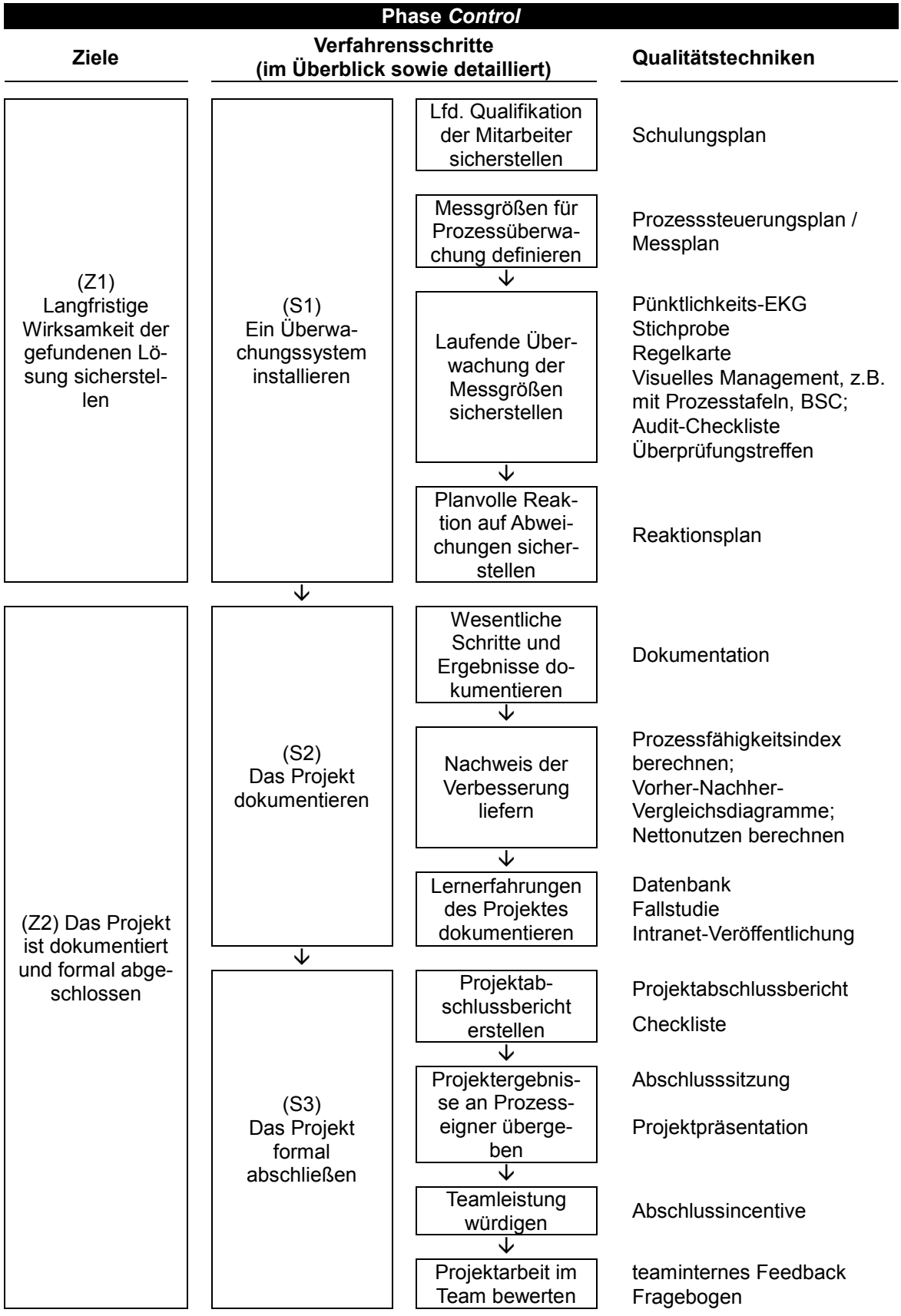


Abbildung 4.13: Katalog von Zielen, grundlegenden Prozessschritten und ausgewählten Qualitätstechniken in der Phase Control

4.6 Zusammenfassende Darstellung

In den vorhergehenden sechs Abschnitten des Unterkapitels 4.5 wurden für jede einzelne der sechs Phasen R-DMAIC die Ziele, die wesentlichen Verfahrensschritte und die zugehörigen Qualitätstechniken erfasst, verglichen, diskutiert und als Verfahrensbestandteil in Form einer Übersichtsgrafik zusammengefasst. In der folgenden Abbildung sind noch einmal die wesentlichen Verfahrensschritte über alle Phasen dargestellt, um den Ablauf des nun entwickelten Verfahrens im Überblick darzustellen.

Phase Recognize
(S1) Quellen für die Projekterzeugung auswählen
(S2) Prüfung auf eine grundsätzliche Eignung als Six Sigma-DMAIC-Projekt
(S3) Projektauswahl anhand von Kriterien
(S4) Lösungsvarianten schriftlich begründen

Phase Define
(S1) Problem und Prozess konkretisieren
(S2) Projektziel festlegen
(S3) Projekt aufsetzen
(S4) Kommunizieren
(S5) Phasenabschluss

Phase Measure
(S1) Datenerfassung planen
(S2) Bestehende Daten sammeln und bewerten
(S3) Messsystemanalyse durchführen
(S4) Daten erfassen
(S5) Messdaten aufbereiten und analysieren
(S6) Projektauftrag überprüfen
(S7) Phasenabschluss

Phase Analyze
(S1) Hypothesen über mögliche Kernursachen aufstellen
(S2) Zusammenhang zw. den Einflussgrößen und den Outputmessgrößen ermitteln
(S3) Quantifizieren der Verbesserungsmöglichkeiten, Festlegen von Verbesserungszielen
(S4) Phasenabschluss

Phase Improve
(S1) Lösungsvarianten entwickeln
(S2) Lösungen bewerten und auswählen
(S3) Wirksamkeit vorab nachweisen
(S4) Lösungen absichern
(S5) Implementierung planen
(S6) Akzeptanz schaffen
(S7) Mitarbeiter befähigen
(S8) Lösung einführen
(S9) Phasenabschluss

Phase Control
(S1) Ein Überwachungssystem installieren
(S2) Das Projekt dokumentieren
(S3) Das Projekt formal abschließen

Abbildung 4.14: Übersicht über die grundlegenden Prozessschritte des Verfahrens

5 Feldtest

5.1 Untersuchungsraum und -zeitraum

Die Entwicklung des Verfahrens wurde im Rahmen eines Pünktlichkeitsprojekts 2009 begonnen und als eigenständiges Projekt bis Mitte 2012 weitergeführt. Als Untersuchungsgegenstand wurden zunächst drei SPNV-Linien P1 bis P3 eines bundeseigenen Eisenbahnverkehrsunternehmens in den Bundesländern Hessen, Rheinland-Pfalz, Bayern, Niedersachen und Bremen ausgewählt. Das entwickelte Verfahren wurde bei der Linie P1 über alle sechs Phasen angewendet. Die Linie P1 dient daher als Fallstudie, um eine erste Abschätzung der Wirksamkeit vorzunehmen und die Hypothesen zu untersuchen. Die Linie P2 wurde parallel zur Linie P1 bearbeitet. Das Verfahren wurde aus Ressourcengründen nach der Einführung erster Verbesserungsmaßnahmen in der Phase *Improve* im Jahr 2010 unterbrochen und im Januar 2012 neu begonnen. Es wird nun in dem Eisenbahnverkehrsunternehmen in der Linienfunktion angewendet. Bei der Linie P3 wurde das Verfahren im Jahr 2009 bis zu der Phase *Analyse* angewendet. Die Anwendung wurde abgebrochen, da durch eine anstehende Umorganisation und eine anstehende Ausschreibung keine kontinuierliche Anwendung zugesichert werden konnte.

5.2 Pilotlinie P1 als durchgängige Fallstudie mit Wirksamkeitsnachweis

5.2.1 Phase *Recognize*

Die Auswahl der zu verbessernden Linie (Projektauswahl) erfolgte kriterienbasiert. Auswahlkriterien waren die Kriterien *Pünktlichkeit der Linie im Jahresdurchschnitt*, *Pönalezahlungen* und die *Art des Vertrages* (Altvertrag oder Verkehrsvertrag aus einem Wettbewerbsverfahren). Zunächst wurden die Linien der betrachteten Unternehmenseinheit der PARETO-Logik folgend gereiht nach der Höhe der Abweichung von den Pünktlichkeitsvorgaben. Die folgende Abbildung 5.1 zeigt das Ergebnis.

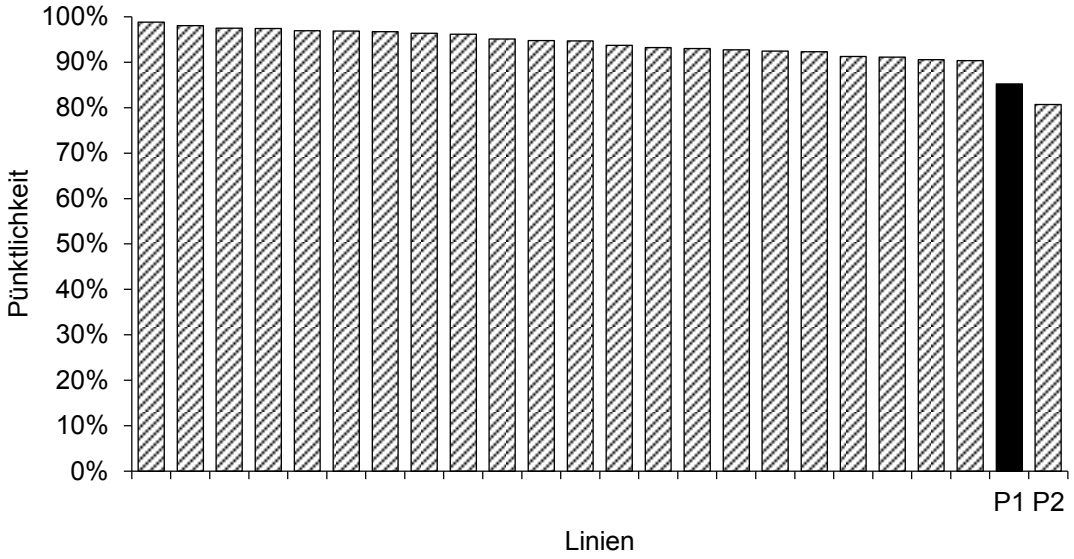


Abbildung 5.1: Pünktlichkeitswerte zur Linienauswahl

Die Linien mit der niedrigsten Pünktlichkeit (Zeitraum 14.12.2008 bis 31.03.2009, Quelle SQF[149]) waren die Pilotlinien P1 und P2. Der Grund für die niedrigen Linienpünktlichkeiten waren deutlich gestiegene Anforderungen durch die Verschiebung des Pünktlichkeitsgrenzwertes,[150] die sich aus der Leistungsbeschreibung neuer Verkehrsverträge ergab, welche ab 14.12.2008 gültig waren. Die Vergabe beider Pilotlinien beruhte auf Wettbewerbsverfahren. Ein Nicht-Erreichen der Pünktlichkeitsvorgaben war (und ist) jeweils mit einer Pönale in sechsstelliger Höhe belegt. Die jeweils aktuellen Pünktlichkeitswerte werden in einer gemeinsam von Besteller und EVU in Auftrag gegebenen Datenbank „Q-AT“ abgelegt. Beide Pilotlinien wichen mit der in der Abbildung 5.1 gezeigten Pünktlichkeit Anfang 2009 stark von den Anforderungen an die Pünktlichkeit ab, sodass Pönalezahlungen für das objektive Kriterium *Pünktlichkeit* in voller Höhe zu erwarten waren. Die geringe Pünktlichkeit hätte damit zu einer direkten Verschlechterung des Betriebsergebnisses dieser beiden Linien geführt. Alle anderen Linien erfüllten die Anforderungen bzw. bestehende Abweichungen führten nur mittelbar zu einer Verschlechterung des Betriebsergebnisses. Die beiden als P1 und P2 bezeichneten Linien wurden daher für eine Pilotierung ausgewählt. Die Linie P3 wurde in einem anderen Bereich des Unternehmens ausgewählt und wird hier nicht weiter besprochen.

---

149 SQF steht für *Steuerungssystem Qualität Fahrbetrieb* (vgl. die Beschreibung im folgenden Abschnitt 5.2.2).

150 Neu 179 Sekunden in der Ankunft anstatt bisher 359 Sekunden.

Die folgende Übersicht zeigt zusammenfassend die genutzten Qualitätstechniken in dieser Phase:

Phase Recognize	
Schritt:	**Genutzte Qualitätstechnik:**
(S1) Quellen für die Projekterzeugung auswählen	Steuersystem Qualität Fahrbetrieb (SQF) Datenbank Q-AT
(S2) Prüfung auf eine grundsätzliche Eignung als Six Sigma-DMAIC-Projekt	Prüfschritt: Bedeutendes Problem Prüfschritt: Prozess Prüfschritt: Prozess messbar Prüfschritt: Prozess und Ergebnis wiederkehrend Prüfschritt: Lösungsfrei
(S3) Projektauswahl anhand von Kriterien	Ermittlung „Geschäftsbeitrag“: Pönale Ermittlung „Machbarkeit“/ Pü.schwerpunkt Berücksichtigung Vertragsart
(S4) Lösungsvarianten schriftlich begründen	MS-Powerpoint-Präsentationen

Abbildung 5.2: Genutzte Qualitätstechniken in der Phase Recognize

5.2.2 Phase *Define*

Um das Pünktlichkeitsproblem zu bearbeiten, wurde ein funktionenübergreifendes Team zusammengestellt. In dem Team waren zu Beginn des Projekts vertreten:

1. Fahrpersonal:
   - Leiter Fahrpersonal
   - Teamleiter Fahrpersonal
   - Stellvertretender Teamleiter Fahrpersonal / Lokführer
   - Sachbearbeiter Störungsverfolgung
2. Disposition:
   - Leiter Leitstelle
   - Teamleiter Leitstelle
3. Angebotsplanung:
   - Leiter Marketing und Angebotsplanung
   - Sachbearbeiter Angebotsplanung
4. Projekt- und Qualitätsmanagement
   - Interner Berater (der Autor dieser Arbeit)
   - Sachbearbeiter Produktionssteuerung der Zentrale

In einem Auftakttreffen (Projekt-Kick-off) stellte der interne Berater das Vorgehen vor. Das Team vereinbarte zunächst regelmäßige Treffen. Zum Datenaustausch wurde ein Gruppenlaufwerk eingerichtet. Dort wurden u.a. Protokolle jeder Sitzung abgelegt. Zur Auswahl der Schwerpunkte innerhalb der Linie wurden Produktionsdaten und Verspätungskodierungen aus dem LeiDis-System der DB Netz AG genutzt, welche dem Eisenbahnverkehrsunternehmen mittels eines Spiegelservers in einem *Steuerungssystem Qualität Fahrbetrieb* (SQF) zur Verfügung gestellt wurden (zu SQF vgl. BÜKER 2010, S. 35 und HEISTER u.a. 2005, S. 69).[151] Die Daten des Spiegelservers wurden zunächst auf oberster Ebene mittels Datenschichtung nach Schwerpunkten analysiert. Als Schichtungsebenen wurden die Merkmale *Betriebsstellen/Messstellen* (räumliches Schichtungsmerkmal), *Kalenderwochen* (zeitliches S.) und *Zugnummer* (produktionelles S.) betrachtet. Der interne Berater stellte für die räumliche Schichtung das von ihm entwickelte Differenzverspätungsdiagramm vor (vgl. Unterabschnitt 4.5.1.4). Zur Erstellung eines solchen Diagramms wurden die LeiDis-Produktionsdaten aus SQF des Eisenbahnverkehrsunternehmens in MS-Excel-Tabellen exportiert und dann in eine MS-

[151] Die Daten stellt die DB Netz AG betreiberspezifisch zur Verfügung, um die Netzneutralität zu wahren. Entsprechend konnte das Projektteam nur Daten des eigenen Verkehrsunternehmens sowie Daten zweier verbundener Konzernunternehmen einsehen.

Access-Datenbank überführt. Die Datensätze mit der Struktur [Betriebstag, Zugnummer, Linie, Richtung, normierte Kurzbezeichnung der Betriebsstelle, Langname der Betriebsstelle, Status (mit den Ausprägungen *Start*, *Abfahrt*, *Durchfahrt*, *Ankunft*, *Ziel*), Sollzeit (im Format hh:mm:ss), Istzeit (ebenfalls im Format hh:mm:ss), Verspätungsminuten (in Minuten, mit zwei Nachkommastellen)] wurden zunächst auf Duplikate sowie auf Vollständigkeit geprüft. Danach wurden die Abfahrten und Ankünfte (inkl. Start und Ziel) chronologisch gereiht. Nach der Reihung konnten die Differenzverspätungen für jede Zugfahrt berechnet werden. Da dem Team zu Beginn des Projekts noch keine Statistiksoftware zur Verfügung stand, wurden die Differenzverspätungen je Fahrtrichtung als Mittelwerte (arithmetisches Mittel) und nicht als Boxplot ausgewiesen. Die resultierenden Diagramme (vgl. Abbildung 5.3 und Abbildung 5.4) dienten als Datenbasis (sog. Datentür) zur Auswahl der Verbesserungsschwerpunkte. Zur Plausibilisierung wurden noch die Verspätungsursachen aus LeiDis / SQF nach Richtung und Laufweg geordnet ausgewiesen und mit den Diagrammen zur Differenzverspätung verglichen (vgl. ebenfalls Abbildung 5.3 und Abbildung 5.4).[152] Die Datensätze der kodierten Verspätungsfälle haben die Struktur [Zugnummer, Betriebstag, Linie, Richtung, normierte Kurzbezeichnung der Betriebsstelle, Langname der Betriebsstelle, Istzeit (im Format hh:mm:ss), Zusatzverspätung (in ganzen Minuten), Verspätungsursache (numerisch als Kode),[153] Verspätungsursache (als Text), Verursacher-Zugnummer, Verspätung des Verursachers (in ganzen Minuten)]. Für die Pilotlinie P1 ergaben sich folgende zwei zusammenfassende Diagramme (Datenbasis SQF, Zeitraum der Auswertung 14.12.2008 – 25.10.2009):

[152] Um die Übersichtlichkeit zu steigern, wurden hier nur drei Verspätungsursachen gesondert ausgewiesen und alle weiteren Verspätungsursachen zusammengefasst.

[153] Vgl. GÜNTHER 2009.

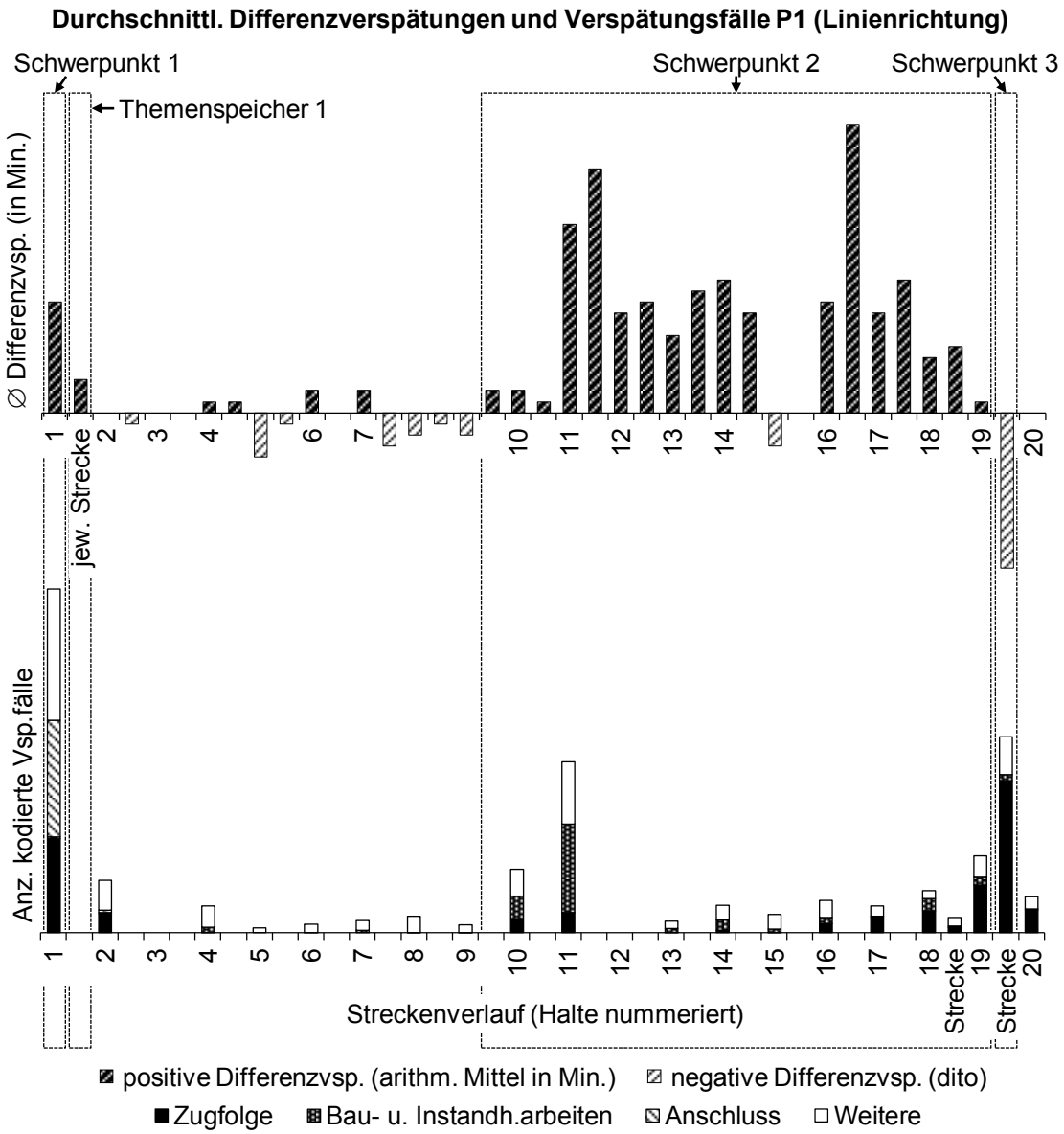


Abbildung 5.3: Untersuchungsschwerpunkte der Pilotlinie P1 in Linienrichtung

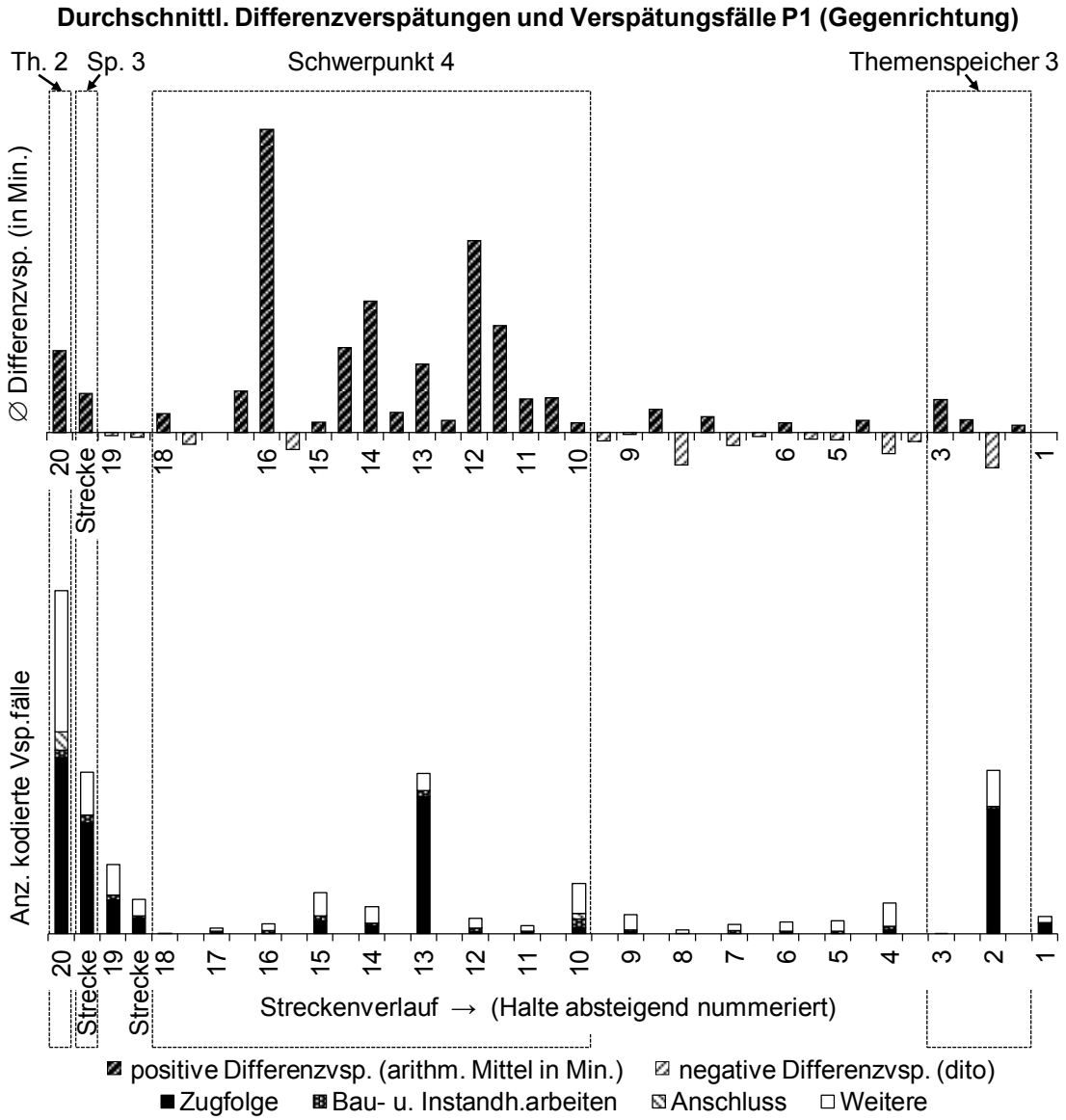


Abbildung 5.4: Untersuchungsschwerpunkte der Pilotlinie P1 in Gegenrichtung

Die Lokführer der Projektgruppe (Teamleiter und stellvertretender Teamleiter) sowie der Sachbearbeiter Störungsverfolgung konnten aufgrund ihrer Betriebspraxis im Differenzverspätungsdiagramm den dunklen Säulen mit Verspätungszuwächsen direkt konkrete Ursachen(-vermutungen) zuordnen (sog. Prozesstür: Ursachensuche über Prozessbeobachtungen). Die Vermutungen wurden durch den Vergleich mit der Anzahl der kodierten Fälle gestützt, sodass die lokalisierten Verspätungszuwächse im Differenzverspätungsdiagramm zu vier Schwerpunkten sowie drei zurückgestellten Schwerpunkten (Themenspeicher) zusammengefasst wurden:

- Schwerpunkt 1:
  Anschluss auf Züge eines anderen Eisenbahnverkehrsunternehmens
  sowie Zugfolge
- Schwerpunkt 2:
  Zugfolge auf eine S-Bahn (in Linienrichtung)
- Schwerpunkt 3:
  Häufige Halte an einem Bahnübergang sowie Kreuzung mit anderem EVU
- Schwerpunkt 4:
  Zugfolge auf eine S-Bahn (in Gegenrichtung)
- Themenspeicher 1:
  Schwierigkeiten bei der Einfahrt in die folgende Betriebsstelle
  (zurückgestellt, da im Vergleich nicht so hohe Differenzverspätung)
- Themenspeicher 2:
  Bereitstellungsprobleme am Startbahnhof
  (zurückgestellt, da in gesondertem Projekt bearbeitet)
- Themenspeicher 3:
  Zugfolgeprobleme an Betriebsstelle 2
  (zurückgestellt, da zunächst vertiefende Analyse zur weiteren Plausibilisierung notwendig)

Als nächster Schritt wurde eine Datenschichtung über die Zeit vorgenommen (vgl. Abbildung 5.5). Die Zeitverlaufsbetrachtung (gewählt wurde das Fahrplanjahr mit dem Zeitraum 14.12.2008 bis 12.12.2009) ergab in der Monatsbetrachtung einen Einbruch in den Herbstmonaten sowie deutliche Unterschiede in den Tagespünktlichkeiten. Der Einbruch im Herbst konnte auch direkt mit einer Ursachenhypothese, der sog. Herbstproblematik, belegt werden. Durch herabfallendes (Herbst-)Laub auf den Schienen kann der Reibwert so stark herabgesetzt werden, dass die Züge weniger stark beschleunigt werden können und früher gebremst werden müssen. Die geplanten Fahrzeiten können somit nicht mehr realisiert werden. Als Folge entstehen Verspätungen. Bei den Ausreißern in der Tagespünktlichkeit wurden spezielle Ursachen vermutet.

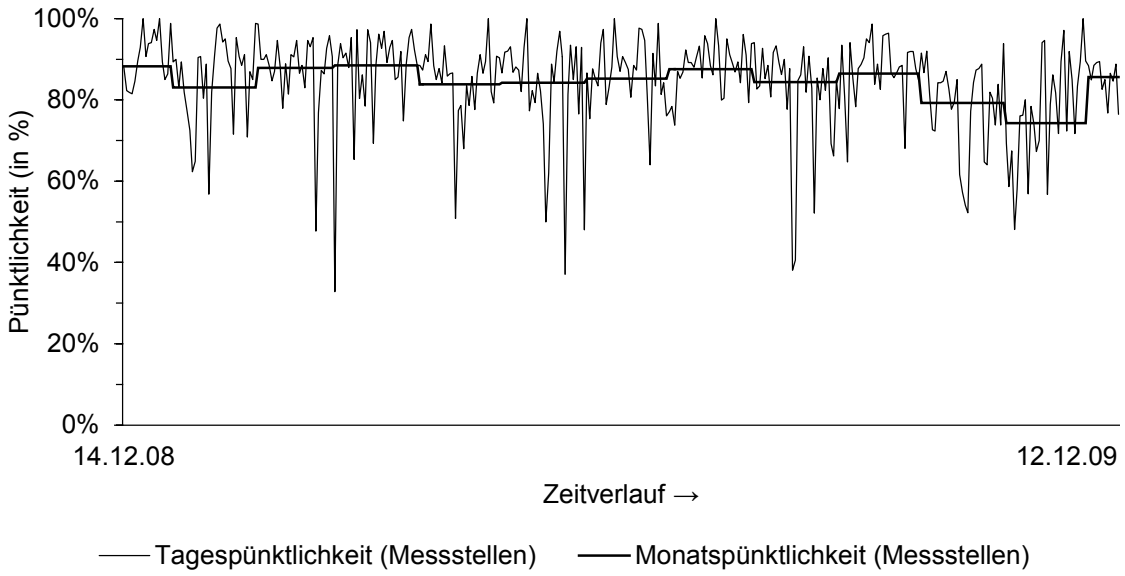


Abbildung 5.5: Datenschichtung der durchschnittlichen Pünktlichkeit Linie P1 nach Tagen und Monaten

Die Projektgruppe entschied sich, beide Sachverhalte in den Themenspeicher aufzunehmen. Gründe hierfür waren die Komplexität bei der sog. Herbstproblematik (Schwerpunkt bei Infrastruktur, nicht zu steuernde Umweltbedingungen, daraus abgeleitet Prozessbeobachtungen sowie Falsifikation von Annahmen nur im Herbst möglich) sowie fehlende Aufzeichnungen über spezielle Einflüsse bei den einzelnen Ausreißern.

- Themenspeicher 4: Herbstproblematik
- Themenspeicher 5: Ausreißer je Tag

Die Schichtung nach Zugnummern wurde direkt verworfen. Zwar gab es bei dieser Schichtung wenige Zugnummer mit stark abfallender Jahresdurchschnittspünktlichkeit (vgl. Abbildung 5.6). Teilnehmer der Projektgruppe hatten jedoch die Erfahrung gemacht, dass sie in ihrer bisherigen Tätigkeit durch die Betrachtung eines einzelnen Zuges oder einer einzelnen Zugnummer die Pünktlichkeit nicht steigern konnten. Die dahinter liegende Annahme war, dass es auf dieser Linie spezielle Ursachen gab, die auf alle Züge wirkten, wenn auch unterschiedlich stark bzw. bei manchen Zügen kumuliert. Es wurde daher entschieden, diesen Ansatz zunächst nicht weiter zu verfolgen.

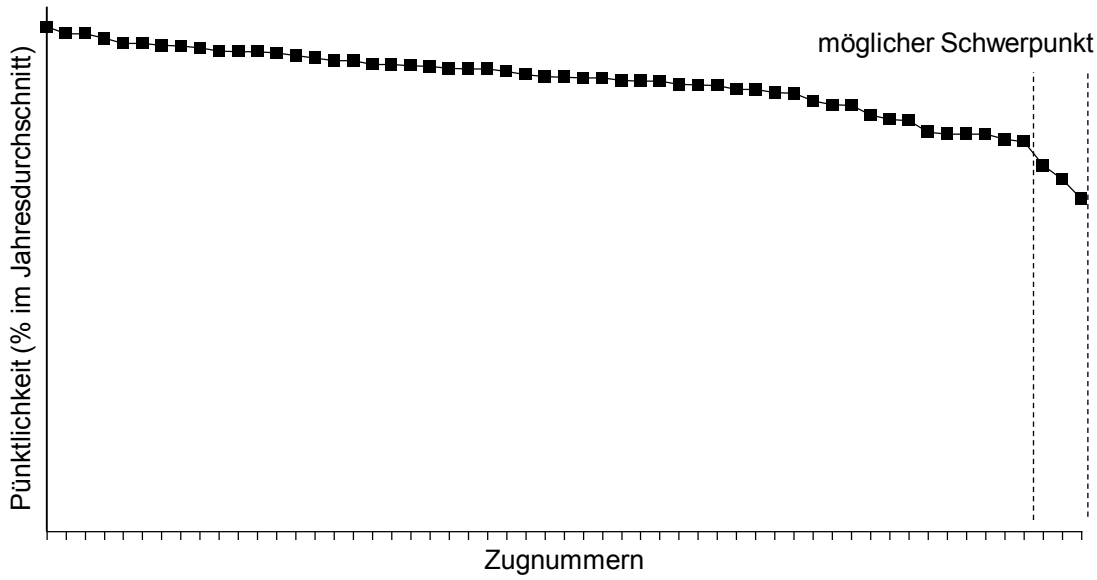


Abbildung 5.6: Datenschichtung nach Zugnummern der Linie P1 (Pünktlichkeit an Messstellen, Zeitraum 14.12.2008 – 12.12.2009, absteigend gereiht)

Auf dieser Basis wurde ein Fehlerbaum erstellt, der einen Überblick über mögliche Ursachen gab. Die bisherigen Erkenntnisse sowie die getroffenen Entscheidungen wurden der obersten Leitung vorgestellt und dort akzeptiert. Somit waren die Schwerpunkte bestimmt und die Projektauswahl abgeschlossen.

Die folgende Übersicht zeigt zusammenfassend die genutzten Qualitätstechniken in dieser Phase:[154]

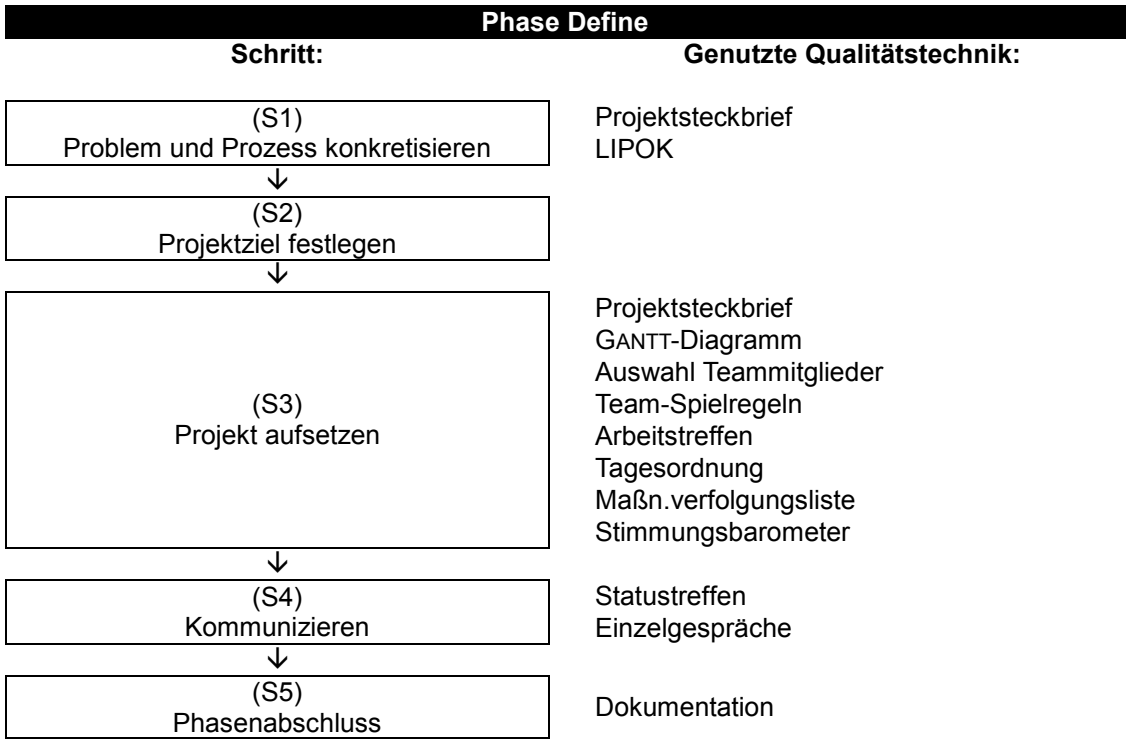


Abbildung 5.7: Genutzte Qualitätstechniken in der Phase Define

[154] Um die Beschreibung des Feldtests gut erfassbar zu halten, wurden nur die wichtigsten Schritte im Ergebnis beschrieben und somit auf eine umfassende und streng chronologische Darstellung verzichtet. Die genutzten Qualitätstechniken werden jedoch vollständig aufgeführt, um den Wirkungszusammenhang zwischen Einsatz der Qualitätstechniken und erzielter Wirkung besser erfassbar zu machen.

5.2.3 Phasen *Measure*, *Analyze* und *Improve* im Schwerpunkt 1: Anschluss auf Züge eines anderen Eisenbahnverkehrsunternehmens

5.2.3.1 Phase *Measure*

Annahme bei Schwerpunkt 1 war, dass es durch Verspätungen der Zubringer des fremden Eisenbahnverkehrsunternehmens zu einer Übertragung der Verspätung auf die Pilotlinie P1 kam. Daher wurden zunächst die Anschlussregelung sowie die Kodierungen von Verspätungen größer 90 Sek. für diese Betriebsstelle erhoben. Die Anschlussregelung sah grundsätzlich keine Anschlüsse vor. Ausnahme war der letzte Zug, welcher eine Wartezeit von 10 Min. hatte. Als Übergangszeit wurden bahnsteiggleich 3 Min. sowie für den Bahnsteigwechsel 4 Min. angegeben (dokumentiert in der Wartezeitregelung des Eisenbahninfrastrukturunternehmens, hier DB Netz AG [155]). Demnach hätte es tagsüber nur Anschlüsse auf speziellen Antrag geben dürfen. Um den Umfang des Problems zu quantifizieren, wurden in SQF die Verspätungskodierungen erhoben und in einem Pareto-Diagramm visualisiert. Für den Auswertezeitraum (14.12.2008 – 30.06.2009) wurden für den Startbahnhof 32 % aller Verspätungen größer 90 Sek. auf Anschluss (Kodierung 2009:VU 42)[156] kodiert. Damit hatte diese Verspätungsursache den größten Einzelanteil.

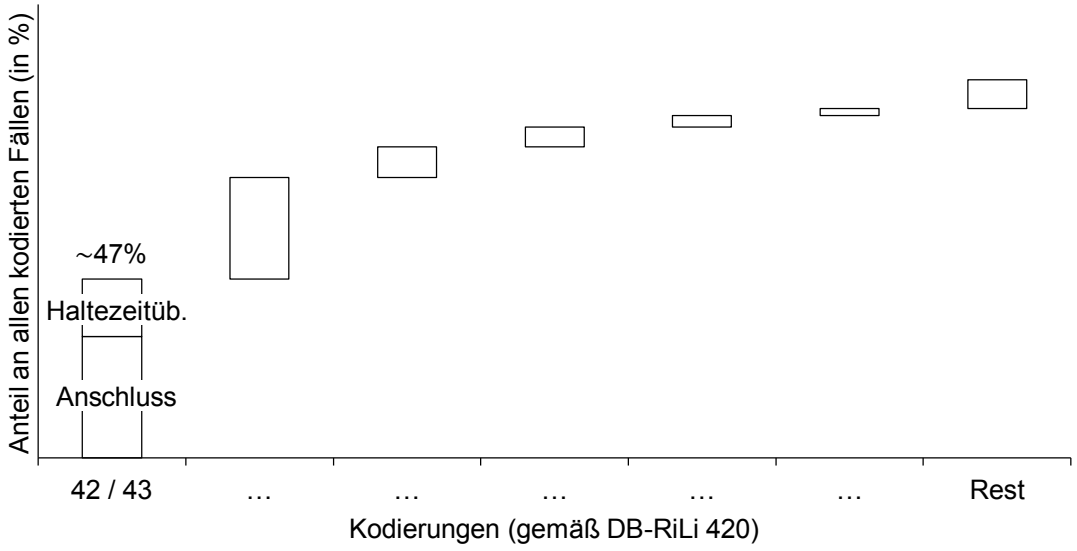


Abbildung 5.8: Anteil der Verspätungskodierungen P1 am Startbahnhof

[155] Jährlich veröffentlicht als Zusatz Z01 zum Modul 420.0401 (als Bestandteil der nichtöffentlichen Richtlinie 420 der DB Netz AG).

[156] VU steht hier für Verspätungsursache; vgl. GÜNTHER 2009. Als öffentlich zugängliche Quelle vgl. GÜNTHER 2011.

Da die Lokführer keine Haltezeitprobleme sahen, vermuteten sie, dass die kodierten Haltezeitüberschreitungen (VU 43 mit 15 % Anteil) eigentlich Anschlüsse seien, welche aber nicht als solche ausgewiesen wurden. Dies machte zusammen fast die Hälfte aller kodierten Fälle (47 %) aus (vgl. obige Abbildung 5.8).

Im nächsten Schritt wurden die kodierten Anschlussfälle auf die Verursacher untersucht. Dazu wurden die Zugnummern zu Eisenbahnverkehrsunternehmen zusammengefasst. „EVU 1“ bezeichnet hier das eigene Unternehmen, „EVU 2“ das andere Eisenbahnverkehrsunternehmen, auf das gewartet wird. Ergebnis dieser Auswertung war (gleicher Zeitraum wie oben), dass 31 % der kodierten Fälle auf EVU 2 kodiert wurden, jedoch 69 % keine Angaben zur verursachenden Zugnummer hatten.

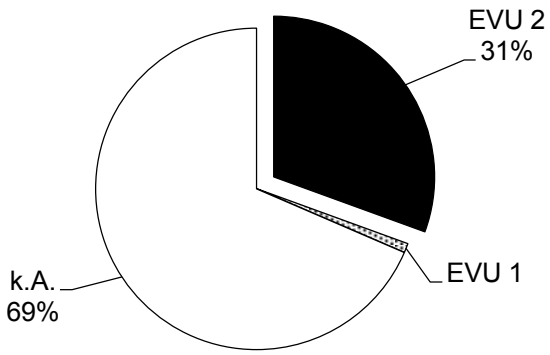


Abbildung 5.9: Anteil der Verursacher an den mit Anschluss kodierten Fällen P1 am Startbahnhof

Um die Annahme trotzdem plausibilisieren zu können, wurden alle auf Anschluss kodierten Fälle den Verkehrsstunden zugeordnet (gleicher Zeitraum wie oben).

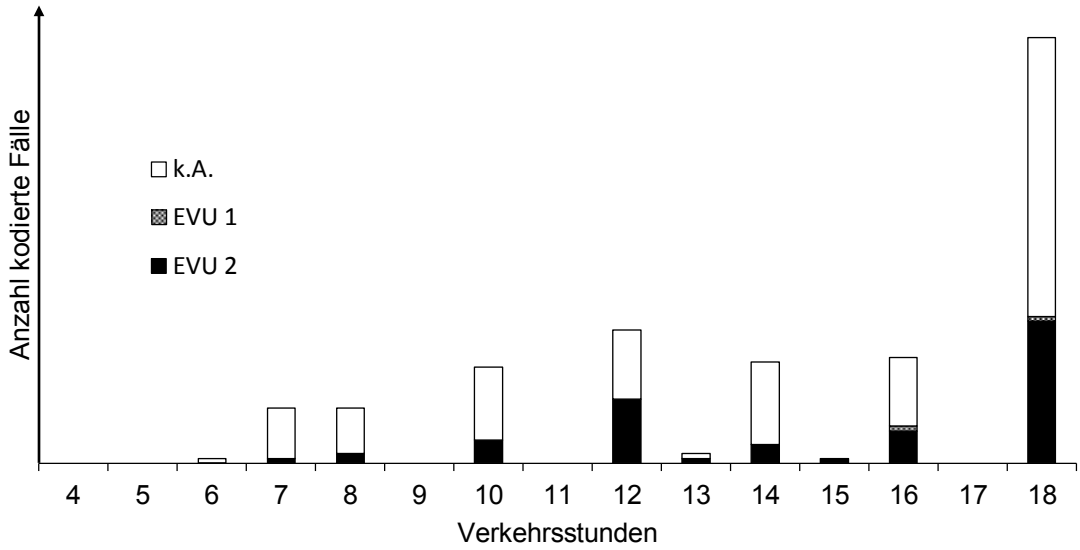


Abbildung 5.10: Anzahl auf Anschluss kodierte Fälle nach Verkehrsstunden geordnet

Die Betrachtung ergab, dass alle Fälle ohne kodierten Verursacher auf die Stunden fielen, in denen Anschlüsse auf das EVU 2 kodiert waren. Aus der Abbildung wurde zudem der Zwei-Stunden-Takt des EVU 2 mit einem Verstärker zur Stunde 7 deutlich. Weiter konnte die hohe Säule zu Stunde 18 mit der gültigen Wartezeitregelung erklärt werden. Die fehlenden bzw. niedrigeren Werte am frühen Morgen wurden dem hohen Takt zugeschrieben, der ein Warten unnötig machte. Im Rahmen des ATAK-Prinzips (vgl. Unterabschnitt 6.2.5.2) wurden auch hier die notwendigen Daten erhoben und visualisiert. Die Visualisierung stützte die Annahme.

Abbildung 5.11: Taktfolge Linie P1 als Zeitstrahl

Um die Annahme der Lokführer über sog. *versteckte Anschlüsse* zu plausibilisieren, wurden die Kodierungen auf Anschluss und auf Wartezeitüberschreitung wie in Abbildung 5.10 geordnet. Die Abbildung ergab kein deutliches Muster[157], sodass die Annahme verworfen wurde.

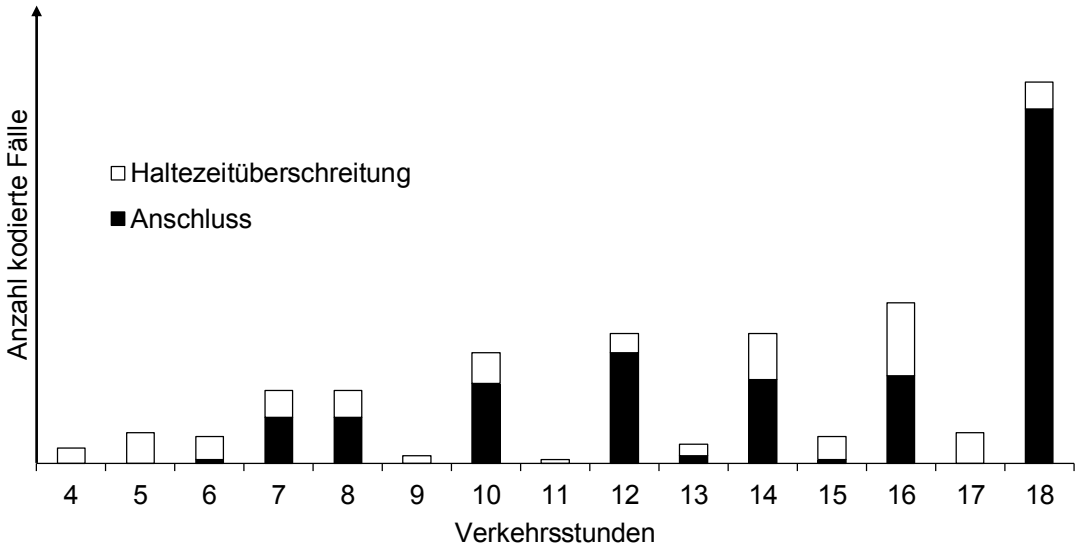


Abbildung 5.12: Kodierte Fälle Anschluss und Haltezeitüberschreitung nach Verkehrsstunden

[157] Die Annahme war, dass in den Stunden, in denen ein Übergang von Zügen des EVU 2 zu der Pilotlinie bestand, eine deutlich höhere Anzahl von Haltezeitüberschreitungen kodiert würde als in den Stunden ohne Übergang.

Auf eine Messmittelanalyse wurde aus Effizienzgründen verzichtet, da die Kodierungen der Fahrdienstleiter die automatisch erhobenen Betriebsdaten stützten.

5.2.3.2 Phase *Analyze*

Mit den gewonnenen Erkenntnissen kontaktierte die Projektgruppe das fremde Eisenbahnverkehrsunternehmen, die Bestellerorganisation sowie das Eisenbahninfrastrukturunternehmen. Das fremde Eisenbahnverkehrsunternehmen bestätigte die Anschlussbeziehung. Der Leiter Qualitätsmanagement des Bestellers zeigte sich an dem Thema sehr interessiert. Er wies auf den Zielkonflikt bei Anschlüssen – Pünktlichkeit des aufnehmenden Zuges gegenüber Erhalt der Reisekette – hin und äußerte, dass ihm beide Ziele wichtig seien. Die Fahrdienstleiter des Eisenbahninfrastrukturunternehmens bestätigten ebenfalls die Anschlussbeziehung. Da offensichtlich entgegen der Wartezeitregelung Anschlüsse hergestellt wurden und seitens des Bestellers keine eindeutige Präferenz für ein Nicht-Warten bestand, wurde in vier, durch den internen Berater moderierten Arbeitstreffen die Situation analysiert und eine Lösung entwickelt.

Im ersten Arbeitstreffen trafen sich ein Teil der Projektgruppe (Teamleiter und stellvertretender Teamleiter sowie interner Berater) mit dem Leiter Qualitätsmanagement des Bestellers sowie mit dem Betriebsleiter des zweiten Eisenbahnverkehrsunternehmens, dessen Stellvertreterin und einem Disponenten des EVU 2. Nach der Vorstellung der Ergebnisse aus der Messphase und der Bestätigung, dass Anschlüsse hergestellt werden, wurde die Frage bearbeitet, wie die konfliktären Ziele *pünktliche Abfahrt EVU 1* zu *Halten der Reisekette durch Warten auf verspätetes EVU 2* gegeneinander zu gewichten seien. Es wurde verabredet, die Betriebsdaten des EVU 2 aufzubereiten sowie eine Fahrgastbefragung zu organisieren. Der Besteller übernahm die Aufgabe, die Umsteiger zu zählen, um eine Vorstellung über die Nutzung des Anschlusses zu bekommen.

Im zweiten Arbeitstreffen in gleicher Zusammensetzung wurden zunächst die Ergebnisse der Datenanalyse der EVU 2-Betriebsdaten vorgestellt. Zunächst konnte bestätigt werden, dass die kodierten Anschlüsse ohne Angabe des Verursachers („k.A.“ aus Abbildung 5.10) weitestgehend dem EVU 2 zuzurechnen waren. Weiter stellten die Mitarbeiter des EVU 2 dar, dass die Anschlüsse auf zwei Linien stattfanden − mit einem Übergang bahnsteiggleich und einem Übergang bahnsteigfremd unter Nutzung einer Unterführung. Nach einer Erörterung der betrieblichen Gegebenheiten des EVU 2 entschied sich die Teilnehmerrunde, nicht an der Verspätung der Zubringerzüge zu arbeiten, sondern sich auf die Anschlusssituation zu konzentrieren. Um eine Ursachenanalyse durchzuführen, wurde eine vereinfachte Prozessdarstellung (LIPOK) der Umsteigesituation genutzt.

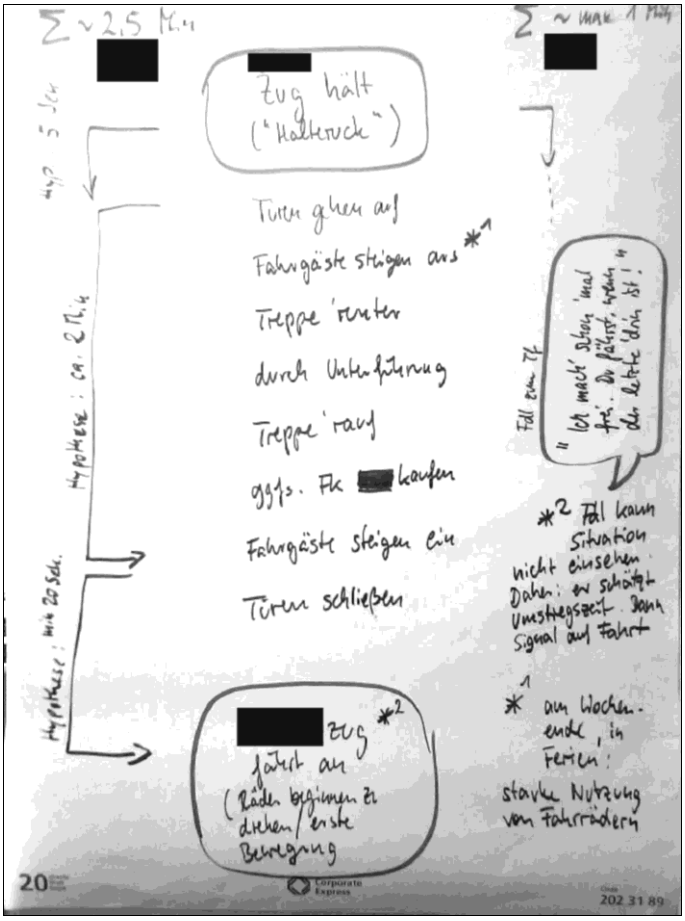


Abbildung 5.13: LIPOK Umsteigesituation Startbahnhof

Anhand des Prozessflusses wurden die Mindest-Übergangszeit (MÜZ) des Eisenbahninfrastrukturunternehmens mit Übergangszeiten aus der Praxis verglichen. Ergebnis war, dass die bahnsteiggleiche Übergangszeit der einen EVU 2-Linie mit 30 bis 60 Sek. anzusetzen ist, anstatt mit der EIU-MÜZ von 3 Min. Die Übergangszeit zwischen getrennten Bahnsteigen wurde durch einfaches Messen der Wegezeit auf etwa 2 bis 2,5 Min. ohne Sicherheitszuschläge für mobilitätseingeschränkte Reisende (z.B. mit schwerem Gepäck, Kinderwagen usw.) geschätzt. Der EIU-Wert von 4 Min. wurde als knapp, aber möglich eingeschätzt für Fälle mit mobilitätseingeschränkten Reisenden. Die Prozessdarstellung zeigte zudem erste Prozessprobleme auf. Durch die baulichen Gegebenheiten und die Stellung der Züge können die Fahrdienstleiter den Umsteigeprozess nicht beobachten. Als Folge stellten sie die Ausfahrt erst nach Ablauf der jeweiligen Mindestübergangszeiten, auch wenn der Einsteigevorgang bereits abgeschlossen war. Schließlich wurde noch der Fragebogen vorgestellt, der von einem Mitarbeiter des EVU 1 in Zusammenarbeit mit der Marktforschung des Bestellers erarbeitet wurde (vgl. Abbildung 6.8). Inhalt des Fragebogens war es, die Präferenzen der Fahrgäste bezüglich des Wartens auf Anschlussreisende zu erfragen.

Ein drittes Arbeitstreffen diente der Vorbereitung des vierten, abschließenden Treffens, in dem eine Lösung erarbeitet werden sollte.

5.2.3.3 Phase *Improve*

Am vierten Arbeitstreffen nahmen zusätzlich zu den bisherigen Teilnehmern noch der örtliche Betriebsleiter des EIU sowie ein Fahrdienstleiter, ein weiterer Lokführer sowie ein Mitarbeiter der Transportleitung des EVU 1 teil. Zunächst wurden die bisherigen Ergebnisse der Datenanalyse und der Prozessanalyse vorgestellt. Im nächsten Schritt wurden die Teilnehmer gebeten, die Ergebnisse aus ihrer Sicht zu kommentieren. Alle Ergebnisse wurden bestätigt. Der Fahrdienstleiter, der bei der ersten Prozessanalyse nicht beteiligt war, ergänzte seine Sichtweise. Er bestätigte, dass die Fahrdienstleiter den Umsteigevorgang nicht einsehen können. Er wies zudem auf eine Praxis des EIU hin, nach der sog. Sichtanschlüsse hergestellt werden (müssen). Im konkreten Fall bedeute dies, dass die Fahrgäste der einfahrenden Züge des EVU 2 bei geringer Verspätung noch den exakt zu Fahrplanzeit ausfahrenden Zug des EVU 1 beobachten könnten. Dies würde regelmäßig zu großer Verärgerung bei den Umsteigern führen. Daher würde ein Anschluss hergestellt. Da der Fahrdienstleiter den Umsteigevorgang aber nicht beobachten könne, würde er die Mindestübergangszeiten von 3 bzw. 4 Min. ansetzen und entsprechend erst nach Ablauf dieser Frist die Ausfahrt für den Zug der Linie P1 des EVU 1 stellen. Damit war die Kernursache *Anschlüsse entgegen der Wartezeitregelung* gefunden.

Als Übergang zur Lösungsfindung wurden die Ergebnisse der Fahrgastbefragung (252 Befragte) vorgestellt und die Anforderungen aller beteiligten Parteien (Anspruchsgruppen/*Stakeholder*) aufgelistet:

Tabelle 5.1: Anforderungen der Anspruchsgruppen an Wartezeit

Anspruchsgruppe	**Anforderung (maximale Wartezeit in Min.)**
Übergangsreisende aus Zug EVU 2	Verspätung + Übergangszeit
Wartende Fahrgäste in Zug EVU 1	ca. 4 Min. (als Mittelwert aus Befragung)
Besteller	3,0 Min.
EVU 1	3,0 Min.
EVU 2	keine Anforderung
Eisenbahninfrastrukturunternehmen	10 Min.

Der interne Berater nutzte eine PUGH-Matrix als Bewertungsraster,[158] welche er in drei Schritten mit der Gruppe füllte. Der erste Schritt ist das *Brainstorming der Lösungsan-*

[158] Dieses Beispiel zeigt die Schwierigkeit, eine Qualitätstechnik von einer Qualitätsmethode abzugrenzen. Das Bewertungsraster kann hier bereits als Qualitätsmethode verstanden werden, da dort zwei Mal ein Brainstorming als Qualitätstechnik eingesetzt wird (eine Qualitätsmethode ist nach der selbst entwickelten Definition „ein Regelsystem, wie Qualitätstechniken kombiniert werden sollen,

sätze, der zweite Schritt das *Brainstorming der Bewertungskriterien* und der dritte Schritt die *Anwendung der Bewertungskriterien auf die Lösungsansätze*. Das Ergebnis des letzten Schrittes war ein ausgefülltes Bewertungsraster am Flipchart mit vier bewerteten Lösungsansätzen (vgl. Abbildung 5.14).

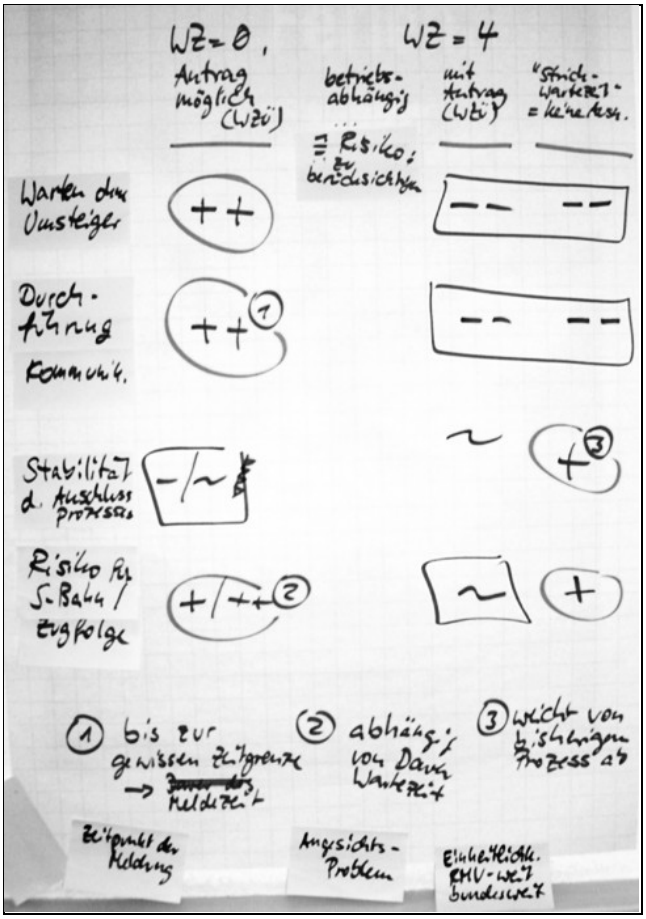


Abbildung 5.14: Bewertungsraster Lösungsansätze Schwerpunkt 1

Anhand des Bewertungsrasters kristallisierte sich ein Lösungsansatz – Wartezeit (WZ) = 0 Min. mit Vormeldung – heraus, welcher zur weiteren Überprüfung in einem vereinfachten Flussdiagramm (ähnlich LIPOK) visualisiert wurde (vgl. Abbildung 5.15). Bei der Überprüfung ergaben sich zwei Schwierigkeiten. Zum einen können nicht alle Fahrgäste in dem zweiteiligen Zubringerzug des EVU 2 ohne Zugbegleiter den Lokführer ansprechen. Zum anderen ist die Prozesszeit des Abstimmungsverfahrens

---

um spezifische Probleme im Bereich des Qualitätsmanagements zu lösen"; siehe Unterabschnitt 3.2.3.5). Andererseits entspricht es einer Qualitätstechnik, weil dort Tätigkeiten und Gegenstände kombiniert werden, um ein spezifisches Problem im Bereich des Qualitätsmanagements (hier: die Lösungsfindung) zu lösen (vgl. ebd.).

zwischen EVU 2, EVU 1 und dem EIU zu lange, um eine Entscheidung und Übermittlung an den abfahrenden Lokführer vor Ankunft des Zubringers zu garantieren (in der Abbildung 5.15 durch Blitze visualisiert). Die favorisierte Lösung wurde daher verworfen.

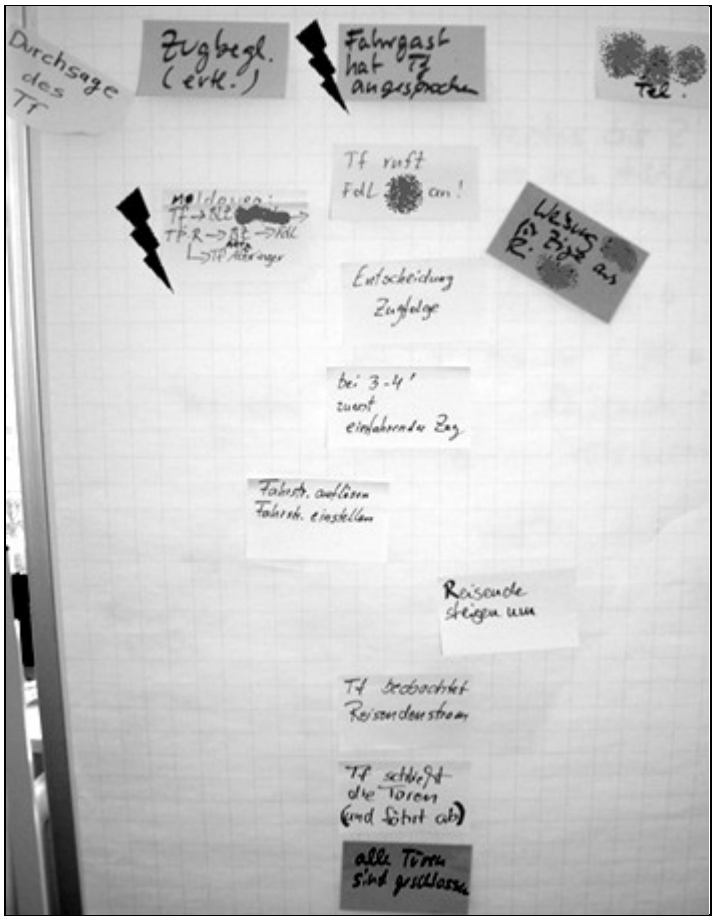


Abbildung 5.15: vereinfachter Prozessfluss der zunächst favorisierten Lösung

Hit Hilfe des Bewertungsrasters wurden die weiteren Lösungsansätze betrachtet und schließlich die endgültige Lösung erarbeitet, nach der die Abfahrtsverspätung des Zubringers an der letzten Station vor dem Übergangsbahnhof bestimmt, ob ein Anschluss hergestellt wird. Als Schwellwert wurde 4,0 Minuten festgelegt. Der Fahrdienstleiter übernimmt in diesem Prozess die Aufgabe, die Verspätung zu erkennen und entsprechend der Entscheidungsregel die Lokführer beider Eisenbahnverkehrsunternehmen über den Anschluss zu informieren. Ist der Zubringer an der an der letzten Station vor dem Übergangsbahnhof weniger als 4,0 Minuten verspätet, stellt der Fahrdienstleiter direkt die Ausfahrt für den Zug der Pilotlinie direkt nach der Einfahrt des Zubringers. Der Zugführer der Pilotlinie (in diesem Fall der Lokführer) stellt sicher, dass alle Umsteiger seinen Zug erreicht haben. Er fährt nach Abschluss des Umsteigeprozesses direkt ab.

Mit der gefundenen Lösung wurden die meisten Anforderungen der Anspruchsgruppen erfüllt.[159] Die Lösung wurde durch einen Fahrdienstleiterauftrag sowie zwei Weisungen des EVU 1 in Kraft gesetzt.

5.2.4 Phasen *Measure*, *Analyze* und *Improve* im Schwerpunkt 1: Zugfolge (in Linienrichtung)

5.2.4.1 Phase *Measure*

Neben den Fällen, welche an Betriebsstelle 1 auf Anschluss kodiert waren, gab es auch eine beträchtliche Anzahl von Zugfolge-Verspätungen an Betriebsstelle 1. Auch hier wurden wieder Produktionsdaten aus dem SQF erhoben. Eine Auswertung ergab, dass der Anteil von Zugfolgeverspätungen sowohl über alle Betriebsstellen als auch an Betriebsstelle 1 (jew. in Linienrichtung) relevant waren (vgl. Abbildung 5.16, Zeitraum 14.12.2008 – 25.10.2009).

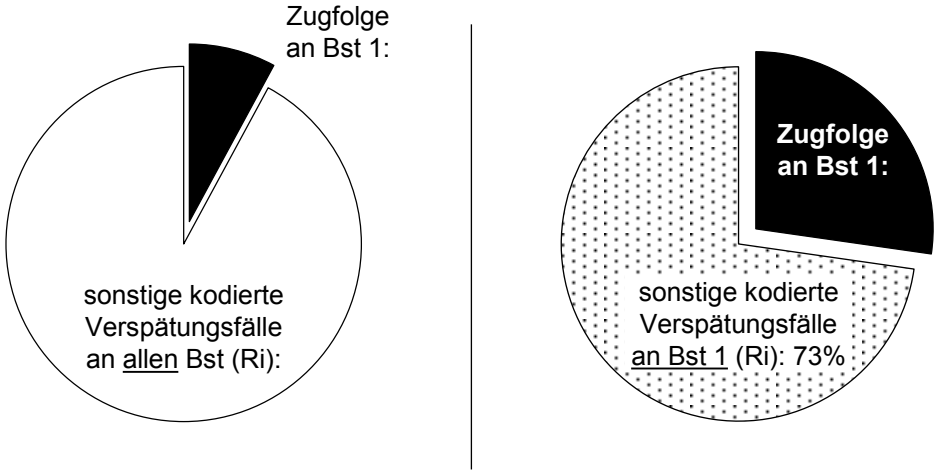


Abbildung 5.16: Anteil der Zugfolge-Verspätungen an allen Betriebsstellen sowie an Betriebsstelle 1 (jeweils nur Richtung)

Auf eine Messmittelanalyse wurde auch hier aus Effizienzgründen verzichtet, da die Kodierungen der Fahrdienstleiter die automatisch erhobenen Betriebsdaten stützten.

[159] Es wurden die Anforderungen eines Großteils aller Anspruchsgruppen erfüllt: Für die Besteller, EVU 1, EVU 2, Eisenbahninfrastrukturunternehmen vollständig, für einen Teil der Übergangsreisenden und der wartenden Reisenden des abfahrenden Zuges, nicht für Fahrgäste, welche in einem Zubringer sitzen, welcher mehr als 4,0 Min. verspätet ist sowie für die wartenden Fahrgäste des aufnehmenden Zuges mit einer Wartezeittoleranz kleiner 3 bis 4 Min. (25 % lt. Befragung).

5.2.4.2 Phase *Analyse*

Die Lokführer vermuteten aus ihrer Betriebspraxis heraus, dass die meisten Zugfolgeverspätungen durch eine andere Nahverkehrslinie (im Folgenden als Zubringerlinie bezeichnet) verursacht würden. Diese Linie nutzte die gleiche Fahrstraße zwischen Betriebsstelle 1 und 2 (vgl. Abbildung 5.17). Bei Verspätungen der Zubringerlinie würden sich die Abfahrten entsprechend verzögern und somit die Zugfolgeverspätungen entstehen.

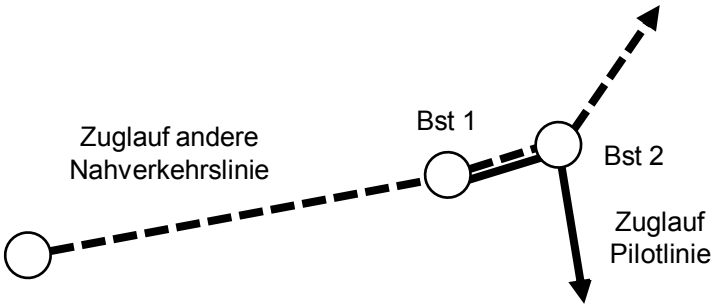


Abbildung 5.17: Streckenübersicht Betriebsstelle 1 (schematisch)

Um diese Ursachenhypothese zu testen, wurden die Zugfolgeverspätungen zunächst anhand der vorliegenden Daten analysiert. Von den im Auswertezeitraum von 14.12.2008 bis 25.10.2009 vorliegenden Kodierungen waren 59 % mit einer verursachenden Zugnummer versehen. Die Zugnummern fehlten im Wesentlichen für den Zeitraum Dezember 2008 bis April 2009. Ab ca. Mitte Mai 2009 wurden den Kodierungen nahezu vollständig Zugnummern zugeordnet.

Die Zugfolgefälle wurden nach Zugnummernkreisen gruppiert. Ergebnis war, dass 80 % der Zugnummern für den Zeitraum Mai bis Oktober 2009 der vermuteten Nahverkehrslinie zugeordnet werden konnten (12 % einer weiteren Nahverkehrslinie, 8 % weiteren EVU, insbesondere Güterzügen). Damit schien die Hypothese als Arbeitshypothese brauchbar, auch wenn für den gesamten Zeitraum insgesamt 41 % der Fälle ohne Verursacher-Zugnummern angegeben waren. Zur Absicherung wurden daher die Verursacher für Zugfolgeverspätungen daher noch einmal nach Zugnummern im Zeitverlauf analysiert. Hier ergaben sich keine so starken Schwerpunkte, sodass die Projektgruppe sich entschied, mit der Hypothese weiterzuarbeiten (sowie zusätzlich keine weiteren speziellen Ursachen bezüglich Uhrzeit bzw. Zugnummer zu vermuten).

Da die Zubringerlinie von einem anderen Eisenbahnverkehrsunternehmen betrieben wurde, setzte sich das Team mit dem EVU in Verbindung. Aufgrund von Problemen mit der Fahrzeugtechnik der auf der Linie eingesetzten Fahrzeuge wurde eine weitere Bearbeitung zunächst ausgesetzt. Die Probleme äußerten sich in starken Schwankungen

der Fahrzeiten und damit in Schwankungen der Abfahrtspünktlichkeit an Betriebsstelle 1, wie sie in Abbildung 5.18 visualisiert sind (Zeitraum 14.12.2008 – 25.10.2009, nur Richtung).

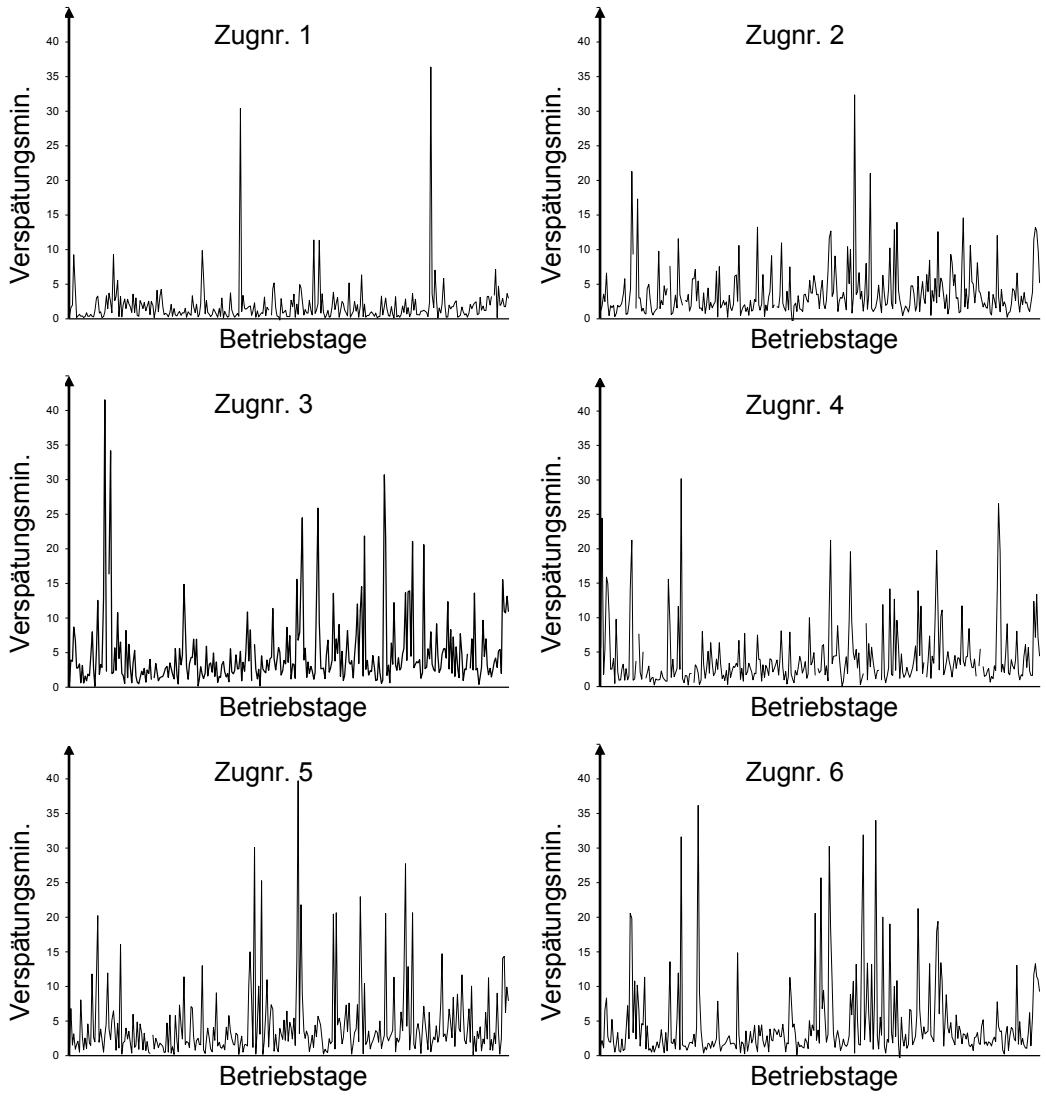


Abbildung 5.18: Schwankungen in der Abfahrtspünktlichkeit der verursachenden Zubringerlinie an Betriebsstelle 1

Da ungewiss war, wann die Kernursachen beseitigt werden können, entschied sich das Verbesserungsteam nach einiger Zeit, in Zusammenarbeit mit dem anderen EVU sowie dem Eisenbahninfrastrukturunternehmen an einer Entkopplung zu arbeiten. Dazu wurde zunächst die Analyse weiter vertieft. Für ein besseres Verständnis wurden zunächst die genauen Soll- und Ist-Fahrzeiten analysiert. Die Züge der Pilotlinie verlassen die Betriebsstelle 1 genau 4,0 Min. nach Abfahrt der Züge der Zubringerlinie. Die Fahrzeit beider Linien beträgt laut Fahrplan 2 Min. 42 Sek. Damit bleiben als rechnerischer Puf-

fer 1 Min. 12 Sek. (= 72 Sek.).[160] Aufgrund der geringen zeitlichen Differenz wirken sich somit bereits Verspätungen größer als eine Minute negativ auf die Pünktlichkeit der Pilotlinie aus. Der Toleranzwert für Pünktlichkeit der Pilotlinie liegt bei 2 Min. 59 Sek. Alle verspäteten Abfahrten der ankommenden Zubringerlinie größer als vier Minuten führen also rechnerisch direkt zu einer Verspätung der Pilotlinie am nahe gelegenen, ca. 3 km entfernten nächsten Messpunkt. Je nach Höhe der Zugfolgeverspätungen erreichten die Züge der Pilotlinie möglicherweise auch weitere Messstellen verspätet. Große Verspätungen wiederum waren nicht relevant, da die Fahrdienstleiter dann zunächst die Ausfahrt für die Züge der Pilotlinie stellen. Hierfür wurde als Schwellwert 9 Min. geschätzt.

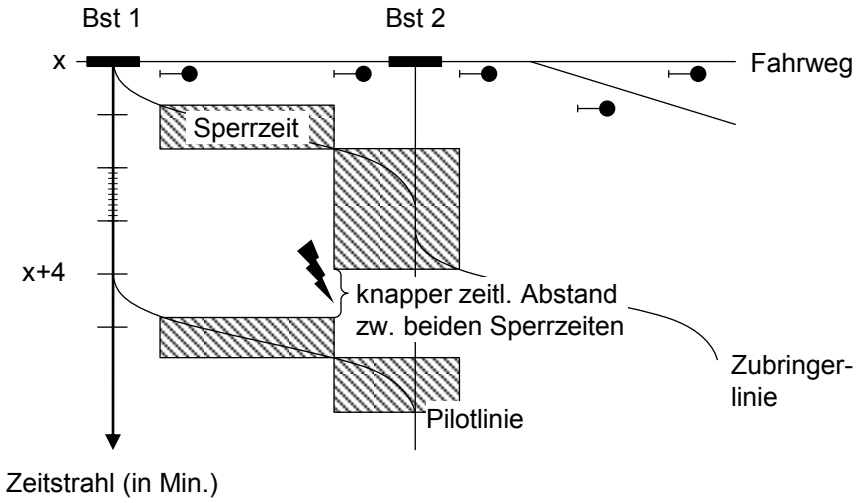


Abbildung 5.19: schematische Sperrzeitentreppe, Zugfolge Schwerpunkt 1

Im nächsten Schritt wurde der Zusammenhang zwischen der Eingangsverspätung der kodierten Fälle und der resultierenden (Zugfolge-)Verspätung in einem Korrelationsdiagramm visualisiert und lineare Korrelationen inkl. Bestimmtheitsmaß ausgewiesen (mittels der in MS Excel eingebauten Funktion bei Punktdiagrammen). Der Auswertezeitraum war zunächst vom 14.12.2008 bis 25.10.2009, um konsistent zum Differenzverspätungsdiagramm zu bleiben. Bei der Erstellung des Diagramms fiel auf, dass die Eingangsverspätungen sich im Intervall von 3 bis 10 Min. ballen und wenige Werte um 30 Min. liegen. Die hohen Werte schienen aufgrund der Probleme mit der Fahrzeugtechnik plausibel. Die stark verspäteten Zubringerzüge verspäteten dann Züge der Pilotlinie, welche in einem 23 Min. versetzten Takt fahren. Die Eingangsverspätungen wur-

[160] Ohne Berücksichtigung von Einstellzeiten der Fahrstraßen, Räumungszeiten usw., welche eher verschärfend wirken.

den daher geschichtet in zwei Gruppen und die Korrelationen getrennt ausgewiesen (vgl. Abbildung 5.20)

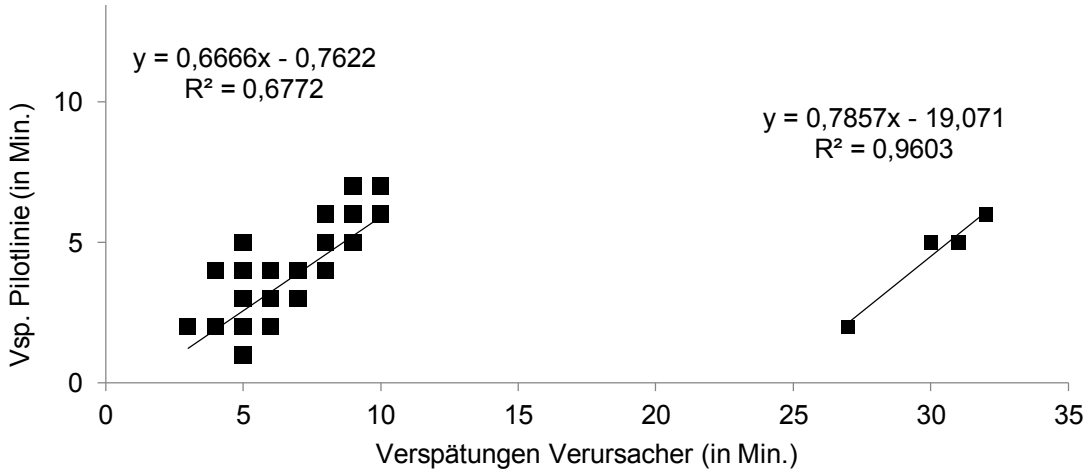


Abbildung 5.20: Korrelation zwischen Eingangs- und resultierenden Zugfolgeverspätungen an Betriebsstelle 1

Als Wirkungszusammenhang war eine 100 %-ige Verspätungsübertragung bei einem Puffer von 72 Sek. angenommen worden. Die Korrelations- (bzw. Regressions-) Gerade hätte idealtypisch die Gleichung $y = 1{,}00x - 1{,}20$ (R^2=1,00) gehabt. Die ausgewiesene Korrelation mit der Gleichung $y = 0{,}67x - 0{,}76$ (R^2=0,68) wurde von der Gruppe (bei 123 Datenpunkten)[161] als ausreichende Näherung betrachtet, um den Kausalzusammenhang zu stützen. Interessant war, dass durch die Analyse der kodierten Fälle die Einschätzung korrigiert wurde, dass Verspätungen ab 9 Min. nicht mehr zu Zugfolgeverspätungen führen würden (in der Grundgesamtheit hatten 9 der 123 Fälle eine Verursacherverspätung von 9 oder 10 Min.).

Aus dem Austausch mit dem zweiten EVU im Jahr 2011 ergab sich, dass die Probleme mit der Fahrzeugtechnik in gewissem Maße kontrolliert werden konnten. Die Gruppe analysierten daraufhin die kodierten Fälle, um zu überprüfen, ob das alte Muster aus 2009 weiter aktuell war. Für den Zeitraum 01.04.2011 bis 13.07.2011 hatten die Züge der Zubringer (bei fast vollständig vorliegenden Kodierungen) mit 87 % den überwiegenden Anteil an allen Verursachern (vgl. Abbildung 5.21).

[161] In der Grafik sind die Punkte nicht erkennbar, da nur gerundete Minuten verfügbar waren und daher viele Datenpunkte übereinander liegen.

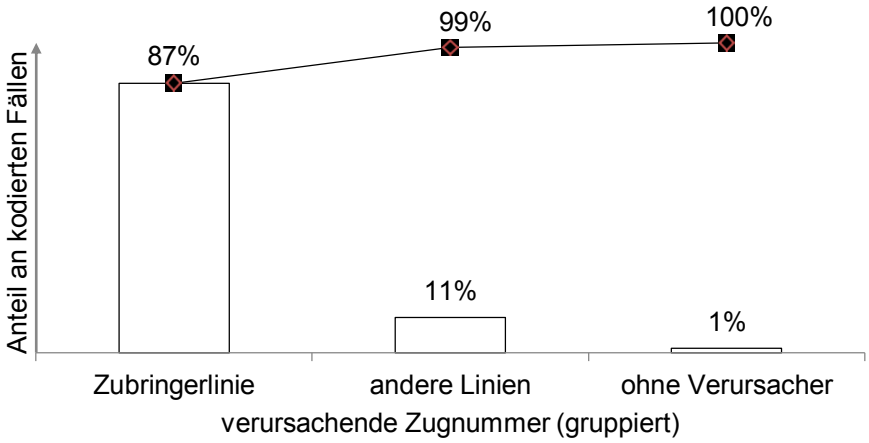


Abbildung 5.21: Verteilung der Zugfolge-Verursacher an Betriebsstelle 1 (in Richtung)

Ergänzend wurde für die kodierten Fälle die Korrelation zwischen den Eingangsverspätungen der Zubringerlinie und den Abfahrtsverspätungen der Pilotlinie ausgewiesen (wiederum mit MS Excel). Das Muster war identisch (mit einer verschobenen Lage sowie einem leicht niedrigeren Wert für das Bestimmtheitsmaß).

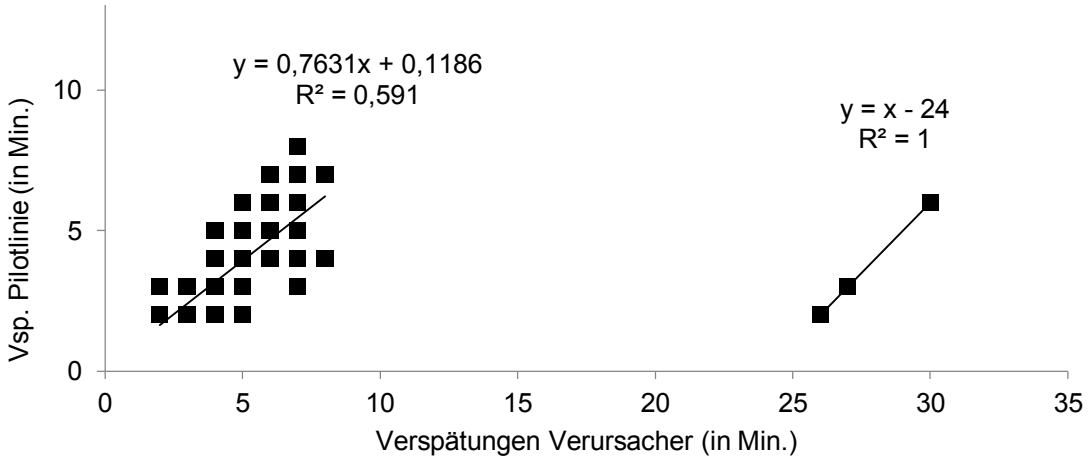


Abbildung 5.22: Korrelation zwischen Eingangs- und resultierenden Zugfolgeverspätungen an Betriebsstelle 1

Nach der Bestätigung, dass der Zusammenhang weiter aktuell war, wollte die Gruppe genauer wissen, in welchem Umfang die Zubringerlinie verspätet ankommt. Dazu wurden für den gleichen Zeitraum 01.04.2011 bis 13.07.2011 die Produktionsdaten der Zubringerlinie aus SQF erhoben. Dabei entschied sich die Gruppe, die Ankunftsverspätungen der Betriebsstelle 2 zu nutzen. Argument war, dass die Belegung der Fahrstraße zwischen Betriebsstelle 1 und Betriebsstelle 2 die Zugfolgeverspätung auslösen würde und nicht die Eingangsverspätung der Zubringerlinie in Betriebsstelle 1. Das Ergebnis

war, dass ca. 45 % der Zugfahrten innerhalb des Auswertezeitraums die Züge der Pilotlinie potenziell beeinflussten (vgl. das Histogramm in Abbildung 5.23).

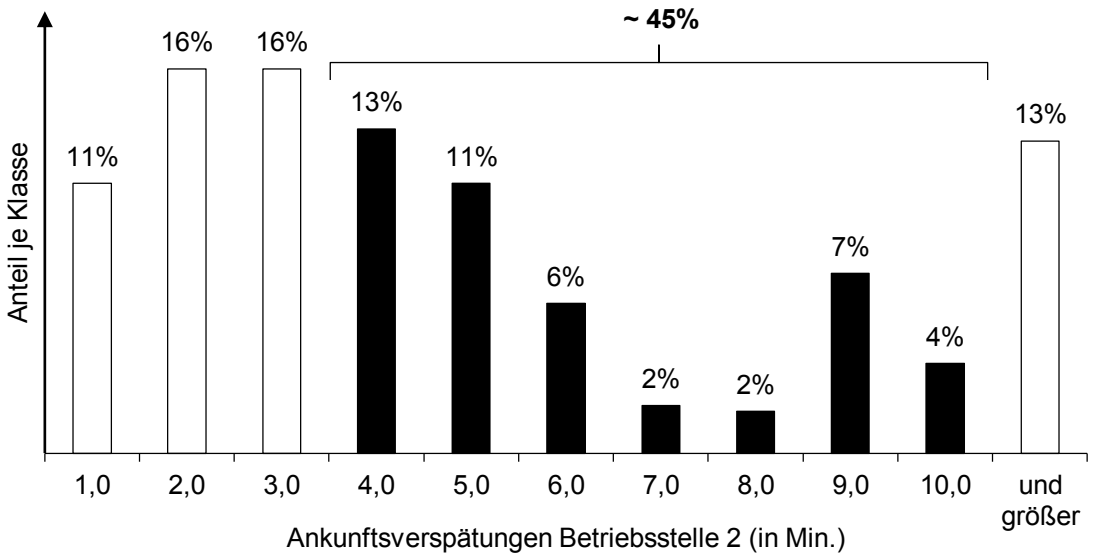


Abbildung 5.23: Verteilung der Ankunftsverspätungen der Zubringerlinie in Betriebsstelle 2

5.2.4.3 Phase *Improve*

Um ein breites Spektrum an Lösungsmöglichkeiten abzudecken, lud die Gruppe zu einem bereichsübergreifenden Arbeitstreffen ein. An dem Arbeitstreffen nahmen für das EVU der Pilotlinie der Leiter Fahrpersonal, der Teamleiter Fahrpersonal, seine zwei Stellvertreter sowie der interne Berater für Projekt- und Qualitätsmanagement (Autor dieser Arbeit) teil. Für das EVU der Zubringerlinie nahmen der Teilnetzmanager, ein Teamleiter Fahrpersonal, ein Transportkontrolleur sowie eine Sachbearbeiterin Angebotsplanung teil. Das Eisenbahninfrastrukturunternehmen war mit dem Leiter Fahrplangestaltung / Netzfahrplan und einer Sachbearbeiterin vertreten.

Nachdem noch einmal überprüft wurde, ob die Kernursachen angegangen werden können, entschied sich die Gruppe, sich auf die Entkopplung zu konzentrieren. Um eine Verspätungsübertragung zu unterbinden und die beiden Linien zu entkoppeln, bot sich als nahe liegende Lösung eine Dispositionsregel an. Die Gruppe verzichtete daher auf eine Kreativphase und arbeitete direkt an der Konkretisierung der Dispositionsregel. Da die zeitlichen Schwellwerte für eine Beeinflussung bereits in der Analyse-Phase betrachtet wurden, wurde folgende Regel direkt formuliert (hier anonymisiert):

Für Wochentage ohne Samstag gilt:
Passiert die Zubringerlinie aus K. nach G. den Bahnhof F. mit 4 oder mehr Minuten Verspätung (240 Sek.), so fährt die Pilotlinie vor der Zubringerlinie aus Betriebsstelle 1 aus.
In Betriebsstelle 2 wird kein Anschluss von der Zubringerlinie auf die Pilotlinie hergestellt.

Die Ergebnisse der Analyse sowie der Vorschlag, eine Dispositionsregel einzuführen, wurden intern beim zweiten Eisenbahnverkehrsunternehmen geprüft sowie dem örtlichen Betriebsleiter des Eisenbahninfrastrukturunternehmen vorgestellt. Mit dem zweiten Eisenbahnverkehrsunternehmen zusammen wurde geprüft, welche Zusatzverspätung sich aus einer Reihenfolgeänderung ergab. Durch Messungen vor Ort wurde eine Zusatzverspätung von maximal zwei Minuten ermittelt. Da auf dem weiteren Streckenverlauf der Zubringerlinie noch Fahrplanpuffer vorhanden waren und ein Fernverkehrsanschluss am Zielbahnhof 21 Min. Übergang hatte, wurde die Dispositionsregel als betrieblich unproblematisch und für die Fahrgäste akzeptabel eingestuft. Die Dispositionsregel wurde mit einem Fahrdienstleiterauftrag eingeführt. Zusätzlich stellten der Teamleiter Fahrpersonal und der interne Berater ausgewählten Fahrdienstleitern die Hintergründe vor. Ergänzend übergaben sie eine Informationsschrift zur Auslage, sodass sich alle Fahrdienstleiter (die aufgrund des Schichtbetriebs schwierig zu versammeln sind) entsprechend informieren konnten.

5.2.5 Phasen *Measure*, *Analyze* und *Improve* in den Schwerpunkten 2 und 4: Zugfolge auf eine S-Bahn (in beide Richtungen)

5.2.5.1 Phase *Measure*

Annahme war, dass die Züge der Pilotlinie P1 in beiden Richtungen auf vorausfahrende S-Bahnen ‚auflaufen'. Je nach Verspätung der einzelnen S-Bahn (und des einzelnen P1-Zuges) ereignet sich dieser Zugfolgekonflikt zwischen bzw. an unterschiedlichen Betriebsstellen. Das Team griff daher noch einmal auf die Daten aus der Phase *Recognize* zurück. Die dortigen Auswertungen (vgl. Abbildung 5.3 und Abbildung 5.4) zeigen auf dem Abschnitt positive Differenzverspätungen sowie bei den Kodierungen in diesem Abschnitt einen relevanten Anteil an Fällen mit Zugfolge-Kodierung.

5.2.5.2 Phase *Analyze*

Zunächst wurden die Relativlagen bestimmt. Die reinen Fahrzeitabstände ergeben sich beispielhaft[162] aus folgender Tabelle:

Tabelle 5.2: Fahrzeitabstände S-Bahn zu Pilotlinie (Gegenrichtung)

Fpl.jahr 2009	S-Bahn	Pilotlinie	Zeitdifferenz (in Min. u. Sek.)
Betriebsstelle 10	Start	Abfahrt	08:00
Betriebsstelle 11		Durchfahrt	07:30
	Abfahrt		x
Betriebsstelle 12	Ankunft		x
	Abfahrt	Durchfahrt	06:00
Betriebsstelle 13	Ankunft	Durchfahrt	06:18
	Abfahrt		05:48
Betriebsstelle 14	Ankunft	Durchfahrt	05:18
	Abfahrt		04:42
Betriebsstelle 15	Ankunft	Ankunft	04:48
	Abfahrt	Abfahrt	05:12
Betriebsstelle 16	Ankunft	Durchfahrt	05:30
	Abfahrt		04:54
Betriebsstelle 17	Ankunft	Durchfahrt	04:12
	Abfahrt		03:36
Betriebsstelle 18	Ankunft	Ankunft	03:18
	Abfahrt	Abfahrt	03:18
Betriebsstelle 19	Ankunft	Ankunft	04:06

Ein anonymisiertes und aufbereitetes Bildschirmfoto des Planungssystems RUT[163] in Abbildung 5.24 illustriert die enger werdende Taktfolge zwischen S-Bahn und Pilotlinie.

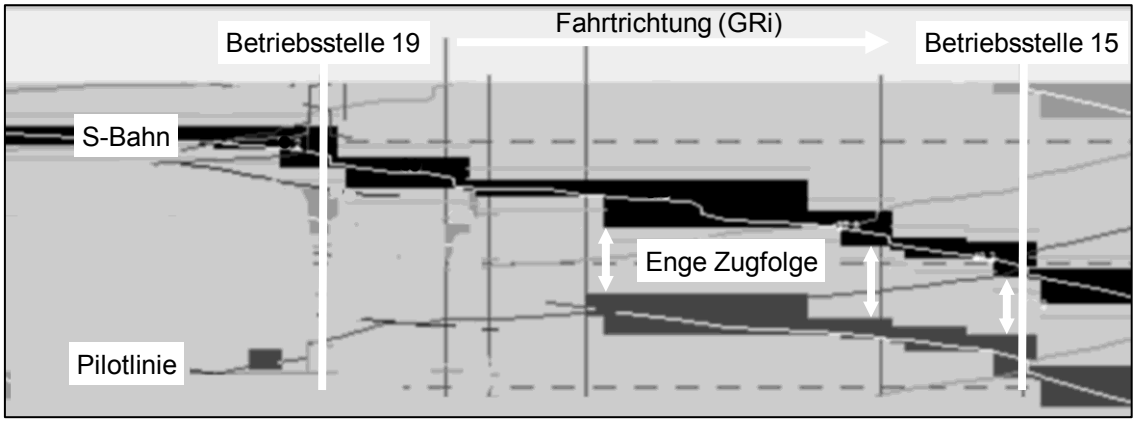


Abbildung 5.24: Relative Fahrplanlage S-Bahn und Pilotlinie (hier in Gegenrichtung)

[162] Leichte Veränderungen ergeben sich bei Verstärkerzügen und zeitlichen Randlagen.

[163] RUT steht für Rechnerunterstütztes Trassenmanagement (vgl. HEISTER u.a. 2005, S. 381, SAUER 1999).

Um die Abhängigkeit zwischen den beiden Linien zu plausibilisieren, wurde zunächst für ein zufällig ausgewähltes Zugpaar ein Korrelationsdiagramm erstellt (Zeitraum 01.10. – 23.10.2009).

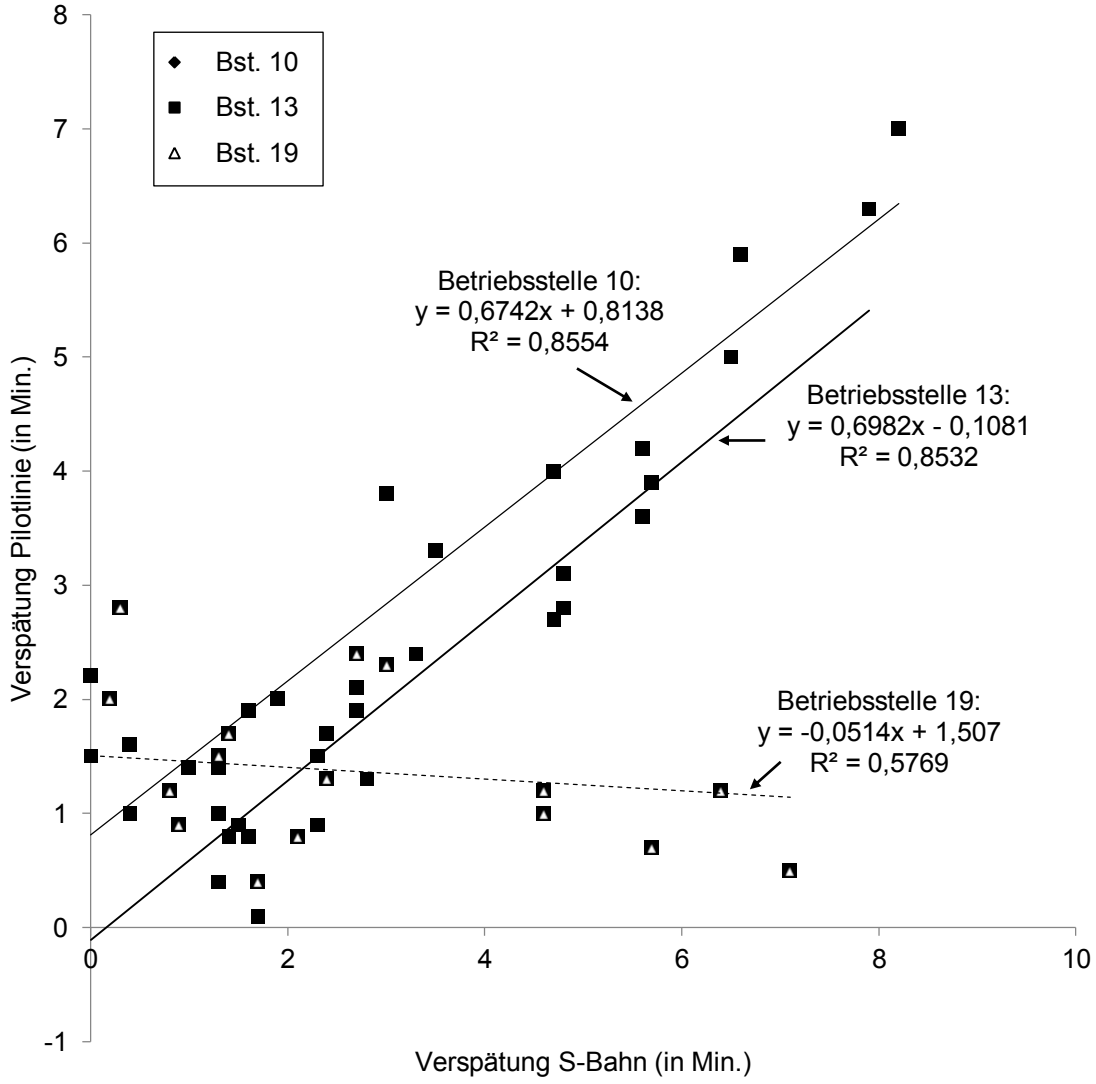


Abbildung 5.25: Korrelation Verspätungen S-Bahn und Pilotlinie (beispielhaftes Zugnummernpaar)

Mit den vorliegenden Kodierungen und der hohen Korrelation des zufällig ausgewählten Zugpaares sah sich das Team bestätigt, die Zugfolge als mögliche Kernursache zu behandeln. Die folgende (zu einem späteren Zeitpunkt erstellte) Abbildung 5.26 zeigt den Zusammenhang deutlicher und belegt die Auswirkung der Zugfolge zwischen S-Bahn und Zügen der Pilotlinie auf die Pünktlichkeit der Pilotlinie. Die Säulengrafik zeigt den Anteil der Fahrten, differenziert nach dem zeitlichen Abstand der Pilotlinie zur vorausfahrenden S-Bahn an Betriebsstelle 19 (in der Ankunft, die Zeit auf Minuten

kaufmännisch gerundet). Der höchste Anteil liegt bei acht Minuten. Die Anteile sind um diesen Wert weitestgehend symmetrisch verteilt. Die Liniengrafik zeigt die mittlere Differenzverspätung der Pilotlinie zwischen der Betriebsstelle 19 und der Betriebsstelle 15.[164] Im Bereich des höchsten Werts plus/minus drei Minuten bauen die Zugfahrten im Mittel Verspätungen ab (da die Werte kleiner null sind). Verringert sich nun der Abstand der Pilotlinie-Züge auf die S-Bahn in der Ankunft in Betriebsstelle 19 auf Werte zwischen vier bis null Minuten (gerundet), so bauen die Züge im Mittel Verspätungen auf. Der Aufbau ist umso stärker, je kürzer der Abstand auf die vorausfahrende S-Bahn ist. Fahren die Züge der Pilotlinie voraus, so bauen sie im Mittel keine Verspätungen auf.

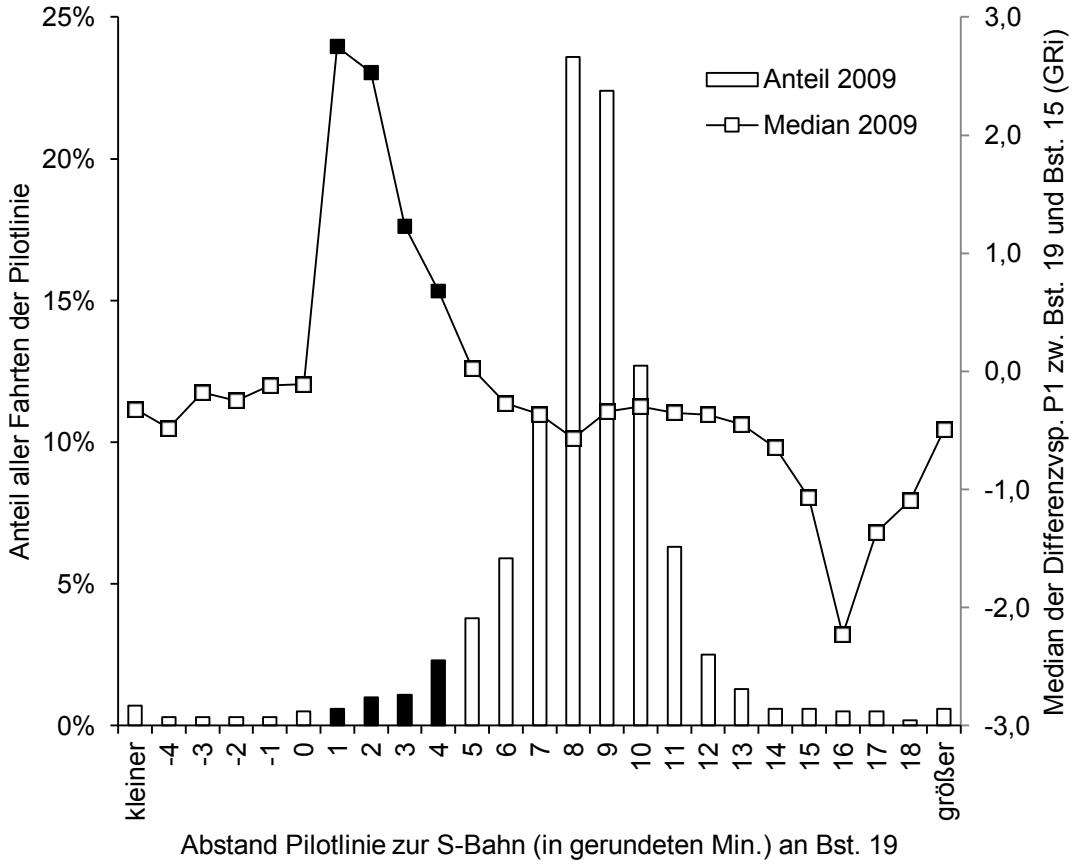


Abbildung 5.26: Auswirkung der Zugfolge auf die Pünktlichkeit der Pilotlinie

Die beschriebene Abbildung belegt damit die vermutete Wirkung der Zugfolge und gibt zudem Hinweise auf Schwellwerte und auf die Stärke der Beeinflussung.

[164] Als Median, in der Gegenrichtung, jeweils in der Ankunft, kaufmännisch gerundet.

5.2.5.3 Phase *Improve*

Das Team arbeitete in der Verbesserungsphase wiederum mit den Techniken *Brainstorming*, *Affinitätsdiagramm*, *Auspunkten*, *Bewertungsraster* und *Fehlerbaum* (in dieser Reihenfolge). Als mögliche Lösungen wurden die Senkung der Verursacherverspätung (der S-Bahn), eine Verdichtung von Blockabständen sowie eine Fahrlagenverschiebung identifiziert. Nach einigen vertiefenden Gesprächen wurde klar, dass die beiden erstgenannten Lösungsansätze zu komplex und zu zeitverzögert wirken würden. Daher wurde die Maßnahme *Fahrlagenverschiebung* priorisiert und weiter ausgearbeitet.

Fahren, wie in diesem Fall, zwei Züge fahrplanmäßig zeitlich knapp hintereinander (vgl. Abbildung 5.24), so führen Verspätungen der vorausfahrenden Züge (hier der S-Bahnen) zu Verspätungen der nachfolgenden Züge (hier der Züge der Pilotlinie). Fahren nun die S-Bahnen früher ab oder die Züge der Pilotlinie später (oder beides in Kombination), so wirkt sich ein Teil der Verspätungen der S-Bahnen nicht mehr auf die Pilotlinie aus. Aufgrund der vorliegenden Kodierungen in Verbindung mit den gezeigten Analysen beschloss das Team, die Maßnahme einer Fahrlagenverschiebung umzusetzen. Da die Angebotsplanungen und die Trassenanmeldungen für das folgende Fahrplanjahr bereits im Februar bis April erfolgen, wurde die Maßnahme im Frühjahr 2010 für das Fahrplanjahr 2011 angesetzt und durchgeführt. Im Rahmen des Verfahrens konnte für einen Großteil der Züge der Pilotlinie eine Verschiebung der Fahrlage um 48 Sek. bis Betriebsstelle 15 geplant und nach der Trassenanmeldung auch realisiert werden.

Nach Umsetzung der Maßnahme stellte sich die Frage, ob die Maßnahme gewirkt hatte und wie stark sie wirkte. Dazu wurde ein lineares Regressionsmodell aufgestellt (vgl. für den Ablauf einer multiplen linearen Regressionanalyse BACKHAUS u.a. 2008, S. 57). Zunächst wurden die Annahmen aufgestellt:

- Annahme 1: Die S-Bahnen beeinflussen die Züge der Pilotlinie nur in einem bestimmten Zeitfenster.
- Annahme 2: Wenn die S-Bahnen die Züge der Pilotlinie beeinflussen, dann ist die zeitliche Wirkung etwas unterproportional (aufgrund der Nachrückmöglichkeiten).
- Annahme 3: Die Beeinflussung kann bereits in Betriebsstelle 19 beginnen, aber sich auch auf dem gesamten betrachteten Abschnitt auswirken (durch das sog. Auflaufen).
- Annahme 4: Zusätzlich entstehende Verspätungen im betrachteten Abschnitt wirken sich wiederum unterproportional aus (aufgrund der Nachrückmöglichkeiten).

Als abhängige Variable[165] wurde die Differenzverspätung zwischen Betriebsstelle 19 (in der Ankunft[166]) und der Betriebsstelle 15 (in der Ankunft) gewählt. Als unabhängige Variablen[167] wurden gewählt:

– die Ankunftsverspätung der Pilotlinie an Betriebsstelle 19 („X01__P1_Bst19_an“),
– die Ankunftsverspätung der S-Bahnen an Betriebsstelle 19 („X02__S-Bahn_Bst19_an“),
– die Differenzverspätungen der S-Bahnen auf dem betrachteten Abschnitt („X03__S-Bahn_Diffvsp“) und
  die Relativlage („X04__Delta-t_Ist“).

Dann wurde die Regressionsfunktion geschätzt und geprüft[168]. Sie wies hohe Varianzinflationsfaktoren (VIF) aus (vgl. Abbildung 5.27).

```
Regressionsanalyse:

Die Regressionsgleichung lautet

Y__P1_Bst15_an = - 547 - 0,102 X01__P1_Bst19_an + 1,13 X02__S-Bahn_Bst19_an

                 + 0,363 X03__S-Bahn_Diffvsp - 1,06 X04__Delta-t_Ist


Prädiktor                   Koef  SE Koef       t      p     VIF

Konstante                -546,85    13,18  -41,50  0,000

X01__P1_Bst19_an        -0,10214  0,02783   -3,67  0,000  15,972

X02__S-Bahn_Bst19_an     1,13399  0,02707   41,89  0,000  24,443

X03__S-Bahn_Diffvsp      0,36327  0,01680   21,62  0,000   1,037

X04__Delta-t_Ist        -1,05769  0,02705  -39,09  0,000  35,701


R-Qd = 75,2%
```

Abbildung 5.27: Auszug aus Statistikprogramm – Regressionsanalyse 2009 mit vier Faktoren (grafisch aufbereitet)

[165] Auch: endogene, erklärte oder Prognosevariable (vgl. BACKHAUS u.a. 2008, S. 55).

[166] Die Ankunft wurde gewählt, da in dieser Betriebsstelle S-Bahnen und Pilotzüge unabhängig voneinander an parallelen Gleisen einfahren. Entsteht nun eine Beeinflussung direkt an dieser Betriebsstelle, so wurde erwartet, dass der Fahrdienstleiter gar nicht erst die Fahrstraße für die Züge der Pilotlinie stellt. Damit wäre ein Effekt bereits im Halt gegeben.

[167] Auch: exogene, erklärende oder Prädikatorvariable (vgl. BACKHAUS u.a. 2008, S. 55).

[168] Genutzt wurde das Statistikprogramm *Minitab 16*.

Nachdem die Relativlage als Variable mit dem höchsten VIF herausgenommen wurde, ergaben sich hervorragende VIF-Werte nahe 1 (keine Multikollinearität). Alle drei unabhängigen Variablen sind wegen ihrer kleinen p-Werte (<0,05) signifikant. Zusammen erklären die drei Variablen 75,2 % der Streuung der Differenzverspätung auf dem betrachteten Abschnitt, welches als guter Wert betrachtet wurde (da nur 46 % der kodierten Verspätungsfälle auf Zugfolge lauteten, wurde kein R-Quadrat-Wert > 80 % erwartet).

Regressionsanalyse:

Die Regressionsgleichung lautet

Y__P1_Bst15_an = - 34,5 + 0,951 X01__P1_Bst19_an + 0,0979 X02__S-Bahn_Bst19_an
+ 0,288 X03__S-Bahn_Diffvsp

Prädiktor	Koef	SE Koef	t	p	VIF
Konstante	-34,500	1,521	-22,68	0,000	
X01__P1_Bst19_an	0,950661	0,007737	122,87	0,000	1,018
X02__S-Bahn_Bst19_an	0,097947	0,006099	16,06	0,000	1,023
X03__S-Bahn_Diffvsp	0,28787	0,01837	15,67	0,000	1,023

R-Qd = 69,9%

Abbildung 5.28: Auszug aus Statistikprogramm – Regressionsanalyse 2009 mit drei Faktoren (grafisch aufbereitet)

Eine Untersuchung der Residuen ergab jedoch, dass diese nicht normalverteilt sind. Damit konnte die multiple Regressionsanalyse nicht als vollständiger Beleg verwendet werden. Aufgrund der hohen Datenmenge wurde die Regressionsgleichung jedoch als qualitativer Beleg betrachtet: Die Unabhängigkeit der Variablen sowie die Richtung der Vorzeichen der Koeffizienten wurden als Bestätigung betrachtet. Auf eine Box-Cox-Transformation oder auf einen Wechsel des Modells wurde aus Effizienzgründen verzichtet.

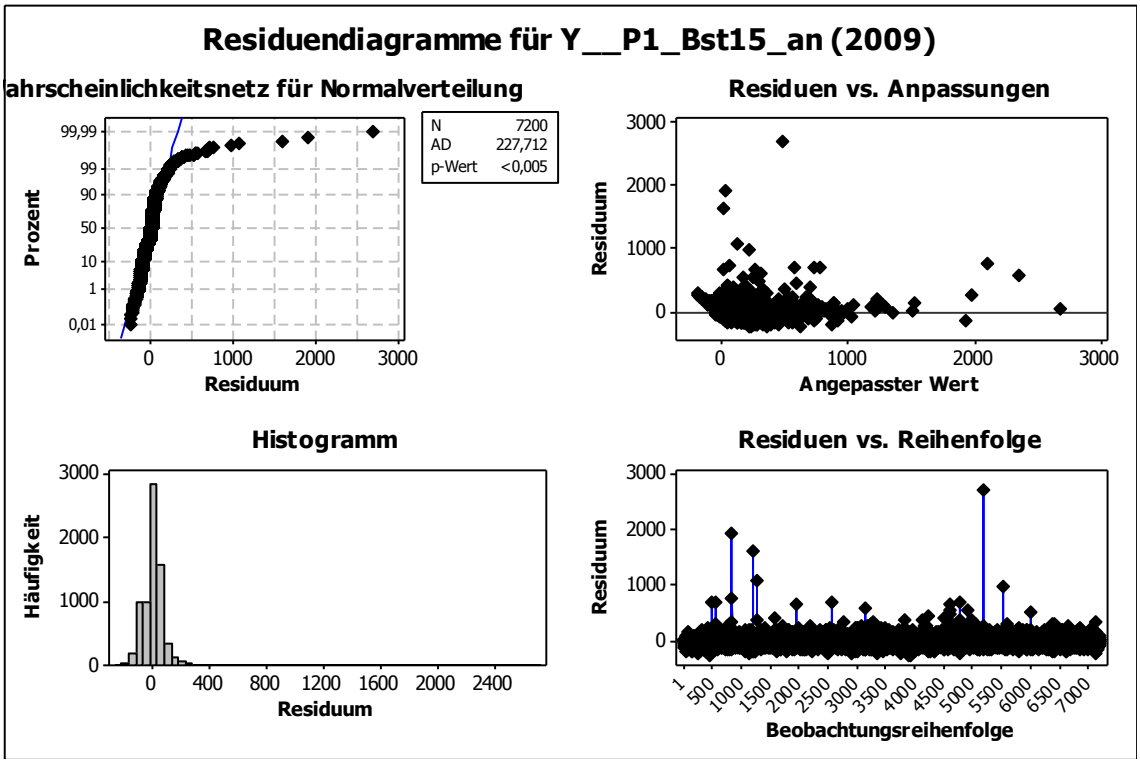


Abbildung 5.29: Auszug aus Statistikprogramm – Residuendiagramme 2009

Die Auswertung der Daten für 2011 ergab eine Steigerung der Linienpünktlichkeit insgesamt sowie auch für den Messpunkt in der Ankunft von Betriebsstelle 15, welche detailliert in der folgenden Phase *Control* vorgestellt wird. Für diese konkrete Maßnahme wurden die Daten für 2011 auf die gleiche Weise aufbereitet wie die Daten für 2009.

```
Regressionsanalyse:

Die Regressionsgleichung lautet

Y__P1_Bst15_an = - 15,6 + 0,995 X01__P1_Bst19_an + 0,0564 X02__S-Bahn_Bst19_an

                 + 0,412 X03__S-Bahn_Diffvsp


Prädiktor             Koef      SE Koef         t      p    VIF

Konstante             -15,619     1,391    -11,23  0,000

X01__P1_Bst19_an      0,994864  0,006572   151,37  0,000  1,019

X02__S-Bahn_Bst19_an  0,056382  0,006186     9,11  0,000  1,039

X03__S-Bahn_Diffvsp   0,41217   0,01992     20,69  0,000  1,021


R-Qd = 77,0%
```

Abbildung 5.30: Auszug aus Statistikprogramm – Regressionanalyse 2011

Auch hier sind alle drei unabhängigen Variablen wegen ihrer kleinen p-Werte (<0,05) signifikant. Zusammen erklären die drei Variablen 77 % der Streuung der Differenzverspätung auf dem betrachteten Abschnitt und damit ca. sieben Prozentpunkte mehr gegenüber der Analyse 2009. Es liegt keine Multikollinearität vor. Eine Untersuchung der Residuen ergab, dass diese ebenfalls nicht normalverteilt sind. Daher wurde auch diese Analyse lediglich unter qualitativen Gesichtspunkten betrachtet. Auch hier wirken alle drei Faktoren unabhängig voneinander; alle drei Faktoren haben Koeffizienten mit positiven Vorzeichen.

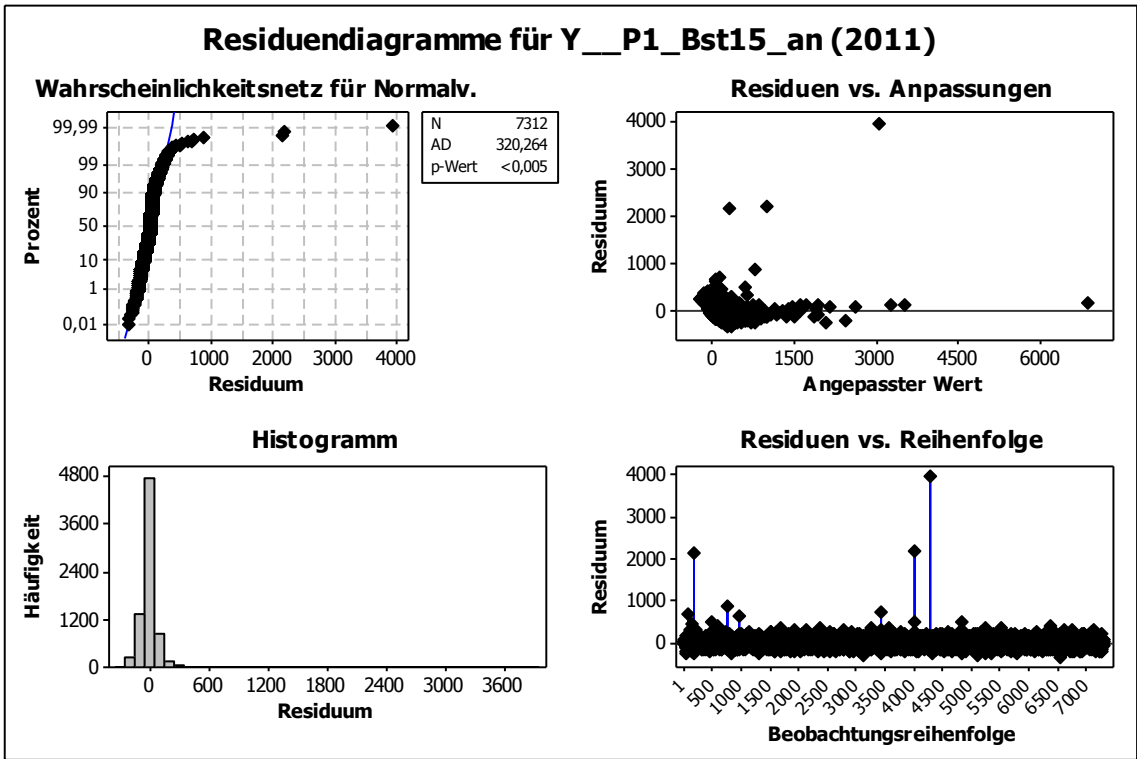


Abbildung 5.31: Auszug aus Statistikprogramm – Residuendiagramme 2011

Da die Regressionsanalyse nicht genutzt werden konnte, um einen belastbaren Beleg zu erhalten, wurden die Pünktlichkeitsdaten, welche als Vollerhebung vorlagen, ausgezählt und grafisch aufbereitet. Dazu wurde zunächst geprüft, ob sich die relative Fahrlage tatsächlich verändert hatte, die geplante Maßnahme also implementiert wurde. Für die Fahrten der Pilotlinie wurden dazu die tatsächlichen Zugfolgeabstände zur S-Bahn an Betriebsstelle 19 ermittelt (für die Jahre 2009 und 2011) und Klassen (mit der Klassenbreite eine Minute) zugeordnet. Abgetragen in einem Häufigkeitsdiagramm zeigt sich die Verschiebung der tatsächlichen relativen Fahrlage deutlich (vgl. Abbildung 5.32). Die Veränderung wird noch einmal in der Abbildung 5.33 gezeigt.

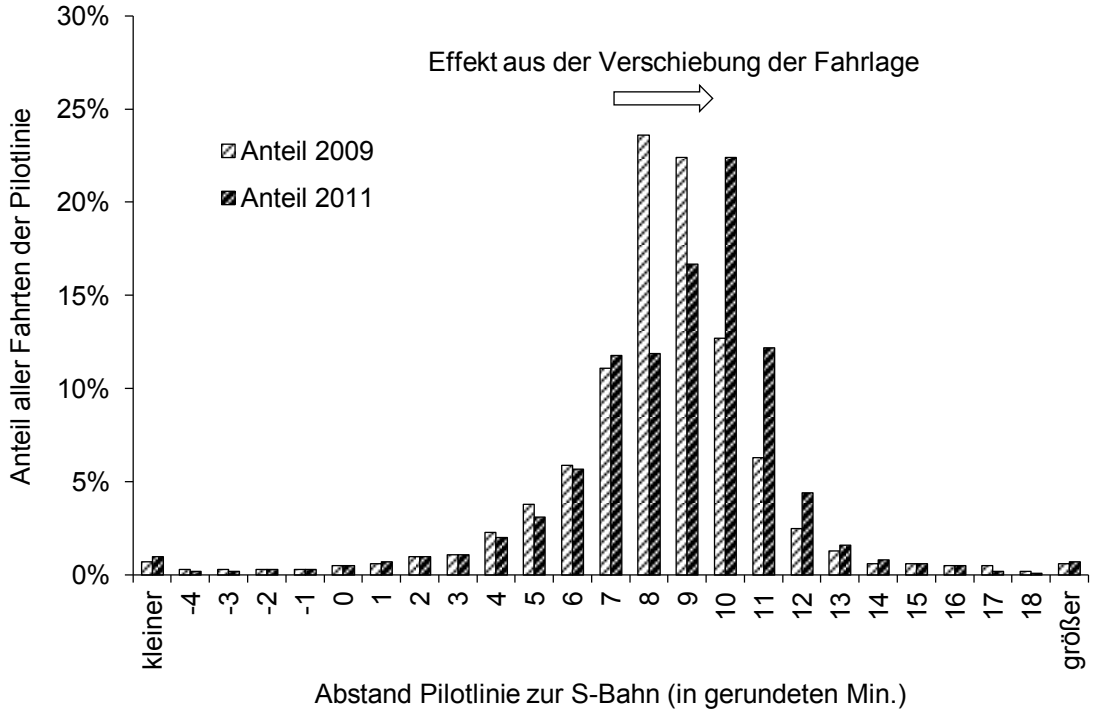


Abbildung 5.32: Effekt aus der Verschiebung der Fahrlage der Pilotlinie

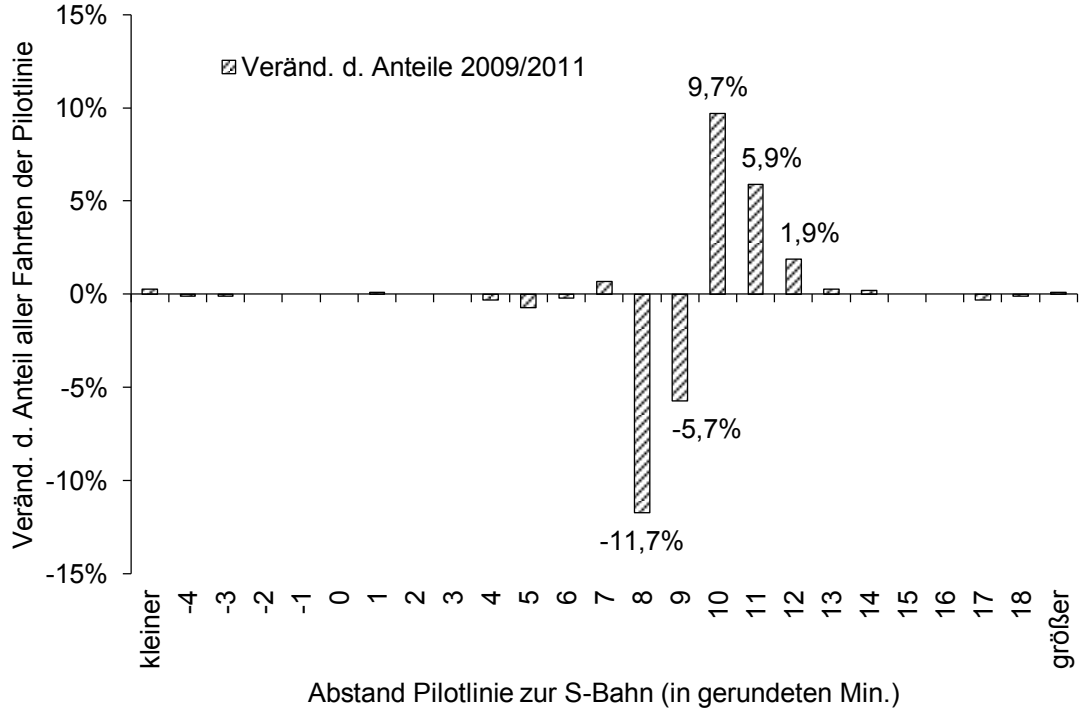


Abbildung 5.33: Veränderung der Anteile in der relativen Fahrlage S-Bahn zu Pilotlinie

Um die Wirkung der implementierten Maßnahme zu zeigen, wurden − wie in der Analyse-Phase − die mittleren Verspätungen je Klasse der Relativlage ermittelt (als Median) und über die beiden Jahre 2009 und 2011 verglichen (siehe Abbildung 5.34). Die mittleren Verspätungen in den Relativlagen von vier bis eine Minute sind deutlich gesunken. Nicht erwartet worden war die genauere Einhaltung der Fahrzeit zwischen den Betriebsstellen 19 und 15, die hier deutlich zu erkennen ist.

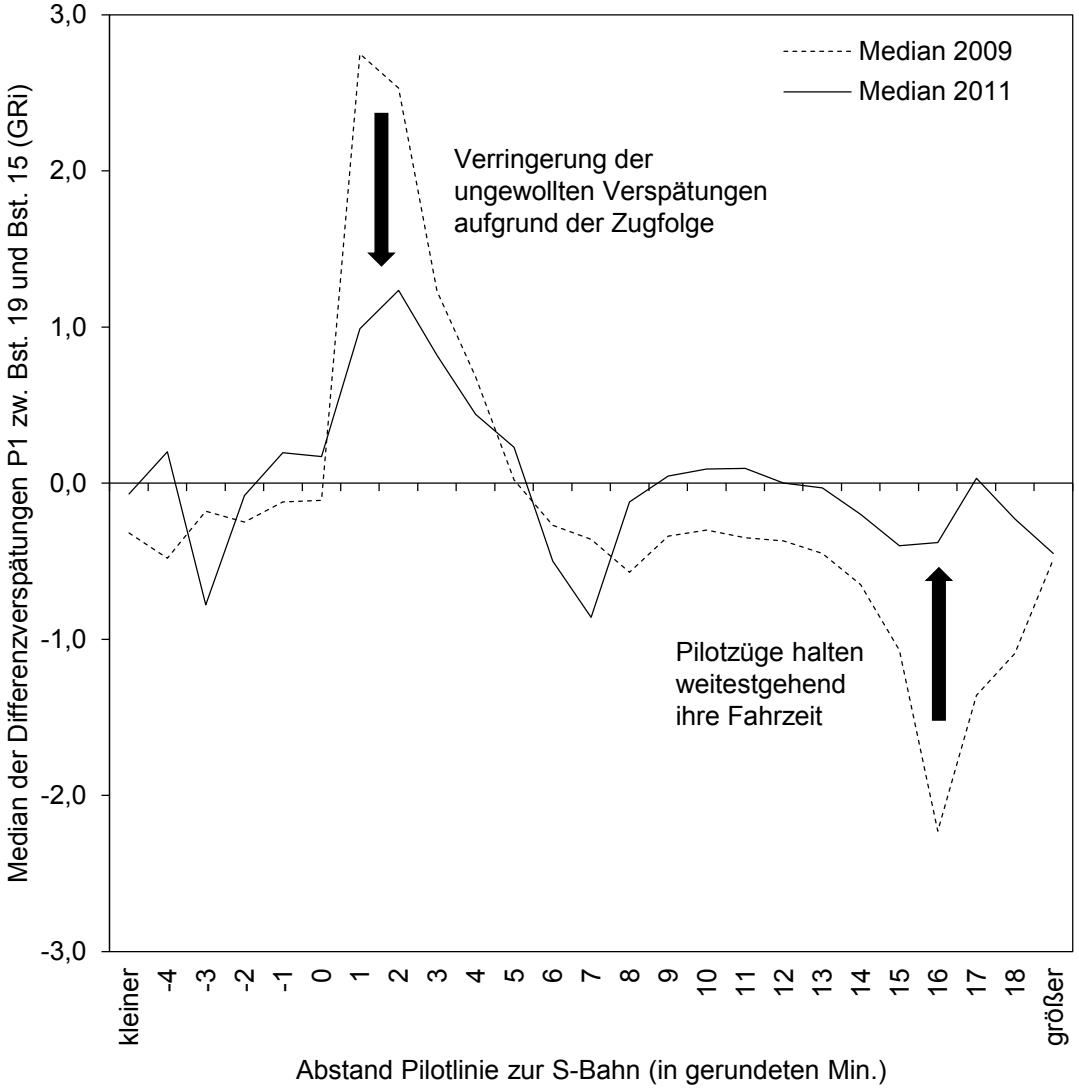


Abbildung 5.34: Verringerung der Verspätungen aus Zugfolge bei Schwerpunkt 4

Mit dieser Aufbereitung, für die die Office-Programme MS Access und MS Excel genutzt wurden, konnte die Wirksamkeit der Maßnahme gezeigt werden und machte tiefergehende statistische Operationen überflüssig. Unterlassen wurde die explizite Formulierung von Annahmen. Diese hätten in diesem Fall lauten können:

- Zusammenhangshypothese H1:
  Verspätungen der Pilotlinie in Gegenrichtung an den Messpunkten Bst. 15 und Bst. 10 hängen mit Verspätungen der S-Bahn zwischen Bst 19 und Bst. 10 zusammen.
- Wirkungshypothese H2:
  Je später die Pilotlinie in Bst 19 ankommt, umso später wird sie in Bst. 15 und Bst. 10 ankommen.
- Wirkungshypothese H3:
  Je später die S-Bahn in Bst. 19 ankommt, umso stärker fällt die Zugfolgeverspätung der Pilotlinie an den Messpunkten Bst. 15 und Bst. 10 aus.
- Wirkungshypothese H4:
  Je später die S-Bahn in Bst. 19 ankommt, umso stärker fällt die Zugfolgeverspätung der Pilotlinie an den Messpunkten Bst. 15 und Bst. 10 aus.
- Wirkungshypothese H5:
  Je mehr sich die S-Bahn nach der Abfahrt in Bst. 19 vor den Messpunkten Bst. 15 sowie Bst. 10 verspätet, umso stärker fällt die Zugfolgeverspätung der Pilotlinie an den Messpunkten Bst. 15 sowie Bst. 10 aus.
- Wirkungshypothese H6:
  Wenn der zeitliche Abstand der vorausfahrenden S-Bahn zur Pilotlinie geringer ist als ein Wert x, so überträgt sich die Verspätung der S-Bahn zu y % auf die Pilotlinie.
- Wirkungshypothese H7:
  Wenn der zeitliche Abstand der vorausfahrenden S-Bahn zur Pilotlinie größer ist als ein Wert z, so dreht sich die Zugfolge und die Pilotlinie fährt voraus.
- Wirkungshypothese H8:
  Eine Vergrößerung des Zugfolgeabstandes zwischen S-Bahn und Pilotlinie lässt die Werte x und z steigen.

5.2.6 Phasen *Measure*, *Analyze* und *Improve* im Schwerpunkt 3: Häufige Halte an einem Bahnübergang

5.2.6.1 Phase *Measure*

Die Bearbeitung dieses Schwerpunkts erfolgte mit Unterstützung von drei Auszubildenden. Dazu wurden die Auszubildenden mit der Verbesserung des Schwerpunkts 3 (Bahnübergangs-Problem) als Projektaufgabe betraut, die sie unter Anleitung des internen Beraters lösten. Das Eisenbahnverkehrsunternehmen setzte hier bewusst Auszubildende ein, um früh deren Fähigkeiten zu methodischem Verbessern in der Linienorganisation aufzubauen und zu stärken. Die Auszubildenden machten sich zunächst mit den

örtlichen Gegebenheiten vertraut, indem sie den Bahnübergang (BÜ) besuchten (*Going to Gemba*). Danach erstellten sie ein einfaches Flussdiagramm (LIPOK), um den Prozessablauf zu konkretisieren und das Problem abzugrenzen.

Der Bahnübergang wurde durch fünf einzelne Schranken gesichert. Die Schranken wurden durch einen Schrankenposten bedient, dessen Arbeitsplatz sich in einem kleinen Gebäude am Bahnübergang direkt neben der Straße befindet. Der Schrankenposten löst nach Ertönen eines Anrückmelders (in Kombination mit einem optischen Signal) manuell das Schließen der jeweiligen Schrankenbäume aus (Einfahrschranken zuerst). Er muss dabei beachten, dass keiner der Verkehrsteilnehmer (Pkws, Fahrradfahrer, Fußgänger) mehr den Bahnübergang passiert bzw. sich zwischen den Schrankenbäumen befindet.

Abbildung 5.35: Luftbild des Bahnübergangs (Google Maps, bearbeitet)

Die Auszubildenden und der interne Berater leiteten daher aus dem LIPOK folgende Prozesszeiten ab, welche dann stichprobenartig erhoben wurden:

- Vorlaufzeit: Die Differenz aus Anrückmeldersignal und BÜ-Überquerung
- Schließzeit: Die Dauer des Schließvorgangs der Schranke
- Öffnungszeit: Die Dauer des Öffnungsvorgangs
- Sperrzeit: Die Summe aus Vorlaufzeit, Schließzeit und Öffnungszeit

Die Auszubildenden nutzten bei der Erhebung Funkuhren sowie Stoppuhren. Auf Basis von 24 Messungen (je Richtung 12) ergaben sich folgende Werte:

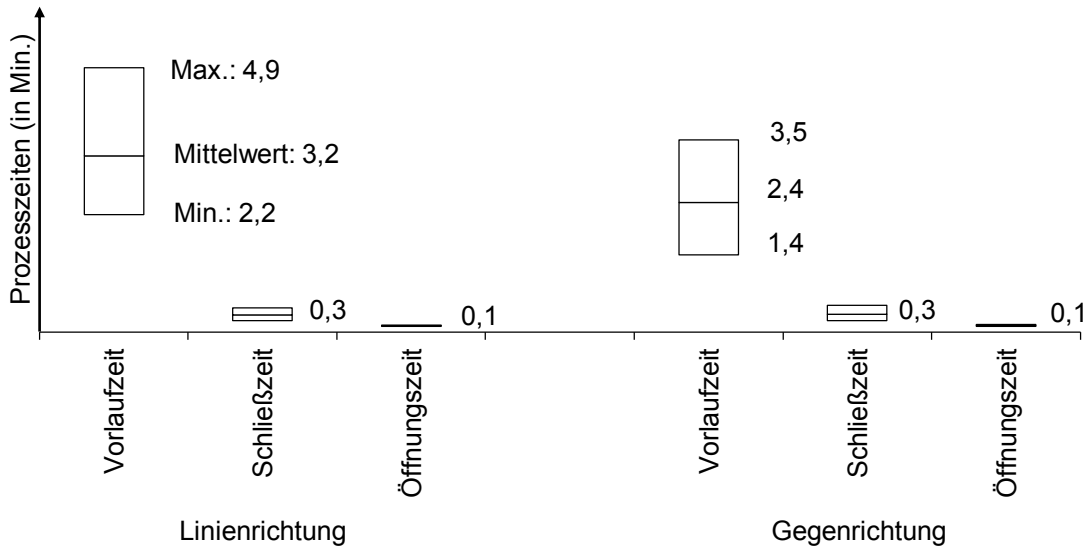


Abbildung 5.36: Prozesszeiten Bahnübergang Schwerpunkt 3

Bei der Schließzeit handelt es sich um die reine Schließzeit. Der Zeitraum zwischen dem Entschluss, den Schließvorgang einzuleiten, und dem Beginn ist in der Vorlaufzeit enthalten (vgl. dazu den folgenden Abschnitt).

5.2.6.2 Phase *Analyse*

Bei der Festlegung der Schwerpunkte stellten die Lokführer des Verbesserungsteams die Annahme auf, dass Verspätungen an dem Bahnübergang entstanden, weil dem Schrankenposten Informationen über die Zugfolge fehlten. Die Auszubildenden konkretisierten diese Annahme. Sie stellten fest, dass der Bahnübergang stark befahren wurde. Nachdem der Anrückmelder ertönte, begann der Schrankenposten direkt, den Bahnübergang zu schließen. Durch den starken Verkehrsfluss gab es hier häufiger Schwierigkeiten: Durch die große Menge an passierenden Pkws entstanden lange Rückstaus. Einige Autofahrer ignorierten daher die Haltesignale oder umfuhren die geschlossenen Einfahrschranken, um dennoch den Bahnübergang zu passieren. Gleiches galt für Radfahrer und Fußgänger. Der Schrankenposten war daher bemüht, den Bahnübergang so kurz wie möglich geschlossen zu halten. Für die Zugfolge bedeutete dies, dass der Schrankenposten direkt nach Passieren eines Zuges den Bahnübergang wieder öffnete. Folgte nun ein Zug in so kurzem Abstand, dass die Anrückmeldung direkt während des Öffnungsvorganges einging, so wartete der Schrankenposten trotzdem für längere Zeit, bis zumindest ein Großteil der bereits wartenden Pkws den Bahnübergang passiert hatte.

Als Folge mussten die anrückenden Züge halten.[169] Eine Weiterfahrt für diese Züge war dann erst möglich, wenn der Bahnübergang komplett gesichert war. Als Folge wurde die geplante Fahrzeit aus drei Gründen überschritten:

1. Die Strecke von der Halteposition bis zum Bahnübergang kann nicht mit der gültigen Höchstgeschwindigkeit durchfahren werden, weil der Zug nach dem Halt erst wieder Fahrt aufnehmen muss.
2. Die Strecke von der Halteposition bis zum Bahnübergang kann nicht mit der gültigen Höchstgeschwindigkeit durchfahren werden, weil der Zug durch den Halt eine PZB-Beeinflussung[170] bekommen hat.
3. Das Schließen der Schranken erfolgt bei einer Durchfahrt parallel zum Anrücken des Zuges und hat daher keinen Einfluss auf die Fahrzeit. Im Gegensatz dazu müssen bei einem vorangegangenen Halt die Schranken erst vollkommen geschlossen und der Bahnübergang gesichert sein. Erst dann kann das Signal auf Fahrt gestellt werden und der Zug wieder Fahrt aufnahmen (sequenzieller Ablauf). Die Schließzeit bei einem unplanmäßigen Halt verbraucht daher weitere Fahrzeit.

Der Schrankenposten hatte außer dem Regelfahrplan keine weitere Information über die Betriebssituation und daher keine Möglichkeit einzuschätzen, welcher Zug aus welcher Richtung sich dem Bahnübergang näherte oder in welchem zeitlichen Abstand die Züge fahren. Somit war die tiefer liegende Ursache für die Halte an diesem Bahnübergang gefunden.

5.2.6.3 Phase *Improve*

Bei der Lösungssuche wurden die Bahnübergangsinfrastruktur, die Zugfahrpläne und die Menge an Fahrzeugen (Pkws, Fahrräder, usw.) als gegeben betrachtet. Die Lösungssuche konzentrierte sich auf eine bessere Disposition der Schließvorgänge. Zunächst wurde überlegt, wie optimale Regeln bei perfekter Information des Postens aussehen könnten. Ein Fahrzeitverlust entsteht, wenn der anrückende Zug eine PZB-Beeinflussung erfährt bzw. er sogar zum Stehen kommt. Der Verlust sei mit x Sek. definiert. Diese x Sek. fehlen dem Straßenverkehr, weil sie die Anrückzeit verlängern. Der Posten kann also für x Sek. den Bahnübergang geschlossen halten, wenn er erwartet,

---

169 Nur wenn vor oder während des Passierens der Anrückmelder für einen weiteren Zug ertönte, ließ der Posten den Bahnübergang geschlossen.

170 Die Punktförmige Zugbeeinflussung (PZB) ist ein Teil der Leit- und Sicherungstechnik. Durch eine Zwangsbremsung soll sie verhindern, dass ein Zug unberechtigterweise ein Signal überfährt und damit in den Fahrweg anderer Züge kommt (was einen Zusammenstoß zur Folge haben könnte). Um die Schutzwirkung entfalten zu können, darf der Zug nur eine bestimmte Höchstgeschwindigkeit haben – er würde ansonsten aufgrund des zu langen Bremsweges in den Fahrweg der anderen Züge rutschen (zu langer Durchrutschweg). Der Zug kann in dem betrachteten Fall daher nur mit reduzierter Geschwindigkeit anfahren und sich erst nach einer definierten Strecke von der Beeinflussung befreien.

dass bis dahin erneut der Anrückmelder ertönt. Tritt dies tatsächlich ein, so hat der Straßenverkehr in Summe kein Verlust an verfügbarer Bahnübergangszeit (der einzelne Autofahrer jedoch sehr wohl, weil er länger warten muss). Da zudem zwei komplette Zyklen (Bahnübergang schließen, Zug passiert, Bahnübergang öffnen) kombiniert werden, weil zwei Züge nacheinander den Bahnübergang passieren, entfallen jeweils ein Schließ- und ein Öffnungsvorgang. Diese Zeiten können zu den x Sek. hinzugerechnet werden. Der Wert für x wurde auf ca. 52 Sek. geschätzt.[171] Werden eine Schließzeit von ca. 18 Sek. und eine Öffnungszeit von ca. 6 Sek. hinzugerechnet, so ergibt sich ein Gesamtwert von ca. 76 Sek. Der Posten sollte also den Bahnübergang nach Passieren eines Zuges geschlossen halten, wenn der nächste Zug innerhalb von ca. 76 Sek. den Anrückmelder auslösen wird. Basierend auf den Vor-Ort-Messungen und den dargestellten Überlegungen wurde folgende Dispositionsregel entwickelt:

> Wenn ein Personenzug so dicht auf einen anderen Zug folgt, dass der nachfolgende Zug nach ca. 1 Minute den Bahnübergang passiert, lasse die Schranken geschlossen. Ansonsten öffne den Bahnübergang direkt nach Passieren des Zuges.

Nach dieser Dispositionsregel ist es für beide Verkehrsträger, Schienenverkehr und Straßenverkehr, vorteilhaft, bei dichter Zugfolge den Bahnübergang geschlossen zu halten, da so die Verfügbarkeit für den Straßenverkehr maximiert wird und die Zuwachsverspätungen für den Schienenverkehr minimiert werden.

Danach suchten die Auszubildenden eine Lösung, wie der Posten die fehlenden Informationen über die Betriebssituation erhalten könnte. Sie schlugen nach Abwägung verschiedener Alternativen vor, einen Streckenspiegel mit einer geschützten, kostengünstigen Internetanbindung einzurichten. Nach Vorstellung der Arbeitsergebnisse stattete das Eisenbahninfrastrukturunternehmen den Arbeitsplatz des Bahnübergangspostens entsprechend aus und wies die Mitarbeiter ein. Ein Projektteam stellte die Ergebnisse zudem bei einem Vor-Ort-Termin noch einmal persönlich vor.

---

[171] Basierend auf der einfachen Beschleunigungsformel $s = 0{,}5*a*t^2$.

Abbildung 5.37: Arbeitsplatz des Bahnübergang-Postens mit neuem Gleisspiegel (Bildschirm rechts) (Fotograf: Martin Pelk)

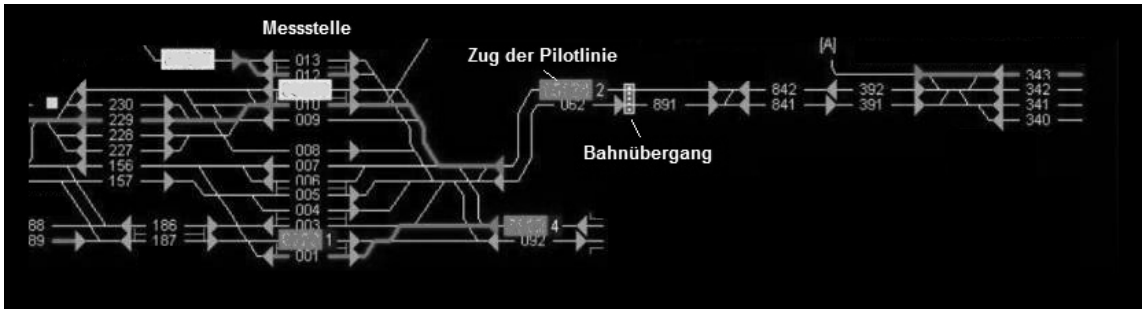


Abbildung 5.38: Ausschnitt aus Streckenspiegel (reduziert)

5.2.7 Phasen *Measure*, *Analyze* und *Improve*: Zusammenfassung der genutzten Qualitätstechniken

Zusammenfassend wurden bei der Bearbeitung der ausgewählten Schwerpunkte in den Phasen *Measure*, *Analyze* und *Improve* folgende Qualitätstechniken eingesetzt:

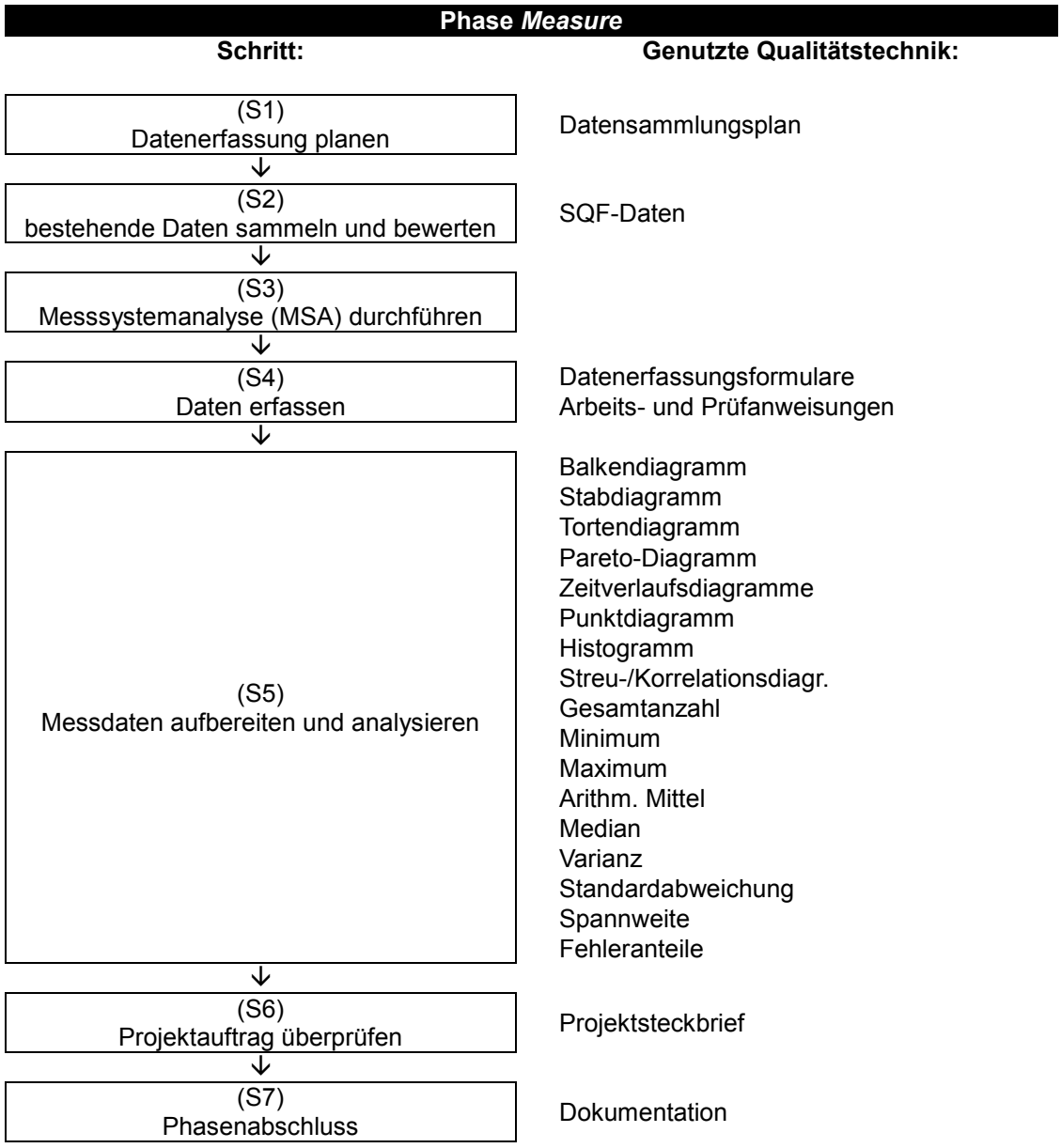


Abbildung 5.39: Genutzte Qualitätstechniken in der Phase Measure

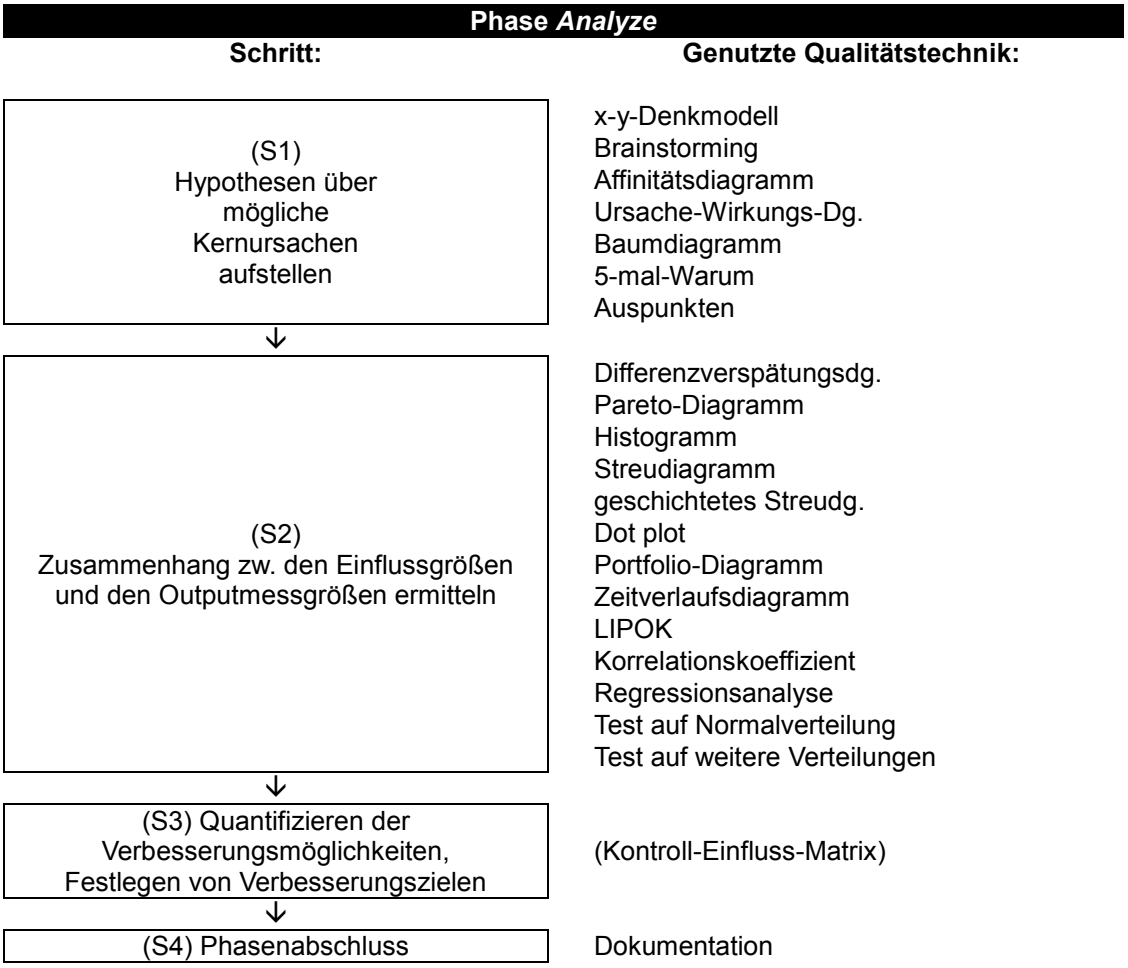


Abbildung 5.40: Genutzte Qualitätstechniken in der Phase Analyze

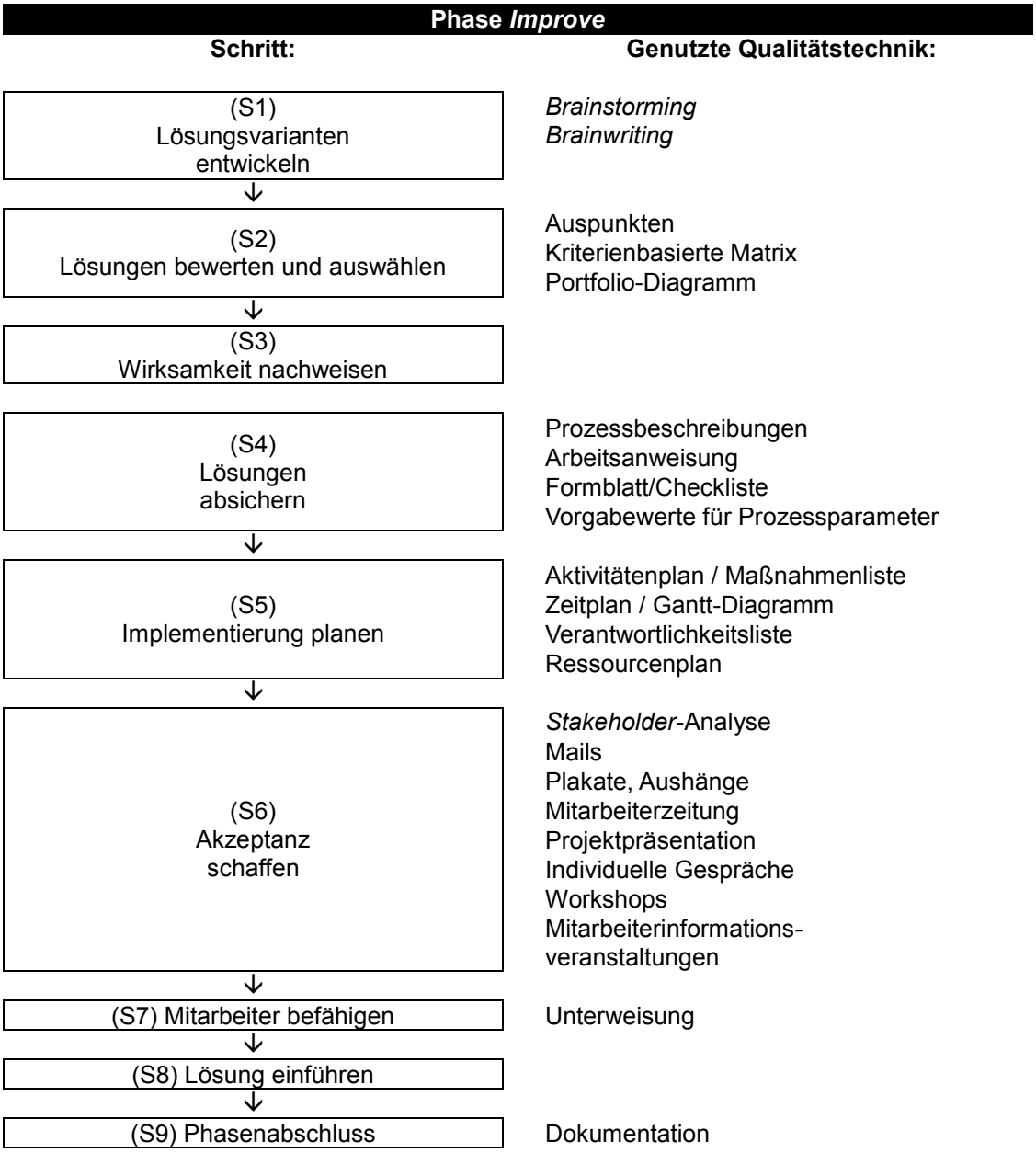


Abbildung 5.41: Genutzte Qualitätstechniken in der Phase Improve

5.2.8 Phase *Control*

5.2.8.1 Grundsätzliche Steuerungslogik

Die Pünktlichkeit der Pilotlinie steigerte sich um ca. 4,4 Prozentpunkte von 84,8 % im Jahr 2009 auf 89,2 % im Jahr 2012 (für die Detaillierung vgl. den Unterabschnitt 5.2.8.4). Die Erhöhung der Pünktlichkeit resultiert mit hoher Wahrscheinlichkeit aus einer Verbundwirkung der durchgeführten Maßnahmen und einer verbesserten Pünktlichkeit der S-Bahn. Es können aber noch weitere, hier nicht spezifizierte Effekte vorliegen. Der genaue Beitrag jeder einzelnen Maßnahme sowie weiterer Faktoren wäre nur in einem Globalmodell errechenbar. Um ein solches Globalmodell aufstellen zu können, sind umfangreiche Kenntnisse im Bereich *Operations Research* (OR) notwendig (vgl. hierzu Abschnitt 2.4.2.2). Da diese Kenntnisse bei den Linienverantwortlichen der Eisenbahnverkehrsunternehmen (zumindest im Bereich des Piloten) nicht vorliegen, wird die Pünktlichkeit nach einer *Black-Box*-Logik gesteuert. Diese *Black-Box*-Logik impliziert, dass zunächst die Pünktlichkeit der Pilotlinie als x-y-Modell betrachtet wird mit einem unbekannten inneren Wirkungszusammenhang (vgl. zum x-y-Denkmodell u.a. MAGNUSSON u.a. 2004, S. 115 f., TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008, S. 15 f. sowie Abschnitt 4.5.2.3).

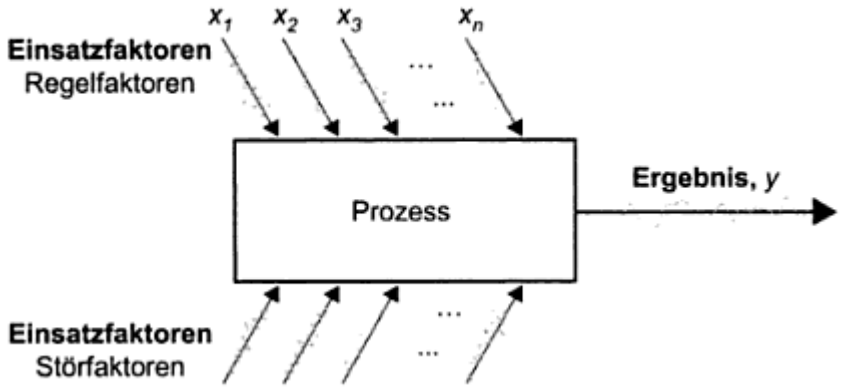


*Abbildung 5.42: x-y-Denkmodell (*MAGNUSSON u.a. 2004, S. 115*)*

Durch die Anwendung des Verfahrens wurde ein vertieftes Prozessverständnis geschaffen. Dieses vertiefte Prozessverständnis erklärt bestimmte Ausschnitte des Wirkungszusammenhangs. Das Prozessverständnis umfasst dabei Erkenntnisse über die Art und Anzahl der Einflussfaktoren, deren Wirkungsrichtung, über Wechselwirkungen mehrerer Faktoren sowie über die Stärke des Einflusses. Da jedoch nicht alle Bereiche soweit durchdrungen werden, dass alle eben genannten Bedingungen vorliegen (Vollständigkeit der Einflussfaktoren, Wirkungsrichtung und –stärke aller Faktoren bekannt, Wech-

selwirkungen vollständig in Richtung und Stärke erfasst), wird die Qualität zunächst über die Linienpünktlichkeit global sowie an einzelnen Messpunkten gesteuert.

5.2.8.2 Pünktlichkeits-EKG als selbst entwickelte Qualitätstechnik zur Steuerung

Um die Linienpünktlichkeit insgesamt und an den Messpunkten steuern zu können, wurde eine kleine MS-Excel-Datei mit der Bezeichnung „Pünktlichkeits-EKG“[172] angelegt, welche in Anlage 8 beschrieben ist. Das Pünktlichkeits-EKG hilft den Prozesseignern, in kurzer Frequenz (täglich oder wöchentlich) die Pünktlichkeit insgesamt und geschichtet nach Linienrichtung, Messstellen, Zügen und Wochentagen zu beobachten. Erkennen Sie Abweichungen, so können sie diese analysieren und Gegenmaßnahmen einleiten (u.a. durch Reaktionspläne definiert). Die Wahl fiel auf eine selbst entwickelte Lösung, da Statistikprogramme zum Zeitpunkt des Piloten nur mit hohem Aufwand auf den Firmenrechnern zu installieren waren und bei betrieblichen Führungskräften Vorbehalte bestanden, sich in eine weitere Software einarbeiten zu müssen.

5.2.8.3 Beispiel für die Steuerung

Die Steuerung mittels Pünktlichkeits-EKG sei am Beispiel des Schwerpunkts 1 beschrieben. Zur Steuerung werden dort drei Elemente eingesetzt: das „Pünktlichkeits-EKG“, die Beobachtungen des Fahrpersonals und eine einfache Regelkarte zur Steuerung der Pünktlichkeit. Das Pünktlichkeits-EKG zeigt u.a. die wöchentliche Pünktlichkeit an den einzelnen Messstellen. Die folgende Abbildung zeigt ein anonymisiertes Beispiel für eine beliebige Woche.

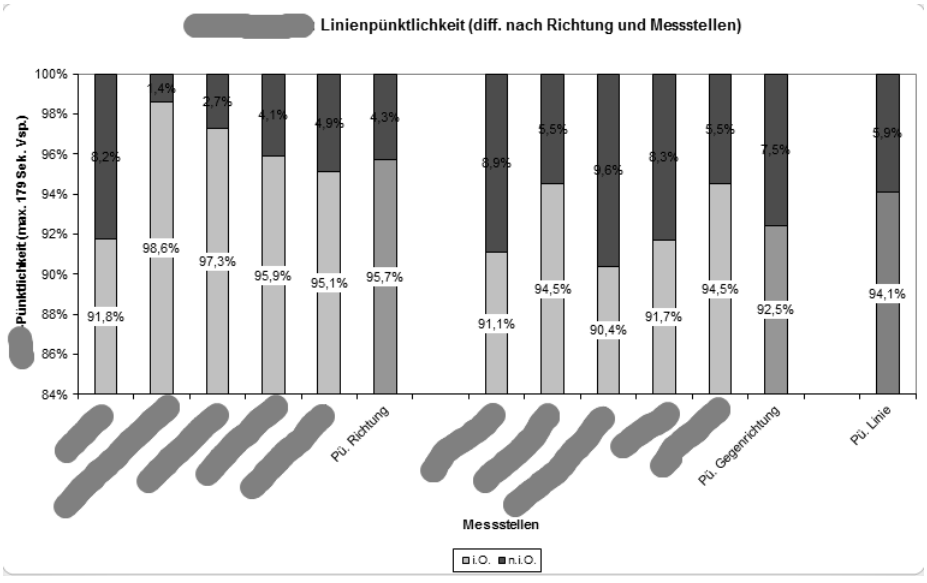


Abbildung 5.43: Pünktlichkeits-EKG – „Dg Linienpü (gesamt, Ri)“

[172] EKG steht für Elektrokardiogramm, als Sinnbild für die Aufzeichnung des Pünktlichkeitsverlaufs analog zu den Sinuskurven der elektrischen Aktivität des menschlichen Herzens.

Schon hier können die zuständigen Mitarbeiter erkennen, ob es Besonderheiten im Muster gibt, und dann gegebenenfalls nach der genauen Ursache suchen.

Gibt es nun, wie an Betriebsstelle 1 (als Schwerpunkt 1), eine vereinbarte Maßnahme, so kann diese potenziell gesondert gesteuert werden. Im konkreten Fall wurden zwei Dispositionsregeln vereinbart, die die Fahrdienstleiter des EIU umsetzen sollen. Die Handlungen der Fahrdienstleiter sind durch das EVU nur bedingt direkt überwachbar und aufgrund der institutionellen Trennung nicht direkt steuerbar (vgl. die Ausführungen zur Desintegration in Abschnitt 2.1.4). Daher entschied sich die Projektgruppe, stichprobenweise die Kodierungen auszuwerten und in einem einfachen Diagramm abzutragen. Dieses Diagramm kann als Regelkarte verstanden werden. Diese Regelkarte ist aber keine klassische Qualitätsregelkarte, sondern lediglich ein Diagramm zur Überwachung von Prozesszuständen und der Beginn eines visuellen Managements. Sie basiert hier auf einer Pivottabelle und zeigt die Abfahrtsverspätungen jedes einzelnen Zuges an Betriebsstelle 1 als Punkt, gruppiert je Betriebstag. Eingezeichnet ist zudem die obere Toleranzgrenze von 180 Sek. Die betrieblichen Führungskräfte vor Ort können so zumindest je Erfassungswoche die Einhaltung der Dispositionsregel überwachen. Zeigt das Diagramm eine Überschreitung der oberen Toleranzgrenze, so kann die Führungskraft zunächst die Kodierung überprüfen und gegebenenfalls den Lokführer sowie die Fahrdienstleiter ansprechen. Ein Beispiel für ein solches Diagramm (vor Einführung der Dispositionsregel) ist in Abbildung 5.44 gegeben.

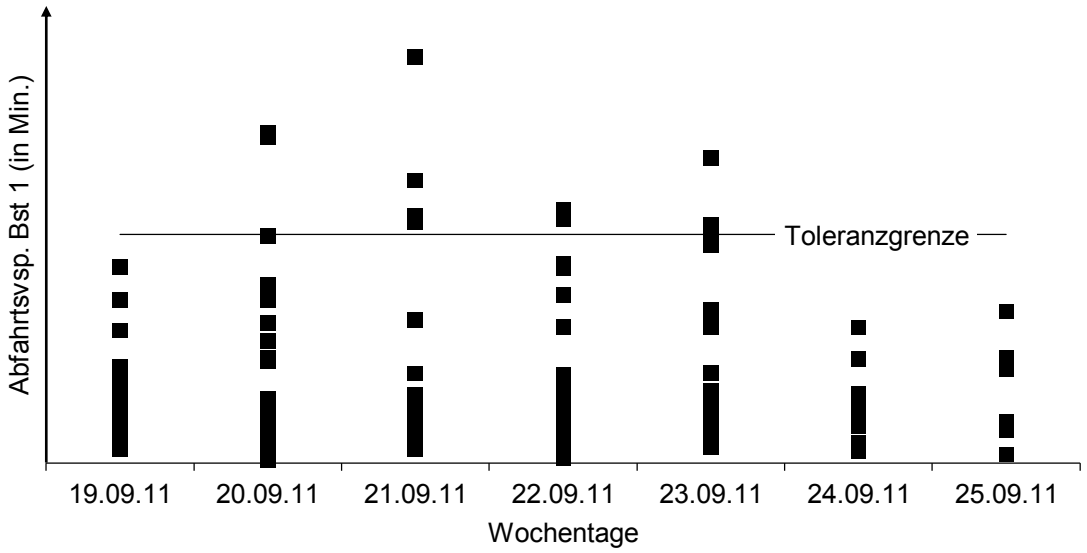


Abbildung 5.44: Beispiel für eine einfache Regelkarte für ein visuelles Management

Das Diagramm zeigt, dass es einige Fälle gab, bei denen die Dispositionsregel nicht eingehalten wurde. Aufgrund dieser Steuerungsinformation arbeiten die lokalen betrieb-

lichen Führungskräfte daran, alle Beteiligten des EIU zu überzeugen (in diesem Fall firmenübergreifend), die vereinbarten Dispositionsregeln ausnahmslos anzuwenden.

5.2.8.4 Wirkung der Maßnahmen in Summe: Steigerung der Pünktlichkeit erreicht

Da keine Pilotmaßnahmen, Experimente oder Simulation durchgeführt wurden, war die erste Aufgabe der Phase *Control*, die Wirkung der umgesetzten Maßnahmen zu erfassen. In Summe wurde die Pünktlichkeit der Pilotlinie von 2009 auf 2011 um ca. 3 Prozentpunkte von 84,8 % auf 87,8 % gesteigert. In 2012 erhöhte sich die Pünktlichkeit noch einmal auf 89,2 % (Quelle: Datenbank Q-AT für die jew. Kalenderjahre). Damit befindet sich die Pünktlichkeit erstmals seit Betriebsaufnahme (der im Wettbewerb vergebenen Dienstleistung) oberhalb der unteren Pönalegrenze und ca. 0,8 Prozentpunkte von der unteren Spezifikationsgrenze entfernt. Durch die in 2012 verbesserte Pünktlichkeit konnte das Eisenbahnverkehrsunternehmen einen sechsstelligen EUR-Betrag an Pönale einsparen.

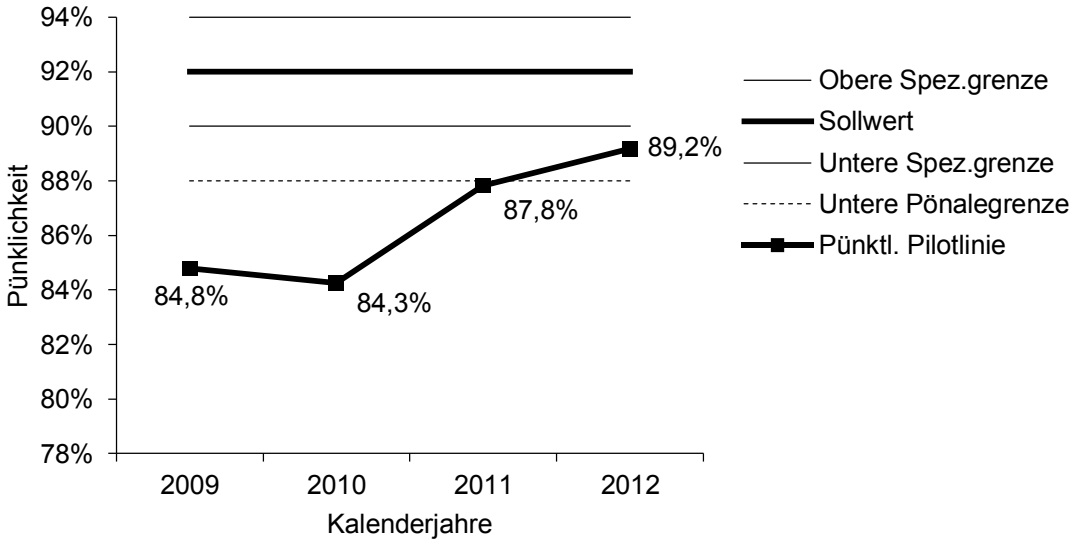


Abbildung 5.45: Entwicklung der Pünktlichkeit der Pilotlinie 2009 bis 2012

5.2.8.5 Wirkung der einzelnen Maßnahmen

Eine Detaillierung nach der Richtung und den einzelnen Messstellen gibt einen Überblick, ob die erwartete Wirkung auf Ebene der Maßnahmen eingetreten ist. Die folgende Tabelle sowie die zugehörige Abbildung zeigen die Veränderungen von 2012 gegenüber 2009:

Tabelle 5.3: Pünktlichkeit 2009 und 2012 nach Richtung und Messstellen im Vergleich

Betriebsstelle	Pü. 2009 (in %)	Pü. 2012 (in %)	Veränderung (in Prozentpunkten)
Linienrichtung			
1 (Start)	94,1	93,0	-1,1
2 (Ankunft)	92,4	91,9	-0,5
10 (Ankunft)	93,3	94,5	1,2
15 (Ankunft)	87,0	91,1	4,1
19 (Ankunft)	79,5	85,4	5,9
20 (Ankunft)	87,5	90,6	3,1
Gegenrichtung			
20 (Start)	92,50	94,50	2,0
19 (Ankunft)	84,2	90,4	6,2
15 (Ankunft)	84,5	88,8	4,3
10 (Ankunft)	75,0	82,8	7,8
2 (Ankunft)	77,9	83,8	5,9
1 (Ankunft)	81,6	86,4	4,8

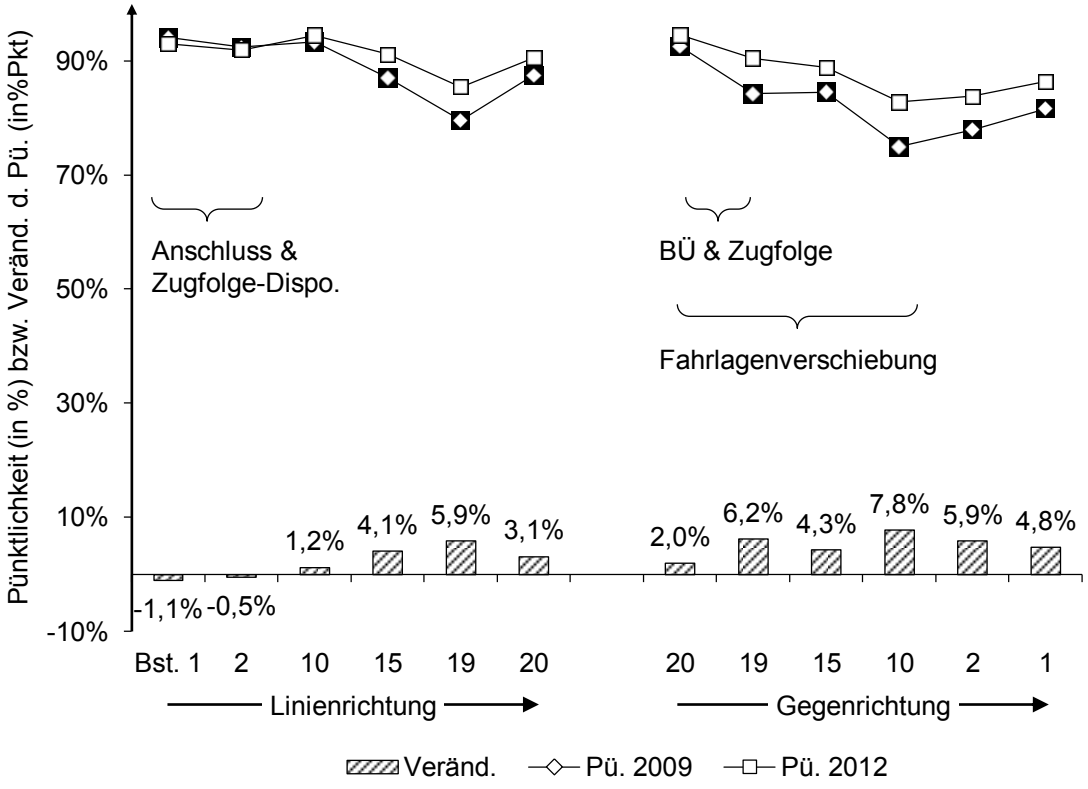


Abbildung 5.46: Pünktlichkeit 2009 bis 2012 nach Richtung und Messstellen

Die Werte der Tabelle zeigen, dass die Pünktlichkeit in Linienrichtung an Betriebsstelle 1 und 2 nicht gesteigert werden konnte, sondern dass sie sogar leicht gesunken ist (um 1,1 bzw. 0,5 Prozentpunkte). Diese fehlende positive Veränderung wurde bewusst wahrgenommen (vgl. das obige Beispiel für die Steuerung in Unterabschnitt 5.2.8.3).

Die Verbesserung an den Betriebsstellen 10, 15 und 19 wird der verbesserten Pünktlichkeit der S-Bahn zugeschrieben. Ein Test oder eine detaillierte Untersuchung erfolgte aufgrund der oben beschriebenen Steuerungslogik nicht. In der Detaillierung der Gegenrichtung werden die einzelnen Pünktlichkeitsgewinne der beschriebenen Maßnahmen noch einmal deutlicher (vgl. Abbildung 5.46). Der Pünktlichkeitszuwachs von 6,2 Prozentpunkten an Betriebsstelle 19 wurde der Einrichtung des Gleisspiegels am Bahnübergang und der Fahrlagenverschiebung zugeschrieben. Die Wirkung der Fahrlagenverschiebung wurde detailliert nachgewiesen (vgl. die Beschreibung in Unterabschnitt 5.2.5.3 und dort insb. die Abbildung 5.34). Zusammenfassend wurden die Maßnahmen als wirksam betrachtet[173] und das Projekt insgesamt als Erfolg eingestuft.

5.2.8.6 Phase *Control*: Zusammenfassung der genutzten Qualitätstechniken

Zusammenfassend wurden bei der Bearbeitung der ausgewählten Schwerpunkte in der Phase *Control* folgende Qualitätstechniken eingesetzt:

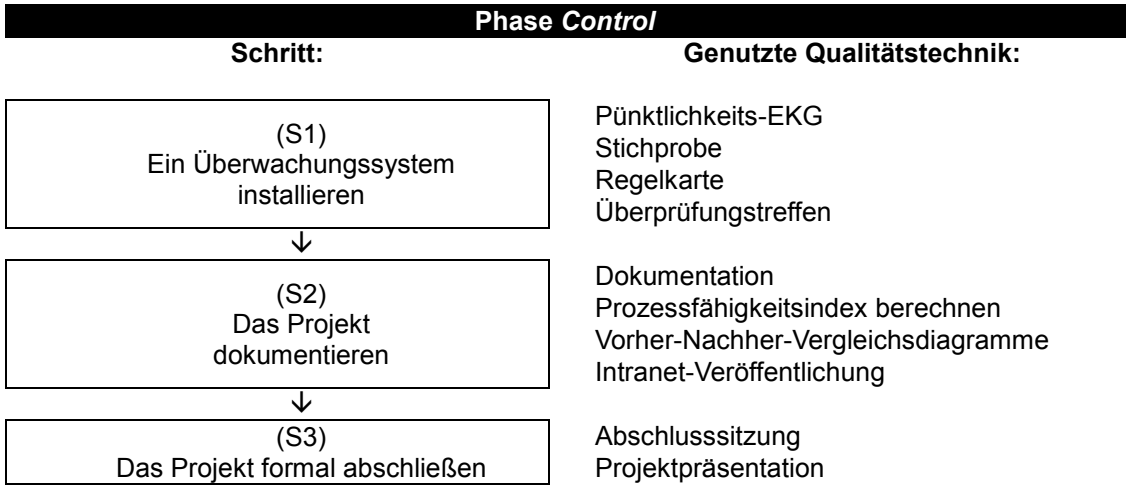


Abbildung 5.47: Genutzte Qualitätstechniken in der Phase Control

[173] Auch die Erkenntnis über die unzureichende Nutzung der Dispositionsregeln stellt einen Erkenntnisgewinn aus Sicht des EVU dar.

6 Forschungsergebnisse, weiterer Forschungsbedarf und Handlungsempfehlungen für die Praxis

6.1 Forschungsergebnisse

6.1.1 Forschungsergebnis: Hypothesengerüst tragfähig

Der Forschungsansatz wurde über ein Gerüst von wenigen, aufeinander aufbauenden Hypothesen beschrieben (vgl. Unterkapitel 1.2). Das Hypothesengerüst erwies sich als tragfähig. Es konnte hergeleitet werden,

- dass die Fahrgäste unzufrieden mit der Pünktlichkeit im deutschen SPNV sind (Hypothesen A, B und C) (vgl. Unterkapitel 1.2 sowie Abschnitt 6.1.2),
- dass die SPNV-Aufgabenträger unzufrieden mit der Pünktlichkeit im deutschen SPNV sind (Hypothesen D, C und E) (vgl. Unterkapitel 1.2 sowie Abschnitt 6.1.2),
- dass der Einsatz von Qualitätstechniken bei Unternehmen zu einer Steigerung der Qualität führt (Hypothesen F, G, H) (vgl. Unterkapitel 1.2) und daher der Einsatz von Qualitätstechniken bei Eisenbahnverkehrsunternehmen zu einer Steigerung der Pünktlichkeit (als inhärentes Merkmal der erbrachten SPNV-Dienstleistung) führt (Hypothese J) (vgl. Unterkapitel 1.2). Dies wurde durch den erfolgreichen Feldtest untermauert.

6.1.2 Forschungsergebnis: Steigerung der Pünktlichkeit relevantes Problem

Aus Sicht der Fahrgäste ist die Pünktlichkeit eine Basisanforderung (vgl. Unterabschnitt 2.3.3). Daraus folgt, dass jede Pünktlichkeit unter 100 % zu Unzufriedenheit führt. Eine öffentlich zugängliche Datenbasis oder Querschnittsstudien gab es zum Untersuchungszeitpunkt nicht (vgl. Abschnitt 2.3.4 und Abschnitt 6.2.1). Eine umfassende Aussage für den gesamten deutschen SPNV ist daher nicht zu treffen. Eine Richtungsaussage ist jedoch möglich. Die Pünktlichkeit liegt im deutschen SPNV für den Bereich der Pilotlinie mit knapp 85 % (vgl. Unterabschnitt 5.2.8.1) deutlich unter 100 %. Hier war also Handlungsbedarf gegeben. Ein weiterer Hinweis für den gesamten deutschen SPNV gibt die von der DB Regio AG beauftragte Kundenbefragungen für das Jahr 2009. Hier waren die Faktoren „Fahrpreise“ und „Pünktlichkeit“ die Bereiche, in denen Veränderungswünsche mit 23 % am häufigsten genannt wurden (Median über die Durchschnittswerte von 19 Einheiten, vgl. DB MOBILITY LOGISTICS, MARKTFORSCHUNG / INFAS 2009, S. 4–7). Da die DB Regio AG im Jahr 2009 einen Marktanteil von ca. 88 % hatte (vgl. DEUTSCHE BAHN AG 2010, S. 20), kann dies als valide Richtungsaussage betrachtet werden. Somit ergibt sich, dass die Steigerung der Pünktlichkeit aus Fahrgastsicht ein relevantes Problem im deutschen Schienenpersonennahverkehr ist.

In dieser Arbeit wurde eine selektive Querschnittsuntersuchung über die Zufriedenheit mit der SPNV-Pünktlichkeit bei den Aufgabenträgern durchgeführt. Auch hier war das Ergebnis, dass große Aufgabenträger wie BEG, RMV, VBB und VRR/NRW-Zweckverbände – im Sinne einer Richtungsaussage – unzufrieden mit der Pünktlichkeit im deutschen SPNV sind (vgl. Abschnitt 2.3.4).[174] Zusammenfassend kann also angenommen werden, dass die Steigerung der Pünktlichkeit ein relevantes Problem im deutschen SPNV ist.

6.1.3 Forschungsergebnis: Vermutete Forschungslücke bestätigt

Der Forschungsbeitrag dieser Arbeit liegt darin, ein wirksames Verfahren zu entwickeln, mit dem Eisenbahnverkehrsunternehmen im deutschen Schienenpersonennahverkehr ihre Pünktlichkeit alleine durch den strukturierten Einsatz von Qualitätstechniken steigern können. Es wurde vermutet, dass es bisher kein derartiges Verfahren gibt. Die Literaturrecherche bestätigte dies. Als einzige in Deutsch oder Englisch verfasste Quellen konnten zwei Ansätze identifiziert werden, die beide dezidiert Qualitätstechniken einsetzen, um die Pünktlichkeit zu steigern. Diese Quellen wiesen aber so deutliche Abweichungen zum Forschungsfeld auf (bezüglich methodischer Tiefe und Hinterlegung sowie bezüglich der Auswahl der Akteure/Verkehre), dass die vermutete Forschungslücke bestätigt wurde (vgl. Abschnitt 0).

6.1.4 Forschungsergebnis: Ein Verfahren für EVU zur Steigerung der Pünktlichkeit konnte entwickelt werden

Das Qualitätsmanagement bildete gemäß des Forschungsdesigns die allgemeine Grundlage. Diese wurde konkretisiert, indem die Normenfamilie ISO 9000 als Referenz gewählt wurde. Damit wurde ein Orientierungsrahmen geschaffen, mit dessen Hilfe Leser aus Wissenschaft und Industrie diese Arbeit einordnen können. Um diese Arbeit vom Umfang her handhabbar zu halten, wurde der Fokus auf die Verbesserung gelegt (vgl. Abschnitt 3.1.4). Die Arbeit wurde auf eine breite methodische Grundlage gestellt, indem zuerst denkbare bestehende Ansätze identifiziert wurden (vgl. Unterkapitel 3.3). Aus diesen wurde im Rahmen eines Bewertungsmodells der Six Sigma-DMAIC-Ansatz ausgewählt, um als methodische Basis für das zu entwickelnde Verfahren zu dienen (vgl. Unterkapitel 4.2).

Ein für den Autor überraschendes Ergebnis war, dass alle Ansätze in ihrer Grundstruktur gleich ablaufen und auf den PDCA-Zyklus zurückzuführen sind (vgl. Abschnitt 3.3.4 sowie ergänzend die Ausführungen zum ATAK-Prinzip in Unterabschnitt 6.2.5.2). Als Forschungsergebnis folgt daraus, dass das Verfahren voraussicht-

[174] Einzig die LNVG sah für das Jahr 2010 keinen verstärkten Handlungsbedarf.

lich relativ robust in der Anwendung bei einzelnen Eisenbahnverkehrsunternehmen ist, da es sich leicht an dort bestehende Verbesserungsverfahren im Bereich des Qualitätsmanagements ankoppeln lässt.[175]

Die Konformität zur Norm ISO 9001 ergibt sich zwangsläufig, da die Norm als Referenz gewählt wurde. Als Nebenergebnis kann aber auch gezeigt werden, dass die Norm ISO 9001 in ihrer Funktion als Meta-Standard (vgl. Abschnitt 3.1.3) bestätigt wurde. Die Norm setzt den PDCA-Zyklus als grundlegendes Schema für einen Verbesserungszyklus. Wenn nun alle untersuchten Verfahren auf den PDCA-Zyklus zurückzuführen sind, dann sind sie somit auch alle konform zur Norm. Mithin wurde die Norm ISO 9001 in ihrer Funktion als Meta-Standard bestätigt.

Der Ansatz wurde dann anhand der ausgewählten Literaturquellen detailliert und ausgearbeitet (zur Diskussion vergleiche den folgenden Abschnitt 6.1.5). Das gesamte Vorgehen der Verfahrensentwicklung ist detailliert im Gestaltungsdesign in Unterkapitel 4.1 beschrieben. Die Forschungslücke wurde geschlossen, indem der dort beschriebene Ablauf realisiert wurde. Das Ergebnis ist ein Verfahren für Eisenbahnverkehrsunternehmen, in dem Qualitätstechniken kombiniert werden, um das spezifische Problem der unzureichenden Pünktlichkeit zu lösen (vgl. Unterkapitel 4.5 mit der Ausgestaltung der Phasen und Unterkapitel 4.6 mit der Zusammenfassung der wesentlichen Schritte).[176] Mit der Entwicklung des Verfahrens wurde das wesentliche Ziel dieser Arbeit erreicht.

6.1.5 Forschungsergebnis: Six Sigma als methodische Basis generell geeignet

Die Qualitätsmethode Six Sigma wurde als methodische Basis ausgewählt. Die Ausarbeitung des Verfahrens erfolgte, indem zuerst die Ziele jeder Phase erfasst, diskutiert und ausgewählt wurden. Für jedes Ziel (bzw. Teilziel) wurden wiederum die wesentlichen Schritte erfasst, diskutiert und ausgewählt. Schließlich wurden je Teilschritt die zugehörigen Qualitätstechniken bestimmt (jeweils vergleichend über alle neun genutzten Quellen und mit kritischer Würdigung bezüglich der Aufgabenstellung).

Bei der Projektauswahl in der Phase *Recognize* erwiesen sich die drei Kriterien „Geschäftsbeitrag“, „Machbarkeit“ und „Wirkung auf die Organisation“ (jew. PANDE u.a. 2000, S. 145; siehe Unterabschnitt 4.5.1.2) als sinnvoll. Nach praktischer Anwendung dieser Phase bei den drei Linien P1 bis P3 erscheint es jedoch sinnvoll, diese Kriterien nicht zu eng auszulegen. So kann der Aspekt *Machbarkeit* die Ressourcenverfügbarkeit beinhalten, auf vorhandene (oder eben nicht vorhandene) notwendige Qualifikationen verweisen oder Fragen der Zuständigkeit oder der technischen Restriktionen aufgreifen.

---

[175] Dies gilt natürlich nur, wenn dort bereits ISO 9001-konforme Methoden angewendet wurden.

[176] Damit wurde (gemäß der genutzten Definition) auch eine Qualitätsmethode entwickelt.

So wurde bei der Linie P2 die Bearbeitung aus Ressourcengründen unterbrochen, dann aber fortgeführt. Bei der Linie P3 wurde die Anwendung aufgrund einer Umorganisation abgebrochen und nicht wieder aufgenommen. Hier zeigte sich die Bedeutung der Leitungsunterstützung für die Nutzung des Verfahrens generell, die sich dann auch im Aspekt *Wirkung auf die Organisation* widerspiegelt. Die erzielte Pünktlichkeitssteigerung bei der Pilotlinie P1 wiederum dient als willkommenes Beispiel, den Nutzen von Qualitätsmethoden generell sowie des Verfahrens im Besonderen zu kommunizieren. Aufgrund der hohen Pönale lässt sich dort zeigen, dass es z.B. keinen Widerspruch zwischen Kostensenkung (durch Senkung der Pönale) und Steigerung der Qualität (speziell der Pünktlichkeit) geben muss. Dies spiegelt sich dann im Kriterium *Geschäftsbeitrag* wieder.

In der Phase *Define* wird in der Literatur ein Nutzenausweis gefordert. Dies ist bei eingesparter Pönale (s.o.) direkt möglich und dann unproblematisch. Aus dem Gutscharakter der SPNV-Dienstleistung, der Ortsveränderung und der Verbundproduktion können sich aber Schwierigkeiten bei dem Nutzenausweis ergeben, die in Abschnitt 6.2.6 thematisiert werden.

In der Phase *Measure* ergaben sich drei Probleme, die in den Abschnitten 6.2.4 und 6.2.6 diskutiert werden. Die drei Probleme sind

1. die Abgrenzung der Phase, insbesondere gegenüber der Phase *Analyze*,
2. die Schwierigkeit, eine Messsystemanalyse durchzuführen, und
3. die Schwierigkeit, die *Cost of Poor Quality* (COPQ) auszuweisen.

Als äußerst hilfreich in der konkreten Verbesserung und in der damit verbundenen Veränderung erwies sich das Messen und grafische Aufbereiten der Daten. In der EVU-internen Zusammenarbeit sowie der Zusammenarbeit mit dem EIU, mit den anderen EVU und mit dem Besteller gab es kaum Widerstände[177], wenn die Projektgruppe ihr jeweiliges Anliegen mit aufbereiteten Daten untermauern konnte. Auch für das vertiefte Prozessverständnis war die Messen-Phase sowie die Analyse-Phase hilfreich – so wurde der Schwellwert, ab wann in Schwerpunkt 1 (Zugfolge) keine Verspätungsübertragung mehr stattfindet, auf 9 Minuten geschätzt. In den Verspätungskodierungen wurden aber auch Fälle mit 9 und 10 Minuten Verspätung kodiert, sodass hier die Einschätzungen durch Daten präzisiert werden konnten (vgl. Unterabschnitt 0).[178]

In der Phase *Analyze* gibt es innerhalb der Literatur Unterschiede, in welcher Abfolge die Daten- und die Prozessanalyse erfolgen soll. Die gewählte Form (Datenanalyse zuerst) erwies sich als pragmatisch. Die Klärung des Begriffes *Datenschichtung* (vgl.

[177] Widerstände wurden von Mitgliedern der Arbeitsgruppe aufgrund ihrer Erfahrungen erwartet.

[178] Dies ist die Phase *Analyze*. Zur Phasenabgrenzung und der Diskussion des linearen Ablaufs vgl. Abschnitt 6.2.4.

Unterabschnitt 4.5.4.2) sowie die Diskussion der Abgrenzung der Definitionen *Qualitätstechnik* und *Qualitätsmethode* erfolgt in Abschnitt 6.2.4.

In der Phase *Improve* wurde deutlich, dass die methodische Basis *Six Sigma* in Teilbereichen sehr hohe Anforderungen an die Methodenkenntnis stellt. Es ist nicht zu erwarten, dass zeitbezogene Verteilungen mit einseitigem Grenzwert normalverteilt sind (vgl. die in Unterabschnitt 2.4.2.2.4 angegebenen Quellen) (wie auch im konkreten Fall der Pilotlinie, Schwerpunkte 2 und 4). Daher sind die üblichen Hypothesentests und eine einfache, in einem Statistikprogramm voreingestellte Regressionsanalyse nicht mehr einsetzbar. Passende Tests für nicht-normalverteilte Daten zu finden, durchzuführen und sachgerecht auszuwerten, ist dann nur mit einem profunden Statistikwissen möglich. In der Phase *Improve* ergab sich weiterhin ein uneinheitliches Bild in der Literatur, wann die eigentliche Verwirklichung der gewählten Lösung (als Teil der ständigen Verbesserung, vgl. Norm DIN EN ISO 9000:2005, S. 16) stattfinden soll. Ebenso erschien ein Pilot bzw. ein Experiment schwierig bis unmöglich (vgl. Unterabschnitt 4.5.5.2 mit den dort gegebenen Verweisen). Hier besteht Weiterentwicklungsbedarf (vgl. Abschnitt 6.2.4).

In der Phase *Control* können prinzipiell alle Techniken eingesetzt werden. Grenzen entstehen hier durch den gegebenenfalls nicht vorhandenen Zugang der für die Verkehrsdurchführung zuständigen Mitarbeiter zu Statistiksoftware wie Minitab, SPSS oder qs-STAT sowie deren Qualifikation bezüglich des Einsatzes dieser Software.

Die Qualitätsmethode *Six Sigma* wurde als methodische Basis ausgewählt. In einer zusammenfassenden Betrachtung erwies sich die Methode als generell geeignet, Verbesserungen zu erzielen und somit die Pünktlichkeit zu steigern.

6.1.6 Forschungsergebnis: Entwickeltes Verfahren prinzipiell wirksam

Das Verfahren wurde in einem Feldtest angewendet, um die prinzipielle Wirksamkeit zu testen. Die Pünktlichkeit der Pilotlinie erhöhte sich von 2009 von 84,8 % auf 89,2 % im Jahr 2012 (Quelle: Datenbank Q-AT für die jew. Kalenderjahre) (vgl. Unterabschnitt 5.2.8.4). Die Maßnahmen können durch einen Vorher-Nachher-Vergleich mit der Steigerung in Verbindung gebracht werden (vgl. ebd.) bzw. ihre Wirksamkeit kann analytisch nachgewiesen werden (vgl. Unterabschnitt 5.2.5.3). Durch die in der Phase *Control* eingesetzten Qualitätstechniken kann zudem plausibel eine Verbindung zwischen unvollständig umgesetzten Maßnahmen und ausbleibender Erhöhung der Pünktlichkeit hergestellt werden (vgl. Abschnitt 5.2.8). Zusammenfassend wurden die Maßnahmen und damit das Verfahren als wirksam betrachtet.

6.1.7 Forschungsergebnis: Exklusive Umsetzung von Maßnahmen ohne EIU-Beteiligung nicht wahrscheinlich

Die Aufgabe war es, ein Verfahren zu entwickeln, welches von Eisenbahnverkehrsunternehmen alleine und einseitig angewendet werden kann. Alle Maßnahmen im Rahmen des Feldtest konnten jedoch nur zusammen mit dem Infrastrukturbetreiber umgesetzt werden. Teilweise war zudem eine Zusammenarbeit mit anderen Eisenbahnverkehrsunternehmen und der Bestellerorganisation notwendig. Damit stellt sich die Frage, ob sich dieses Muster bei einer breiteren Anwendung wiederholt. Dies kann nur durch weitere Feldtests geklärt werden. Aufgrund der in Abschnitt 2.1.4 beschriebenen Desintegration erscheint es aber nicht sehr wahrscheinlich, dass wirksame Maßnahmen vollständig ohne die Beteiligung des jeweiligen Infrastrukturbetreibers, der Aufgabenträger sowie anderer Eisenbahnverkehrsunternehmen entwickelt und umgesetzt werden können (Hypothese). Die Annahme dieser Forschungsarbeit, dass dies möglich ist, wurde durch den durchgeführten Feldtest falsifiziert. Als Konsequenz muss festgestellt werden, dass die Forschungslücke nicht komplett geschlossen werden konnte.

6.1.8 Zusammenfassung der Forschungsergebnisse

Die Forschungsergebnisse können wie folgt zusammengefasst werden:

- Der Forschungsansatz wurde über ein Gerüst von wenigen, aufeinander aufbauenden Hypothesen beschrieben. Das Hypothesengerüst erwies sich als tragfähig.
- Die Arbeit ist relevant, weil ein relevanter Teil der Fahrgäste (als Nutzer) sowie der Aufgabenträger (als Besteller) unzufrieden mit der aktuellen Pünktlichkeit im deutschen Schienenpersonennahverkehr sind.
- Eine Literaturrecherche bestätigte, dass es kein wirksames, veröffentlichtes Verfahren gibt, mit dem Eisenbahnverkehrsunternehmen im deutschen Schienenpersonennahverkehr alleine ihre Pünktlichkeit durch den strukturierten Einsatz von Qualitätstechniken steigern können (bezeichnet als Forschungslücke).
- Im Rahmen dieser Forschungsarbeit wurde ein Verfahren für Eisenbahnverkehrsunternehmen entwickelt, in dem Qualitätstechniken kombiniert werden, um das spezifische Problem der unzureichenden Pünktlichkeit zu lösen. Dies ist der wesentliche Forschungsbeitrag dieser Arbeit.
- Die Qualitätsmethode *Six Sigma* wurde als methodische Basis ausgewählt. Die Methode erwies sich als generell geeignet.
- Das Verfahren wurde in einem Feldtest angewendet, um die prinzipielle Wirksamkeit zu testen. Durch die Anwendung des Verfahrens konnte die Pünktlichkeit der Pilotlinie gesteigert werden. Das Verfahren ist also prinzipiell wirksam.

– Die Aufgabe war, ein Verfahren zu entwickeln, welches von Eisenbahnverkehrsunternehmen alleine und einseitig angewendet werden kann. Alle Maßnahmen im Rahmen des Feldtest konnten jedoch nur zusammen mit dem Infrastrukturbetreiber umgesetzt werden. Teilweise war zudem eine Zusammenarbeit mit anderen Eisenbahnverkehrsunternehmen und der Bestellerorganisation notwendig. Damit wurde die Forschungslücke nur teilweise geschlossen.

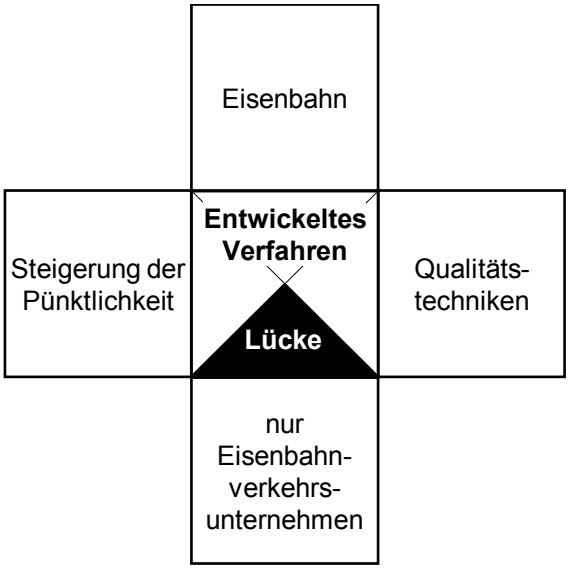


Abbildung 6.1: Teilweise geschlossene Forschungslücke

6.2 Offene Fragestellungen und weiterer Forschungsbedarf

6.2.1 Forschungsbedarf: Untersuchung der Präferenzen der deutschen SPNV-Anspruchsgruppen sowie der Anforderungen der SPNV-Aufgabenträger

Wie in Abschnitt 2.3.4 gezeigt wurde, fehlt eine öffentlich zugängliche Datenbasis bezüglich der Präferenzen und der Zufriedenheit der in Abschnitt 2.3.1 genannten Anspruchsgruppen im deutschen Schienenpersonennahverkehr. Eine solche öffentliche Datenbasis würde es z.B. ermöglichen, nachvollziehbar ein Zielwert für Pünktlichkeit festzulegen. Forschungsbedarf besteht auch bezüglich der Anforderungen der SPNV-Aufgabenträger, welche noch nicht erhoben und öffentlich zugänglich gemacht wurden. Zwar werden die SPNV-Leistungen europaweit ausgeschrieben, die Vergabeunterlagen sind aber nur den Bietern zugänglich und enthalten häufig eine Vertraulichkeitsklausel. Daher kann hier nur vermutet werden, dass (bis auf wenige Ausnahmen)[179] üblicherweise für eine ausgeschriebene Leistung ein einziger Sollwert bezüglich Pünktlichkeit

[179] Eine Ausnahme ist der Verband Region Stuttgart, der für die S-Bahn Stuttgart 2005 vier Sollwerte vorgegeben hat (differenziert nach Haupt- und Nebenverkehrszeit sowie mit einem Grenzwert von jeweils 3,0 und 6,0 Minuten) (vgl. DB REGIO AG u. VERBAND REGION STUTTGART 2005, S. 17).

mit einem einzigen Grenzwert für die Verspätung (als obere Abweichung) vorgegeben wird. Dies kann möglicherweise eine suboptimale Lösung sein, wie folgendes Beispiel zeigt. Gegeben seien zwei parallele Verkehre mit folgenden Verspätungsverteilungen und identischen Vorgaben des Aufgabenträgers:

Tabelle 6.1: Daten für eine Beispielrechnung bezüglich Pünktlichkeitsvorgaben

Anteil in Intervall	**EVU 1**		**EVU 2**		**Differenz EVU 2 zu EVU 1**
	Häufigkeit	Kum H.	Häufigkeit	Kum H.	
[0-3[	86%	86%	80%	80%	-6%
[3-6[	7%	**93%**	13%	**93%**	6%
[6-9[	7%	100%	3%	96%	-4%
[9-12[	0%		2%	98%	2%
[12-15[	0%		1%	99%	1%
[15-18[	0%		1%	100%	1%

Ist ein Grenzwert von 6,0 Minuten vereinbart, ab dessen Erreichen eine Ankunft als verspätet gewertet wird, so erreichen beide Eisenbahnverkehrsunternehmen die Vorgabe bei einem Sollwert von 93 %. Dennoch würden (bei sonstiger vollständiger Gleichheit) rationale Nutzer immer EVU 1 bevorzugen, da es die deutlich niedrigere Streuung hat, visualisiert im Vergleich der beiden Histogramme.

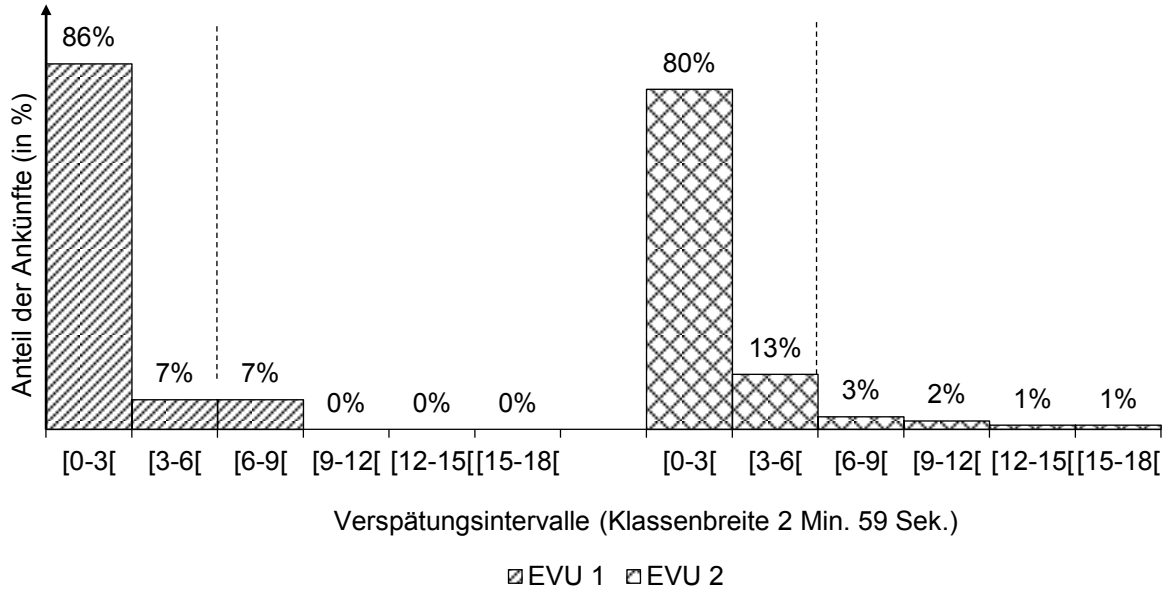


Abbildung 6.2: Zwei Pünktlichkeitsverteilungen im Vergleich

Die Forschung könnte hier (zum Beispiel in der Kombination der Forschungsdisziplinen des Qualitätsmanagements und der Institutionenökonomik) die bisherigen Anforderungen untersuchen und den deutschen SPNV-Aufgabenträgern Vorschläge machen, wie

effektivere Vorgaben gestaltet werden könnten.[180] Dies sollte die Nutzung des KANO-Modells mit einschließen, weil die Klassifizierung von Merkmalen einer Dienstleistung in Basis-, Leistungs- und Begeisterungsfaktoren (verbunden mit dem jeweiligen Erfüllungsgrad) den Beteiligten hilft, die richtigen Vorgaben zu machen und Verbesserungsressourcen an der richtigen Stelle einzusetzen.

6.2.2 Forschungsbedarf: definitorische Abgrenzung zwischen Qualitätstechnik und Qualitätsmethode sowie Definition weiterer, verwandter Begriffe

Wie in Kapitel 3 ausführlich beschrieben, besteht dringender Bedarf, für die Begriffe *Qualitätstechnik* und *Qualitätsmethode* eine eindeutige und allgemeingültige Definition zu finden. Es wurde dargelegt, dass von Definitionen gefordert wird, dass diese knapp, eindeutig, unmissverständlich und idealerweise der Gemeinsprache nahe sein müssen (vgl. Unterabschnitt 3.2.3.1 sowie THEISEN 2011, S. 135 ff., GEIGER u. KOTTE 2008, S. 46 ff., GRAEBIG 2006, KORNMEIER 2007, S. 68 ff.). Gerade um die Eindeutigkeit zu erreichen, hilft es, alle relevanten Begriffe zu erfassen, zu definieren und mit Hilfe eines Relationendiagramms in Beziehung zu setzen (wie im Anhang der Norm DIN EN ISO 9000:2005, S. 35 ff. und auch in dieser Arbeit in Unterabschnitt 3.2.3.5). Relevante Begriffe sind im Kontext von *Qualitätstechnik* die Begriffe *Verfahren*, *Methode*, *Vorgehen*, *Vorgehensweise*, *Instrument*, *Werkzeug*, *Tool* sowie die weiteren Begriffe *Qualitätsstrategien* (z.B. Total Quality Management, Six Sigma), *Prinzipien* (z.B. Null-Fehler-Prinzip), *Konzept* sowie Begriffe, die organisatorische Modelle (wie z.B. Qualitätszirkel) beschreiben. In dieser Arbeit wurden Definitionen entwickelt, die als Beitrag dazu verstanden werden können. Ein möglicher Weg ist die Definition innerhalb der DIN-Normen, idealerweise in der ISO 9000.

6.2.3 Forschungsbedarf: Überprüfung der Wirksamkeit für das entwickelte Verfahren

Das Verfahren wurde in einem Feldtest angewendet, um die prinzipielle Wirksamkeit zu testen. Durch die Anwendung des Verfahrens konnte die Pünktlichkeit der Pilotlinie gesteigert werden – die einmalige Anwendung des Verfahrens führte zu einer Erhöhung der Qualität. Die Annahme besteht, dass die (kontinuierliche) Anwendung in anderen Bereichen des deutschen Schienenpersonennahverkehrs mit hoher Wahrscheinlichkeit auch dort zu einer Steigerung der Pünktlichkeit führt. Hier besteht Forschungsbedarf, um diese Wirkungshypothese zu testen.

[180] Vgl. als Einstieg BORRMANN 2003.

6.2.4 Forschungsbedarf: Vertiefende Untersuchung, welche alleinigen Möglichkeiten ein EVU in Deutschland zur Pünktlichkeitsverbesserung hat

Die dargestellte Forschungslücke konnte nur teilweise geschlossen werden. Wie in Abschnitt 6.1.7 beschrieben, gab es im Feldtest keine Maßnahme, die exklusiv durch das Eisenbahnverkehrsunternehmen umgesetzt werden konnte. Eine Frage ist, ob sich dieses Muster bei weiteren Anwendungen des Verfahrens wiederholt (vgl. den vorherigen Abschnitt 6.2.3). Sollte dem so sein, so wäre die Annahme falsifiziert, dass Eisenbahnverkehrsunternehmen alleinig pünktlichkeitssteigernde Maßnahmen entwickeln und umsetzen können. Hieraus ergäben sich dann folgende Forschungsfragen:

1. Was ist der wirksame Anteil (bezüglich der Steigerung der Pünktlichkeit) am entwickelten Verfahren?
2. Welche Hindernisse entstehen bei der nicht-EVU-exklusiven Entwicklung und Umsetzung von Maßnahmen?
3. Welche Möglichkeiten gibt es für ein EVU im deutschen SPNV, diese Hindernisse zu reduzieren oder zu beseitigen?

Hierbei wird es sicherlich nützlich sein, das entwickelte Verfahren mit dem betreiberübergreifenden norwegischen PIMS-Ansatz zu vergleichen.

Der institutionelle Rahmen wurde in Abschnitt 2.1.4 beschrieben. Um die Konsequenzen aus der Regionalisierung für die Pünktlichkeit aufzuzeigen, wäre eine Untersuchung folgender Hypothesen hilfreich (FB = Forschungsbedarf):

Hypothese FB01:
Aufgrund der Trennung von Netz und Betrieb ist eine Verbundrechnung nicht mehr möglich.

Hypothese FB02:
Ein EIU als Wirtschaftsunternehmen optimiert individuell und bestimmt alleinig u.a. den Netzumfang (wo welche Weichen, Überholgleise, Blocksignale usw. sind).

Hypothese FB03:
Daraus folgt: Ein SPNV-EVU hat keinen Einfluss mehr auf den Netzumfang.

Hypothese FB04:

Ein Aufgabenträger gibt den Fahrplan im Vergabeprozess vor, der Netzbetreiber koordiniert die Trassenwünsche.

Hypothese FB05:

Für den Netzbetreiber kann ein Zielkonflikt zwischen der Erlösmaximierung aus Trassenentgelten mit der Robustheit des Fahrplans gegenüber Verspätungen entstehen (vgl. auch Abschnitt 6.2.8).

Hypothese FB06:

Daraus folgt: Ein SPNV-EVU hat nur noch administrative Funktion, es hat keinen grundlegenden Gestaltungsspielraum.

Hypothese FB07:

Die Infrastruktur-Instandhaltung geschieht allein durch die EIU.

Hypothese FB08:

Die Nutzungsbedingungen des EIU für die EVU bilden die Qualitätsdimensionen der Aufgabenträger unzureichend ab.

Hypothese FB09:

Daraus folgt: Ein SPNV-EVU hat keinen Einfluss auf Qualität des Netzes und der Stationen (z.B. in Form von präventiver Instandhaltung).

Hypothese FB10:

Die Betriebsdurchführung erfolgt getrennt zwischen EIU und EVU und liegt in der Hand des Netzbetreibers (vgl. die Abschnitte 2.1.4 und 2.1.5).

Hypothese FB11:

Das SPNV-EVU hat keinen Einfluss auf die Disposition von Fahrstraßen und Zugfolge, auch nicht auf Störbestehenszeiten im Bereich Infrastruktur oder auf Störbestehenszeiten im Bereich anderer EVU.

Für den Fall, dass die Hypothesen nicht falsifiziert werden, zeigen sie weitere Ansatzpunkte für Verbesserungen auf – im Sinne eines Anti-Brainstormings hat ein SPNV-EVU damit einen Katalog an Themen, welche es z.B. durch ergänzende Vereinbarungen, durch gemeinsame Qualitätszirkel usw. bearbeiten kann.

6.2.5 Forschungsbedarf: Anpassung des Six Sigma-Ansatzes

Die Qualitätsmethode Six Sigma wurde als methodische Basis ausgewählt. Die Methode erwies sich als generell geeignet (vgl. obigen Abschnitt 6.1.5). Bei der Entwicklung des Verfahrens ergaben sich Schwierigkeiten, alle Elemente der Methode bei der Verbesserung von ortsverändernden Dienstleistungen bei hoher Integration des externen Faktors anzuwenden, sowie methodische Implausibilitäten bezüglich des rein linearen Ansatzes.

6.2.5.1 Anwendung für ortsverändernde Dienstleistungen bei hoher Integration des externen Faktors

Eine Zugfahrt im deutschen Schienenpersonennahverkehr ist eine ortsverändernde Dienstleistung, die die Fahrgäste als externe Faktoren integriert. In Abschnitt 2.1.5, bei der Entwicklung des Verfahrens in Unterkapitel 4.5 sowie in der zusammenfassenden Bewertung in Abschnitt 6.1.5 wurden die Schwierigkeiten beschrieben, die aus diesem Sachverhalt resultieren.[181] So wurde problematisiert, dass eine statistische Versuchsplanung schwierig sei. In Unterabschnitt 2.4.2.2 wurden Fahrplan-Simulationsmöglichkeiten einschließlich konkreter Systeme vorgestellt. Simulationen könnten ein Ersatz für Realexperimente sein. Hieraus ergeben sich dann Fragen wie:

- Welche Güte muss die Abbildung der Realität haben?
- Welche Einmalkosten und Betriebsführungskosten entstehen für die Software und die Bediener?
- Welche Qualifikationen zur Anwendung sind notwendig?

Dies ist eine Forschungsaufgabe, welche in enger Verbindung mit dem vorherigen Abschnitt 6.2.4 (alleinige Möglichkeiten eines Eisenbahnverkehrsunternehmens) steht, weil so z.B. Effekte aus Fahrplanmaßnahmen ohne eine Realexperiment abgeschätzt werden können.

6.2.5.2 Six Sigma-Mindset: alternative Interpretation der Phasen *Measure* und *Analyze* sowie Einführung des ATAK-Prinzips

Die folgende Argumentation stellt die lineare Vorgehensweise, wie sie in den ausgewählten Quellen beschrieben ist, in Frage und entwickelt eine alternative Perspektive: Das DMAIC-Verfahren wird in ROENPAGE u.a. 2007, S. 11 als „systematische und faktenbasierte Projektarbeit“ (ebd.) charakterisiert, welche in vier Schritten abläuft: Ein reales Problem (Schritt 1) wird zu einem statistischen Problem transformiert (Schritt 2).

[181] GOGOLL 1996 bearbeitet dieses Thema für Qualitätstechniken allgemein.

Eine statistisch abgesicherte Lösung wird entwickelt (Schritt 3) und in die Realität überführt (Schritt 4). Die einzelnen Phasen lassen sich diesen vier Schritten zuordnen:[182]

Tabelle 6.2: Die vier Schritte der systematischen und faktenbasierten Projektarbeit mit Zuordnung der fünf DMAIC-Phasen

Schritt	Phase
„Reales Problem“[183]	Define
„Statistisches Problem“	Measure
	Analyse
„Statistische Lösung“	Improve
„Reale Lösung“	Control

Diese Zuordnung stellt im Grundsatz einen linearen Ablauf der einzelnen Phasen dar, auch wenn sie in ROENPAGE u.a. 2007, S. 11 – ohne weitere Erklärung – als Kreis visualisiert wird. Nahezu alle anderen gewählten Quellen (mit Ausnahme von PANDE u.a. 2000) beschreiben ebenfalls einen linearen Ablauf. Ein linearer Ablauf bedeutet aber, dass jeder Schritt zwingend dem vorherigen folgen muss und somit Rückverweise oder sogar Schleifen eher eine untergeordnete Bedeutung haben. Werden nun in einzelnen Phasen Hypothesen aufgestellt, so bedeutet dies, dass grundsätzlich eine Falsifikation möglich sein muss (zumindest, wenn der gewählte wissenschaftliche Ansatz des kritischen Rationalismus akzeptiert wird). Beispiele für eine solche Hypothesenbildung sind konkret zu finden: In der Phase *Define* werden bei der Steckbrieferstellung zunächst Annahmen über den Problemumfang aufgestellt, die dann durch Messungen gegebenenfalls modifiziert oder verworfen werden. In der Phase *Analyze* werden - *nomen est omen* - Hypothesentests eingesetzt. Auch die Technik des 5-mal-Warum-Fragens führt über vertiefendes Fragen zu einer Veränderung der Arbeitshypothese, was eine Kernursache sein könnte (Modifikation einer Hypothese). In der Phase *Improve* werden Annahmen über die Wirksamkeit und Umsetzbarkeit von Lösungen aufgestellt. Diese Beispiele zeigen, dass Six Sigma als Verfahren Falsifikationen regelmäßig vorsieht. Treten nun Falsifikationen von Hypothesen auf, so sind nur zwei logische Konsequenzen im Rahmen des Verfahrens möglich: Erstens, das Verfahren wird abgebrochen oder zweitens, neue bzw. veränderte Arbeitshypothesen werden aufgestellt. Eine Weiterführung des Verfahrens mit widerlegten Hypothesen widerspricht vollständig dem Grundansatz

[182] Auch wenn ROENPAGE u.a. 2007 dies nicht explizit tun.
[183] Jeweils zitiert aus ROENPAGE u.a. 2007, S. 11.

des Six Sigma-Verfahrens und ist damit keine sinnvolle Option.[184] Eine Anpassung oder eine neue Formulierung von Hypothesen erscheint dagegen sinnvoll – ein Lernprozess hat stattgefunden, der zu einem vertieften Prozessverständnis führt. Sind nun Falsifikationen in den einzelnen Phasen möglich (und wahrscheinlich) und ist bei deren Auftreten eine Fortführung mit widerlegten Hypothesen sowie ein Abbruch ausgeschlossen, so ist ein rein linearer Ablauf nicht mehr möglich.

Eine Alternative zu einem rein linearen Ablauf ist ein linearer Ablauf mit Prüfschleifen in Form von Regelkreisen. Eine Regelkreislogik für den gesamten R-DMAIC-Ablauf lässt sich herleiten, wenn die oben in der Tabelle 6.2 genannten vier Schritte als Erkenntnisprozess verstanden werden im Sinne des hypothetisch-deduktiven Ansatzes nach POPPER (vgl. TÖPFER 2010, S. 62 ff.). Dieser Betrachtung liegen zwei Annahmen zugrunde: Erstens wird anerkannt, dass es unmöglich ist, eine Annahme zu verifizieren (sondern nur zu falsifizieren),[185] zweitens wird festgelegt, dass es keinen dauerhaft befriedigenden Status quo für Qualität gibt (Anspruch der kontinuierlichen Verbesserung). Der zyklische Erkenntnisprozess läuft dann in vereinfachter Darstellung nach folgendem Muster ab (vgl. TÖPFER 2010, S. 66 mit weiteren Quellenangaben):

1. „Zunächst wird das aus Forschungssicht interessierende Problem aus dem Phänomenbereich betrachtet." (TÖPFER 2010, S. 66), welches der Formulierung eines realen Problems entspricht.
2. „Hierüber werden eine oder mehrere Hypothesen oder die Ansätze einer ganzen Theorie aufgestellt, um das Phänomen zu erklären und das Problem zu lösen." (ebd.) Somit wird das reale Problem abstrahiert und in die Sphäre intersubjektiver Überprüfbarkeit überführt – in diesem Fall statistisch bzw. in einem x-y-Denkmodell formuliert.
3. „Aus der Theorie werden Aussagen über beobachtbare Phänomene abgeleitet, mit denen die Gültigkeit der Hypothese anhand des in der Realität beobachteten Sachverhaltes bzw. Zusammenhangs getestet werden kann." (ebd.) Hier setzt Six Sigma eine statistisch abgesicherte Lösungsentwicklung an.
4. „Im Zeitablauf können die tatsächlich beobachteten Phänomene mit den theoretisch fundierten Vorhersagen verglichen werden." (ebd.) Dies entspricht der real umgesetzten Lösung, die weiterhin intersubjektiv überprüfbar gesteuert (engl. *control*) wird.

Auf das zu entwickelnde Verfahren bezogen heißt dies, dass eine aktuelle Pünktlichkeit unter den aktuellen Betriebs- und Umfeldbedingungen bei aktuellen Kunden (z.B. ei-

[184] Dies schließt nicht aus, dass in der Praxis dennoch so vorgegangen wird. Gründe hierfür können Zeitdruck sein oder eine Fehlerkultur, bei der das Aufzeigen bestimmter Probleme sanktioniert wird.

[185] Vgl. SCHAFFER 2001, S. 82 ff.

nem Aufgabenträger) und deren aktuell artikulierten (oder erhobenen) Kundenwünschen unbefriedigend sein kann. Die Anwendung des Verfahrens führt zu Ursachenannahmen, die im Kontext der jeweils aktuellen Bedingungen (inkl. der dazugehörigen Historie) interpretiert werden müssen. Werden diese vermuteten (Kern-)Ursachen nicht widerlegt (falsifiziert), so stellen sie eine valide Arbeitsgrundlage[186] für die dann folgende Verbesserung und Steuerung dar. Im Rahmen der Steuerung können dann Situationen auftreten, die eine erneute Problematisierung mit nachfolgender Verbesserung notwendig machen. Hier schließt sich dann der Kreis. Wird die erneute, weitere Verbesserung wiederum mit Hilfe des entwickelten Verfahrens durchgeführt, so liegt ein kontinuierlicher Verbesserungsprozess gemäß der Qualitätsmanagement-Normenfamilie ISO 9000 vor (vgl. Abschnitt 3.1.3).[187] Dies gilt für den gesamten R-DMAIC-Ablauf. Der hypothetisch-deduktive Ansatz lässt sich aber auch zwischen einzelnen Phasen und innerhalb der einzelnen Phasen anwenden, um den genannten Phasenzielen zu entsprechen. PANDE greift diese zirkuläre Logik als einzige Quelle explizit in seinem „Root Cause Analysis Cycle“ (PANDE u.a. 2000, S. 256) für die Analyse-Phase auf. Der dort dargestellte Kreis (siehe Abbildung 6.3) entspricht genau dem oben dargestellten Erkenntnisprozess.

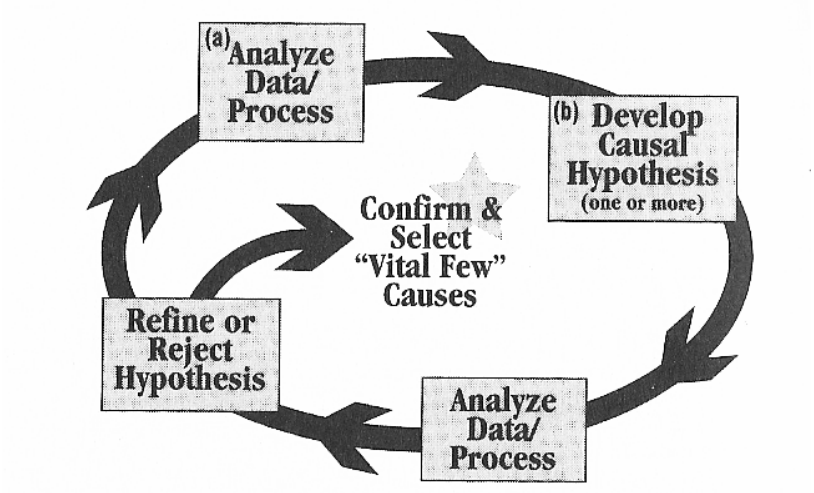


Abbildung 6.3: Root Cause Analysis Cycle aus PANDE u.a. 2000, S. 256

Der dargestellte Kernursachen-Analyse-Kreis ist aber im Sinne der Six Sigma-Logik unvollständig. Es fehlt die Ausdifferenzierung der Messung. Dies bestätigen auch BROECHELER u. SCHÖNBERGER 2004, S. 104, die beschreiben, dass sich die beiden Phasen in der Praxis „nicht klar voneinander trennen lassen“ (ebd.); Änderungen in der linearen

[186] Es ist in diesem Zusammenhang daher sinnvoll, von Belegen und nicht von Beweisen zu sprechen.

[187] Dieser kontinuierliche Verbesserungsprozess schließt natürlich die Weiterentwicklung des Verfahrens selber mit ein.

Darstellung erfolgen aber in der angegebenen Quelle nicht. Im linearen Ablauf werden bei allen Quellen in der vorhergehenden Messen-Phase Daten erhoben (zumindest für die Ergebnisgröße). Diese können dann in Schritt (a) analysiert werden, um Wirkungshypothesen zu entwickeln. Auf Basis der Wirkungshypothesen müssen dann wiederum Daten erhoben werden.[188] Für diese Datenerhebung, die in der obigen Abbildung 6.3 zwischen dem Schritt (b) und dem folgenden Analyseschritt stattfinden muss, gelten die gleichen Anforderungen und die gleichen Schritte wie in der Messen-Phase.[189] Damit ist aber ein Regelkreis zwischen zwei R-DMAIC-Phasen entstanden, hier zwischen der Messen- und der Analyse-Phase, welcher so nicht beschrieben ist.

Nachdem auf Basis des hypothetisch-deduktiven Ansatzes Regelkreise über alle R-DMAIC-Phasen und zwischen zwei R-DMAIC-Phasen entwickelt wurden, soll abschließend ein universeller Regelkreis formuliert werden, der auch innerhalb einer Phase angewendet werden kann. Der Regelkreis beginnt bei der Formulierung einer Hypothese oder Annahme „A“ (vgl. TÖPFER 2010, S. 66, zweiter Schritt). Die Annahme wird dann praktisch getestet (Test; „T“), z.B. durch Prozessbeobachtungen oder Datenerhebungen (vgl. ebd.). Die Testergebnisse werden auf nachvollziehbare Weise ausgewertet (Auswertung; „A“) (vgl. ebd.). Auf Basis der Auswertungen können schließlich Konsequenzen „K“ gezogen werden (z.B. die Falsifizierung der Annahme). Dieser universelle Regelkreis lässt sich durch das Akronym ATAK beschreiben und als Regelkreis visualisieren (vgl. Abbildung 6.4).[190]

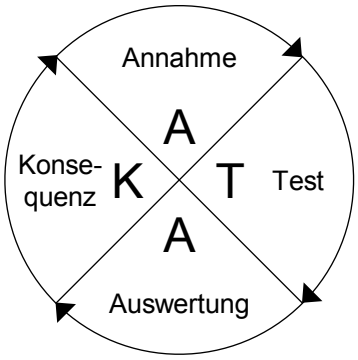


Abbildung 6.4: ATAK-Regelkreis

188 Für die Argumentation ist der Zeitpunkt der Prozessanalyse unwichtig. Er kann vor oder nach der Datenanalyse stattfinden. In jedem Fall gibt es einen Zeitpunkt, an dem Daten erhoben werden müssen, die die Wirkungshypothese intersubjektiv falsifizierbar machen.

189 PANDE u.a. 2000, S. 204 selber beschreiben fünf wesentliche Schritte, die sich mit der in dieser Arbeit entwickelten Schrittfolge weitestgehend decken.

190 Vgl. dazu auch ROTHER 2009, S. 91.

Der ATAK-Zyklus lehnt sich stark an den PDCA-Zyklus von SHEWHART an (vgl. Unterabschnitt 3.3.3.1). Der ATAK-Zyklus ist aber insofern universeller, weil er auf mehreren Ebenen eingesetzt werden kann. Er kann eingesetzt werden

– auf der Ebene der Qualitätstechnik , z.B. bei der Formulierung eines Problems im Projektsteckbrief – „Haben wir wirklich dieses Problem in diesem Umfang?“.
– innerhalb einer R-DMAIC-Phase, z.B. bei der Untersuchung einer vermuteten Kernursache in der Phase *Analyze*.
– zwischen zwei Phasen, z.B. wenn für die Untersuchung einer vermuteten Kernursache umfangreich gemessen werden muss. Dann sind in diesem Beispiel die Phasen *Analyze* und *Measure* verbunden.
– über den gesamten R-DMAIC-Zyklus (siehe die obige Diskussion).

Hier besteht grundsätzlicher Forschungsbedarf oder – sollten die Regelkreise bereits als Bestandteil der Methode intendiert sein – Bedarf, die Darstellung in der Literatur auf breiter Basis anzupassen und eindeutiger zu formulieren.

6.2.6 Forschungsbedarf: Bedeutung der drei Komponenten *Methode*, *Rollen*, *Management-Attention* für die Wirksamkeit der Six Sigma-Methode

Die Six Sigma-Methode wird im entwickelten Verfahren als reiner Toolbox-Ansatz verwendet (vgl. die Unterabschnitte 3.3.3.6 und 4.5.2.3), beschränkt sich also auf die Nutzung der aufgeführten Qualitätstechniken bzw. auf die Kombination dieser Qualitätstechniken. Wie bereits erwähnt sehen KROSLID u.a. 2003, S. 54 den Vorteil der Six Sigma-Methode in der festen Kombination von bereits bekannten Verbesserungswerkzeugen und -methoden mit den Rollen sowie der Aufmerksamkeit der obersten Unternehmensleitung. Es sind also drei Komponenten (Methode, Rollen, Management-Attention) notwendig. Hier besteht noch Forschungsbedarf, um herauszufinden, welchen Anteil die genannten Komponenten haben, um Six Sigma als Methode wirksam einsetzen zu können. Daraus lassen sich dann auch Schlüsse für diese Arbeit ziehen. Ein Vergleich mit dem norwegischen PIMS-Ansatz erscheint ebenfalls lohnend, da dort ein sog. *Super-user* als Rolle definiert wird (vgl. VEISETH u.a. 2011, S. 273).

6.2.7 Forschungsbedarf: Ermittlung von Kosten nicht anforderungsgerechter Pünktlichkeit im deutschen SPNV

Für Eisenbahnunternehmen im deutschen SPNV einfach nachvollziehbar sind Strafzahlungen aufgrund unzureichender Qualität. Es ist aber zu vermuten, dass Verspätungen (und Verfrühungen) zu weiteren direkten Kosten führen, die nicht direkt ersichtlich sind und aufwandsarm ermittelt werden können. Dazu gehören zum Beispiel der Dispositi-

onsaufwand, der mittelbar zu Sach- und Personalaufwand führt,[191] und Aufwand für einen erhöhten Fahrpersonaleinsatz bzw. Überstunden, weil Schichtübergänge nicht mehr funktionieren. Weitere Effekte können aus Erstattungen an Fahrgäste (aufgrund gesetzlicher Fahrgastrechte oder aus Kulanz), aus notwendigen Ressourcen für Kundeninformation sowie aus vorgehaltenen betrieblichen Ressourcen (Reservefahrzeuge, Fahrzeuge für übersprungene Wenden, Personal als Wendebeihilfen) kommen. Auch vorzeitige Wenden wirken sich über das reduzierte Bestellerentgelt negativ auf das Betriebsergebnis aus. Hier besteht Forschungsbedarf, welche Kosten (*Cost of Poor Quality*) es insgesamt gibt, wie diese wirken und wie sie effizient erfasst werden können.[192] Zudem besteht Forschungsbedarf, wie die Netzeffekte, beruhend auf der Verbundproduktion[193], abgeschätzt werden können.

6.2.8 Forschungsbedarf: Aufarbeitung der Anreizstruktur eines EIU zur Planung robuster Fahrpläne und Umsetzung pünktlichkeitssteigender Maßnahmen

Im Unterabschnitt 2.4.2.2 wurden Ansätze zur Fahrplanoptimierung vorgestellt. Eine Maßnahme ist die Nutzung von Puffern, um einen Fahrplan robuster gegen Verspätungen zu machen und damit die Pünktlichkeit zu steigern (vgl. Teilabschnitt 2.4.2.2.2). Hier ist ein Umsetzungsproblem aufgrund eines Zielkonflikts beim Eisenbahninfrastrukturunternehmen zu erwarten: Ein EIU ist ein Angebotsmonopolist.[194] Der Gewinn steigt mit jeder verkauften Trasse. Das EIU hat daher einen Anreiz, sein Netz maximal auszulasten. Puffer reduzieren aber die Anzahl verkaufbarer Trassen. Das EIU steht also im Zielkonflikt zwischen der Steigerung des Umsatzes oder der Pünktlichkeit (als Maßstab für Qualität). Hier besteht Forschungsbedarf. Ein Ansatz wäre es, Konzepte aus dem Qualitätsmanagement zur Robustheit mit Konzepten aus der Fahrplanoptimierung zu vergleichen, um so eventuell neue Ansätze zu finden.[195] Bei der Aufarbeitung der Anreizstruktur kann die Institutionenökonomie (in Verbindung mit der Spieltheorie) helfen. Zu betrachtende Fälle können aus dem durchgeführten Feldtest sowie weiteren Anwendungen kommen (und damit den Praxisbezug herstellen).

---

191 Wo mehr disponiert werden muss, werden mehr Disponenten (inkl. physischer Arbeitsplätze) und/oder kompliziertere Systeme benötigt.

192 KANDAOUROFF 1994 zeigt einen möglichen Weg, sich diesem Thema zu nähern.

193 Vgl. ABERLE 2003, S. 247 und SIEGMANN u. HÜBNER 2000.

194 Ökonomische Ausarbeitungen dazu sind z.B. LAASER 1994, KNIEPS 2003 und KNIEPS 2011 mit weiterführenden Quellenangaben. Die Einrichtung der Bundesnetzagentur als Regulierungsbehörde verweist ebenfalls auf den Sachverhalt (vgl. AEG 2009, insb. § 14b).

195 Ein Ansatz wäre z.B. die Harmonisierung von Geschwindigkeiten verschiedener Züge. Hier bietet die Produktionstheorie bzw. das Lean Management (als Bereiche des Qualitätsmanagements) ausgereifte Ansätze zu Taktung und Glättung sowie Durchsatzoptimierung.

6.2.9 Zusammenfassung des Forschungsbedarfs

Der Forschungsbedarf lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- Es fehlt eine öffentlich zugängliche Datenbasis bezüglich der Präferenzen und der Zufriedenheit der SPNV-Anspruchsgruppen sowie eine Veröffentlichung der Anforderungen der SPNV-Aufgabenträger, insbesondere der Leistungsbeschreibungen. Wird diese geschaffen, kann die Wissenschaft auf dieser Basis den SPNV-Aufgabenträgern Vorschläge für die Ausgestaltung von Pünktlichkeitsanforderungen unter Berücksichtigung des KANO-Modells unterbreiten.
- Die Qualitätswissenschaft benötigt knappe, eindeutige, unmissverständliche und idealerweise der Gemeinsprache verwandte Definitionen der Begriffe *Qualitätstechnik*, *Qualitätsmethode*, *Verfahren*, *Vorgehen*, *Vorgehensweise*, *Instrument*, *Werkzeug*, *Tool* sowie der weiteren Begriffe *Qualitätsstrategien* (z.B. Total Quality Management, Six Sigma), *Prinzipien* (z.B. Null-Fehler-Prinzip), *Konzept* sowie von Begriffen, die organisatorische Modelle (wie z.B. Qualitätszirkel) beschreiben. Ein möglicher Weg ist die Definition innerhalb der Norm ISO 9000.
- Das entwickelte Verfahren sollte mehrfach auf seine Wirksamkeit hin getestet werden, um bessere Aussagen zu seiner Wirksamkeit treffen zu können. Damit verbunden hilft eine vertiefende Untersuchung zu verstehen, welche alleinigen Möglichkeiten ein EVU in Deutschland zur Pünktlichkeitsverbesserung hat. Dazu sollte das Verfahren wiederholt angewendet werden und ein Vergleich mit dem betreiberübergreifenden norwegischen PIMS-Ansatz durchgeführt werden.
- Es besteht Forschungsbedarf zur Frage, wie die Six Sigma-Methode an die Besonderheiten bei (ortsverändernden) Dienstleistungen bei hoher Integration des externen Faktors anzupassen ist. Für den Anwendungsfall ergeben sich Forschungsfragen, inwieweit Simulationen bei der Ursachenfindung und der Abschätzung der Wirksamkeit von Lösungen helfen können und welche Anforderungen sich daraus an das EVU (und andere Beteiligte) ergeben.
- Ebenso besteht Veränderungsbedarf, um die Six Sigma-Methode gemäß ihres eigenen *Mindsets* als linearen Ablauf mit Prüfschleifen in Form von Regelkreisen auszugestalten und zu beschreiben. In diesem Zusammenhang bietet der in dieser Arbeit eingeführte ATAK-Zyklus die Möglichkeit, die dem Six Sigma-Ansatz innewohnende zirkuläre Logik auf verschiedenen Ebenen nachvollziehbar zu beschreiben.
- Es besteht Forschungsbedarf, die Bedeutung der drei Komponenten *Methode*, *Rollen*, *Management-Attention* auf die Wirksamkeit der Six Sigma-Methode zu untersuchen.
- Den Eisenbahnverkehrsunternehmen im deutschen SPNV fehlt eine Übersicht über die direkt und indirekt wirkenden Faktoren sowie über deren Wirkungszusammen-

hang, damit sie ihre Kosten nicht anforderungsgerechter Pünktlichkeit nachvollziehbarer und genauer abschätzen können.
– Es besteht Forschungsbedarf, die Anreizstruktur eines EIU zur Planung robuster Fahrpläne und Umsetzung pünktlichkeitssteigender Maßnahmen aufzuarbeiten und unter Nutzung von Konzepten aus dem Qualitätsmanagement sowie aus der Fahrplanoptimierung Vorschläge zu unterbreiten, wie der Zielkonflikt der Trassenplanung aufgelöst oder minimiert werden kann.

6.3 Handlungsempfehlungen für die Praxis

6.3.1 Handlungsempfehlungen für die Phasen *Recognize* und *Define*

Die Wahrscheinlichkeit, das Verfahren erfolgreich anzuwenden, steigt, wenn die Erhöhung der Pünktlichkeit eine gewisse Priorität bei der obersten Leitung des EVU hat. Da die Anwendung dieses Verfahrens die betriebliche Zuverlässigkeit steigern soll, ist es wichtig, neben der obersten Leitung auch die jeweiligen Operationsebenen einzubinden (vgl. den allgemeinen Hinweis bei HARRY u. SCHROEDER 2000a, S. 263). Dies wird einfacher gelingen, wenn eine Übereinstimmung mit den Unternehmenszielen hergestellt werden kann („connected to a Big Y“, MCCARTY u.a. 2005, S. 476). Hier wird noch einmal die Bedeutung klar, die Kosten nicht anforderungsgerechter Pünktlichkeit (*Cost of Poor Quality*) zu kennen (vgl. Abschnitt 6.2.7). Ist die Organisation aktuell durch eine Umorganisation, andere Verbesserungsaktivitäten oder andere Umstände stark belastet, so sollte die erstmalige Anwendung verschoben werden.

Wird das Verfahren als Projekt durchgeführt, so ist eine konkrete Besetzung (inkl. Stellvertreter) wichtig. Platzhalter bzw. nur die Nennung von Funktionen lässt Ressourcenkonflikte und persönliche Widerstände erst nach Beginn klar werden – zu spät, um darauf angemessen reagieren zu können. Es wird daher erfolgversprechender sein, sich auf wenige, stark involvierte (Projekt-)Mitarbeiter zu konzentrieren. Dabei ist eine ausreichende Freistellung für die Projektarbeit ein zentraler Erfolgsfaktor. Erfahrungen aus der Anwendung des Verfahrens bei der Pilotlinie zeigen, dass der Projektleiter (in der Six Sigma-Rolle *Black Belt*, im norwegischen PIMS-Ansatz der *Super-user*) kaum mehr wirksam sein kann, wenn seine Freistellung unter 60 % sinkt. Ideal sind 100 %, welche als Investition betrachtet werden sollten – durch die bessere Vorbereitung von Arbeitstreffen, durch mehr Zeit für Projekt- und Veränderungsmanagement[196] kommt das Unternehmen schneller und reibungsloser ans Ziel und spart so Arbeitszeit bei allen anderen beteiligten Mitarbeitern. Die Qualifikation der eigenen (EVU-)Mitarbeiter kann ein

[196] MAGNUSSON u.a. 2004, S. 70 ff., 177 ff. geben mehrere wertvolle Hinweise zum Change-Management und zum Projektmanagement.

limitierender Faktor bei der Anwendung des Verfahrens sein. Hier wurde im Feldtest die Erfahrung gemacht, dass eine Einarbeitung bzw. Ausbildung durch den Projektleiter / *Black Belt* / *Super-user* möglich (und notwendig) ist. Auch hier ist es hilfreich, mit wenigen, stark involvierten Mitarbeitern zu arbeiten und einen voll freigestellten Projektleiter zu haben.

Die Checklisten für die jeweiligen Phasenabschlüssen aus der Standard-Six Sigma-Methode (wie in den genutzten Quellen präsentiert, vgl. ROENPAGE u.a. 2007, S. 47, MCCARTY u.a. 2005, S. 357 f., BROECHELER u. SCHÖNBERGER 2004, S. 45, 58 oder PANDE u.a. 2000, S. 386) sind hilfreich für das Projektmanagement und können als Vorlage für eigene, angepasste Checklisten dienen (vgl. für den obigen Abschnitt WAPPIS u. JUNG 2010, S. 5 ff., TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008, S. 39 f., 62 f., MCCARTY u.a. 2005, S. 475 f., Magnusson u.a. 2004, S. 20 ff., 52 ff., Broecheler u. Schönberger 2004, S. 45, 56 f. und Pande u.a. 2000, S. 250 f., 386).

6.3.2 Handlungsempfehlungen für die Phasen *Measure* und *Analyze*

Wenn der Anspruch besteht, auf faktenorientierter, logisch nachvollziehbarer und transparenter Basis[197] zu verbessern, dann ist eine sorgfältige Dokumentation der Messergebnisse notwendig. Eine sorgfältige Dokumentation mag im Moment der Erhebung und Speicherung als zu aufwändig empfunden werden. Nur sie stellt aber sicher, dass die Daten für den Nutzer wie für Dritte überhaupt verwendbar sind (wenn klar ist, wie, wo und von wem welche Daten erhoben wurden). Eine gute Dokumentation spart zudem spätere Suchzeiten. Die Basis für alle Betrachtungen (Messungen, Prozessaufnahmen) müssen dabei Ist-Abläufe, Ist-Prozesse sein. Es wird daher empfohlen, sich nicht auf Soll-Beschreibungen zu verlassen. Wo effizient möglich, sollte eine Analyse des Messsystems vorgenommen werden. Um die Variation in der Erfassung gering zu halten, helfen eindeutige Formulare, die zunächst selbst getestet wurden. Ebenso sollte eine schriftliche Anweisung erstellt werden und ein direkt erreichbarer Ansprechpartner benannt werden, falls es während der Erhebung zu Fragen der Datenerfasser kommt. Werden die Datenerfasser gut eingewiesen und werden ihnen Annahmen und Hintergründe erklärt, so ist mit besseren Ergebnissen zurechnen.[198]

Die Stichprobenauswahl sollte angemessen sein. Angemessen ist sie, wenn einerseits die Daten repräsentativ sind, die Datenerhebung andererseits aber nicht zu aufwändig ist. Freiheitsgrade bestehen hier vor allem in der Fragestellung, für die die Stichprobe

---

197 Im Sinne, dass die Ergebnisse für Dritte selbstständig nachvollziehbar sind.

198 Als illustratives Beispiel mag eine Erfassung der Haltezeiten bei der Pilotlinie 2 dienen. Dort wurden Mitarbeiter nicht auf die oben beschriebene Art und Weise eingewiesen. Das Ergebnis war, dass als Startzeitpunkt eine Gruppe den Halt des Zuges wählte (wie beabsichtigt), eine andere Gruppe aber den Zeitpunkt, als der erste Reisende den Bahnsteig betrat. Die Messungen der zweiten Gruppe waren unbrauchbar, die investierte Zeit verschwendet.

erhoben wird. Je feiner und differenzierter Effekte beobachtet werden sollen, umso größer ist voraussichtlich der Stichprobenumfang. Zudem muss sichergestellt sein, dass der Prozess stabil verläuft. Die Prozessnutzer sollen in die Erfassung einbezogen werden, um sie zu Beteiligten der Verbesserung zu machen (und nicht nur zu Betroffenen).

Da die Verbesserung in dem Verfahren nach dem Six Sigma-Mindset annahmengetrieben ist (basierend auf dem Ansatz des Kritischen Rationalismus, vgl. Unterabschnitt 6.2.5.2), muss eine Falsifikation möglich sein. Hier ist die Empfehlung, eine Falsifikation als willkommenen Erkenntnisfortschritt zu sehen und nicht als Fehler oder als Scheitern. Zudem bringt die konsequente Anwendung des ATAK-Prinzips Ergebnisse hervor, die jenseits der Praxiserfahrungen liegen. Auch hier ist die Empfehlung, dies als Erkenntnisfortschritt zu werten in dem Sinne, dass das eigene Prozessverständnis vertieft und fundiert wurde. Dies gilt insbesondere in der Phase *Analyze*.

Eine weitere Empfehlung lautet, sich auf wenige, als zentral vermutete Einflussfaktoren zu beschränken. Dies steht in engem Zusammenhang zur vorigen Empfehlung und zu dem oben in der Phase *Define* skizzierten Problem der Freistellungen. Eine Verbesserung in einem Unternehmensumfeld wird vermutlich immer durch Ressourcen- und Zeitknappheit geprägt sein. Daher erlaubt die Beschränkung auf wenige, als zentral vermutete Einflussfaktoren eine intensive Messen- und Analyse-Phase mit entsprechendem Erkenntnisfortschritt. Wird nun zu Beginn ein sehr breiter Ansatz gewählt (also viele Ursachenannahmen getestet), so kann schnell eine Knappheit entstehen, die den Anwender des Verfahrens vor die Wahl stellt, die Breite oder die Tiefe der Analyse aufzugeben. Die Praxis hat gezeigt, dass hier häufig die Vertiefung aufgegeben werden sollte, um über die Breitenanalyse ein Gefühl der Vollständigkeit zu bekommen. Durch die fehlende Vertiefung stoßen die Anwender aber häufig nicht bis zu den Kernursachen vor und haben damit nicht die nötige Basis, um wirksame Lösungen zu erzeugen. Die Erfahrung hat zudem gezeigt, dass eine frühe Konzentration auf wenige vermutete Einflussfaktoren die Suche nach der (oder den) Kernursache(n) nicht einschränkt oder weniger erfolgversprechend macht. Da das Verfahren auf dem Ansatz des Kritischen Rationalismus basiert, führt die Wahl eines Faktors mit geringem oder keinem Einfluss auf den Output schnell zu ebendieser Erkenntnis – die Annahme wird falsifiziert. Die schnelle Erkenntnis ist aber nur durch eine konzentrierte Analyse möglich, die wiederum auf einer Beschränkung bei der Auswahl der Faktoren beruht (vgl. zum obigen Abschnitt McCarty u.a. 2005, S. 476, Magnusson u.a. 2004, S. 117, Broecheler u. Schönberger 2004, S. 100 f. und Pande u.a. 2000, S. 209,232f,255 sowie die angegebenen Verweise).

6.3.3 Handlungsempfehlungen für die Phasen *Improve* und *Control*

Durch den fundierten Messen- und Analyseteil entsteht ein vertieftes Verständnis des Problems und seiner Kernursachen. Die Nutzung von Kreativitätstechniken bei der Lösungsentwicklung in Kombination mit der Überprüfung, in welchem Umfang die Kernursache beseitigt wurde, verhindert, dass die erstbeste oder nächstliegende Lösung ausgewählt wird. Durch den spezifischen Gutscharakter einer Zugfahrt gab es in diesem Punkt deutliche Restriktionen bei der Anwendung des Verfahrens. Dennoch gilt diese Empfehlung: Als Anspruch sollte immer geprüft werden, ob mit vertretbarem Aufwand eine Pilotierung möglich ist. Obligatorisch ist die Prüfung, ob sich die erhoffte Wirkung im Output zeigt.

Die gleiche Anmerkung gilt für die Empfehlung, die mit der Änderung verbundenen Risiken zu untersuchen Auch hier kann eine Pilotierung helfen, eine robuste Lösung zu finden. Auch hier ist es wichtig, eine Falsifikation zuzulassen. BROECHELER u. SCHÖNBERGER 2004, S. 164 beschreiben diese Empfehlung als „Die Ergebnisse des Piloten auch ernst nehmen“ (ebd.).

Verbesserungen sind häufig auch Änderungen in den Prozessen (wie bei drei der vier vorgestellten Maßnahmen im Feldtest).[199] Ein detaillierter Implementierungsplan sowie Maßnahmen des Veränderungsmanagements helfen, Widerstände gegen die Änderung zu senken oder zu vermeiden. Eine fast universelle Maßnahme hierfür ist Kommunikation. Eine einfach und ansprechend gehaltene sowie einfach zugängliche Dokumentation unterstützt ebenfalls die Akzeptanz, einen verbesserten Prozess zu befolgen. Diese kann z.B. als Schautafel ausgeführt sein. PANDE u.a. 2000, S. 337 f. weisen darauf hin, dass es hilfreich sein kann, sich die Prozessnutzer als externe Kunden vorzustellen, um sich so besser auf deren Bedürfnisse einstellen und die Kommunikation sowie die Dokumentation entsprechend adressatengerecht gestalten zu können. Dazu gehört auch die Nutzung des bestehenden Kennzahlensystems oder die Integration neuer, notwendiger Kennzahlen in das bestehende Kennzahlensystem. Auf rein projekteigene Kennzahlen (welche nicht zwingend sind und welche nicht später in das bestehende kennzahlensystem integriert werden) sollte verzichtet werden. Die Kennzahlen sollten dann über eine längere Zeit (z.B. ein Jahr) überwacht werden, um die vollständige Anwendung sicherzustellen. Die Ergebnisse des Feldtest zeigen, dass dies auch notwendig ist (vgl. Unterabschnitte 5.2.8.3 und 5.2.8.5) (vgl. zum obigen Abschnitt TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008, S. 287, RATH & STRONG MANAGEMENT CONSULTANTS 2008, S. 145, MCCARTY u.a. 2005, S. 257, BROECHELER u. SCHÖNBERGER 2004, S. 150 f., 164, 176 f., PANDE u.a. 2000, S. 276, 284 f., 337 ff., 344 f. sowie die angegebenen Verweise).

[199] Die zwei Dispositionsregeln sowie die Nutzung des Streckenspiegels am Bahnübergang sind Prozessänderungen, die Fahrplananpassungen im hier gemeinten Sinne nicht.

Anlagen

Anlage 1 Forschungsdesign: Abbildungen

Anlage 2 Fragebogen

Anlage 3 Brainstorming-Ergebnis „Kriterien zur Bewertung von Qualitätstechniken“

Anlage 4 Denkbare Messverfahren und -prinizipien in der Phase *Measure*

Anlage 5 Ableitung verkehrlicher (auf den Fahrgast ausgerichtete) und betrieblicher (auf den Betrieb und mittelbar auf Mitnutzer und den Aufgabenträger ausgerichtete) Zeitpunkte bzw. Bezugspunkte

Anlage 6 Quellennachweise für Qualitätstechniken der Phase *Define*

Anlage 7 Alternative Bezeichnungen für Qualitätstechniken

Anlage 8 Übersicht über die Qualitätstechnik „Pünktlichkeits-EKG“

Anlage 9 Daten Wirksamkeitsnachweis Feldtest (Verringerung der Verspätungen aus Zugfolge bei Schwerpunkt 4)

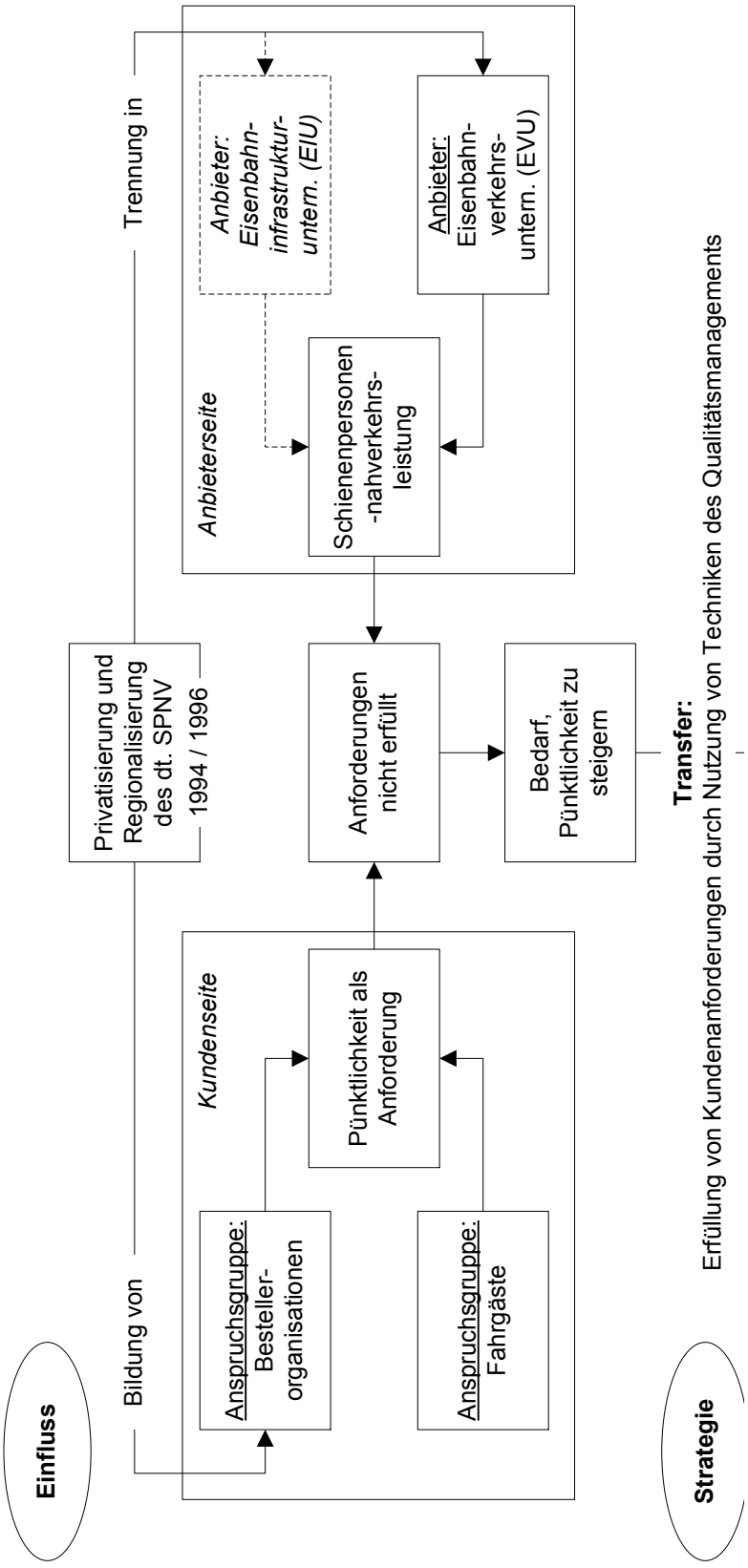


Abbildung 6.5: Forschungsdesign – Einfluss-Ebene

Abbildung 6.6: Forschungsdesign – Strategie-Ebene

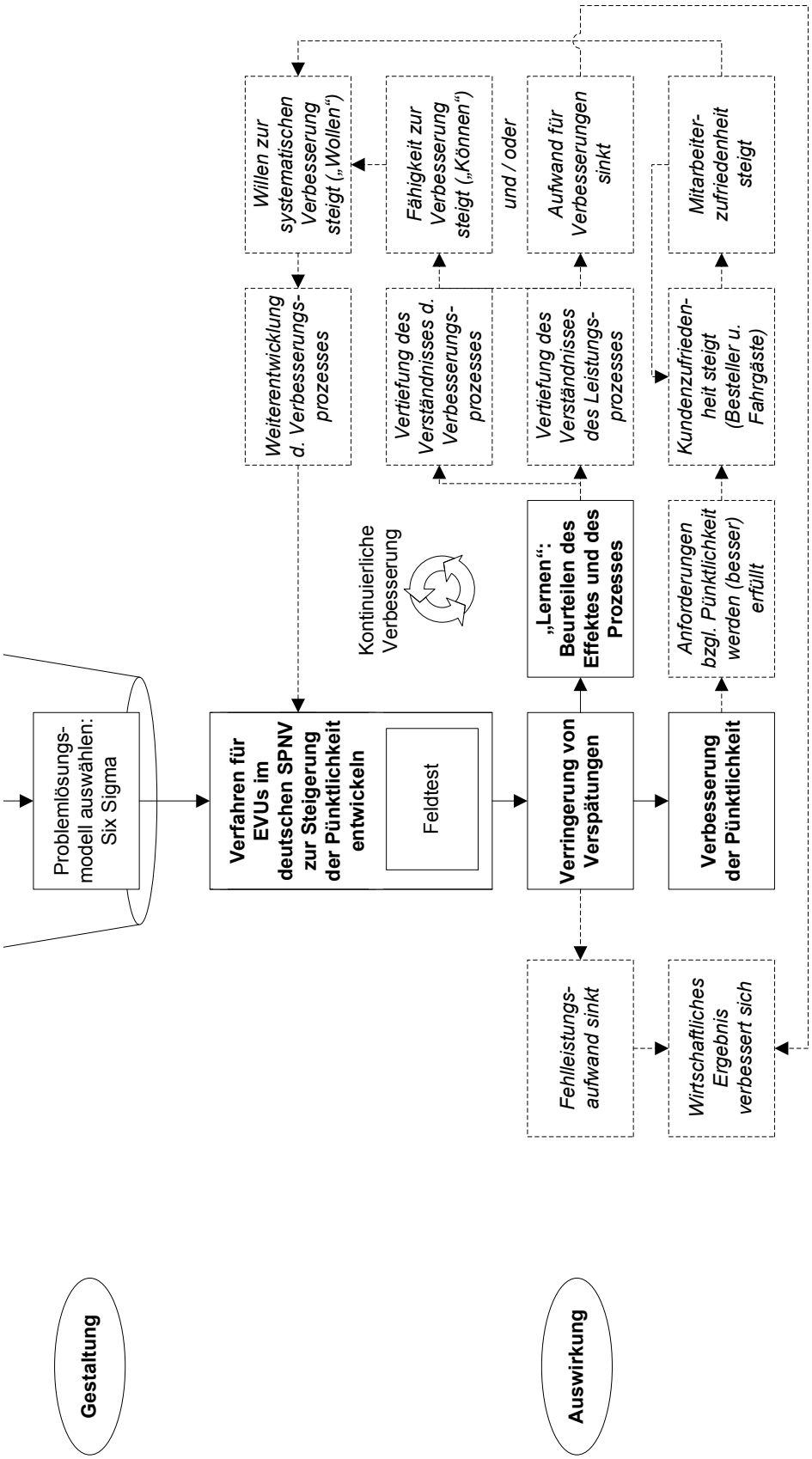


Abbildung 6.7: Forschungsdesign – Gestaltungs- sowie Wirkungsebene

Sehr geehrter Fahrgast,
zur Verbesserung der Qualität dieser Strecke möchten wir …
…
Ihre Daten werden anonym und unter Beachtung aller Datenschutzvorschriften ausgewertet.
Vielen Dank für Ihre Mithilfe!

Hinweis: Bitte Kästchen ankreuzen oder Antwort eintragen I___I

1 Wie häufig fahren Sie mit dem Nahverkehr der Deutschen Bahn (RB, RE,, S-Bahn)?
1 Täglich
2 Mindestens wöchentlich
3 Mindestens monatlich
4 Mindestens 4 mal im Jahr
5 Seltener, ca. 1 – 3 mal im Jahr

2 Was ist der Grund Ihrer jetzigen Reise?
1 Arbeit/Ausbildung 2 Freizeit 3 Beruflich

3 Wie lange dauert Ihre heutige Fahrt mit dem Nahverkehr der Deutschen Bahn (RB, RE, S-Bahn)?
1 Bis 15 Minuten 2 Bis 30 Minuten 3 Bis 45 Minuten
4 Bis 60 Minuten 5 Über 60 Minuten

4 Wie häufig müssen Sie heute umsteigen?
Anzahl der Umstiege pro Fahrt: I_____I

5 Wie oft verpassen Sie im Monat Ihren Anschlusszug?
Anzahl der verpassten Anschlüsse: I_____I

6 Wie einfach könnten Sie andere Verkehrsmittel wie z.B. PKW oder Bus als Alternative zur heutigen Fahrt mit der Bahn nutzen?
1 Sehr einfach 2 Einfach 3 Schwierig
4 Sehr schwierig 5 Überhaupt nicht

7 Wie zufrieden sind Sie mit der Pünktlichkeit der aktuellen Fahrt?
Sehr zufrieden 1 2 3 4 5 6__ Sehr unzufrieden

21 Wie zufrieden sind Sie allgemein mit der Pünktlichkeit des Nahverkehrs?
Sehr zufrieden 1 2 3 4 5 6__ Sehr unzufrieden

13 Wie wichtig ist Ihnen Pünktlichkeit?
Sehr wichtig 1 2 3 4 5 6 Sehr unwichtig

14 Wir bemühen uns zwar pünktlich zu sein, doch leider gelingt es uns nicht immer. Wie viele Verspätungsminuten sind für Sie gerade noch akzeptabel, wenn Sie nicht umsteigen müssen?
Anzahl der Verspätungsminuten: I_____I

Xx Wieviel Minuten wären Sie bereit, auf Anschlussreisende zu warten bei
Schülergruppen: I_____I
Rollstuhlfahrern: I_____I
letzten Abendverbindung: I_____I
vielen Umsteigern (mehr als 10 Pers.): I_____I
Umsteigern, die mehr als 1 Stunde warten müssten.): I_____I

24 Werden Sie den Nahverkehr der Deutschen Bahn auch zukünftig nutzen?
1 Ja, absolut sicher 2 Wahrscheinlich
3 Wahrscheinlich nicht 4 Nein, definitiv nicht

26 Wie alt sind Sie ?
1 Unter 18 Jahre 2 18 – 29 Jahre 3 30 – 45 Jahre
4 46 – 60 Jahre 5 Über 60 Jahre

27 Für Ihre Kommentare und Anregungen bin ich sehr dankbar!

Vielen Dank für das Ausfüllen des Fragebogens. Bitte geben Sie den Fragebogen zurück oder lassen Sie ihn einfach an Ihrem Platz liegen. Wir wünschen Ihnen eine gute Weiterreise.

Einzutragen vom Austeilenden:
Datum:
Zeit:
Zuggattung:
Zugnummer:
Vmin:

Anlage 3 *Brainstorming-Ergebnis „Kriterien zur Bewertung von Qualitätstechniken“*

Tabelle 6.3: Brainstorming-Ergebnis „Kriterien zur Bewertung von Qualitätstechniken“ (alphabetisch geordnet)

alle können anwenden
Effektmonitoring möglich
einfach anzuwenden
einfach zu erlernen
gut zu kommunizieren
kann auch in Bausteinen eingesetzt werden
kostengünstig
modular
nicht nur EVU
nur Firmensoftware
ohne Software
passt zu bisherigen Aktivitäten
Schema F
schnell einsetzbar
Schnelligkeit
Training on the Job möglich
universell einsetzbar
wenig Arbeitszeit notwendig
wenig Software
wirksam

Für das zu entwickelnde Verfahren könnte der Kundenwunsch z.B. lauten: „pünktlich ankommen in A-Stadt“. Die dazugehörige kundenkritische Anforderung (CTQ) wäre „Ankunft der Züge der Linie RE123 in Bf A-Stadt höchstens 3 Minuten später als im Fahrplan ausgewiesen.“ Die interne Anforderung würde diese ergänzen und präzisieren: „Ankunft der Züge der Linie RE123 in Bf A-Stadt auf Gleis 4 (alle Verkehrstage) höchstens 180 Sek. später als im betrieblichen Fahrplan ausgewiesen.“ Eine Maßgröße ist „Abweichung in Sekunden“, denkbare Verfahren wären:

- Nutzung der im Netzsystem LeiDis erzeugten, interpolierten Zeitwerte
- Handmessung am Gleis durch Erfasser mit genau gehender Uhr
- Nutzung der Zeitstempel der EBuLa-Box des Fahrzeugs
- Einsatz eines GPS-Sensors (z.B. über Ecotrainbook)

Die zugrunde liegenden Messprinzipien sind:

- Induktionsprinzip (Wagenachse überfährt Gleismagnet)
- Sichtprüfung (Erfasser vergleicht Zughalt und Uhrendisplay)
- Rotation (Umdrehungen der Wagenachse werden in ein Zeit-Wege-Diagramm übersetzt)
- Elektromagnetische Strahlung (Radiosignale zur Standortbestimmung)

Die Messverfahren sind u.a. (vgl. Norm DIN 1319-1:1995, S. 7):

- Kompensation / indirekt
- Vergleich / direkt
- Vergleich / indirekt
- Differenz / indirekt

Anlage 5 *Ableitung verkehrlicher (auf den Fahrgast ausgerichtete) und betrieblicher (auf den Betrieb und mittelbar auf Mitnutzer und den Aufgabenträger ausgerichtete) Zeitpunkte bzw. Bezugspunkte*

Zu den verkehrlichen Bezugspunkten: Für die Fahrgäste beginnt die Zugfahrt mit dem Einsteigen in den Zug.[200] Erste Möglichkeit ist der Zeitpunkt der möglichen Türöffnung (Türfreigabe erteilt, für den Fahrgast sichtbar z.B. durch das Aufleuchten eines grünen Kranzes am elektronischen Türöffner) (Zeitpunkt V1). Der faktische Zutritt ist nach vollständiger Öffnung mindestens einer Tür möglich (Zeitpunkt V2). Die letzte Möglichkeit, in einen Zug einzusteigen endet, wenn die Türfreigabe zurückgenommen wurde und die letzte Tür geschlossen bzw. durch das Zugpersonal blockiert[201] ist (Zeitpunkt V3). Dieser Zeitraum ist in Unterabschnitt 2.2.5.3 als Verkehrshalt beschrieben und umfasst die Prozessschritte *Türöffnung*, *Fahrgastwechsel* und *Türschließen*. Diese Betrachtung ist auch für den Beginn einer Zugfahrt zutreffend. Auch hier erfolgt nach Übernahme des Zuges aus der Bereitstellung eine Türfreigabe (vgl. HAUSMANN u. ENDERS 2007, S. 184 ff.). Für die Fahrgäste endet die Zugfahrt mit dem Aussteigen aus dem Zug.[202] Auch hier gelten die gleichen Zeitpunkte V1 bis V3 wie beim Einstieg. Der Prozessschritt wird daher richtigerweise auch Fahrgastwechsel genannt, da hier in einem Zug Ein- und Ausstiege simultan möglich sind und es keine zwingend festgelegte Reihenfolge gibt.[203]

Zu den betrieblichen Bezugspunkten: Zunächst werden die Zeitpunkte betrachtet, eine Zugfahrt zu beginnen oder fortzusetzen (Abfahrt). Die erste Möglichkeit ist das Vorliegen der Voraussetzungen, um Abfahren zu dürfen. Um als Triebfahrzeugführer mit dem Zug abfahren zu dürfen (vgl. HAUSMANN u. ENDERS 2007, S. 190, NAUMANN u. PACHL 2002, S. 7, 241 f., 249), muss

– der Abfahrauftrag erteilt sein oder er selber der Zugführer sein,

---

200 Hier wird abgestellt auf den eigentlichen Transport. Vorprozesse wie das Einholen von Informationen, den Erwerb von Fahrkarten und das Nutzen der Station werden hier nicht betrachtet.

201 Dies ist der Fall, wenn eine Tür ‚freigeschlüsselt' ist und ein Zugbegleiter im Türrahmen steht, um das Anfahren des Zuges zu beobachten. Ein Einsteigen ist dann nicht mehr möglich. Kurz nach Anfahren des Zuges wird der Zugbegleiter diese Tür dann schließen.

202 Hier soll nur eine Zugfahrt betrachtet werden. Setzt sich die Reisekette aus mehreren Zugfahrten zusammen, so können die einzelnen Zugfahrten als Teilprozesse betrachtet werden, welche durch Umstiege verbunden sind.

203 In der Praxis zeigt sich, dass die Fahrgäste, die den Zug verlassen möchten, zuerst aussteigen. Dies macht aus der Sicht der meisten Fahrgäste auch Sinn, da der Zug nicht abfährt, bevor der Aussteigevorgang für das Zugpersonal sichtbar abgeschlossen ist. Dennoch ist auch immer wieder zu beobachten, dass Fahrgäste in den Zug drängen, bevor alle Fahrgäste ausgestiegen sind, um z.B. einen günstigen Sitzplatz zu erhaschen. Ebenso kann häufiger beobachtet werden, dass an bestimmten Stellen des Zuges der Aussteigevorgang aufgrund einer hohen Anzahl an Reisenden noch läuft, während er an anderen Türen mit weniger aussteigenden Fahrgästen schon abgeschlossen ist (Ungleichverteilung der Reisenden im Zug) und andere Fahrgäste bereits einsteigen.

– alle Türen geschlossen sein und
– ein gültiges Signal zur Fahrt vorliegen.

Wenn die letzte dieser drei Bedingungen eintritt, ist der erste mögliche Zeitpunkt, um aus betrieblicher Sicht eine Zugfahrt zu beginnen (Zeitpunkt B1). Ein weiterer Zeitpunkt ist das Anfahren des Zuges. Mit dem Beginn des Drehens der Räder fährt der Zug physisch ab (faktische Ortsveränderung) (Zeitpunkt B2).

Dann werden die Zeitpunkte im Fahrtverlauf betrachtet, die nicht Fahrgasthalte sind. Der Verlauf einer Zugfahrt kann durch das Passieren von *Blockstellen* abgebildet werden. Blockstellen sind nach EBO § 4 „Bahnanlagen, die eine Blockstrecke begrenzen. Eine Blockstelle kann zugleich als Bahnhof, Abzweigstelle, Überleitstelle, Anschlußstelle, Haltepunkt, Haltestelle oder Deckungsstelle eingerichtet sein.“ (EBO 2008, gleichlautend NAUMANN u. PACHL 2002, S. 42) Eine andere Möglichkeit der Abbildung ist das Passieren von Betriebsstellen. Betriebsstellen sind in PACHL 2008a, S. 292 allgemein definiert als „Stellen in *Bahnhöfen* und auf der *freien Strecke*, die der unmittelbaren Regelung und Sicherung der *Zug-* und *Rangierfahrten* dienen“ (ebd., Hervorheb. im Original). Eine ähnliche Definition geben NAUMANN u. PACHL 2002, S. 31 und nahezu gleichlautend HAUSMANN u. ENDERS 2007, S. 34. Demnach sind Betriebsstellen „alle Bahnhöfe, Blockstellen, Abzweigstellen, Anschlussstellen, Haltepunkte und Deckungsstellen sowie alle weiteren Stellen in Bahnhöfen und auf der freien Strecke, die der unmittelbaren Regelung und Sicherung der Zug- und Rangierfahrten dienen.“ (ebd.)

Die Schwierigkeit bei den Definitionen von NAUMANN u. PACHL 2002 und HAUSMANN u. ENDERS 2007 ist die mangelnde Überschneidungsfreiheit zur Definition einer Blockstelle. Da Bahnhöfe, Abzweigstellen, Anschlussstellen, Haltepunkte und Deckungsstellen alle Blockstellen sein können – der Begriff also übergeordnet ist - kann die Blockstelle nicht auf gleicher Ebene mit aufgezählt werden. Eine logisch richtige Definition einer *Betriebsstelle* (welche spezifischer ist als die allgemeine Definition von PACHL 2008a, S. 292) könnte daher sein:

> Betriebsstellen sind Blockstellen sowie alle weiteren Stellen in Bahnhöfen und auf der freien Strecke, die der unmittelbaren Regelung und Sicherung der Zug- und Rangierfahrten dienen.

Mit dieser Definition sind Blockstellen eine Teilmenge von Betriebsstellen und somit überschneidungsfrei abgebildet.

Das Passieren von Betriebsstellen (in neuer Definition) ist also eine weitere Möglichkeit, den Verlauf einer Zugfahrt abzubilden. Mögliche Fachbegriffe für das Passieren sind die Begriffe *Vorbeifahrt* und *Durchfahrt*. Nach NAUMANN u. PACHL 2002, S. 228 kann eine Vorbeifahrt präzisiert werden als die Vorbeifahrt des Zuges mit der Zug-

spitze an einem Signal. Die Durchfahrt ist definiert als „Fahrt eines Zuges durch einen Bahnhof ohne Halt“ (NAUMANN u. PACHL 2002, S. 49). Da ein Bahnhof eine größere räumliche Ausdehnung hat, ist es unmöglich, direkt einen Zeitpunkt für ein Passieren zu bestimmen. Da der Bahnhof aber durch seine Ein- und Ausfahrsignale bestimmt werden kann (sowie weitere markante Punkte wie z.B. die Mitte des Bahnhofsgebäudes, Bahnsteigmitte), soll als Fachwort zukünftig der Begriff *Vorbeifahrt* genutzt werden. Somit sind weitere sinnvolle betriebliche Zeitpunkte Vorbeifahrten an Betriebsstellen (Zeitpunkt B3).

Schließlich werden fahrgastrelevanten Halte betrachtet: Eine Zugfahrt kann betrieblich mit Stillstand des Zuges unterbrochen werden bzw. enden (Ankunft), als Ende des Prozessschnittes Einfahrt (Zeitpunkt B4). Ein weiterer möglicher Zeitpunkt ist das Öffnen der ersten Tür (Zeitpunkt B5).

Tabelle 6.4: Quellennachweise für Qualitätstechniken der Phase Define

	Wappis und Jung 2010	Toutenburg und Knöfel 2008	Rath & Strong 2008	Roenpage et al. 2007	McCarty et al. 2005	Rehbehn und Yurdakul 2005	Magnusson et al. 2004	Broecheler und Schönberger 2004	Pande et al. 2000
(S1) Problem und Prozess konkretisieren									
Projektsteckbrief	16ff	59f/ 306	12	30	106f/3 42ff	98	113	24/49/ 179	240f
LIPOK	80ff	66/ 306	17	34	109/ 351	98	116	24f/ 46/50f/ 179	168ff/ 249
(S2) Projektziel festlegen									
Brainstorming					339			52	
Affinitätsdiagramm			24					52	
VOC-CTQ-Liste	84f	44/47/ 72/306	22f/ 27	36/39	108/ 346ff	98/ 102	33f	26/ 46f/ 54f/ 179	175/ 184ff
Bedürfnisbaum		74						26/ 54f	
KANO-Modell		50/ 306	25		347				193
Punktwert-Methode		49			340			52f	
Paarvergleich		49							
Rangordnungs-verfahren		49							
Rating		49							
Konstant-Summen-Skala		49							
Regressionsanalyse		49							
Conjoint-Analyse (Trade-off-Analyse)		50							
(S3) Projekt aufsetzen									
GANTT-Diagramm	20	60	15	33	107/ 345			46	244
Teambeschreibung		60			345		113	23/49	
Arbeitstreffen				43	107			179	
Stimmungsbarometer					338				
Tagesordnung					337				
Maßnahmenver-folgungsliste	23								
Team-Spielregeln					337				244
(S4) Kommunizieren									
Umfeldanalyse	83		16	41					
Statusbericht								179	
Statustreffen / Einzel-	23				111				

	Wappis und Jung 2010	Toutenburg und Knöfel 2008	Rath & Strong 2008	Roenpage et al. 2007	McCarty et al. 2005	Rehbehn und Yurdakul 2005	Magnusson et al. 2004	Broecheler und Schönberger 2004	Pande et al. 2000
gespräche									
(S5) Phasenabschluss									
Checkliste Phasen-abschluss			28/90	47/113 /194	357/ 338			58/103	387
Phasenabschluss-Treffen				45	111				
Dokumentation	23f							179	

Tabelle 6.5: Quellennachweise für Qualitätstechniken der Phase Measure

	Wappis und Jung 2010	Toutenburg und Knöfel 2008	Rath & Strong 2008	Roenpage et al. 2007	McCarty et al. 2005	Rehbehn und Yurdakul 2005	Magnusson et al. 2004	Broecheler und Schönberger 2004	Pande et al. 2000
(S1) Datenerfassung planen									
Messgrößenmatrix (in Form eines QFD)		74		12/52					
Datensammlungsplan inkl. operationaler Definition und Stichprobenstrategie	112	77/81/89/96	30/42/49	12/54ff/61	370/378f	115/266	119	68f	207ff/214
(S2) bestehende Daten sammeln und bewerten									
Matrix-Diagramm zur Datenquellenanalyse				58					
(S3) Messsystemanalyse (MSA) durchführen									
MSA diskret: Gage R&R, P/T	147ff			70f					
MSA stetig: Auflösung prüfen	119f/125			69					
MSA stetig: Test auf Genauigkeit	120/125ff				375				
MSA stetig: Test auf Linearität	131								
MSA stetig: Verfahren 1	128ff								
MSA stetig: Verfahren 2	133ff	85ff		72ff	375f	114	126	73ff	
MSA stetig: Verfahren 3	143								
(S4) Daten erfassen									
Datenerfassungsformular (u.a. Fehlersammelkarte/ Strichliste, Konzentrationsdiagr., Fragebogen)	112	82f		65	380		120	70f	209f
Arbeits- und Prüfanweisungen			42						
(S5) Messdaten aufbereiten und analysieren									
Qualitätsregelkarte	97		58	87		266	124	80/126	
Balkendiagramm		100/298							
Stabdiagramm		298							
Tortendiagramm		100/298		76			127		
Pareto-Diagramm	103		52	77	340	110	130		
Zeitverlaufsdiagramm	95		57	85		266			

	Wappis und Jung 2010	Toutenburg und Knöfel 2008	Rath & Strong 2008	Roenpage et al. 2007	McCarty et al. 2005	Rehbehn und Yurdakul 2005	Magnusson et al. 2004	Broecheler und Schönberger 2004	Pande et al. 2000
Punktdiagramm	98		69	79					
Histogramm	98	99	69	80					
Streudiagramm	100f	298		88					
Multi-Vari-Charts	104								
Box Plot	102	100/ 298	70	83					
Gesamtanzahl			52						
Minimum			52		373				
Maximum			52		373				
Arithm. Mittel		97	52	91	373		122	76	
Median		97	52	92				76	
Modalwert		97		93					
Varianz		98		94	373			76	
Standardabweichung		98	52	95	373		122	76	
Spannweite				96	373			76	
Perzentilabstand				97/ 105	373				
Test auf Normalverteilung, u.a. durch Plot		108		89					
Weitere Verteilungen testen (Exponential, Weibull, usw)		103							
Defects per (DP) …: Unit (DPU) / Fehleranteil in %, Million Units (DPMU), Opportunities (DPO), Million Opp. (DPMO), ppm	152ff/179ff	120	86ff	99/ 101f	382	123	37/ 122	89	221/ 226f
Kurzfristig: CP, CPU, CPL, CPK	152ff	116f	86	107	382	120f	37	89	
Langfristig: PP, PPU, PPL, PPK	157	117	86		382			89	
z-Transformation				111			123		
Prozess-Sigma	181ff	102	86	110	382	125	37/ 122	89	227
First Pass Yield (FPY), Final Yield (FY), Rolled Throughput Yield (RTY)	179ff	111/ 121	18	103	382	123f		89/97	221/ 230
Cost of Poor Quality (COPQ)					382				231

Tabelle 6.6: Quellennachweise für Qualitätstechniken der Phase Analyze

	Wappis und Jung 2010	Toutenburg und Knöfel 2008	Rath & Strong 2008	Roenpage et al. 2007	McCarty et al. 2005	Rehbehn und Yurdakul 2005	Magnusson et al. 2004	Broecheler und Schönberger 2004	Pande et al. 2000
(S1) Hypothesen über mögliche Kernursachen aufstellen									
x-y-Denkmodell	191f						115	60	202
Brainstorming			192						
Ursache-Wirkungs-Diagramm	92/ 190f	134	95	118f	366	108	117	61	259
Ursache-Wirkungs-Matrix			33		368	109/ 266		62	
Baumdiagramm/ Ursachenbaum	191f				415			61	
5-mal-Warum		136	93		404	135			
Auspunkten	192			246f				62	
FMEA			34	120ff		110		63	
Relationendiagramm							128		
(S2) Zusammenhang zw. den Einflussgrößen und den Outputmessgrößen ermitteln									
Differenzverspätungs-diagramm	Eigene Entwicklung								
Pareto-Diagramm		138	99				130	65/ 115/ 122	267
Histogramm					394			121	268
Geschichtetes Häufig-keitsdiagramm		126	99	150		139			
Streudiagramm			99		397/ 411	139	130	124	
Geschichtetes Streudi-agramm						140			
Dot plot					396				
Matrix Plot					397				
Portfolio-Diagramm (Matrix-Daten-Analyse)							127		
Zeitverlaufsdiagramm					398			123	269
Box-Plot-Diagramm					394			123	
Detaillierte Flussdia-gramme (z.B. mit Funk-tionen, mit Kundenkon-taktpunkten, mit Anga-ben zur Wertschöpfung oder Prozess- und War-tezeiten)	88ff (188f)	131ff	19ff	126ff	351ff	98/ 135ff	116	105ff	249/ 263f
Spaghetti-Chart								117	
Prozesskostenmatrix								119	
Test auf Verteilungsfor-					400/ 402	173	122f	128	

	Wappis und Jung 2010	Toutenburg und Knöfel 2008	Rath & Strong 2008	Roenpage et al. 2007	McCarty et al. 2005	Rehbehn und Yurdakul 2005	Magnusson et al. 2004	Broecheler und Schönberger 2004	Pande et al. 2000
men (Normal-, Weibull-, Exponential-, Chi-Quadrat-, F-, Student-, t-, Poisson- oder Binominalverteilung), z.B. für Normalverteilung der Normalverteilungsplot oder ANDERSON-DARLING-Test									
Box-Cox-Transformation				151ff	401	142			
Statistische (Hypothesen-)Tests, z.B. t-Test, F-Test, ANOVA, ANOM	195	139	92/ 105ff	154ff	405	98/ 143	128/ 131ff	130	265
Streudiagramm		177			397				269
Korrelationskoeffizient		180		167f	411	98	128f		
Regressionsanalyse		177	92/ 116ff	169ff	412	98/ 156	128		
SHAININ-Tools: z.B. Komponententausch, Variablenvergleich, Multi-Vari-Charts, Haupteffekten-Dg.	104/ 222ff				399	141f		126	
Techniken der Statistischen Versuchsplanung (SVP) / Design of Experiments (DOE): Probiermethode (trial and error), vollfaktorieller Versuchsplan, teilfaktorieller Versuchsplan, Response Surface Methodology	228ff		92/ 121ff	176ff	417ff	98/ 163ff/ 189	128		
Prozesssimulation					422	195/ 198		158	
(S3) Quantifizieren der Verbesserungsmöglichkeiten, Festlegen von Verbesserungszielen									
Kontroll-Einfluss-Matrix		137							
Kalkulation des Projektnutzens									
Analyse Abschlussmatrix				192f					

Tabelle 6.7: Quellennachweise für Qualitätstechniken der Phase Improve

	Wappis und Jung 2010	Toutenburg und Knöfel 2008	Rath & Strong 2008	Roenpage et al. 2007	McCarty et al. 2005	Rehbehn und Yurdakul 2005	Magnusson et al. 2004	Broecheler und Schönberger 2004	Pande et al. 2000
(S1 a) Lösungen direkt ableiten									
Reparatur oder Austausch	263								
(S1 b) Lösungen mittels Kreativitätstechnik finden									
Brainstorming	263	214	136	234f	429			154f	276ff
Brainwriting	264	216		238f					
Brainstorming mittels Ishikawa-Diagramm	265								
Brainstorming mittels Mindmapping	265				432			154	
Anti-Lösung-Brainstorming		215		236f					
Methode 635	265							154	
SCAMPER				240f				157	
Analogie		215							
Reizwortanalyse					430				
Sechs-Hüte-Denken					431			154ff	
Challenge Assumptions					434				
Morphologischer Kasten								156	
Affinitätsdiagramm				242					278
(S1 c) Lösungen über Fehlhandlungsvermeidung finden									
Poka Yoke-Konstruktion	271			222f	444			157	
(S2) Lösungen bewerten und auswählen									
Auspunkten	192			246f				62	
Platzzifferverfahren		217		248f					279
Paarweiser Vergleich					435				
Kriterienbasierte Matrix (inkl. Muss-Kriterien)	273f	218	137	243f/ 250f				159f	280
Aufwand-Nutzen-Tabelle (inkl. Nettowert)		275	137	252f	436/ 440		137f	154	281
Portfolio-Diagramm				245				160f	
(S3) Wirksamkeit vorab nachweisen									
Pilotversuch mit Nachweisplan		272	141f/ 154	262	442	196		150/ 165	281f
(S4) Lösungen absichern									
Prozessbeschreibungen	288f/ 311	283			460	201	140		338
Flussdiagramm Soll-Prozess		219/ 283	136/ 143	218ff	460	194	140	162	
Arbeitsanweisung	288	283	143	270	460	214		162f/ 178	
Formblatt/Checkliste	289	283	143/ 146						

	Wappis und Jung 2010	Toutenburg und Knöfel 2008	Rath & Strong 2008	Roenpage et al. 2007	McCarty et al. 2005	Rehbehn und Yurdakul 2005	Magnusson et al. 2004	Broecheler und Schönberger 2004	Pande et al. 2000
Vorgabewerte für Prozessparameter	289								
Zeichnung	288						140		
FMEA(-Formblatt)	275	223f	136	260	446/ 458	195		161	343
Fehlerbaum mit logischen Verknüpfungen und Ausfallswahrscheinlichkeiten	280f								
Reaktionsplan		286		286	460	201			281f 343
(S5) Implementierung planen									
Aktivitätenplan / Maßnahmenliste	286	288	142	254f/ 289	451		138	163	281
Zeitplan / Gantt-Diagramm	286		142	256f/ 264	451/ 458	196		164	
Netzplan				258f					
Verantwortlichkeitsliste					451				
Budget- und Ressourcenplan		291	142	261		195f		165	
Qualifikationsmatrix	289								
Schulungsplan	290				458	201			
(S6) Akzeptanz schaffen									
Stakeholder-Analyse			136		439	196			
Kraftfeld-Analyse					438				
Kommunikationsplan		289			459				
Mails					451				
Plakate, Aushänge	313				451				278
Mitarbeiterzeitung	313								
Videos					451				
Projektpräsentation		292			439		140		
Individuelle Gespräche					451				
Workshops					451				
Mitarbeiterinformationsveranstaltungen	313				451			176	
(S7) Mitarbeiter befähigen									
Unterweisung	289								
Schulung	289		153		448				

Tabelle 6.8: Quellennachweise für Qualitätstechniken der Phase Control

	Wappis und Jung 2010	Toutenburg und Knöfel 2008	Rath & Strong 2008	Roenpage et al. 2007	McCarty et al. 2005	Rehbehn und Yurdakul 2005	Magnusson et al. 2004	Broecheler und Schönberger 2004	Pande et al. 2000
(S1) Ein Überwachungssystem installieren									
Prozesssteuerungs-plan / Messplan	309/ 295	282	150ff	286	457/ 459f	201		178	
Regelkarte	295	285	154ff	276	460	203	139	169	342
Visuelles Manage-ment, z.B. mit Pro-zesstafeln, BSC				272ff				167	342
Audit-Checkliste	313							(171)	
Überprüfungstreffen					460				
(S2) Das Projekt dokumentieren									
Prozessfähigkeitsin-dex, z.B. Sigma-Wert, berechnen		292						167/ 171	
Vorher-Nachher-Vergleichsdiagramme			150						
Nettonutzen berech-nen		293		290	459		139	175	
(S3) Das Projekt formal abschließen									
Abschlusssitzung				291		201			
Abschlussincentive		293			468			176	
Teaminternes Feed-back					466				
Fragebogen									
Projektabschlussbe-richt	315							178	
Dokumentation		291		289	469	201	140	176	
Datenbank									
Fallstudie							140		337
Intranet-Veröffentlichung							140	176	

Tabelle 6.9: Alternative Bezeichnungen für Qualitätstechniken

Qualitätstechnik	**alternative Bezeichnung**
5-mal-Warum	*Five Whys*, 5x Warum?
Arithmetisches Mittel	Mittelwert, *Mean*
Arbeitsanweisung	Verfahrensanweisung
Arbeitstreffen	*Team Meeting*, Projektsitzung
Affinitätsdiagramm	Clustern
Aufwand-Nutzen-Tabelle	Kosten-Nutzen-Analyse
Auspunkten	N/3-Methode
Bedürfnisbaum	*Requirement Tree*, CTQ-Baum, Treiberbaum mit kritischen Qualitätsmerkmalen, CTQ-Treiberbaum, *CTQ-Tree*
Boxplot	*Box-and-Whisker-Plot*
Datensammlungsplan	Datenerfassungsplan
GANTT-Diagramm	Projektplan, Zeitplan, Zeit- und Ablaufplan, *Project Plan*
KANO-Modell	*KANO Analysis*
Korrelationsdiagramm	siehe Streudiagramm
Kriterienbasierte Matrix	Nutzwertanalyse-Tabelle, Prioritätsmatrix, Prioritätenmatrix, K.O.-Analyse (bei Muss-Kriterien)
LIPOK	*SIPOC*, SIPOC-Diagramm, *SIPOC map*, Kundenlieferantenanalyse, SIPOC-Prozessmodell, Prozess-Landkarte, *Process-Mapping*
Modalwert	*Mode*
Nettowert	*Net Benefit*
PARETO-Diagramm	*PARETO Chart*
Perzentilabstand	*Span* (nicht: Spannweite)
Phasenabschluss-Treffen	*Phase Tollgate Review Meeting*
Platzzifferverfahren	Nominalgruppentechnik, *Multivoting*
Poka Yoke	*Mistake Proofing*
Portfolio-Diagramm	Matrix-Daten-Analyse
Projektsteckbrief	Projektstartbrief, Projektauftrag, *Project Charter*, *Team Charter*, *Project Proposal*, Projektblatt, Six Sigma Aufgabenblatt, Projektdefinition, Projektbeschreibung
Prozess-Sigma	Sigma-Wert
Prozesssteuerungsplan	Prozessmanagementplan, Prozessmanagement-Diagramm, Produktions-Lenkungsplan, (*Process*) *Control Plan*, Kontrollplan
Punktdiagramm	*Dot Plot*
Qualitätsregelkarte	Regelkarte, *SHEWART Chart*
Reaktionsplan	*Out-of-Control Action Plan* (OCAP), *Process Response Plan*
Reizwortanalyse	*Random Stimulation*
Sechs-Hüte-Denken	*Six Thinking Hats*
Spannweite	*Range* (nicht: *Span*)
Statusbericht	Projektreport, Projektbericht, Black-Belt-Report
Stimmungsbarometer	*Process Checks and Charting Results Trends*
Streudiagramm	Korrelationsdiagramm, *Matrix Plot*, *Scatterplot*
Tagesordnung	*Meeting Agendas and Objectives*
Teambeschreibung	*Team Roles*, *Team Selection*
Team-Spielregeln	*Conflict Resolution and Behavior Guidelines*, *Team Guidelines*
Tortendiagramm	Kreisdiagramm, *Pie Chart*
Umfeldanalyse	Stakeholder-Analyse, Stakeholder-Analyse-Matrix
Ursache-Wirkungs-Diagramm	ISHIKAWA-Diagramm, Fischgrätdiagramm, *Fishbone Diagram*, *Cause and Effect Diagramm*

Ursache-Wirkungs-Matrix	*C&E-Matrix*
VOC-CTQ-Liste	VOC-CTQ-Analyse ähnlich: VOC-Übersetzungsmatrix, Liste von Kundenbedürfnissen, Kundenanforderungen aufnehmen (VOC), *Critical Customer Requirements* (CCR), kritische Merkmale, CTQ-Baum (*Critical-to-Quality-Tree*), Treiberbaum mit kritischen Qualitätsmerkmalen, CTQ-Matrix, CTB-Matrix, *Critical to Process* (CTP) *Measures*, *Requirement Statements*
Yield	Ausbeute, Ertrag

Zur Steuerung der Pünktlichkeit in der Phase *Control* und in der Linienfunktion wurde eine Datei, basierend auf MS Excel, entwickelt. Diese Datei mit der Bezeichnung „Pünktlichkeits-EKG“ besteht aus folgenden 11 Tabellenblättern (hier alle anonymisiert dargestellt):

1. SQF-Grunddaten Pü
2. SQF-Grunddaten VU
3. Linienpü (gesamt, Ri)
4. Dg Linienpü (gesamt, Ri)
5. Pü Zugnr
6. Dg Pü Zugnr
7. Pü Wochentage
8. Dg Pü Wochentage
9. Pareto VU
10. Dg Pareto VU
11. Besondere Vorkommnisse

In dem Tabellenblatt „SQF-Grunddaten Pü“ wird der Excel-Export der Produktionsdaten aus SQF abgespeichert. Die SQF-Daten werden über Formeln auf Vollständigkeit und Plausibilität geprüft. Im rechten Teil sind noch die Messstellen und der Laufweg aufgeführt.

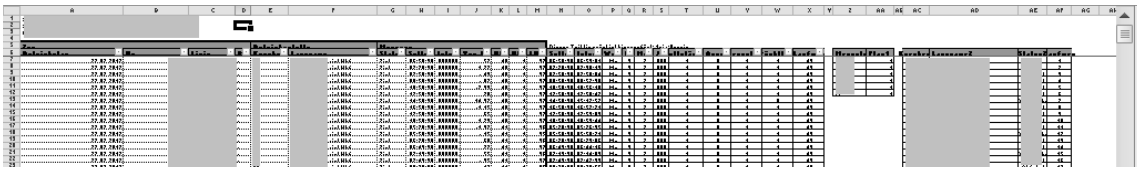
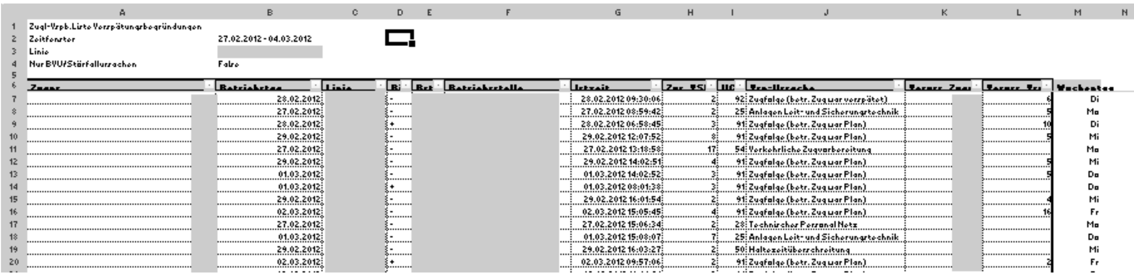


Abbildung 6.9: Pünktlichkeits-EKG – SQF-Grunddaten Pünktlichkeit

In dem Tabellenblatt „SQF-Grunddaten VU“ wird der Excel-Export der kodierten Verspätungsfälle aus SQF abgespeichert. Die Daten werden noch per Formel um die Wochentage ergänzt.



Zugl-Vspb.Liste Verspätungsbegründungen
Zeitfenster 27.02.2012 - 04.03.2012
Linie
Nur BVU/Störfallursachen False

Zugnr	Betriebstag	Linie	Ri	Bst	Betriebsstelle	Istzeit	Zus. VS	UC	Vsp-Ursache	Verurs. Zugnr	Verurs. Vsp	Wochentag
	28.02.2012		-			28.02.2012 09:30:06	2	92	Zugfolge (betr. Zug war verspätet)		6	Di
	27.02.2012		-			27.02.2012 08:59:42	2	25	Anlagen Leit- und Sicherungstechnik		5	Mo
	28.02.2012		+			28.02.2012 06:58:45	3	91	Zugfolge (betr. Zug war Plan)		10	Di
	29.02.2012		-			29.02.2012 12:07:52	8	91	Zugfolge (betr. Zug war Plan)		5	Mi
	27.02.2012		-			27.02.2012 13:18:58	17	54	Verkehrliche Zugvorbereitung			Mo
	29.02.2012		-			29.02.2012 14:02:51	4	91	Zugfolge (betr. Zug war Plan)		5	Mi
	01.03.2012		-			01.03.2012 14:02:52	3	91	Zugfolge (betr. Zug war Plan)		5	Do
	01.03.2012		+			01.03.2012 08:01:38	3	91	Zugfolge (betr. Zug war Plan)			Do
	29.02.2012		-			29.02.2012 16:01:54	2	91	Zugfolge (betr. Zug war Plan)		4	Mi
	02.03.2012		-			02.03.2012 15:05:45	4	91	Zugfolge (betr. Zug war Plan)		16	Fr
	27.02.2012		-			27.02.2012 15:06:34	2	28	Technisches Personal Netz			Mo
	01.03.2012		-			01.03.2012 15:08:07	7	25	Anlagen Leit- und Sicherungstechnik			Do
	29.02.2012		-			29.02.2012 16:03:27	2	50	Haltezeitüberschreitung			Mi
	02.03.2012		+			02.03.2012 09:57:06	2	91	Zugfolge (betr. Zug war Plan)		2	Fr

Abbildung 6.10: Pünktlichkeits-EKG – SQF-Grunddaten Verspätungsursachen

Das Tabellenblatt „Linienpü (gesamt, Ri)“ zeigt in Tabellenform alle wichtigen Daten zur Pünktlichkeit der Linie, der jeweiligen Richtungen und der Messstellen (gesamt und je Richtung). Dieses Tabellenblatt (wie auch die folgenden Tabellen) ist als Pivot-Tabelle aufgebaut. Es greift auf die Grunddaten zu und zeigt sofort nach der Aktualisierung die jeweiligen Werte.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Status	(Alle)								
2	Vollständig	1								
3										
4	Anzahl von Vs			Ri	Pünktlich					
5				-		- Ergebnis	+		+ Ergebnis	Gesamtergebnis
6	Messstelle	Laufweg	Langname	0	1		0	1		
7	1	1	[redacted]	8	138	146				146
8		3		12	133	145	12	134	146	291
9		23		14	132	146	2	144	146	292
10		29		8	138	146	4	142	146	292
11		37		13	133	146	6	140	146	292
12		43					7	137	144	144
13	1 Ergebnis			55	674	729	31	697	728	1457
14	Gesamtergebnis			55	674	729	31	697	728	1457
15										
16										
17			**Langname**	**n.i.O.**	**i.O.**					
18			[redacted]	8,2%	91,8%					
19				1,4%	98,6%					
20				2,7%	97,3%					
21				4,1%	95,9%					
22				4,9%	95,1%					
23			**Pü. Richtung**	**4,3%**	**95,7%**	100,0%				
24										
25			[redacted]	8,9%	91,1%					
26				5,5%	94,5%					
27				9,6%	90,4%					
28				8,3%	91,7%					
29				5,5%	94,5%					
30			**Pü. Gegenrichtung**	**7,5%**	**92,5%**	100,0%				
31										
32			**Pü. Linie**	**5,9%**	**94,1%**	100,0%				
33										
34										

Abbildung 6.11: Pünktlichkeits-EKG – „Linienpü (gesamt, Ri)“

Das Tabellenblatt „Dg Linienpü (gesamt, Ri)“ zeigt die Daten als gestapeltes Säulendiagramm grafisch aufbereitet.

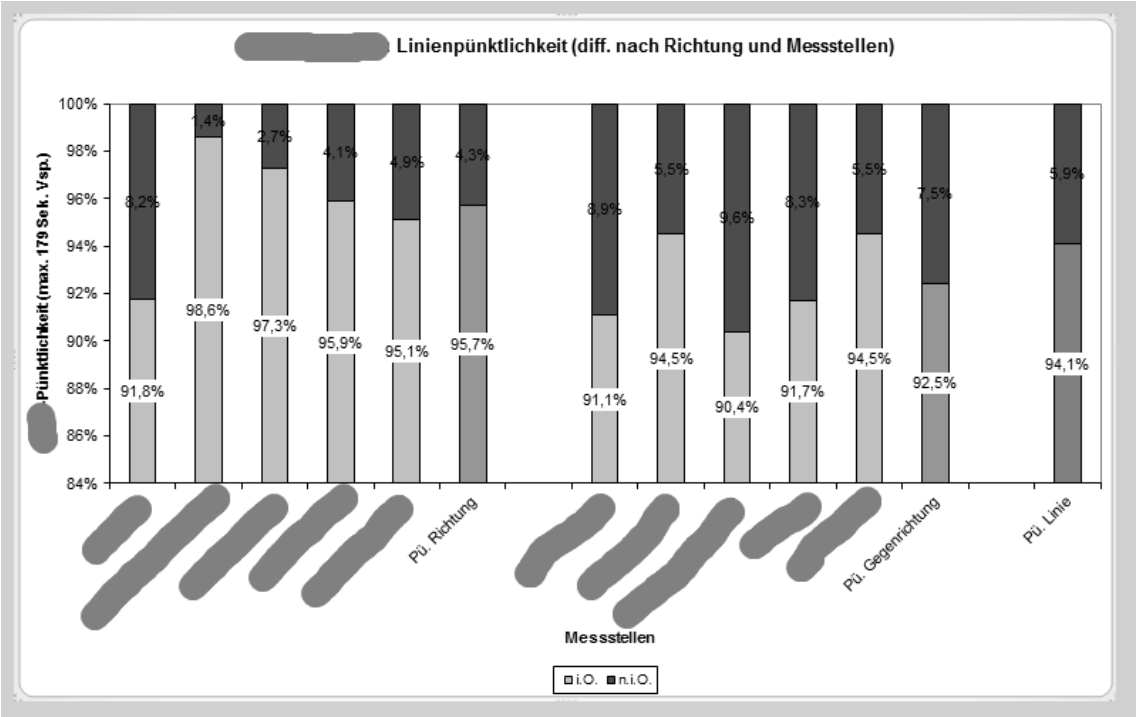


Abbildung 6.12: Pünktlichkeits-EKG – „Dg Linienpü (gesamt, Ri)“

Das Tabellenblatt „Pü Zugnr“ zeigt in Tabellenform je Zugnummer die Pünktlichkeit im Auswertungszeitraum (aufsteigend geordnet, basierend auf den Ankunftsmessungen an den Messstellen, differenziert nach Linien- und Gegenrichtung).

	A	B	C	D	E
1	Status	(Alle)			
2	Messstelle	1			
3					
4	Anzahl von Vsp.Min.		Pünktlich		
5	Ri	Nr.	1	0	Gesamtergebnis
6	-		64,00%	36,00%	100,00%
7			68,00%	32,00%	100,00%
8			76,00%	24,00%	100,00%
9			76,00%	24,00%	100,00%
10			85,71%	14,29%	100,00%
11			88,00%	12,00%	100,00%
12			88,00%	12,00%	100,00%

Abbildung 6.13: Pünktlichkeits-EKG – „Pü Zugnr“

Das Tabellenblatt „Dg Pü Zugnr“ zeigt die Daten als gestapeltes Säulendiagramm grafisch aufbereitet.

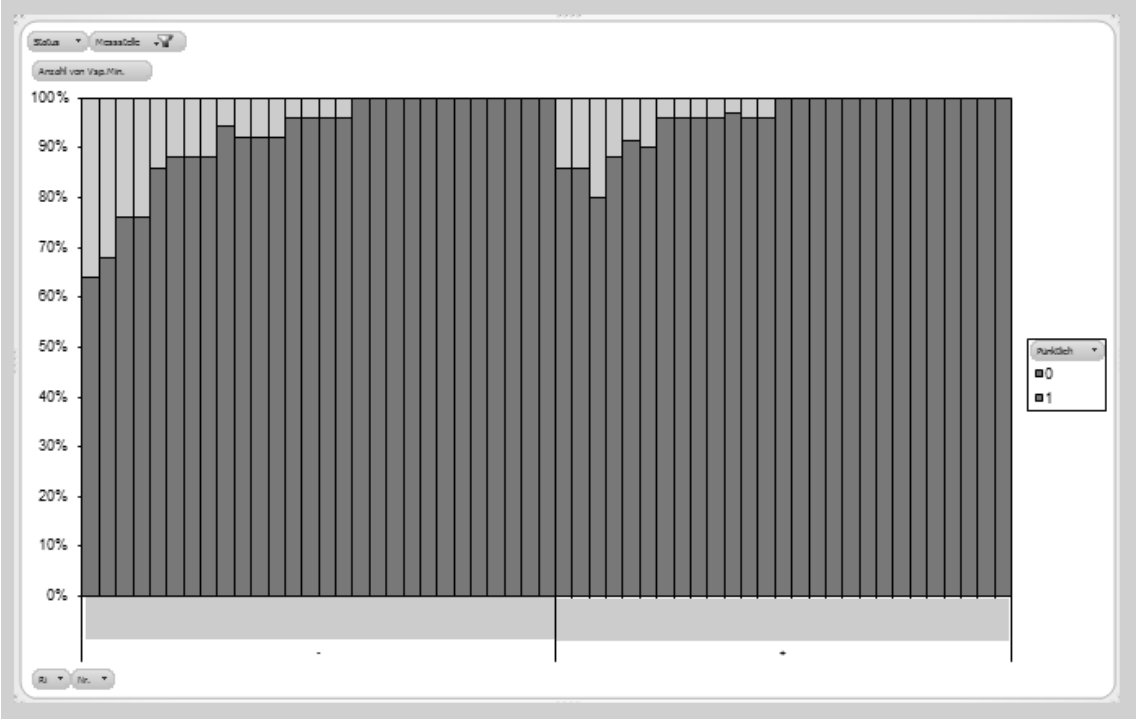


Abbildung 6.14: Pünktlichkeits-EKG – „Dg Pü Zugnr“

Das Tabellenblatt „Pü Wochentage“ zeigt in Tabellenform je Wochentag die Pünktlichkeit im Auswertungszeitraum (basierend auf den Ankunftsmessungen an den Messstellen).

	A	B	C	D	E
1	Status	(Alle)			
2	Messstelle	(Mehrere Elemente)			
3	Vollständig	1			
4					
5	Anzahl von Vsp.Min.		Pünktlich		
6	Ri	Wotag	1	0	Gesamtergebnis
7	-	Mo	85,38%	14,62%	100,00%
8		Di	90,70%	9,30%	100,00%
9		Mi	96,15%	3,85%	100,00%
10		Do	92,31%	7,69%	100,00%
11		Fr	93,08%	6,92%	100,00%
12		Sa	100,00%	0,00%	100,00%
13		So	100,00%	0,00%	100,00%
14	- Ergebnis		92,46%	7,54%	100,00%
15	+	Mo	92,25%	7,75%	100,00%
16		Di	96,15%	3,85%	100,00%
17		Mi	96,15%	3,85%	100,00%
18		Do	96,12%	3,88%	100,00%
19		Fr	97,69%	2,31%	100,00%
20		Sa	93,33%	6,67%	100,00%
21		So	100,00%	0,00%	100,00%
22	+ Ergebnis		95,74%	4,26%	100,00%
23	Gesamtergebnis		94,10%	5,90%	100,00%
24					
25					

Abbildung 6.15: Pünktlichkeits-EKG – „Pü Wochentage“

Das Tabellenblatt „Dg Pü Wochentage“ zeigt die Daten als gestapeltes Säulendiagramm grafisch aufbereitet.

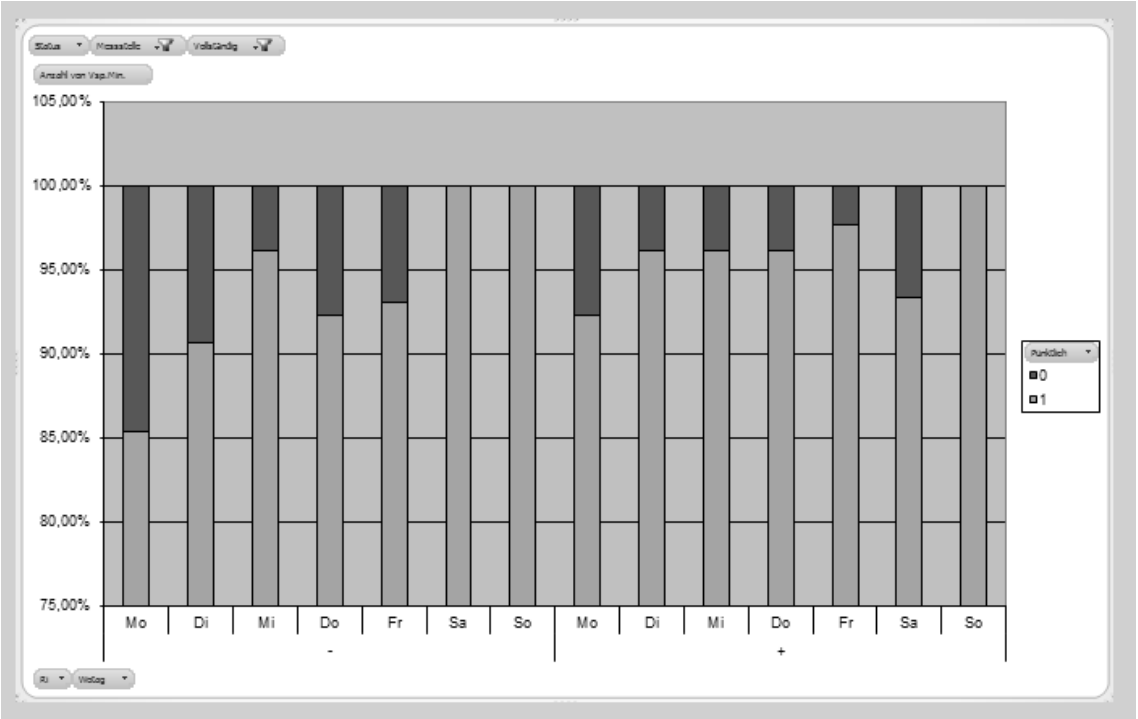


Abbildung 6.16: Pünktlichkeits-EKG – „Dg Pü Wochentage“

Das Tabellenblatt „Pareto VU“ zeigt in Tabellenform die Anzahl der kodierten Verspätungsfälle der gesamten Linie (in der PARETO-Logik absteigend geordnet).

	A	B	C
1	Berichtsfilterfelder hierher ziehen		
2			
3	Summe von Zus. VSP		
4	UC	Vsp-Ursache	Ergebnis
5	91	Zugfolge (betr. Zug war Plan)	97
6	50	Haltezeitüberschreitung	32
7	25	Anlagen Leit- und Sicherungstechnik	25
8	94	Anschluss	24
9	92	Zugfolge (betr. Zug war verspätet)	23
10	54	Verkehrliche Zugvorbereitung	21
11	93	Wende	16
12	62	Reisezugwagen	14
13	00	Fehlende Begründung	13
14	85	Fremdeinwirkung	10
15	28	Technisches Personal Netz	10
16	58	Verkehrliches Personal EVU	9
17	60	Umlaufeinsatzplanung	8
18	90	Gefährliche Ereignisse	6
19	64	Triebfahrzeuge	4
20	47	Anlagen Station&Service	2
21	(Leer)	(Leer)	
22	Gesamtergebnis		314
23			

Abbildung 6.17: Pünktlichkeits-EKG – „Pareto VU“

Das Tabellenblatt „Dg Pareto VU“ zeigt die Daten als Säulendiagramm grafisch aufbereitet.

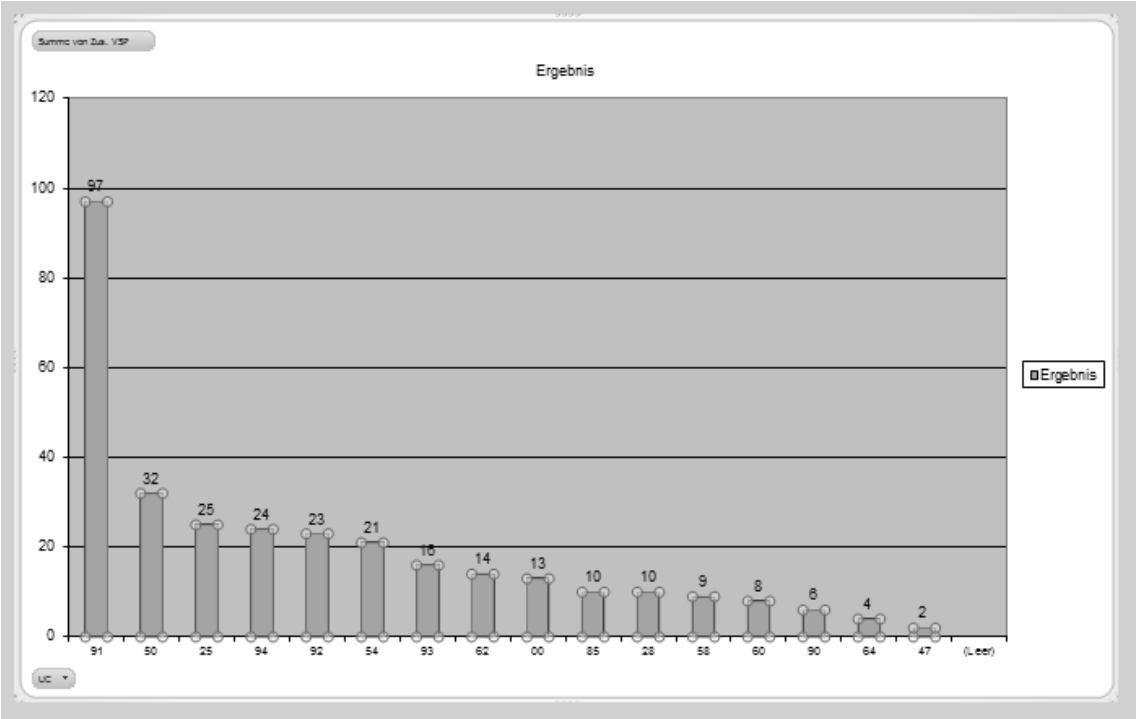
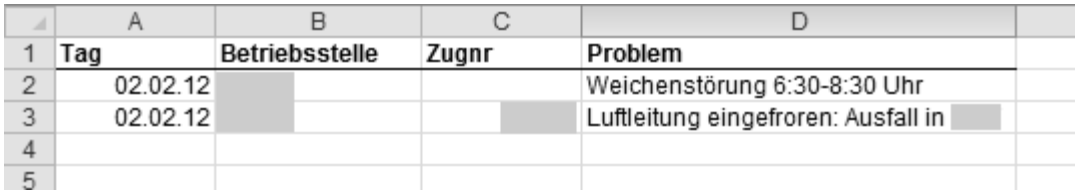


Abbildung 6.18: Pünktlichkeits-EKG – „Dg Pareto VU“

Das Tabellenblatt „Besondere Vorkommnisse“ ermöglicht den Nutzern, besondere Ereignisse (in der Logik des Qualitätsmanagements als spezielle Ursachen verstanden) zu erfassen und damit für spätere Datenanalysen (insb. Datenschichtungen) zur Verfügung zu stellen.



	A	B	C	D
1	**Tag**	**Betriebsstelle**	**Zugnr**	**Problem**
2	02.02.12			Weichenstörung 6:30-8:30 Uhr
3	02.02.12			Luftleitung eingefroren: Ausfall in
4				
5				

Abbildung 6.19: Pünktlichkeits-EKG – „Besondere Vorkommnisse“

Anlage 9 *Daten Wirksamkeitsnachweis Feldtest (Verringerung der Verspätungen aus Zugfolge bei Schwerpunkt 4)*

Abstand S-Bahn - P1	Anzahl 2009	Anteil 2009	Median 2009	Mittelwert 2009
kleiner	54	0,7%	-0,3	-0,4
-4	23	0,3%	-0,5	-0,4
-3	23	0,3%	-0,2	-0,1
-2	21	0,3%	-0,3	-0,2
-1	25	0,3%	-0,1	-0,1
0	36	0,5%	-0,1	0,9
1	41	0,6%	2,8	2,2
2	72	1,0%	2,5	2,3
3	79	1,1%	1,2	1,4
4	168	2,3%	0,7	0,8
5	272	3,8%	0,0	0,2
6	424	5,9%	-0,3	-0,3
7	804	11,1%	-0,4	-0,5
8	1.702	23,6%	-0,6	-0,7
9	1.617	22,4%	-0,3	-0,5
10	920	12,7%	-0,3	-0,3
11	456	6,3%	-0,4	-0,3
12	180	2,5%	-0,4	-0,4
13	94	1,3%	-0,5	-0,5
14	45	0,6%	-0,7	-0,5
15	45	0,6%	-1,1	-1,0
16	33	0,5%	-2,2	-1,6
17	34	0,5%	-1,4	-1,1
18	14	0,2%	-1,1	-1,1
größer	42	0,6%	-0,5	0,1
Prüfsummen		100,0%		

Abstand	Anzahl 2011	Anteil 2011	Median 2011	Mittelwert 2011
kleiner	73	1,0%	-0,1	0,1
-4	17	0,2%	0,2	0,0
-3	17	0,2%	-0,8	-0,7
-2	21	0,3%	-0,1	0,0
-1	24	0,3%	0,2	0,3
0	37	0,5%	0,2	0,8
1	52	0,7%	1,0	1,7
2	70	1,0%	1,2	1,4
3	81	1,1%	0,8	0,9
4	150	2,0%	0,4	0,5
5	227	3,1%	0,2	0,4
6	418	5,7%	-0,5	-0,3
7	862	11,8%	-0,9	-0,7
8	876	11,9%	-0,1	-0,4
9	1.224	16,7%	0,0	-0,1
10	1.641	22,4%	0,1	0,0
11	894	12,2%	0,1	0,1
12	326	4,4%	0,0	0,0
13	117	1,6%	0,0	-0,1
14	59	0,8%	-0,2	-0,5
15	41	0,6%	-0,4	-0,7
16	33	0,5%	-0,4	-0,6
17	15	0,2%	0,0	0,0
18	9	0,1%	-0,2	-0,4
größer	48	0,7%	-0,5	-0,7
		100,0%		

Veränd. d. Anteile 2009/2011
0,3%
-0,1%
-0,1%
0,0%
0,0%
0,0%
0,1%
0,0%
0,0%
-0,3%
-0,7%
-0,2%
0,7%
-11,7%
-5,7%
9,7%
5,9%
1,9%
0,3%
0,2%
0,0%
0,0%
-0,3%
-0,1%
0,1%
0,0%

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung der Abkürzung
5A	Aussortieren - Aufräumen - Alles säubern - Anordnung zur Regel machen - Alle Punkte einhalten und verbessern
ASI	American Supplier Institute
AT	Aufgabenträger
ATAK	Annahme treffen, Testen, Auswerten, Konsequenz ziehen
B2B	Business-to-Business
B2C	Business-to-Customer
BEV	Bundeseisenbahnvermögen
BSC	Balanced Scorecard
Bst	Betriebsstelle
BÜ	Bahnübergang
CEO	Chief Executive Officer (Vorsitzender der Geschäftsführung)
COPQ	Cost of Poor Quality
CTQ	Critical to Quality
DB	Deutsche Bahn
Dg.	Diagramm
DIN	Deutsches Institut für Normung
DL	Dienstleistung
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve, Control
DPMO	Defects per Million Opportunities
DPMU	Defects per Million Units
DPO	Defects per Opportunities
DPU	Defects per Unit
DSB	Danske Statsbaner (Dänische Staatsbahnen)
EBA	Eisenbahnbundesamt
EBO	Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung
EFQM	European Foundation for Quality Management
EIU	Eisenbahninfrastrukturunternehmen
EKG	Elektrokardiogramm
EVU	Eisenbahnverkehrsunternehmen
FMEA	Fehlermöglichkeiten- und -einflussanalyse
FPY	First Pass Yield
FY	Final Yield
GuV	Gewinn- und Verlustrechnung
ISO	International Organization for Standardization
KVP	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess
LeiDis	Leitsystem Disposition

LIPOK	Lieferant, Input, Prozess, Output, Kunde
Abkürzung	**Bedeutung der Abkürzung**
MSA	Messsystemanalyse
MÜZ	Mindestübergangszeit
NS	Nederlandse Spoorwegen (Niederländische Eisenbahnen)
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖSPV	Öffentlicher Straßenpersonenverkehr
PDCA	Plan, Do, Check, Act
PIMS	Punctuality Improvement Method System (hier nicht: Profit Impact of Market Strategies)
POP	Permanenter Optimierungsprozess
Pü.	Pünktlichkeit
PZB	Punktförmige Zugbeeinflussung
Q-AT	Analysewerkzeug zur Qualitätsentwicklung und zur automatisierten Berichtserzeugung (Datenbank)
QT	Qualitätstechnik
R-DMAIC	Recognize, Define, Measure, Analyze, Improve, Control
RTY	Rolled Throughput Yield
RUT	Rechnerunterstütztes Trassenmanagement
SCAMPER	Subsitute, Combine, Adapt, Modify, Put to other uses, Eliminate, Reverse
SGV	Schienengüterverkehr
SPC	Statistical Process Control
SPC	Statistical Process Control
SPFV	Schienenpersonenfernverkehr
SPNV	Schienenpersonennahverkehr
SQF	Steuerungssystem Qualität Fahrbetrieb
TQM	Total Quality Management
UIC	Union internationale des chemins de fer (Int'l. Eisenbahnverband)
VIF	Variance Inflation Factor
VOC	Voice of the Customer
VU	Verspätungsursache

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1: Hypothesengerüst 18
Abbildung 1.2: Allgemeiner Zusammenhang zwischen Forschung (Theorie) und Verfahren (Technologie) 19
Abbildung 1.3: Forschungsdesign 21
Abbildung 1.4: Untersuchungsdesign dieser Arbeit 24
Abbildung 2.1: Einordnung des SPNV 26
Abbildung 2.2: Besteller-Ersteller-Prinzip: Organisationsebenen im SPNV mit Aufteilung der Kompetenzen 30
Abbildung 2.3: Trennung der Kompetenzen der Staatsbahn im Zuge der Bahnreform 31
Abbildung 2.4: KANO-Modell 46
Abbildung 2.5: Thematische Eingrenzung zum Stand der Forschung 52
Abbildung 2.6: Verbesserungszyklus PIMS Norwegen 55
Abbildung 2.7: Elemente der Fahrplanoptimierung (mit Kapitelnummern aus HANSEN u. PACHL 2008) 57
Abbildung 2.8: Forschungslücke 65
Abbildung 3.1: Prozessorientiertes Qualitätsmanagementsystem nach ISO 9004 .. 69
Abbildung 3.2: Begriffsdiagramm zum Begriff Qualitätstechnik und anderen relevanten Begriffen 82
Abbildung 3.3: Erweitertes Prozessmodell nach ISO 9004 85
Abbildung 3.4: 8D-Berichtsformat des VDA QMC 87
Abbildung 3.5: Beispielhafte Darstellung der DMAIC-Phasen 94
Abbildung 3.6: Visueller Vergleich der Problemlösungs-Regelsysteme im QM .. 102
Abbildung 4.1: Schwerpunkt aus Forschungsdesign: Verfahrensgestaltung 103
Abbildung 4.2: Gestaltungsdesign für die konkrete Ausgestaltung der Six Sigma-Phasen R-DMAIC 105
Abbildung 4.3: Kriterien zur Beurteilung möglicher DMAIC-Projekte nach TOUTENBURG u. KNÖFEL 2008 114
Abbildung 4.4: Auswahlmatrix für Projekte zur Steigerung der Pünktlichkeit 116
Abbildung 4.5: Katalog von Zielen, grundlegenden Prozessschritten und ausgewählten Qualitätstechniken in der Phase Recognize 117
Abbildung 4.6: Beispiel für ein Differenzverspätungs-Diagr. für eine Zugfahrt .. 119
Abbildung 4.7: Katalog von Zielen, grundlegenden Prozessschritten und ausgewählten Qualitätstechniken in der Phase Define 127

Abbildung 4.8: Katalog von Zielen, grundlegenden Prozessschritten und ausgewählten Qualitätstechniken in der Phase Measure – Teil 1 132
Abbildung 4.9: Katalog von Zielen, grundlegenden Prozessschritten und ausgewählten Qualitätstechniken in der Phase Measure – Teil 2 133
Abbildung 4.10: Katalog von Zielen, grundlegenden Prozessschritten und ausgewählten Qualitätstechniken in der Phase Analyze 139
Abbildung 4.11: Katalog von Zielen, grundlegenden Prozessschritten und ausgewählten Qualitätstechniken in der Phase Improve – Teil 1..... 144
Abbildung 4.12: Katalog von Zielen, grundlegenden Prozessschritten und ausgewählten Qualitätstechniken in der Phase Improve – Teil 2..... 145
Abbildung 4.13: Katalog von Zielen, grundlegenden Prozessschritten und ausgewählten Qualitätstechniken in der Phase Control..... 149
Abbildung 4.14: Übersicht über die grundlegenden Prozessschritte des Verfahrens..... 150
Abbildung 5.1: Pünktlichkeitswerte zur Linienauswahl..... 152
Abbildung 5.2: Genutzte Qualitätstechniken in der Phase Recognize..... 153
Abbildung 5.3: Untersuchungsschwerpunkte der Pilotlinie P1 in Linienrichtung 156
Abbildung 5.4: Untersuchungsschwerpunkte der Pilotlinie P1 in Gegenrichtung 157
Abbildung 5.5: Datenschichtung der durchschnittlichen Pünktlichkeit Linie P1 nach Tagen und Monaten..... 159
Abbildung 5.6: Datenschichtung nach Zugnummern der Linie P1 160
Abbildung 5.7: Genutzte Qualitätstechniken in der Phase Define..... 161
Abbildung 5.8: Anteil der Verspätungskodierungen P1 am Startbahnhof..... 162
Abbildung 5.9: Anteil der Verursacher an den mit Anschluss kodierten Fällen P1 am Startbahnhof..... 163
Abbildung 5.10: Anzahl auf Anschluss kodierte Fälle nach Verkehrsstunden geordnet 163
Abbildung 5.11: Taktfolge Linie P1 als Zeitstrahl..... 164
Abbildung 5.12: Kodierte Fälle Anschluss und Haltezeitüberschreitung nach Verkehrsstunden..... 164
Abbildung 5.13: LIPOK Umsteigesituation Startbahnhof..... 166
Abbildung 5.14: Bewertungsraster Lösungsansätze Schwerpunkt 1 168
Abbildung 5.15: vereinfachter Prozessfluss der zunächst favorisierten Lösung 169
Abbildung 5.16: Anteil der Zugfolge-Verspätungen an allen Betriebsstellen sowie an Betriebsstelle 1 (jeweils nur Richtung)..... 170
Abbildung 5.17: Streckenübersicht Betriebsstelle 1 (schematisch)..... 171

Abbildung 5.18: Schwankungen in der Abfahrtspünktlichkeit der verursachenden Zubringerlinie an Betriebsstelle 1 172
Abbildung 5.19: schematische Sperrzeitentreppe, Zugfolge Schwerpunkt 1 173
Abbildung 5.20: Korrelation zwischen Eingangs- und resultierenden Zugfolgeverspätungen an Betriebsstelle 1 174
Abbildung 5.21: Verteilung der Zugfolge-Verursacher an Betriebsstelle 1 (in Richtung) 175
Abbildung 5.22: Korrelation zwischen Eingangs- und resultierenden Zugfolgeverspätungen an Betriebsstelle 1 175
Abbildung 5.23: Verteilung der Ankunftsverspätungen der Zubringerlinie in Betriebsstelle 2 176
Abbildung 5.24: Relative Fahrplanlage S-Bahn und Pilotlinie (hier in Gegenrichtung) 178
Abbildung 5.25: Korrelation Verspätungen S-Bahn und Pilotlinie (beispielhaftes Zugnummernpaar) 179
Abbildung 5.26: Auswirkung der Zugfolge auf die Pünktlichkeit der Pilotlinie 180
Abbildung 5.27: Auszug aus Statistikprogramm – Regressionsanalyse 2009 mit vier Faktoren (grafisch aufbereitet) 182
Abbildung 5.28: Auszug aus Statistikprogramm – Regressionsanalyse 2009 mit drei Faktoren (grafisch aufbereitet) 183
Abbildung 5.29: Auszug aus Statistikprogramm – Residuendiagramme 2009 184
Abbildung 5.30: Auszug aus Statistikprogramm – Regressionanalyse 2011 185
Abbildung 5.31: Auszug aus Statistikprogramm – Residuendiagramme 2011 186
Abbildung 5.32: Effekt aus der Verschiebung der Fahrlage der Pilotlinie 187
Abbildung 5.33: Veränderung der Anteile in der relativen Fahrlage S-Bahn zu Pilotlinie 187
Abbildung 5.34: Verringerung der Verspätungen aus Zugfolge bei Schwerpunkt 4 188
Abbildung 5.35: Luftbild des Bahnübergangs 190
Abbildung 5.36: Prozesszeiten Bahnübergang Schwerpunkt 3 191
Abbildung 5.37: Arbeitsplatz des Bahnübergang-Postens mit neuem Gleisspiegel (Bildschirm rechts) 194
Abbildung 5.38: Ausschnitt aus Streckenspiegel (reduziert) 194
Abbildung 5.39: Genutzte Qualitätstechniken in der Phase Measure 195
Abbildung 5.40: Genutzte Qualitätstechniken in der Phase Analyze 196
Abbildung 5.41: Genutzte Qualitätstechniken in der Phase Improve 197
Abbildung 5.42: x-y-Denkmodell 198

Abbildung 5.43: Pünktlichkeits-EKG – „Dg Linienpü (gesamt, Ri)“ 199
Abbildung 5.44: Beispiel für eine einfache Regelkarte
für ein visuelles Management 200
Abbildung 5.45: Entwicklung der Pünktlichkeit der Pilotlinie 2009 bis 2012 201
Abbildung 5.46: Pünktlichkeit 2009 bis 2012 nach Richtung und Messstellen 202
Abbildung 5.47: Genutzte Qualitätstechniken in der Phase Control 203
Abbildung 6.1: Teilweise geschlossene Forschungslücke 210
Abbildung 6.2: Zwei Pünktlichkeitsverteilungen im Vergleich 211
Abbildung 6.3: Root Cause Analysis Cycle aus PANDE u.a. 2000 218
Abbildung 6.4: ATAK-Regelkreis 219
Abbildung 6.5: Forschungsdesign – Einfluss-Ebene 228
Abbildung 6.6: Forschungsdesign – Strategie-Ebene 229
Abbildung 6.7: Forschungsdesign – Gestaltungs- sowie Wirkungsebene 230
Abbildung 6.8: Fragebogen 231
Abbildung 6.9: Pünktlichkeits-EKG – SQF-Grunddaten Pünktlichkeit 249
Abbildung 6.10: Pünktlichkeits-EKG – SQF-Grunddaten Verspätungsursachen 249
Abbildung 6.11: Pünktlichkeits-EKG – „Linienpü (gesamt, Ri)“ 250
Abbildung 6.12: Pünktlichkeits-EKG – „Dg Linienpü (gesamt, Ri)“ 251
Abbildung 6.13: Pünktlichkeits-EKG – „Pü Zugnr“ 252
Abbildung 6.14: Pünktlichkeits-EKG – „Dg Pü Zugnr“ 252
Abbildung 6.15: Pünktlichkeits-EKG – „Pü Wochentage“ 253
Abbildung 6.16: Pünktlichkeits-EKG – „Dg Pü Wochentage“ 254
Abbildung 6.17: Pünktlichkeits-EKG – „Pareto VU“ 255
Abbildung 6.18: Pünktlichkeits-EKG – „Dg Pareto VU“ 256
Abbildung 6.19: Pünktlichkeits-EKG – „Besondere Vorkommnisse“ 257

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: Definitionen für Pünktlichkeit, Pünktlichkeitsgrad 35
Tabelle 2.2: Verspätungsklassen im Schienenpersonenfernverkehr in Minuten 36
Tabelle 2.3: Denkbare Kategorien von Zuwachsverspätungen 39
Tabelle 2.4: Qualitätstechniken im PIMS-Norwegen-Ansatz 55
Tabelle 3.1: Definitionen der assoziierten Begriffe (in alphabetischer Reihung) 77
Tabelle 3.2: KVP-Workshops: Detaillierung der Abläufe 91
Tabelle 4.1: Bewertung PDCA 107
Tabelle 4.2: Bewertung ISO 9001 107
Tabelle 4.3: Bewertung 8D 107
Tabelle 4.4: Bewertung KPL 107
Tabelle 4.5: Bewertung KVP-Workshopformate 108
Tabelle 4.6: Bewertung Six Sigma DMAIC 108
Tabelle 4.7: Bewertung Gemba-Prinzipien 109
Tabelle 4.8: Bewertung Toyota Problem Solving 109
Tabelle 4.9: Auswahlmatrix Problemlösungsansätze 109
Tabelle 4.10: Ausgewählte Six Sigma-Quellen 112
Tabelle 5.1: Anforderungen der Anspruchsgruppen an Wartezeit 167
Tabelle 5.2: Fahrzeitabstände S-Bahn zu Pilotlinie (Gegenrichtung) 178
Tabelle 5.3: Pünktlichkeit 2009 und 2012 nach Richtung und Messstellen im Vergleich 202
Tabelle 6.1: Daten für eine Beispielrechnung bezüglich Pünktlichkeitsvorgaben 211
Tabelle 6.2: Die vier Schritte der systematischen und faktenbasierten Projektarbeit mit Zuordnung der fünf DMAIC-Phasen 216
Tabelle 6.3: Brainstorming-Ergebnis „Kriterien zur Bewertung von Qualitätstechniken“ (alphabetisch geordnet) 232
Tabelle 6.4: Quellennachweise für Qualitätstechniken der Phase Define 237
Tabelle 6.5: Quellennachweise für Qualitätstechniken der Phase Measure 239
Tabelle 6.6: Quellennachweise für Qualitätstechniken der Phase Analyze 241
Tabelle 6.7: Quellennachweise für Qualitätstechniken der Phase Improve 243
Tabelle 6.8: Quellennachweise für Qualitätstechniken der Phase Control 245
Tabelle 6.9: Alternative Bezeichnungen für Qualitätstechniken 246

Literaturverzeichnis

1 DIN 1319-1:1995 (Norm, Januar 1995):
Grundlagen der Meßtechnik - Teil 1: Grundbegriffe.

2 DIN EN 13816:2002 (Norm, Juli 2002):
Transport - Logistik und Dienstleistungen - Öffentlicher Personenverkehr; Definition, Festlegung von Leistungszielen und Messung der Servicequalität (Deutsche Fassung).

3 UIC-Kodex 406 (Industrienorm, 01.06.2004): Capacity.

4 DIN EN ISO 9000:2005 (Norm, Dezember 2005):
Qualitätsmanagementsysteme - Grundlagen und Begriffe

5 DIN ISO 21747:2007 (Norm, März 2007):
Statistische Verfahren - Prozessleistungs- und Prozessfähigkeitskenngrößen für kontinuierliche Qualitätsmerkmale.

6 DIN 55350-11:2008 (Norm, Mai 2008):
Begriffe zum Qualitätsmanagement - Teil 11: Ergänzung zu DIN EN ISO 9000:2005.

7 DIN EN ISO 9001:2008 (Norm, Dezember 2008):
Qualitätsmanagementsysteme - Anforderungen.

8 UIC-Kodex 450-2 (Industrienorm, 01.09.2009):
Bewertung auf dem Netz, in Bezug auf den Eisenbahnbetrieb, zur Durchführung von Qualitätsanalysen - Codierung von Verspätungen und Verfahren für die Zuordnung von Verspätungsursachen.

9 DIN EN ISO 9004:2009 (Norm, Dezember 2009):
Leiten und Lenken für den nachhaltigen Erfolg einer Organisation - ein Qualitätsmanagementansatz.

10 DIN EN ISO 19011:2010 (Norm (Entwurf), Juli 2010):
Leitfaden für Audits von Managementsystemen (ISO/DIS 19011:2010); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 19011:2010.

11 ABBINK, ERWIN; MOBACH, DAVID; FIOOLE, PIETER; KROON, LEO (2008):
Actor-Agent Based Approach to Train Driver Rescheduling. Proceedings of the 20th Belgian-Dutch Conference on Artificial Intelligence (BNAIC 2008). Bad Boekelo, Niederlande. Online verfügbar unter http://www.yall.nl/documenten/mas_at_ns_bnaic2008.pdf.

12 ABERLE, GERD (2003):
Transportwirtschaft. Einzelwirtschaftliche und gesamtwirtschaftliche Grundlagen. 4, überarb. u. erw. Aufl. München, Wien: Oldenbourg.

13 ACKERMANN, TILL (1998):
Die Bewertung der Pünktlichkeit als Qualitätsparameter im Schienenpersonenverkehr auf Basis der direkten Nutzenmessung. Zugl.: Stuttgart, Univ., Diss., 1998. Stuttgart: Univ. Verkehrswiss. Inst. (Forschungsarbeiten des Verkehrswissenschaftlichen Instituts an der Universität Stuttgart, Bericht 21).

14 ACUNA-AGOST, RODRIGO (2009):
Mathematical Modeling and Methods for Rescheduling Trains under Disrupted Operations. Dissertation. L'UNIVERSITÉ D'AVIGNON ET DES PAYS DE VAUCLUSE, Avignon, Frankreich.

15 ADLER, GERHARD (1990):
Lexikon der Eisenbahn. 8., bearb. und erg. Aufl. Berlin: Transpress.

16 ADVANCED SYSTEMS CONSULTANTS (2006):
ASC - Six Sigma. Training - Consulting - Certification. Scottsdale, Arizona, USA. Online verfügbar unter http://www.ascsixsigma.com/index.html, zuletzt geprüft am 20.07.2011.

17 ADVANCED SYSTEMS CONSULTANTS (ASC) (Hg.) (2009):
Six Sigma Time-Line. Scottsdale, Arizona, USA (011-Six Sigma Timeline). Online verfügbar unter http://www.mpcps.com/Six-Sigma-Time-Line.pdf, zuletzt geprüft am 21.07.2011.

18 ALLAN, J. (Hg.) (2000):
Computers in Railways VII. Southampton: WIT Press.

19 ALLAN, J.; BREBBIA, C. A.; HILL, R. J.; SCIUTTO, G.; SONE, S. (Hg.) (2002):
Computers in railways VIII. Southampton: WIT Press.

20 ALMODÓVAR, M.; GARCÍA-RÓDENAS, R. (2011):
On-line reschedule optimization for passenger railways in case of emergencies. In: *Computers & Operations Research* (aktuell in Druck).

21 AMERICAN SUPPLIER INSTITUTE (ASI) (2000):
History of ASI. Online verfügbar unter http://www.amsup.com/history.htm, zuletzt geprüft am 19.07.2011.

22 ARBEITSGEMEINSCHAFT QUALIFIKATIONS-ENTWICKLUNGS-MANAGEMENT BERLIN (Hg.) (1996):
Strukturwandel und Trends in der betrieblichen Weiterbildung. Münster, New York, München, Berlin: Waxmann (Kompetenzentwicklung, 1).

23 ASHKENAS, RONALD N.; ULRICH, DAVE; JICK, TODD; KERR, STEVE (1998):
The Boundaryless Organization. Breaking the Chains of Organizational Structure. San Francisco: Jossey-Bass (The Jossey-Bass Management Series).

24 AUSTIN, ROBERT D. (1996):
Measuring and Managing Performance in Organizations. New York: Dorset House.

25 AUSTIN, ROBERT D.; DEVIN, LEE (2003):
Artful Making. What Managers Need to Know About How Artists Work. Upper Saddle River, New Jersey, USA: Financial Times Prentice Hall.

26 BACKHAUS, KLAUS; ERICHSON, BERND; PLINKE, WULFF; WEIBER, ROLF (2008):
Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung. 12., vollst. überarb. Berlin: Springer.

27 BACKHAUS, KLAUS; ERICHSON, BERND; PLINKE, WULFF; WEIBER, ROLF (2011):
Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung. 13. Aufl. Berlin: Springer.

28 BAILLY, HANS WILLI (2009):
Die ISO 9001:2008. Interpretation der Anforderungen der DIN EN ISO 9001:2008-12 unter Berücksichtigung der ISO 9004:2000. 5., überarb. Aufl. Köln: TÜV Media (Praxiswissen Qualitätsmanagement).

29 BAYERISCHE EISENBAHNGESELLSCHAFT MBH (BEG) (Hg.) (2010a):
Bahnland Bayern News. Aktuelles für Entscheider im bayerischen Schienennahverkehr (1-2010). Online verfügbar unter http://beg.bahnland-bayern.de/infomaterial/archiv?file=tl_files/shop/files/beg/bahnland-bayern-news-2010-01.pdf&articleId=45, zuletzt geprüft am 28.02.2013.

30 BAYERISCHE EISENBAHNGESELLSCHAFT MBH (BEG) (Hg.) (2010b):
Die Bayerische Eisenbahngesellschaft im Schienennahverkehr. Hintergrundinformationen für Entscheider: Planung, Finanzierung, Qualitätssicherung. München. Online verfügbar unter http://beg.bahnland-bayern.de/infomaterial?file=tl_files/shop/files/beg/beg-broschuere.pdf&articleId=24, zuletzt geprüft am 28.02.2013.

31 BAYERISCHE EISENBAHNGESELLSCHAFT MBH (BEG) (28.02.2011):
Bayerische Eisenbahngesellschaft erhebt 2010 Vertragsstrafen in bisher nicht erreichter Höhe. München. Wolfgang Oeser, BEG, 81379 München.

Online verfügbar unter
http://beg.bahnland-bayern.de/presse/pressemitteilungen/bayerische-eisenbahngesellschaft-erhebt-2010-vertragsstrafen-in-bisher-nicht-erreichter-hoehe?file=tl_files/corporate-portal/files/presse/pressemitteilungen/downloads/Pressemitteilung_28_02_2011.pdf, zuletzt geprüft am 28.02.2013.

32 BECKER, HELMUT (2006):
Phänomen Toyota. Erfolgsfaktor Ethik. Berlin: Springer.

33 BECKER, JOSEF; BEHRENS, HENRIK; HOLLBORN, SASKIA (2003):
Qualität von Nahverkehrsleistungen. Die Bedeutung der neuen DIN EN 13816. In: *Internationales Verkehrswesen* 55 (1+2), S. 30–34.

34 BECKER, T.J (1998):
Boosting the bottom line over time: long-term study shows TQM pays off in higher stock prices, sales & income. 17.08.1998. Hg. v. Research News & Publications Office. GEORGIA INSTITUTE OF TECHNOLOGY. Atlanta, Georgia, USA. Online verfügbar unter http://gtresearchnews.gatech.edu/newsrelease/TQM.html, zuletzt geprüft am 13.11.2011.

35 BEER, MICHAEL (2003):
Why Total Quality Management Programs Do Not Persist: The Role of Management Quality and Implications for Leading a TQM Transformation. In: *Decision Sciences* 34 (4 (Fall 2003)).

36 BHOTE, KEKI R. (1988):
World Class Quality. Design of experiments made easier, more cost effective than SPC. New York: AMA Membership Publ. Div (AMA managmt briefing).

37 BIBLIOGR. INSTITIT UND BROCKHAUS (2005):
Duden. Das große Wörterbuch der deutschen Sprache. Version 4.10 (Build 200706). Mannheim.

38 BICHENO, JOHN (2002):
Die Excellence-Box. Praktischer Ratgeber zu TQM, LEAN und Six Sigma in Fertigung und Dienstleistung. übersetzt und ergänzt von Birgit Otto. Ostfildern: Quindy Edition.

39 BLACK, SIMON A. BLACK; PORTER, LESLIE J. (1996):
Identification of the Critical Factors of TQM. In: *Decision Sciences* 27 (1), S. 1–21.

40 BLANCHARD, KENNETH H.; ZIGARMI, PATRICIA; ZIGARMI, DREA (2002):
Der 01-Minuten-Manager: Führungsstile. Wirkungsvolleres Management durch situationsbezogene Menschenführung. Neuausg. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt-Taschenbuch-Verl.

41 BORNDÖRFER, RALF; LIEBCHEN, CHRISTIAN (2009):
When Periodic Timetables are Suboptimal. Projekt "B15 Service design in public transport". Preprint, Erstveröffentlichung am 21.07.2009. DFG-FORSCHUNGSZENTRUM MATHEON. Online verfügbar unter http://vs24.kobv.de/opus4-matheon/files/620/6464_ZR_07_29.pdf.

42 BORRMANN, MATTHIAS (2003):
Ausschreibungen im Schienenpersonenverkehr. Eine ökonomische Analyse auf Basis der Vertrags- und Auktionstheorie. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht (Beiträge aus d. Institut für Verkehrswissenschaft an der Univ. Münster, 152).

43 BRAKER, JOHANNES GARRELT (1993):
Algorithms and Applications in Timed Discrete Event Systems. Dissertation. TU DELFT, Delft.

44 BRÄNDLI, HEINRICH (2004):
Vorwort zur Dissertation von M. Ullius "Verwendung von Eisenbahnbetriebsdaten für die Schwachstellen- und Risikoanalyse zur Verbesserung der Angebots- und Betriebsqualität". ETH, Zürich.

45 BREYFOGLE, FORREST III. (2009):
Integrating Lean and Six Sigma Process Improvement Tools. A road map integration of lean and Six Sigma tools helps choose the appropriate tool for the job. 10/29/2009. In: *Quality Digest*. Online verfügbar unter http://www.qualitydigest.com/inside/quality-insider-article/integrating-lean-and-six-sigma-process-improvement-tools.html.

46 BREYFOGLE, FORREST W.; CUPELLO, JAMES M.; MEADOWS, BECKI (2001):
Managing Six Sigma. A practical guide to understanding, assessing, and implementing the strategy that yields bottom-line success. New York, N.Y: Wiley.

47 BROCKHAUS DUDEN NEUE MEDIEN GMBH (2006):
Duden - Deutsches Universalwörterbuch. 6. Aufl., in: Office-Bibliothek. Version 4.10 (Build 200706). Mannheim.

48 BROCKHAUS DUDEN NEUE MEDIEN GMBH (2007):
Duden - Deutsches Fremdwörterbuch. 9. Aufl., in: Office-Bibliothek. Version 4.0 (Build 180105). Mannheim.

49 BROECHELER, KIRSTEN; SCHÖNBERGER, CORNELIA (2004):
Six Sigma für den Mittelstand. Weniger Fehler zufriedenere Kunden und mehr Profit. Frankfurt am Main: Campus.

50 BRUHN, MANFRED (2011):
Qualitätsmanagement für Dienstleistungen. Grundlagen Konzepte Methoden. 8., überarb. und erw. Berlin, Heidelberg: Springer.

51 BÜKER, THORSTEN (2010):
Ausgewählte Aspekte der Verspätungsfortpflanzung in Netzen. Dissertation. RWTH, Aachen. Fakultät für Bauingenieurwesen.

52 BUNDESARBEITSGEMEINSCHAFT DER AUFGABENTRÄGER DES SPNV E. V. (2011):
Mitglieder der BAG-SPNV. Online verfügbar unter http://spnv.de/website/cms/front_content.php?idcat=15, zuletzt aktualisiert am 01.04.2011, zuletzt geprüft am 26.02.2013.

53 BUNDESARBEITSGEMEINSCHAFT DER AUFGABENTRÄGER DES SPNV E.V. (BAG SPNV) (o.J.):
Wir über uns. Online verfügbar unter http://spnv.de/website/cms/front_content.php?idcat=5, zuletzt geprüft am 26.02.2013.

54 BUNDESEISENBAHNVERMÖGEN (2005):
Die Bahnreform. Erstmalig veröffentlicht 16. Dezember 2005. Online verfügbar unter http://www.bev.bund.de/bahnreform.htm.

55 BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR (2008):
Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung. EBO, vom 08.05.1967, zuletzt geänd. d. Art. 1 V v. 19.03.2008. Fundstelle: BGBl. 1967 II S. 1563, BGBl. 2008 I 467.

56 BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR (2009):
Allgemeines Eisenbahngesetz. AEG, vom 27.12.1993, zuletzt geänd. durch Art. 7 d. Gesetzes zur Neuregelung des Rechts des Naturschutzes und der Landschaftspflege v. 29.07.2009. Fundstelle: BGBl. 1993 I S. 2378, 2396; 1994 I S. 2439, BGBl. 2009 I S. 2542.

57 BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR (2009):
Eisenbahn-Verkehrsordnung. EVO, vom 08.09.1938, neugefasst 20.04.1999, zuletzt geänd. d. Art. 3 d. Gesetzes zur Anpassung eisenbahnrechtl. Vorschriften an d. VO (EG) Nr. 1371/2007 d. Europäischen Parlaments u. Rates vom 23.10.2007 über die Rechte und Pflichten der Fahrgäste im Eisenbahnverkehr vom (vom 26.05.2009). Fundst.: BGBl. 1999 I S. 782, BGBl. 2009 I S. 1146.

58 BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR (2011):
Personenbeförderungsgesetz. PBefG, vom 21.03.1961, neugefasst 08.08.1990, zuletzt geänd. 05.04.2011. Fdst.: BGBl. 1990 I S. 1690, BGBl. 2011 I S. 554.

59 BUNDESNETZAGENTUR (Hg.) (2008):
Abschlussbericht der Bundesnetzagentur zur Einführung einer Anreizregulierung im Eisenbahnsektor. Revidierte Fassung. BUNDESNETZAGENTUR FÜR ELEKTRIZITÄT, GAS, TELEKOMMUNIKATION, POST UND EISENBAHNEN: Referat 705 Entgelte für Schienenwege, Serviceeinrichtungen und Dienstleistungen. Bonn.

60 BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (2006):
Gesetz über die Gründung einer Deutsche Bahn Aktiengesellschaft (Deutsche Bahn Gründungsgesetz). DBGrG, vom 27.12.1993, zuletzt geändert d. Art. 307 V v. 31.10.2006. Fundstelle: BGBl. I S. 2378, 2386; 1994 I S. 2439, BGBl. I S. 2407.

61 BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (2009):
Gesetz zur Anpassung eisenbahnrechtlicher Vorschriften an die Verordnung (EG) Nr. 1371/2007 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 3. Oktober 2007 über die Rechte und Pflichten der Fahrgäste im Eisenbahnverkehr. EUEBahnAnpG, vom 26.05.2009. Fundstelle: BGBl 2009 I S. 28.

62 BUZZELL, ROBERT D.; GALE, BRADLEY T. (1989):
Das PIMS-Programm. Strategien und Unternehmenserfolg. Wiesbaden: Gabler.

63 CLAUS, MICHAEL (2009):
Verzeichnis der Begriffe. Richtlinie 420.0100A01. Hg. v. DB Netz AG.

64 CLAUSEN, JENS (2007):
Applied Railway Optimization in Production Planning at DSB S-tog - Tasks, Tools and Challenges. Proceedings of ATMOS 2007 - 7th Workshop on Algorithmic Approaches for Transportation Modeling, Optimization, and Systems. Dagstuhl. Online verfügbar unter http://drops.dagstuhl.de/opus/volltexte/2007/1181/pdf/07001.ClausenJens.Paper.1181.pdf.

65 COHN, RUTH C. (2009):
Von der Psychoanalyse zur themenzentrierten Interaktion. Von der Behandlung einzelner zu einer Pädagogik für alle. 16. Aufl. Stuttgart: Klett-Cotta.

66 CONTE, CARLA (2007):
Identifying Dependencies Among Delays. Dissertation. GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT ZU GÖTTINGEN, Göttingen.

67 CORSTEN, HANS; GÖSSINGER, RALF (2007):
Dienstleistungsmanagement. 5., vollst. überarb. und wesentlich erw. München: Oldenbourg.

68 CUSUMANO, MICHAEL A. (2011):
Reflections on the Toyota debacle. In: *Communications of the ACM* 54 (1), S. 33–35. Online verfügbar unter 10.1145/1866739.1866750.

69 D'ARIANO, A.; PRANZO, M.; HANSEN, INGO A. (2007):
Conflict Resolution and Train Speed Coordination for Solving Real-Time Timetable Perturbations. In: *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* 8 (2), S. 208–222.

70 DB MOBILITY LOGISTICS, MARKTFORSCHUNG / INFAS (2009):
Kundenzufriedenheit DB Bahn Regio und DB
Bahn Stadtverkehr: Gesamtergebnisse der Erhebung Frühjahr 2009. "Kundenorientierung als Schlüssel des Merketingerfolgs". interne Präsentation. Frankfurt am Main, Bonn.

71 DB REGIO AG; VERBAND REGION STUTTGART (Hg.) (2005):
S-Bahn Stuttgart - Zahlen, Daten, Fakten. Stuttgart (S-Bahn-Info, Nr. 5).

72 DB TRAINING (Hg.) (2006):
Permanentes OptimierungsProgramm. POP+ - Moderatorenschulung Basismodul. 20061025 Wa4600 POP Moderatorenschulung komplett (Stand 25.10.2006). AML 6.

73 DB VERTRIEB GMBH (Hg.) (2012):
Pünktlichkeitsentwicklung 2011. Pünktlichkeitswerte im Personenverkehr. (Stand 28.01.2012, 14:07). DEUTSCHE BAHN AG. Online verfügbar unter http://www.bahn.de/p/view/buchung/auskunft/puenktlichkeit_personenverkehr.shtml, zuletzt geprüft am 28.01.2012.

74 DEMING, WILLIAM EDWARDS (2000):
Out of the Crisis. Cambridge (Massachusetts, USA), London: MIT Press (ursprüngl. 1982 durch das MIT, Center for Advanced Educational Services veröffentlicht).

75 DENKE, ZSOLT (1999):
Untersuchung der Leistungsfähigkeit und des Leistungsverhaltens eines Strassenbahn-Endpunktes. In: *Periodica Polytechnica - Transportation Engineering* 27 (1-2), S. 61–82. Online verfügbar unter http://www.pp.bme.hu/tr/1999_1/pdf/tr1999_1_05.pdf.

76 DEUTSCHE BAHN AG (Hg.) (2010):
Wettbewerbsbericht 2010. Stand März 2010. Berlin. Online verfügbar unter http://www.deutschebahn.com/site/shared/de/dateianhaenge/berichte/wettbewerbsbericht__2010.pdf.

77 DEUTSCHE BAHN AG (Hg.) (2011):
Wettbewerbsbericht 2011. Stand: April 2011. Berlin. Online verfügbar unter http://www.deutschebahn.com/site/shared/de/dateianhaenge/berichte/wettbewerbsbericht__2011.pdf, zuletzt geprüft am 20.09.2011.

78 DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (DIN) (Hg.) (2006):
Qualitätsmanagement und Statistik. Begriffe. Normen. 4. Auflage. Berlin, Wien, Zürich: Beuth (DIN-Taschenbuch, 223).

79 DOPPLER, KLAUS; LAUTERBURG, CHRISTOPH (2008):
Change-Management. Den Unternehmenswandel gestalten. 12., aktualisierte und erw. Frankfurt/Main, New York: Campus-Verl.

80 DUSHARME, DIRK (2003):
Six Sigma Survey. Big Success … But What About the other 98 percent? In: *Quality Digest* (Feb.). Online verfügbar unter http://www.qualitydigest.com/feb03/articles/01_article.shtml, zuletzt geprüft am 25.07.2011.

81 EUROPÄISCHES PARLAMENT; RAT DER EUROPÄISCHEN UNION (23.10.2007):
Verordnung (EG) Nr. 1370/2007 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über öffentliche Personenverkehrsdienste auf Schiene und Straße und zur Aufhebung der Verordnungen (EWG) Nr. 1191/69 und (EWG) Nr. 1107/70 des Rates. VO (EG) 1370/2007. Fundstelle: Amtsblatt der Europäischen Union (DE): L315, 03.12.2007.

82 EX SME (2004):
Re: Richard Schroeder, post #65233.
iSIXSIGMA DISCUSSION FORUM. Online verfügbar unter http://isixsigma.com/index.php?option=com_kunena&Itemid=151&func=view&catid=5&id=64967&limit=10&limitstart=10#65233.

83 FRÄNTZEL, EVELIN (2007):
Supervision in der Touristikbranche. Reflexionsbedarf von Reiseverkehrskaufleuten. Dissertation. UNIVERSITÄT KASSEL, Kassel.

84 FUNKWERK AG (11.01.2007):
Funkwerk übernimmt den Geschäftsbereich Information Technologies von Vossloh. Online verfügbar unter http://www.funkwerk.com/funkwerk_de/documentpool/de/pressemitteilungen/2007/2007_01_11_VIT.pdf.

85 FUNKWERK INFORMATION TECHNOLOGIES GMBH (o.J.):
Für die Zukunft planen. Kostenreduzierung durch integrierte Planung und Simulation des Bahnbetriebs. Online verfügbar unter http://www.funkwerk-it.com/wDeutsch/downloads/prospekte/prospekt_planung_york_dt_einzel.pdf.

86 GAMWEGER, JÜRGEN; JÖBSTL, OLIVER; STROHRMANN, MANFRED; SUCHOWERSKYJ, WADYM (2009):
Design for Six Sigma. Kundenorientierte Produkte und Prozesse fehlerfrei entwickeln. München: Hanser.

87 GARVIN, DAVID A. (1984):
What Does “Product Quality” Really Mean?
In: *Sloan Management Review* 26 (1), S. 25–43.

88 GEIGER, WALTER; KOTTE, WILLI (2008):
Handbuch Qualität. Grundlagen und Elemente des Qualitätsmanagements: Systeme - Perspektiven. 5., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Wiesbaden: Friedrich Vieweg & Sohn.

89 GIEBEL, MICHAEL (2010):
Wie bewerte ich die Wirtschaftlichkeit von Qualitätsmanagementstrukturen und -aktivitäten. In: ROLAND JOCHEM (Hg.): Was kostet Qualität? Wirtschaftlichkeit von Qualität ermitteln. Unter Mitarbeit von Thomas Dietmüller, Dennis Geers, Michael Giebel, Katja Landgraf, Martin Menrath, Jörg Woestkamp und Xiangtian Zheng. München: Hanser, S. 85–112.

90 GIEBEL, MICHAEL (2011):
Wertsteigerung durch Qualitätsmanagement. Entwicklung eines Modells zur Beschreibung der Wirkmechanismen und eines Vorgehenskonzepts zu dessen Einführung. Dissertation. UNIVERSITÄT KASSEL, Kassel.

91 GOGOLL, ALEXANDER (1996):
Untersuchung der Einsatzmöglichkeiten industrieller Qualitätstechniken im Dienstleistungsbereich. zugl.: Dissertation. Berlin: Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik (IPK).

92 GOGOLL, ALEXANDER; THEDEN, PHILIPP (1994):
Techniken des Quality Engineering. In: G. F. KAMISKE (Hg.): Die Hohe Schule des Total Quality Management: Springer, S. 329–369.

93 GOVERDE, ROB M. P. (2005):
Punctuality of Railway Operations and Timetable Stability Analysis. Dissertation. TU DELFT, Delft.

94 GOVERDE, ROB M. P. (2007):
Railway timetable stability analysis using max-plus system theory. Advanced Modelling of Train Operations in Stations and Networks. In: *Transportation Research Part B: Methodological* 41 (2), S. 179–201.

95 GOVERDE, ROB M. P. (2008):
Timetable Stability Analysis. In: INGO A. HANSEN und JÖRN PACHL (Hg.): Railway timetable & traffic. Analysis, modelling, simulation. Hamburg: Eurailpress, S. 118–134.

96 GOVERDE, ROB M. P.; HANSEN, INGO A. (2001):
Delay Propagation and Process Management at Railway Stations. Proceedings of the World Conference on Railway Research (WCRR 2001), Document 175, Köln, 25.-29.11.2001. Online verfügbar unter http://repository.tudelft.nl/assets/uuid:f2425fbf-ea0f-448f-9eb3-2317d9526b56/Goverde_Hansen_WCRR2001.pdf.

97 GOVERDE, ROB M. P.; ODIJK, MICHIEL A. (2002):
Performance evaluation of network timetables using PETER. In: J. ALLAN, C. A. BREBBIA, R. J. HILL, G. SCIUTTO und S. SONE (Hg.): Computers in railways VIII. Southampton: WIT Press.

98 GRAEBIG, KLAUS (2006):
Vorwort. In: DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (DIN) (Hg.): Qualitätsmanagement und Statistik. Begriffe. Normen. 4. Auflage. Berlin, Wien, Zürich: Beuth (DIN-Taschenbuch, 223), S. XIII.

99 GROTH, JULIE JESPERSEN (2008):
Decision Support for the Rolling Stock Dispatcher. Dissertation. DANMARKS TEKNISKE UNIVERSITET (DTU), Kongens Lyngby, Dänemark.

100 GROTH, JULIE JESPERSEN; POTTHOFF, DANIEL; CLAUSEN, JENS; HUISMAN, DENNIS; KROON, LEO; MARÓTI, GÁBOR; NIELSEN, MORTEN NYHAVE (2009):
Disruption Management in Passenger Railway Transportation. In: *Lecture Notes in Computer Science* (5868), S. 399–421.

101 GRUNBERG, BASTIAN; SCHLEUSENER, MICHAEL (1999):
Zeitverwendung als Nutzenkomponente von Verkehrsdienstleistungen. dargestellt am Beispiel von Bahnreisen. Diskussionsbeitrag der Forschungsstelle Bahnmarketing an der Wilhelms-Univ. Münster Nr. 8. Hg. v. HERIBERT MEFFERT, KLAUS BACKHAUS und JÖRG BECKER. WISS. GESELLSCHAFT FÜR MARKETING UND UNTERNEHMENSFÜHRUNG E.V. Münster (Arbeitspapiere, 168).

102 GUNDLACH, CARSTEN; JOCHEM, ROLAND (Hg.) (2008):
Praxishandbuch Six Sigma. Fehler vermeiden, Prozesse verbessern, Kosten senken. jetzt mit Six-Sigma-Implementierungsplan. Düsseldorf: Symposion Publishing.

103 GÜNTHER, OLIVER (2009):
Kodierung der Verspätungsursachen mit Zuordnungsbeispielen. Richtlinie 420.9001A02 (Bahnbetrieb: Betriebszentralen). Hg. v. DB Netz AG (I.NPB 1(A)). Frankfurt am Main.

104 GÜNTHER, OLIVER (2011):
Kodierung von Zusatzverspätungen. Unregelmäßigkeiten im Betriebsablauf. In: *Deine Bahn* (3), S. 27.

105 HAMMER, MICHAEL; CHAMPY, JAMES (1996):
Business Reengineering. Die Radikalkur für das Unternehmen. 6. Aufl. Frankfurt/Main, New York: Campus.

106 HANSEN, INGO A. (2008):
Introduction. In: INGO A. HANSEN und JÖRN PACHL (Hg.): Railway timetable & traffic. Analysis, modelling, simulation. Hamburg: Eurailpress, S. 7–8.

107 HANSEN, INGO A.; PACHL, JÖRN (Hg.) (2008):
Railway timetable & traffic. Analysis, modelling, simulation. Hamburg: Eurailpress.

108 HARRER, SILVIA (2007):
Private Anbieter im Schienenpersonennahverkehr. Chancen und Hemmnisse, dargestellt am Beispiel der Bayerischen Oberlandbahn GmbH: VDM Verl. Dr. Müller.

109 HARRIS, NIGEL G.; GODWARD, ERNEST W. (Hg.) (1992):
Planning passenger railways. a handbook. Glossop, Derbyshire: Transport Publishing Co.

110 HARRY, MIKEL J. (1985):
Practical Experiment Design. Level I, Engineering Workbook. RESEARCH DYNAMICS, INC. Tempe, Arizona, USA. Online verfügbar unter http://www.mikeljharry.com/media/1985_06.pdf.

111 HARRY, MIKEL J. (1994):
The Vision of Six Sigma. A Roadmap for Breakthrough. 4. Aufl. Phoenix, Arizona, USA: Sigma Publishing Company.

112 HARRY, MIKEL J. (1997):
The Nature of Six Sigma Quality. Schaumburg, Illinois, USA: Motorola University Press.

113 HARRY, MIKEL J. (2004-2008):
Milestones. DR. MIKEL J. HARRY, LTD. Online verfügbar unter http://www.mikeljharry.com/milestones.php.

114 HARRY, MIKEL J.; SCHROEDER, RICHARD (2000a):
Six sigma. Prozesse optimieren, Null-Fehler-Qualität schaffen, Rendite radikal steigern. Das Erfolgsgeheimnis von Jack Welch. Frankfurt/Main, New York: Campus.

115 HARRY, MIKEL J.; SCHROEDER, RICHARD R. (2000b):
Six sigma. The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations. New York, London, Toronto, Sydney, Auckland: Currency Book/Doubleday.

116 HASE, HANS (1994):
KVP^2 in Fertigung und Verwaltung. In: HORST WILDEMANN (Hg.): Genesis zur kurzfristigen Produktivitätssteigerung. Tagungsbericht 7./8. November 1994. München: TCW Transfer-Centrum GmbH, S. 121–152.

117 HAUSMANN, ANITA; ENDERS, DIRK H. (2007):
Grundlagen des Bahnbetriebs. 2. überarb. u. erw. Heidelberg, Mainz: Bahn-Fachverlag

118 HEGGER, ANDREAS; MARKS-FÄHRMANN, ULRICH; RESTETZKI, KLAUS (2010):
Grundwissen Bahn. 5. Aufl. Haan-Gruiten: Verl. Europa-Lehrmittel (Europa-Fachbuchreihe für gewerblich-technische Bildung).

119 HEIDERGOTT, BERND; OLSDER, GEERT JAN; VAN DER WOUDE, JACOB W. (2006):
Max Plus at Work. Modeling and Analysis of Synchronized Systems: A Course on Max-Plus Algebra and Its Applications. Princeton (N.J.): Princeton University Press.

120 HEISTER, GERT (1978):
Das Verspätungsniveau zweigleisiger Eisenbahnstrecken: eine statistische Untersuchung. Dissertation. TECHNISCHE UNIVERSITÄT HANNOVER, Hannover. Lehrstuhl und Institut für Verkehrswesen, Eisenbahnbau und -betrieb.

121 HEISTER, GERT; KUHNKE, JÖRG; LINDSTEDT, CARSTEN; POMP, ROSWITHA; SCHILL, THOMAS; SCHAER, THORSTEN u.a. (2005):
Eisenbahnbetriebstechnologie. Heidelberg, Mainz: Eisenbahn-Fachverlag.

122 HENDRICKS, KEVIN B.; SINGHAL, VINOD R. (1997):
Does Implementing an Effective TQM Program Actually Improve Operating Performance? Empirical Evidence from Firms That Have Won Quality Awards. In: *Management Science* 43 (9), S. 1258–1274.

123 HENDRICKS, KEVIN B.; SINGHAL, VINOD R. (1999):
New research proves that TQM is alive and well. The link between Total Quality Management and financial performance. In: *Advanced Manufacturing*, S. 32.

124 HENDRICKS, KEVIN B.; SINGHAL, VINOD R. (2001):
Firm characteristics, total quality management, and financial performance. In: *Journal of Operations Management* 19 (3), S. 269–285.

125 HERBERG, CHRISTIANE (2000):
Messung der Effizienz von Total Quality Management. Kennzahlensystem zur Messung der Effizienz von TQM unter besonderer Berücksichtigung der Qualitätskosten. Zugl.: Dortmund, Univ., Diss., 2000 . Hamburg: Verl. Dr. Kovač (Qualitätsmanagement in der Automobilindustrie, 1).

126 HERRMANN, JOACHIM (2007):
Audit. In: TILO PFEIFER und ROBERT SCHMITT (Hg.): Masing - Handbuch Qualitätsmanagement. 5., vollst. neu bearb. Aufl. München: Hanser, S. 331–342.

127 HERRMANN, JOACHIM (2008):
Techniken des Qualitätsmanagement I. Skript zur Vorlesung. Stand: Apr. 2008.

128 HIGGINS, JAMES M. (1994):
101 Creative Problem Solving Techniques. The Handbook of New Ideas for Business. Winter Park, Florida, USA: New Management Publishing Corp., Inc.

129 HIGGINS, JAMES M.; WIESE, GEROLD G. (1996):
Innovationsmanagement. Kreativitätstechniken für den unternehmerischen Erfolg. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.

130 HILL, ROBERT C. (1993):
When the Going Gets Rough: A Baldrige Award Winner On the Line. In: *Academy of Management Executive* 7 (3), S. 75–79.

131 HINTERHUBER, HANS HARTMANN (2004):
Strategische Unternehmungsführung. II. Strategisches Handeln. 7., grundlegend neu bearb. Berlin: De Gruyter.

132 HOCHGESCHURTZ, THOMAS (2009):
Konsequent. Das Buch zum Nicht-Technischen-Training. Bühl/Baden: Ikotes.

133 HOFMAN, MADS ANDREAS; MADSEN, LINE FRØLUND (2005):
Robustness in train scheduling. Dissertation. DANMARKS TEKNISKE UNIVERSITET (DTU), Kongens Lyngby, Dänemark.

134 HÖHNSCHEID, HEIKE (2000):
Die Regionalisierung des öffentlichen Personennahverkehrs. Zugl.: Köln, Univ., Diss., 1999. Düsseldorf: Verkehrs-Verl. J. Fischer (Buchreihe des Instituts für Verkehrswissenschaft an der Universität zu Köln, 61).

135 HOLZHEY, MICHAEL; BERSCHIN, FELIX; KÜHL, INGO; NAUMANN, RENÉ (2011):
Wettbewerber-Report Eisenbahn 2010/2011. Hg. v. mofair e. V., Netzwerk Privatbahnen - Vereinigung Europäischer Eisenbahngüterverkehrsunternehmen e. V. und Bundesarbeitsgemeinschaft der Aufgabenträger des SPNV e. V. Berlin.

136 HUESING, TINA (2008):
Six Sigma Through the Years. V Międzynarodowa Konferencja Six Sigma, 20.-22.10.2008. MOTOROLA, INC. Wrocław. Online verfügbar unter http://6sigmaexperts.com/presentations/Six_Sigma_Through_the_Years.pdf.

137 HUISMAN, DENNIS; BOUCHERIE, R. (2001):
Running Times on Railway Sections with Heterogenous Train Traffic. In: *Transportation Research Part B: Methodological* 35, S. 271–292.

138 HUISMAN, DENNIS; KROON, LEO; LENTINK, RAMON; VROMANS, MICHIEL (2005):
Operations Research in passenger railway transportation. In: *Statistica Neerlandica* 59 (4), S. 467–497.

139 HÜRLIMANN, DANIEL (2001):
Objektorientierte Modellierung von Infrastrukturelementen und Betriebsvorgängen im Eisenbahnwesen. Dissertation. EIDGENÖSSISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE (ETH), Zürich.

140 IBM (2011):
Liberalisierungsindex Bahn 2011. Marktöffnung: Eisenbahnmärkte der Mitgliedstaaten der Europäischen Union, der Schweiz und Norwegens im Vergleich. Eine Studie der IBM Global Business Services in Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Dr. Dr. h.c. Christian Kirchner, Humboldt-Universität zu Berlin. Brüssel.

141 IMAI, M. (1992):
Kaizen. Der Schlüssel zum Erfolg der Japaner im Wettbewerb. München.

142 IMAI, MASAAKI (1986):
Kaizen. (Ky'zen); The Key to Japan's Competitive Success. New York: Random House Business Div.

143 IMAI, MASAAKI (1997):
Gemba kaizen. A commonsense low-cost approach to management. New York: McGraw-Hill.

144 INJAC, NENAD (2007):
Die Entwicklung des Qualitätsmanagements im 20./21. Jahrhundert. In: TILO PFEIFER und ROBERT SCHMITT (Hg.): Masing - Handbuch Qualitätsmanagement. 5., vollst. neu bearb. Aufl. München: Hanser, S. 15–34.

145 JACOB, JÜRGEN; PETRICK, KLAUS (2007):
Qualitätsmanagement und Normung. In: TILO PFEIFER und ROBERT SCHMITT (Hg.): Masing - Handbuch Qualitätsmanagement. 5., vollst. neu bearb. Aufl. München: Hanser, S. 101–121.

146 JACOBS, JÜRGEN (2008):
Rescheduling. In: INGO A. HANSEN und JÖRN PACHL (Hg.): Railway timetable & traffic. Analysis, modelling, simulation. Hamburg: Eurailpress, S. 182–191.

147 JOCHEM, ROLAND (Hg.) (2010):
Was kostet Qualität? Wirtschaftlichkeit von Qualität ermitteln. Unter Mitarbeit von Thomas Dietmüller, Dennis Geers, Michael Giebel, Katja Landgraf, Martin Menrath, Jörg Woestkamp und Xiangtian Zheng. München: Hanser.

148 JOCHEM, ROLAND; GIEBEL, MICHAEL; GEERS, DENNIS (2010):
Sind hoher Qualitätsanspruch und Wirtschaftlichkeit miteinander vereinbar? In: ROLAND JOCHEM (Hg.): Was kostet Qualität? Wirtschaftlichkeit von Qualität ermitteln. Unter Mitarbeit von Thomas Dietmüller, Dennis Geers, Michael Giebel, Katja Landgraf, Martin Menrath, Jörg Woestkamp und Xiangtian Zheng. München: Hanser, S. 1–26.

149 JOHNSON, H. THOMAS; BRÖMS, ANDERS (2000):
Profit beyond Measure. Extraordinary Results through Attention to Work and People. New York: Free Press.

150 JUNG, BERNDT; SCHWEIßER, STEFAN; WAPPIS, JOHANN (2011):
8D und 7STEP - systematisch Probleme lösen. München: Hanser (Pocket Power).

151 JUNG, HANS (2006):
Personalwirtschaft. 7., überarb. München, Wien: Oldenbourg.

152 JURAN INSTITUTE (2001):
The Six Sigma Basic Training Kit. New York: McGraw-Hill.

153 KADOW, MICHAEL; WURSTER, KLAUS (2004):
Six Sigma bei der DB Netz AG. In: *Deine Bahn* (5), S. 268–272.

154 KAHRS; PROBST (2001):
Kundenzufriedenheit und Kundenbindung im ÖPNV. Proceedings zu den 8. Verkehrswissenschaftlichen Tage Dresden. TU. DRESDEN. Dresden.

155 KAMISKE, G. F. (Hg.) (1994):
Die Hohe Schule des Total Quality Management: Berlin: Springer.

156 KAMISKE, GERD F. (Hg.) (2000):
Der Weg zur Spitze. Business Excellence durch Total Quality Management. Der Leitfaden. 2., vollst. überarb. und erw. München, Wien: Hanser.

157 KAMISKE, GERD F.; BRAUER, JÖRG-PETER (2008):
Qualitätsmanagement von A bis Z. Erläuterungen moderner Begriffe des Qualitätsmanagements. Unter Mitarbeit von Jörg-Peter Brauer. 6. Auflage. München: Hanser.

158 KAMISKE, GERD F.; BURCKHARDT, WERNER (Hg.) (2009):
Qualitätstechniken für Ingenieure. 2., überarb. Aufl. Düsseldorf: Symposion; Symposion Publ.

159 KANDAOUROFF, ANNI (1994):
Qualitätskosten. Eine theoretisch-empirische Analyse. In: *Zeitschrift für Betriebswirtschaft (ZfB)* 64 (6), S. 765–786.

160 KANO, NORIAKI; SERAKU, NOBUHIKO; TAKAHASHI, FUMIO; TSUJI, SHIN-ICHI (1984):
Attractive Quality and Must-Be Quality (jap.). In: *Journal of the Japanese Society for Quality Control* 14 (2), S. 147–156.

161 KELLER, PAUL A. (2005):
Six Sigma Demystified. A Self-Teaching Guide. New York: McGraw-Hill.

162 KELLER, ROGER (2009):
Pünktlichkeit: Die SBB setzen die Latte höher. In: *Neue Züricher Zeitung (NZZ)*, 29.01.2009. Online verfügbar unter http://www.tagesanzeiger.ch/zuerich/kanton/Puenktlichkeit-Die-SBB-setzen-die-Latte-hoeher/story/19334435, zuletzt geprüft am 22.04.2011.

163 KETTING, MICHAEL (1999):
Geschichte des Qualitätsmanagements. In: WALTER MASING (Hg.): Handbuch Qualitätsmanagement. 4., gründlich überarb. und erw. München, Wien: Hanser, S. 17–30.

164 KIRSTEIN, HENNING (1992):
Qualitätssicherung im Unternehmen: Methode - Strategie - Philosophie. In: *QZ* 37 (7), S. 400–403.

165 KIRSTEIN, HENNING; MÜNNICH, EGON (1997):
Das KVP^2-Programm in der Volkswagen AG. In: HANS-CHRISTIAN RIEKHOF (Hg.): Beschleunigung von Geschäftsprozessen. Wettbewerbsfähigkeit durch Lernfähigkeit. Mit Fallstudien von Bosch - Phoenix - Siemens - Volkswagen - Würth. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, S. 225–236.

166 KLEPPMANN, WILHELM (2011):
Versuchsplanung. Produkte und Prozesse optimieren. 7., überarb. München: Carl Hanser Fachbuchverlag.

167 KNIEPS, GÜNTER (2003):
Wettbewerb auf den europäischen Transportmärkten: Das Problem der Netzzugänge. Freiburg: Institut für Verkehrswissenschaft und Regionalpolitik (Diskussionsbeiträge, 97).

168 KNIEPS, GÜNTER (2011):
Warum und wozu Regulierung im europäischen Mehr-Ebenen-System? Gründe für bzw. Ziele von Regulierung. Freiburg: Institut für Verkehrswissenschaft und Regionalpolitik (Diskussionsbeiträge, 139).

169 KOHN, ALFIE (1992):
No Contest. The Case Against Competition - Why we lose in our race to win. Rev. Boston, New York: Houghton Mifflin.

170 KOHN, ALFIE (1999):
Punished by rewards. The trouble with gold stars, incentive plans, A's, praise, and other bribes. Boston, New York: Houghton Mifflin.

171 KÖNIG, RAINER:
Eisenbahnbetriebslehre an der TU Dresden. Orientierung auf die Beherrschung der Komplexität im unternehmerischen Alltag. Darstellung der Professur für Bahnverkehr, öffentlicher Stadt- und Regionalverkehr. Online verfügbar unter http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/vkw/ibv/bsr/dateien/koenig_rainer.pdf.

172 KÖNIG, RAINER (2005):
Modelle der ÖPNV-Organisation. Hg. v. Bau und Stadtentwicklung Bundesministerium für Verkehr. FORSCHUNGS-INFORMATIONS-SYSTEM FÜR MOBILITÄT, VERKEHR UND STADTENTWICKLUNG (FIS). Online verfügbar unter http://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/147293/, zuletzt aktualisiert am 01.11.2012.

173 KORNMEIER, MARTIN (2007):
Wissenschaftstheorie und wissenschaftliches Arbeiten. Eine Einführung für Wirtschaftswissenschaftler. Heidelberg: Physica (BA kompakt).

174 KOSTKA, CLAUDIA; MÖNCH, ANNETTE (2009):
Change Management. 7 Methoden für die Gestaltung von Veränderungsprozessen. 4. Aufl. München: Hanser (Pocket Power).

175 KROON, LEO G.; HUISMAN, DENNIS (2009):
Algorithmic Support for Railway Disruption Management. ERASMUS UNIVERSITY ROTTERDAM, ECONOMETRIC INSTITUTE. Rotterdam (Econometric Institute Report, EI 2009-50). Online verfügbar unter http://publishing.eur.nl/ir/repub/asset/17524/EI2009-50.pdf.

176 KROON, LEO G.; HUISMAN, DENNIS; MARÓTI, GÁBOR (2008):
Optimisation Models for Railway Timetabling. In: INGO A. HANSEN und JÖRN PACHL (Hg.): Railway timetable & traffic. Analysis, modelling, simulation. Hamburg: Eurailpress, S. 135–154.

177 KROSLID, DAG; FABER, KONRAD; MAGNUSSON, KJELL; BERGMAN, BO (2003):
Six Sigma. Erfolg durch Breakthrough-Verbesserungen. München, Wien: Hanser (Pocket-Power, 36).

178 KUBER, CHRISTINE (2005):
Pünktlichkeit als zentraler Faktor der Kundenzufriedenheit der DB Regio AG. Diplomarbeit (mit Sperrvermerk). BERUFSAKADEMIE, Stuttgart.

179 KUMAR, VINOD; CHOISNE, FRANCK; GROSBOIS, DANUTA DE; KUMAR, UMA (2009):
Impact of TQM on company's performance. In: *International Journal of Quality & Reliability Management* 26 (1), S. 23–37.

180 LAASER, CLAUS-FRIEDRICH (1994):
Die Bahnstrukturreform: richtige Weichenstellung oder Fahrt aufs Abstellgleis? Kiel: Institut für Weltwirtschaft (Kieler Diskussionsbeiträge, 239).

181 LANDESNAHVERKEHRSGES. NIEDERSACHSEN MBH (LNVG) (Hg.) (2010):
2013+. Konzept zum Schienenpersonennahverkehr. Hannover.
Online verfügbar unter http://www.lnvg.de/fileadmin/user_upload/Formulare/SPNV/Konzept_SPNV_lang.pdf, zuletzt geprüft am 28.02.2013.

182 LANG, GUSZTAV; REEMTSEMA, KARL-DIETRICH (2003):
Konzept und Management des Veränderungsprozesses. Die Qualitätsinitiative Six Sigma der DB AG. Thema des Monats: Qualität des Bahnangebots als Wettbewerbsfaktor. In: *ETR* 52 (1/2), S. 12–24.

183 LANGMAACK, BARBARA (2011):
Einführung in die Themenzentrierte Interaktion (TZI). Das Leiten von Lern- und Arbeitsgruppen erklärt und praktisch angewandt. 5. Aufl. Weinheim: Beltz.

184 LERNER, FRANZ (1980):
Geschichte der Qualitätssicherung. In: WALTER MASING (Hg.): Handbuch der Qualitätssicherung. München, Wien: Hanser, S. 13–26.

185 LIEBCHEN, CHRISTIAN (2006):
Periodic timetable optimization in public transport. Als Ms gedr. Berlin: dissertation.de.

186 LIEBCHEN, CHRISTIAN (2008):
The First Optimized Railway Timetable in Practice. In: *Transportation Science* 42 (4), S. 420–435.

187 LIEBCHEN, CHRISTIAN; MÖHRING, ROLF H. (2004):
The Modeling Power of the Periodic Event Scheduling Problem: Railway Timetables - and Beyond. Institut für Mathematik. Preprint No. 2004/20. TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN. Berlin. Online verfügbar unter ftp://ftp.math.tu-berlin.de/pub/Preprints/combi/Report-020-2004.pdf.

188 LIKER, JEFFREY K. (2004):
The Toyota way. Fourteen management principles from the world's greatest manufacturer. New York: McGraw-Hill Professional.

189 LIKER, JEFFREY K.; MEIER, DAVID (2006):
The Toyota way fieldbook. A practical guide for implementing Toyota's 4Ps. New York, London: McGraw-Hill.

190 LIKER, JEFFREY K.; MEIER, DAVID (2008):
Toyota-Talent. Erfolgsfaktor Mitarbeiter - wie man das Potenzial seiner Angestellten entdeckt und fördert. München: FinanzBuch-Verl.

191 LINß, GERHARD (2005):
Qualitätsmanagement für Ingenieure. 2., aktualisierte und erweiterte Aufl. München, Wien: Fachbuchverl. Leipzig im Carl-Hanser-Verl.

192 LÖHMER, CORNELIA; STANDHARDT, RÜDIGER (2010):
TZI - Die Kunst, sich selbst und eine Gruppe zu leiten. Einführung in die Themenzentrierte Interaktion. 3. Aufl. Stuttgart: Klett-Cotta.

193 LÜBKE, DIETMAR (Hg.) (2008):
Das System Bahn. Handbuch. Hamburg: DVV Media Group (Eurailpress).

194 LÜTHI, MARCO; HÜRLIMANN, DANIEL (2006):
Simulation mit OpenTrack - Voraussetzungen, Durchführung und Auswertung. Vortrag Eisenbahntechnisches Kolloquium am 13. Juni 2006 an der TU Darmstadt.

195 LÜTHI, MARCO; HÜRLIMANN, DANIEL; NASH, ANDREW (2005):
Understanding the Timetable Planning Process as a Closed Control Loop. Proceedings of 1st International Seminar on Railway Operations Modelling and Analysis, Delft, 2005. Online verfügbar unter http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.86.4954&rep=rep1&type=pdf.

196 MAGNUSSON, KJELL; KROSLID, DAG; BERGMAN, BO (2004):
Six Sigma umsetzen. Die neue Qualitätsstrategie für Unternehmen. Mit neuen Unternehmensbeispielen. 2., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. München, Wien: Hanser.

197 MALORNY, CHRISTIAN (1999):
TQM umsetzen. Weltklasse neu definieren, Leistungsoffensive einleiten, business excellence erreichen. 2., überarb. u. akt. Aufl. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.

198 MALORNY, CHRISTIAN; DICENTA, MAXIMILIAN (2007):
Funktion und Nutzen von Qualitätsauszeichnungen (Awards). In: TILO PFEIFER und ROBERT SCHMITT (Hg.): Masing - Handbuch Qualitätsmanagement. 5., vollst. neu bearb. Aufl. München: Hanser, S. 351–368.

199 MARCH, TARAN (1998):
Profiting from patience: TQM pays off. In: *Quality Digest* 18 (11), S. 40–42.

200 MARTIN, ULLRICH (2008):
Performance Evaluation. In: INGO A. HANSEN und JÖRN PACHL (Hg.): Railway timetable & traffic. Analysis, modelling, simulation. Hamburg: Eurailpress, S. 192–208.

201 MASING, WALTER (Hg.) (1980):
Handbuch der Qualitätssicherung. München, Wien: Hanser.

202 MASING, WALTER (Hg.) (1999):
Handbuch Qualitätsmanagement. 4., gründlich überarb. und erw. München, Wien: Hanser.

203 MASING, WALTER (1999):
Vorwort. In: WALTER MASING (Hg.): Handbuch Qualitätsmanagement. 4., gründlich überarb. und erw. München, Wien: Hanser, S. V–VI.

204 MASING, WALTER (2007):
Das Unternehmen im Wettbewerb. In: TILO PFEIFER und ROBERT SCHMITT (Hg.): Masing - Handbuch Qualitätsmanagement. 5., vollst. neu bearb. Aufl. München: Hanser, S. 3–14.

205 MCCARTY, THOMAS; DANIELS, LORRAINE; BREMER, MICHAEL; GUPTA, PRAVEEN (2005):
The Six Sigma Black Belt Handbook. Six Sigma Operational Methods. Motorola University. New York u.a.: McGraw-Hill Professional.

206 MEFFERT, HERIBERT; NIEßING, JÖRG (2006):
Kundenbindung im Verkehrsdienstleistungsbereich. Ausgewählte Ergebnisse einer empirischen Analyse. Diskussionsbeitrag der Forschungsstelle Bahnmarketing an der Wilhelms-Univ. Münster Nr. 10. Hg. v. HERIBERT MEFFERT, KLAUS BACKHAUS und JÖRG BECKER. WISS. GESELLSCHAFT FÜR MARKETING UND UNTERNEHMENSFÜHRUNG E.V. Münster (Arbeitspapiere, 189).

207 MEFFERT, HERIBERT; PERREY, JESKO; SCHNEIDER, HELMUT (1998):
Marketing von Verkehrsdienstleistungsunternehmen - dargestellt am Beispiel der Deutschen Bahn AG. Diskussionsbeitrag der Forschungsstelle Bahnmarketing an der Wilhelms-Univ. Münster Nr. 1. Hg. v. HERIBERT MEFFERT, KLAUS

Backhaus und Jörg Becker. Wiss. Gesellschaft für Marketing und Unternehmensführung e.V. Münster (Arbeitspapiere, 123).

208 Meffert, Heribert; Pohlkamp, André (2009):
Marketingforschung im Verkehrsdienstleistungsbereich. 15 Jahre Kooperation mit der Deutschen Bahn AG. Münster: Verl.-Haus Monsenstein und Vannerdat.

209 Mehdorn, Hartmut; Töpfer, Armin (Hg.) (1996):
Besser - Schneller - Schlanker. TQM-Konzepte in der Unternehmenspraxis. 2. durchgesehene Aufl. Neuwied, Kriftel, Berlin: Luchterhand.

210 Mehdorn, Hartmut; Töpfer, Armin (1996):
TQM - Lean - Kaizen: Der Weg zum Unternehmenserfolg. In: Hartmut Mehdorn und Armin Töpfer (Hg.): Besser - Schneller - Schlanker. TQM-Konzepte in der Unternehmenspraxis. 2. durchgesehene Aufl. Neuwied, Kriftel, Berlin: Luchterhand, S. 3–29.

211 Middelkoop, Dick; Bouwman, Michiel (2000):
Train Network Simulator for Support of Network Wide Planning of Infrastructure and Timetables. In: J. Allan (Hg.): Computers in Railways VII. Southampton: WIT Press, S. 267–276.

212 Middelkoop, Dick; Bouwman, Michiel (2011):
SIMONE: large scale train network simulations. Proceedings of the 33nd conference on Winter simulation (WSC'01). IEEE Computer Society. Arlington, Virginia.

213 Morgenstern, Claus (2004):
Quickguide Six Sigma. Projektauswahl, Prozessoptimierung, Nullfehlerqualität. Kissing: WEKA-Media (WEKA-Praxislösungen).

214 Motorola University (1994a-2006):
FAQs: What is Six Sigma? Motorola, Inc. Online verfügbar unter http://web.archive.org/web/20060203042658/http://www.motorola.com/content/0,,3088,00.html, zuletzt geprüft am 21.07.2011.

215 Motorola University (1994b-2006):
Six Sigma Dictionary. Motorola, Inc. Online verfügbar unter http://web.archive.org/web/20060128110005/http://www.motorola.com/content/0,,3074-5804,00.html, zuletzt geprüft am 21.07.2011.

216 Motorola, Inc. (Hg.) (1988):
A Case Study: Statistical Process Control.
The Roundup - Business Issue 13 (3).

217 MUIR, ALASTAIR (2006):
Lean Six Sigma Statistics. Calculating process efficiencies in transactional projects. New York: McGraw-Hill (Six sigma operational methods series).

218 MUNRO, RODERICK A. (2001):
Six Sigma for the shop floor. A pocket guide. Milwaukee, Wisconsin, USA: ASQ Quality Press.

219 NAUMANN, PETER; PACHL, JÖRN (2002):
Leit- und Sicherungstechnik im Bahnbetrieb. Fachlexikon. Hamburg: Tetzlaff (Schriftenreihe für Verkehr und Bahntechnik, 2).

220 NIEßING, JÖRG (2006):
Kundenbindung im Verkehrsdienstleistungsbereich. Ein Beitrag zum Verkehrsmittelwahlverhalten von Bahnreisenden. zugl. Diss. Univ. Münster 2005. Wiesbaden: Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler / GWV Fachverlage GmbH (Unternehmensführung und Marketing, 45).

221 NOORDEEN, MOHIDEEN (1995):
Stability Analysis of Cyclic Timetables for a Highly Interconnected Rail Network. Dissertation. ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE (EPFL), Lausanne.

222 O.A. (2002a):
Ab Dresden immer pünktlicher. Six Sigma. In: *bahntech* (1+2), S. 19–22.

223 O.A. (2002b):
Hundertprozentig gut werden. Hintergrund: Qualität. In: *bahntech* (1+2), S. 13–18.

224 O.A. (2011):
Duden online. Mannheim. Online verfügbar unter www.duden.de, zuletzt aktualisiert am 22.09.2011.

225 OHNO, TAIICHI (2006):
Toyota production system. Beyond large-scale production. 23. Aufl. New York, N.Y: Productivity Press.

226 OLDENBURG, BEHREND (2000):
Vossloh System-Technik profitiert von der Privatisierung bei den Bahnen. Geschäftsführer Reinhold Hundt im EI-Interview. In: *EI* 51 (8), S. 10–12.

227 OLSSON, NILS O.E.; HAUGLAND, HANS (2004):
Influencing factors on train punctuality. results from some Norwegian studies. In: *Transport Policy* 11 (4), S. 387–397.

228 OpenTrack (2008). Eidgenössische Technische Hochschule (ETH). Online verfügbar unter http://www.ivt.ethz.ch/oev/opentrack, zuletzt aktualisiert am 28.02.2008.

229 OpenTrack Railway Technology GmbH (o.J.):
OpenTrack - Simulation von Eisenbahnnetzen. Online verfügbar unter http://www.opentrack.ch/opentrack/downloads/opentrackInfo.pdf.

230 OpenTrack Railway Technology GmbH (2011):
Eisenbahnsimulation. Online verfügbar unter http://www.opentrack.ch/opentrack/opentrack_d/opentrack_d.html#Documents.

231 Opitz, Jens (2009):
Automatische Erzeugung und Optimierung von Taktfahrplänen in Schienenverkehrsnetzen. 1. Aufl. Wiesbaden: Gabler (Logistik, Mobilität und Verkehr).

232 Pachl, Jörn (2003):
Auswirkungen der Bahnreform auf Infrastruktur und Betrieb. Teil III. In: Hans-Joachim Ritzau, Karl Oettle, Jörn Pachl und Wolfgang Stoffels (Hg.): Die Bahnreform. eine kritische Sichtung. Unter Mitarbeit von Dietmute Ritzau-Franz. 1. Aufl. Pürgen: Ritzau KG Verl. Zeit und Eisenbahn, S. 221–294.

233 Pachl, Jörn (2008a):
Systemtechnik des Schienenverkehrs. Bahnbetrieb planen, steuern und sichern. 5., bearb. und erw. Aufl. Wiesbaden: Vieweg + Teubner.

234 Pachl, Jörn (2008b):
Timetable Design Principles. In: Ingo A. Hansen und Jörn Pachl (Hg.): Railway timetable & traffic. Analysis, modelling, simulation. Hamburg: Eurailpress, S. 9–42.

235 Pande, Peter S.; Neuman, Robert P.; Cavanagh, Roland (2001):
Six Sigma erfolgreich einsetzen. Marktanteile gewinnen, Produktivität steigern, Kosten reduzieren. Landsberg/Lech: Verl. Moderne Industrie.

236 Pande, Peter S.; Neuman, Robert P.; Cavanagh, Roland R. (2000):
The Six Sigma Way. How GE, Motorola, and other top companies are honing their performance. New York: McGraw-Hill.

237 Perez-Wilson, Mario (1989):
Machine/Process Capability Study. A five stage methodology for optimizing manufacturing processes. Scottsdale, Arizona, USA: Advanced Systems Consultants (ASC).

238 PEREZ-WILSON, MARIO (1999):
Six Sigma. Understanding the concept, implications and challenges. Scottsdale, Arizona, USA: Advanced Systems Consultants.

239 PERVIN, LAWRENCE A.; CERVONE, DANIEL; JOHN, OLIVER P. (Hg.) (2005):
Persönlichkeitstheorien. 5., vollst. überarb. und erw. München, Basel: Ernst Reinhardt (UTB, 8035).

240 PFEIFER, TILO; SCHMITT, ROBERT (Hg.) (2007):
Masing - Handbuch Qualitätsmanagement. 5., vollst. neu bearb. Aufl. München: Hanser.

241 PFEIFER, TILO; SCHMITT, ROBERT (2010):
Qualitätsmanagement. Strategien - Methoden - Techniken. 4., vollst. überarb. Aufl. München, Wien: Hanser.

242 PIRATH, CARL (1949):
Die Grundlagen der Verkehrswirtschaft. 2., erw. Aufl. Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer.

243 POTTHOFF, DANIEL; HUISMAN, DENNIS; DESAULNIERS, GUY (2008):
Column generation with dynamic duty selection for railway crew rescheduling. ERASMUS UNIVERSITY ROTTERDAM, ECONOMETRIC INSTITUTE. Rotterdam (Econometric Institute Report, EI 2008-28). Online verfügbar unter http://publishing.eur.nl/ir/repub/asset/14423/EI2008-28.pdf.

244 PYZDEK, THOMAS; KELLER, PAUL A. (2010):
The Six Sigma Handbook. A complete guide for green belts, black belts, and managers at all levels. 3. Aufl. New York, NY: McGraw-Hill.

245 QUALITÄTS MANAGEMENT CENTER IM VERBAND DER AUTOMOBILINDUSTRIE E.V. (VDA QMC) (2010):
8D-Report. Stand 04/2010. Online verfügbar unter http://www.vda-qmc.de/fileadmin/redakteur/Publikationen/Formulare/8D-Report.pdf.

246 QUINN, DANIEL L. (2002):
Motorola: The First Six Sigma Organization. An Interview with Robert W. Galvin, Chairman Emeritus, Motorola, Inc. RATH & STRONG'S MANAGEMENT CONSULTANTS. Online verfügbar unter http://www.rathstrong.com/Data/motorola.pdf.

247 RADTKE, ALFONS (2008):
Infrastructure Modelling. In: INGO A. HANSEN und JÖRN PACHL (Hg.): Railway timetable & traffic. Analysis, modelling, simulation. Hamburg: Eurailpress, S. 43–57.

248 RADTKE, PHILIPP; WILMES, DIRK; BELLABARBA, ALEXANDER (1999):
Leitfaden zur Excellence. Das Berliner TQM-Umsetzungsmodell. München, Wien: Hanser (Pocket Power, 24).

249 RAIL MANAGEMENT CONSULTANTS (2011):
Railsys. Hannover. Online verfügbar unter http://www.rmcon.de/de/produkte/railsys.html.

250 RAMBAUD, LAURIE (2006):
8D Structured Problem Solving. A Guide to Creating High Quality 8D Reports. Breckenridge (USA).

251 RATH & STRONG MANAGEMENT CONSULTANTS (2008):
Rath & Strong's Six Sigma pocket guide. Werkzeuge zur Prozessverbesserung. Dt. Lizenzausg., neue überarb. Köln: TÜV Media.

252 REBITZER, MARIO (2008):
8D-Report nach VDA zum Kunden. Automotive Consulting Solution. Hg. v. SAP Deutschland AG & Co. KG. Walldorf. Online verfügbar unter https://www.sapcampaigns.com/automotivesymposium/download/Praesentationen/8D-Report_nach_VDA_zum_Kunden.pdf, zuletzt geprüft am 11.07.2011.

253 REHBEHN, ROLF; YURDAKUL, ZAFER BÜLENT (2005):
Mit Six Sigma zu Business Excellence. Strategien, Methoden, Praxisbeispiele. 2., überarb. und erw. Erlangen: Publicis Corp. Publ.

254 REIßINGER, WOLF; VOIGT, THORSTEN; SCHMITT, ROBERT (2007):
Six Sigma. In: TILO PFEIFER und ROBERT SCHMITT (Hg.): Masing - Handbuch Qualitätsmanagement. 5., vollst. neu bearb. Aufl. München: Hanser, S. 251–283.

255 REZANOVA, NATALIA J. (2009):
The Train Driver Recovery Problem – Solution Method and Decision Support System Framework. Dissertation. DANMARKS TEKNISKE UNIVERSITET (DTU), Kongens Lyngby, Dänemark.

256 REZANOVA, NATALIA J.; RYAN, DAVID M. (2010):
The train driver recovery problem. A set partitioning based model and solution method. In: *Computers & Operations Research* 37 (5), S. 845–856.

257 RHEINISCH-WESTFÄLISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE (RWTH) (2008a):
ALFA. Online verfügbar unter http://www.via.rwth-aachen.de/software/alfa.html, zuletzt aktualisiert am 07.11.2008, zuletzt geprüft am 11.05.2013.

258 RHEINISCH-WESTFÄLISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE (RWTH) (2008b):
STRELE. Online verfügbar unter http://www.via.rwth-aachen.de/software/strele.html, zuletzt aktualisiert am 07.11.2008, zuletzt geprüft am 11.05.2013.

259 RHEINISCH-WESTFÄLISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE (RWTH) (2008c):
STRESI. Online verfügbar unter http://www.via.rwth-aachen.de/software/stresi.html, zuletzt aktualisiert am 07.11.2008, zuletzt geprüft am 11.05.2013.

260 RHEIN-MAIN-VERKEHRSVERBUND GMBH (RMV) (2012):
Gesamtbericht 2011 nach Artikel 7 Absatz 1 der Verordnung (EG) Nr. 1370/2007. Hofheim am Taunus. Online verfügbar unter http://www.rmv.de/linkableblob/de/52048-60391/data/RMV-Gesamtbericht_2011.pdf.

261 RIEKHOF, HANS-CHRISTIAN (Hg.) (1997):
Beschleunigung von Geschäftsprozessen. Wettbewerbsfähigkeit durch Lernfähigkeit. Mit Fallstudien von Bosch - Phoenix - Siemens - Volkswagen - Würth. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.

262 RIESENBERGER, CARLOS A.; SOUSA, SÉRGIO D. (2010):
The 8D Methodology: An Effective Way to Reduce Recurrence of Customer Complaints? Proceedings of the World Congress on Engineering 2010 Vol III, WCE 2010, June 30 - July 2, 2010. London. Online verfügbar unter http://www.iaeng.org/publication/WCE2010/WCE2010_pp2225-2230.pdf.

263 RITZAU, HANS-JOACHIM; OETTLE, KARL; PACHL, JÖRN; STOFFELS, WOLFGANG (Hg.) (2003):
Die Bahnreform. eine kritische Sichtung. Unter Mitarbeit von DIETMUTE RITZAU-FRANZ. 1. Aufl. Pürgen: Ritzau KG Verl. Zeit und Eisenbahn.

264 ROENPAGE, OLIN; STAUDTER, CHRISTIAN; MERAN, RENATA; JOHN, ALEXANDER; BEERNAERT, CARMEN (2007):
Six Sigma+Lean Toolset. Verbesserungsprojekte erfolgreich durchführen. 2., überarbeitete Auflage. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.

265 ROIS, ASTRID (1999):
Kaizen. Verbesserungsprozesse in der Autoindustrie. Wien: Linde (Schriftenreihe Organisation, 2).

266 ROOS, SAMUEL (2006):
Bewertung von Knotenmanagement-Methoden für Eisenbahnen. Diplomarbeit. EIDGENÖSSISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE (ETH), Zürich.

267 ROTHER, MIKE (2009):
Die Kata des Weltmarktführers. Toyotas Erfolgsmethoden. Frankfurt, M., New York, NY: Campus.

268 RUCKDESCHEL, ROLF (o.J.):
Der Airbag: Geschichtlicher Überblick. Online verfügbar unter http://www.roru.de/airbag/airbag.htm, zuletzt geprüft am 06.07.2011.

269 RÜEGG-STÜRM, JOHANNES (2003):
Das neue St. Galler Management-Modell. Grundkategorien einer modernen Managementlehre; der HSG-Ansatz. 2., durchges. Bern, Stuttgart, Wien: Haupt.

270 RUST, ROLAND T.; ZAHORIK, ANTHONY J.; KEININGHAM, TIMOTHY L. (1995):
Return on Quality (ROQ). Making Service Quality Financially Accountable. In: *The Journal of Marketing* 59 (2), S. 58–70.

271 SAUER, WOLFGANG (1999):
RUT - Rechnerunterstützte Trassenkonstruktion. In: *ETR* 48 (11), S. 720–725.

272 SBB AG (Hg.) (2011):
Die SBB in Zahlen und Fakten 2010. Online verfügbar unter http://sbb-gb2010.mxm.ch/getattachment/8a5af8ef-b6b1-4e52-9456-5f0b3d15b50d/Die-SBB-in-Zahlen-und-Fakten/.

273 SCHAFFER, THOMAS (2001):
Institutionen und Erkenntnis: eine Analyse im Lichte der Popperschen Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie. zugl.: Köln, Univ., Diss., 1999. Berlin: Duncker und Humblot.

274 SCHIEFELBUSCH, MARTIN (2008):
Das Reiseerleben als Handlungsfeld der Angebotsgestaltung im öffentlichen Verkehr. Dissertation. TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN, Berlin. Fakultät V - Verkehrs-und Maschinensysteme.

275 SCHLENKER, HANS (2004):
Verteilte Constraint-basierte Eisenbahn-Simulation. Dissertation. TU BERLIN, Berlin.

276 SCHLÜPFERING, DIRK; ARNOLD, PATRICK (2010):
Kano-Modell. Nürnberg, 20.01.2010. Online verfügbar unter www.sophist.de/fileadmin/SOPHIST/Blog/Kano-Modell.jpg, zuletzt geprüft am 15.07.2013.

277 SCHMIEDER, MATTHIAS (2008):
Warum Six Sigma erfolgreich ist - Analyse aktueller Studien. In: CARSTEN GUNDLACH und ROLAND JOCHEM (Hg.): Praxishandbuch Six Sigma. Fehler vermeiden, Prozesse verbessern, Kosten senken. jetzt mit Six-Sigma-Implementierungsplan. Düsseldorf: Symposion Publishing, S. 39–62.

278 SCHMIEDER, MATTHIAS; DOUTRELEPONT, MARCEL; AKSEL, MEHMET (2005):
Anwenderstatus von Qualitätsmanagementkonzepten und Six Sigma in deutschen Unternehmen. Ergebnisse Six Sigma Anwender. FACHHOCHSCHULE KÖLN. Köln. Online verfügbar unter http://www.f08.fh-koeln.de/imperia/md/content/personen/professoren/schmieder_matthias/six_sigma_studie__2005.pdf, zuletzt geprüft am 04.01.2013.

279 SCHMITT, ROBERT; PFEIFER, TILO (2007):
Qualitätsgerechte Organisationsstrukturen. In: TILO PFEIFER und ROBERT SCHMITT (Hg.): Masing - Handbuch Qualitätsmanagement. 5., vollst. neu bearb. Aufl. München: Hanser, S. 35–68.

280 SCHNIEDER, ECKEHARD (Hg.) (2007):
Verkehrsleittechnik. Automatisierung des Straßen- und Schienenverkehrs. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.

281 SCHULER, WILMAR (1992):
Überblick gefragt. Methoden und Tools zur Sicherung der Qualität: Beispiele zum Aufbau von QS-Landkarten. In: *QZ* 37 (7), S. 404–408.

282 SCHULTZE, KURT (1985):
Modell für die asynchrone Simulation des Betriebes in Teilen des Eisenbahnnetzes. Veröffentlichungen des Verkehrswissenschaftlichen Institutes der RWTH Aachen, Heft 38. Dissertation. RHEINISCH-WESTFÄLISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE (RWTH).

283 SCHULZ, AXEL (2009):
Verkehrsträger im Tourismus. Luftverkehr - Bahnverkehr - Straßenverkehr - Schiffsverkehr. von Axel Schulz. München: Oldenbourg.

284 SCHULZE, CHRISTOF; SCHLAG, BERNHARD (1999):
Qualität aus Kundensicht. Die Wahrnehmung von Verbesserungen durch ein neues Kundenbetreuungskonzept der DB AG. In: *Internationales Verkehrswesen* 51 (6), S. 238–243.

285 SCHWANHÄUßER, WULF (1974):
Die Bemessung der Pufferzeiten im Fahrplangefüge der Eisenbahn. Veröffentlichungen des Verkehrswissenschaftlichen Institutes der RWTH Aachen, Heft 20. Dissertation. RHEINISCH-WESTFÄLISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE (RWTH), Aachen.

286 SEGHEZZI, HANS DIETER (2007):
Konzepte - Modelle - Systeme. In: TILO PFEIFER und ROBERT SCHMITT (Hg.): Masing - Handbuch Qualitätsmanagement. 5., vollst. neu bearb. Aufl. München: Hanser, S. 155–171.

287 SEGHEZZI, HANS DIETER; FAHRNI, FRITZ; HERRMANN, FRANK (2007):
Integriertes Qualitätsmanagement. Der St. Galler Ansatz. 3., vollst. überarb. Aufl. München: Hanser.

288 SHEWHART, WALTER ANDREW (1986):
Statistical method from the viewpoint of quality control. Nachdruck. Urspr.: Graduate School of the Department of Agriculture, Washington, D. C., 1939. New York: Courier Dover Publications (Dover books on advanced mathematics).

289 SHIBA, SHOJI; WALDEN, DAVID (2001):
Four practical revolutions in management. Systems for creating unique organizational capability. Portland, Oregon, USA: Productivity Press; Center for Quality of Management.

290 SHINGO, SHIGEO; DILLON, ANDREW P. (1989):
A study of the Toyota production system from an industrial engineering viewpoint. Rev. New York: Productivity Press.

291 SHUE, C. C. (1988):
Application of Structured Characterization and Control Methodology to Improve Quality and Productivity in Burnin Operation. MOTOROLA MALAYSIA. Online verfügbar unter http://www.mpcps.com/Characterization.pdf, zuletzt geprüft am 21.07.2011.

292 SIEFER, THOMAS (2008):
Simulation. In: INGO A. HANSEN und JÖRN PACHL (Hg.): Railway timetable & traffic. Analysis, modelling, simulation. Hamburg: Eurailpress, S. 155–169.

293 SIEFKE, ANDREAS (1998):
Zufriedenheit mit Bahnreisen. Ergebnisse einer empirischen Untersuchung im innerdeutschen Schienenpersonenfernverkehr. Diskussionsbeitrag der Forschungsstelle Bahnmarketing an der Wilhelms-Univ. Münster Nr. 3. Hg. v. HERIBERT MEFFERT, KLAUS BACKHAUS und JÖRG BECKER. WISS. GES. FÜR MARKETING UND UNTERNEHMENSFÜHRUNG E.V. Münster (Arbeitspapiere, 125).

294 SIEGMANN, JÜRGEN (2008):
Grundelemente des Systems Bahn und Konsequenzen für die Systemgestaltung. In: DIETMAR LÜBKE (Hg.): Das System Bahn. Handbuch. Hamburg: DVV Media Group (Eurailpress), S. 19–28.

295 SIEGMANN, JÜRGEN; HÜBNER, LUTZ (2000):
Vor- und Nachteile einer Verbundproduktion im System Bahn.
In: *ETR* 49 (7/8), S. 448–455.

296 SIEMENS (o.J.):
Falko. Design and validation of timetables. Optimized operational planning and control. Online verfügbar unter http://www.mobility.siemens.com/shared/data/pdf/www/rail_automation/falko_en.pdf.

297 SIMON, WALTER (1996):
Die neue Qualität der Qualität. Grundlagen für den TQM- und Kaizen-Erfolg. Offenbach: Gabal.

298 SPEAR, STEVEN J. (1999):
Decoding the DNS of the Toyota Production System.
In: *Harvard Business Review*.

299 SPEAR, STEVEN J. (2004):
Management à la Toyota. In: *Havard Business Manager* (August), S. 36–47.

300 STAUDT, ERICH; MEIER, ANDREAS JOACHIM (1996):
Trends in der Unternehmensorganisation. In: ARBEITSGEMEINSCHAFT QUALIFIKATIONS-ENTWICKLUNGS-MANAGEMENT BERLIN (Hg.): Strukturwandel und Trends in der betrieblichen Weiterbildung. Münster, New York, München, Berlin: Waxmann (Kompetenzentwicklung, 1), S. 275–291.

301 STEBENS, ANDRÉ (2001):
Simulation von Eisenbahnverkehr auf der Basis von Zellularautomaten. Dissertation. UNIVERSITÄT DUISBURG-ESSEN, Duisburg.

302 STEINBECK, HANS-H. (Hg.) (1994):
CIP-Kaizen-KVP. Die kontinuierliche Verbesserung von Produkt und Prozeß. Unter Mitarbeit von Autorenteam der Japan Human Relations Association. Landsberg/Lech: verlag moderne industrie.

303 STEINBECK, HANS-H. (1994):
Vorkapitel des deutschen Herausgebers. In: HANS-H. STEINBECK (Hg.): CIP-Kaizen-KVP. Die kontinuierliche Verbesserung von Produkt und Prozeß. Unter Mitarbeit von Autorenteam der Japan Human Relations Association. Landsberg/Lech: verlag moderne industrie, S. 13–28.

304 STEUER, ARNE (2000):
Über die Bemessung außerplanmäßiger Synchronzeiten in einem periodischen Netz des Eisenbahn-Personenverkehrs. Eine Untersuchung mittels objektorientierter Simulation. Dissertation. UNIVERSITÄT DER BUNDESWEHR, Hamburg.

305 STIFTUNG WARENTEST (Hg.) (2012):
Viel besser als im letzten Winter. Pünktlichkeit der Deutschen Bahn. Online-Meldung aus Heft 2/2012. Online verfügbar unter http://www.test.de/themen/freizeit-reise/meldung/Puenktlichkeit-der-Deutschen-Bahn-Viel-besser-als-im-letzten-Winter-4324449-4324453/, zuletzt geprüft am 28.01.2012.

306 THEDEN, PHILIPP (2001):
Qualitätstechniken. In: HANS-DIETER ZOLLONDZ (Hg.): Lexikon Qualitätsmanagement. Handbuch des modernen Managements auf der Basis des Qualitätsmanagements. (Edition Versicherungsmanagement). München, Wien: Oldenbourg (Edition Versicherungsmanagement), S. 1003–1007.

307 THEISEN, MANUEL RENÉ (2011):
Wissenschaftliches Arbeiten. Technik - Methodik - Form. Unter Mitarbeit von Martin Theisen. 15., akt. u. erg. München: Vahlen.

308 TIWARI, ANSHUMAN (2003):
Six Sigma - Get your bearings right. In: *Industry 2.0* (Nov.), S. 43–46.

309 TÖPFER, ARMIN (2010):
Erfolgreich Forschen. Ein Leitfaden für Bachelor-, Master-Studierende und Doktoranden. Berlin, Heidelberg: Springer.

310 TOUTENBURG, HELGE; KNÖFEL, PHILIPP (2008):
Six Sigma. Methoden und Statistik für die Praxis. 2., verb. und erw. Berlin, Heidelberg: Springer.

311 ULLIUS, MARKUS (2003):
OpenTimetable. Werkzeug zur Analyse und Qualitätskontrolle von Fahrplänen. Stand 06.05.2003. Online verfügbar unter http://www.ivt.ethz.ch/opentimetable/box_feeder/ott_flyer.pdf.

312 ULLIUS, MARKUS (2004):
Verwendung von Eisenbahnbetriebsdaten für die Schwachstellen- und Risikoanalyse zur Verbesserung der Angebots- und Betriebsqualität. Dissertation. ETH, Zürich.

313 ULLIUS, MARKUS (2005):
Delay Analysis of Rail 2000 1st Phase Using OpenTimeTable. Conference paper STRC 2005: 5th Swiss Transport Research Conference Monte Verità / Ascona, March 9-11, 2005. Online verfügbar unter http://www.strc.ch/conferences/2005/Ullius.pdf.

314 ULRICH, HANS; KRIEG, WALTER (1974):
St. Galler Management-Modell. 3., verb. Bern: Haupt.

315 URBAN, DIETER; MAYERL, JOCHEN (2011):
Regressionsanalyse: Theorie, Technik und Anwendung. 4., überarb. u. erw. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden (Studienskripten zur Soziologie).

316 VANSTEENWEGEN, P.; VAN OUDHEUSDEN, D. (2006):
Developing Railway Timetables which Garantuee a Better Service. In: *European Journal of Operational Research* (Vol. 173, Issue 1), S. 337–350.

317 VANSTEENWEGEN, P.; VAN OUDHEUSDEN, D. (2007):
Decreasing the Passenger Waiting Time for an Intercity Rail Network. In: *Transportation Research Part B: Methodological* 41 (2), S. 478–492.

318 VEISETH, MADS; HEGGLUND, PER MAGNUS; WIEN, IVER; OLSSON, NILS O.E.; STOKLAND, ØIVIND (2011):
Development of a punctuality improvement method. In: *The TQM Journal* 23 (3), S. 268–283.

319 VEISETH, MADS; OLSSON, NILS O.E.; STOKLAND, ØIVIND (2008):
Metodehåndbok PIMS (Punctuality Improvement Method System). Copyright Jernbaneverket, Flytoget AS, CargoNet AS, NSB AS, SINTEF und NTNU (Forschungskonsortium PEMRO). Hg. v. SINTEF Teknologi og Samfunn. Trondheim, Norwegen.

320 VERBAND DER AUTOMOBILINDUSTRIE E.V. (VDA) (2010):
Sicherung der Qualität in der Prozesslandschaft. 2. überarbeitete und erweiterte Auflage 2009, aktualisiert März 2010 (Qualitätsmanagement in der Automobilindustrie, Band 4).

321 VERKEHRSVERBUND BERLIN-BRANDENBURG GMBH (VBB) (Hg.) (2010):
360° Qualität. Qualitätsbilanz 2009 im Verkehrsverbund Berlin-Brandenburg. Berlin. Online verfügbar unter http://images.vbb.de/assets/downloads/file/10498.pdf, zuletzt geprüft am 28.02.2013.

322 VERKEHRSVERBUND RHEIN RUHR AÖR (VRR) (Hg.) (2010):
Qualitätsbericht SPNV NRW. Sachstand 2009. Gelsenkirchen. Online verfügbar unter http://www.nahverkehr-rheinland.de/download/Qualitaetsbericht_NRW_2009.pdf, zuletzt geprüft am 28.02.2013.

323 VOSSLOH SYSTEM-TECHNIK GMBH (29.09.1999):
Vossloh System-Technik GmbH erwirbt Comreco Rail Ltd. Strategisch bedeutende Ergänzung der Produktpalette auf weiteren Märkten. Kiel, York. Reinhold Hundt. Online verfügbar unter http://www.vossloh.com/de/press/press_releases/press_release_details_127.html, zuletzt geprüft am 30.04.2011.

324 VROMANS, MICHIEL J. C. M. (2005):
Reliability of Railway Systems. Dissertation. ERASMUS UNIVERSITY ROTTERDAM, Rotterdam.

325 WAGNER, KARL (2007):
Ausgestaltung von QM-Systemen auf Basis der ISO-9000-Reihe. In: TILO PFEIFER und ROBERT SCHMITT (Hg.): Masing - Handbuch Qualitätsmanagement. 5., vollst. neu bearb. Aufl. München: Hanser, S. 173–205.

326 WAHREN, HEINZ-KURT E. (1998):
Erfolgsfaktor KVP. Mitarbeiter in Prozesse der kontinuierlichen Verbesserung integrieren. München: Beck.

327 WAKOB, HELMUT (1985):
Ableitung eines generellen Wartemodells zur Ermittlung der planmäßigen Wartezeiten im Eisenbahnbetrieb unter besonderer Berücksichtigung der Aspekte Leistungsfähigkeit und Anlagenbelastung. Veröffentlichungen des Verkehrswissenschaftlichen Institutes der RWTH Aachen, Heft 36. Dissertation. RHEINISCH-WESTFÄLISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE (RWTH), Aachen.

328 WALCZOK, MIKE; SMOKTUN, CHRISTINA (2010):
Qualitätsbericht 2009. Infobrief Nr. 3 - 6/2010. Hg. v. Rhein-Main-Verkehrsverbund GmbH (RMV). Hofheim am Taunus. Online verfügbar unter http://www.rmv.de/linkableblob/de/52054-37018/data/RMV-Qualitaetsbericht_2009.pdf, zuletzt geprüft am 28.02.2013.

329 WALKER, CAMERON G.; SNOWDON, JODY N.; RYAN, DAVID M. (2005):
Simultaneous disruption recovery of a train timetable and crew roster in real time. In: *Computers & Operations Research* 32 (8), S. 2077–2094.

330 WAPPIS, JOHANN; JUNG, BERNDT (2010):
Taschenbuch Null-Fehler-Management. Umsetzung von Six Sigma. 3., überarb. Auflage München, Wien: Hanser (Praxisreihe Qualitätswissen).

331 WEGELE, STEFAN (2007):
Netzmanagement des Schienenverkehrs. In: ECKEHARD SCHNIEDER (Hg.): Verkehrsleittechnik. Automatisierung des Straßen- und Schienenverkehrs. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, S. 377–412.

332 WEIGAND, WERNER (2005):
Verbesserung der Pünktlichkeit der S-Bahn Rhein-Main - ein prozessübergreifendes Six Sigma-Projekt. In: *ETR* (1/2), S. 55–61.

333 WEIGAND, WERNER (2008):
Produktionsplanung. In: DIETMAR LÜBKE (Hg.): Das System Bahn. Handbuch. Hamburg: DVV Media Group (Eurailpress), S. 245–293.

334 WENDLER, EKKEHARD (2007):
The Scheduling Waiting Time on Railway Lines. In: *Transportation Research Part B: Methodological* 41 (2), S. 148–158.

335 WENDLER, EKKEHARD (2008):
Queueing. In: INGO A. HANSEN und JÖRN PACHL (Hg.): Railway timetable & traffic. Analysis, modelling, simulation. Hamburg: Eurailpress, S. 106–117.

336 WIESE, GEROLD (2001):
KPL-Techniken. In: HANS-DIETER ZOLLONDZ (Hg.): Lexikon Qualitätsmanagement. Handbuch des modernen Managements auf der Basis des Qualitätsmanagements. (Edition Versicherungsmanagement). München, Wien: Oldenbourg (Edition Versicherungsmanagement), S. 439–442.

337 WIKIMEDIA FOUNDATION INC. (Hg.) (2011):
Pünktlichkeit (Bahn). Stand 07.12.2011, 21:05. Online verfügbar unter http://de.wikipedia.org/wiki/P%C3%BCnktlichkeit_%28Bahn%29.

338 WILDEMANN, HORST (Hg.) (1994):
Genesis zur kurzfristigen Produktivitätssteigerung. Tagungsbericht 7./8. November 1994. München: TCW Transfer-Centrum GmbH.

339 WILDEMANN, HORST (1997):
Produktivitätsmanagement. Handbuch zur Einführung eines Produktivitätssteigerungsprogrammes mit GENESIS. Methoden und Fallbeispiele. 2. Aufl. München: TCW Transfer-Centrum GmbH.

340 WILMES, DIRK; RADTKE, PHILIPP (2000):
Das Modell für (Business-) Excellence durch TQM. In: GERD F. KAMISKE (Hg.): Der Weg zur Spitze. Business Excellence durch Total Quality Management. Der Leitfaden. 2., vollst. überarb. und erw. Auflage. München, Wien: Hanser, S. 13–26.

341 WITT, JÜRGEN; WITT, THOMAS (2008):
Der kontinuierliche Verbesserungsprozess (KVP). Konzept - System - Maßnahmen. 3., neu bearb. und erw. Auflage, Frankfurt am Main: Verl. Recht und Wirtschaft (Arbeitshefte Führungspsychologie, 42).

342 WOMACK, JAMES P.; JONES, DANIEL T.; ROOS, DANIEL (1994):
Die zweite Revolution in der Autoindustrie. Konsequenzen aus der weltweiten Studie aus dem Massachusetts Institute of Technology. 8., durchges. Aufl., Frankfurt/Main, New York: Campus.

343 YAMANOUCHI, SHUICHIRO (1997):
Pünktlichkeit und Präzision - "Warum fahren die Züge in Japan so pünktlich?". Für alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Deutschen Bahn AG. Regelmäßige Fortbildung. In: *Deine Bahn* (6), S. 366–368.

344 YUAN, JIANXIN (2008):
Statistical Analysis of Train Delays. In: INGO A. HANSEN und JÖRN PACHL (Hg.): Railway timetable & traffic. Analysis, modelling, simulation. Hamburg: Eurailpress, S. 170–181.

345 ZEHME, INGOLF (1976a):
Die Abhängigkeit von Verspätungen auf einer Eisenbahnstrecke von der Streckenbelastung und weiteren Einflußgrößen. In: *ETR* 25 (11), S. 687–692.

346 ZEHME, INGOLF (1976b):
Statistisch gesicherte Einflüsse auf die Betriebsqualität einer Eisenbahnstrecke - dargestellt am Beispiel der Strecke Aachen - Köln. Disseration. Aachen (Veröffentlichungen des Verkehrswissenschaftlichen Instituts, 26).

347 ZEITHAML, VALARIE A.; PARASURAMAN, A.; BERRY, LEONARD L. (1988):
SERVQUAL: A multiple-item scale for measuring consumer perceptions of service quality. In: *Journal of Retailing* 64 (1), S. 12–40.

348 ZINK, KLAUS J. (2004):
TQM als integratives Managementkonzept. Das EFQM Excellence Modell und seine Umsetzung. mit Selbstbewertungsprozess; berücksichtigt Reviews des EFQM-Modells von 2000 und 2002. 2., vollst. überarb. und erw. Aufl. München, Wien: Hanser.

349 ZOLLONDZ, HANS-DIETER (Hg.) (2001):
Lexikon Qualitätsmanagement. Handbuch des modernen Managements auf der Basis des Qualitätsmanagements. (Edition Versicherungsmanagement). München, Wien: Oldenbourg (Edition Versicherungsmanagement).

350 ZOLLONDZ, HANS-DIETER (2006):
Grundlagen Qualitätsmanagement. Einführung in Geschichte, Begriffe, Systeme und Konzepte. 2., vollst. überarb. und erw. Aufl. München: Oldenbourg (Edition Management).

351 ZULTNER, RICHARD E.; MAZUR, GLENN H. (2006):
The Kano Model: Recent Developments. QFD: Transactions from the Eighteenth Symposium on Quality Function Deployment. Hg. v. QFD Institute. Austin, Texas, USA.

352 ZWANEVELD, PETER; KROON, LEO; ROMEIJN, H. EDWIN; SALOMON, MARC; DAUZÈRE-PÉRÈS, STÉPHANE; VAN HOESEL, STAN; AMBERGEN, HARRIE (1996):
Routing Trains Through Railway Stations: Model Formulation and Algorithms. In: *Transportation Science* 30 (3), S. 181–194.

353 ZWANEVELD, PETER; KROON, LEO; VAN HOESEL, STAN (2001):
Routing trains through a railway station based on a node packing model. In: *European Journal of Operational Research* 128 (1), S. 14–33.