

DISS. ETH Nr. 21745

**PROZESSMODELL ZUR ENTSCHEIDUNGSFINDUNG
FÜR INTERKOMMUNALE KOOPERATIONEN
VON INFRASTRUKTUR-UNTERHALTSBETRIEBEN
ZUR WIRTSCHAFTLICHEN OPTIMIERUNG DES
BETRIEBLICHEN STRASSENUNTERHALTS**

ABHANDLUNG
zur Erlangung des Titels

DOKTORIN DER WISSENSCHAFTEN

der

ETH ZÜRICH

vorgelegt von

LISA KOLLER

Dipl.-Ing., Technische Universität Graz

geboren am
25. Mai 1985

von
Österreich

Angenommen auf Antrag von

Prof. Dr.-Ing. Gerhard Girmscheid
O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Dr.h.c. Hans Georg Jodl

2014



Herausgeber

Prof. Dr.-Ing. Gerhard Girmscheid

Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement
ETH Zürich
Professur für Bauprozess-
und Bauunternehmensmanagement



Autor

Dipl.-Ing. Lisa Koller

Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement
ETH Zürich

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

Koller, L.:

Prozessmodell zur Entscheidungsfindung für eine interkommunale Kooperation von Infrastruktur-
Unterhaltsbetrieben zur wirtschaftlichen Optimierung des betrieblichen Strassenunterhalts
IBI – Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement.

© Eigenverlag des IBI der ETH Zürich, 2014

ISBN 978-3-906031-52-1

*„Die Zukunft bauen, heißt die Gegenwart bauen.
Es heißt, ein Verlangen erzeugen, das dem Heute gilt.“*

(Antoine de Saint-Exupéry, Die Stadt in der Wüste)

Für meine Familie

Vorwort

Gemeinden schaffen Heimatverbundenheit und Identität und sie prägen wesentlich die Kultur und Entwicklung eines Landes. Aus diesem Grund ist es eine besondere Herausforderung, neue wissenschaftliche Impulse in diesem Bereich zu setzen und den Gemeinden die nötigen Grundlagen zur Weiterentwicklung mit auf den Weg zu geben.

Die vorliegende Forschungsarbeit entstand während meiner Zeit als wissenschaftliche Assistentin am Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement der ETH Zürich. Den Anstoss für diese Dissertation lieferte ein Forschungsprojekt des Bundesamtes für Strassen (ASTRA), das vom Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement und in Kooperation mit Schweizer Gemeinden und Praxispartnern durchgeführt wurde.

Wissenschaftliche Forschung verlangt strukturierte Weitsicht, Querdenken, Kreativität und Ausdauer und sie findet vor allem interdisziplinär und in ständigem Austausch statt. Dass diese Arbeit durchgeführt und bis zum Ende laufend mit neuen Erkenntnissen vorangetrieben wurde, verdanke ich zahlreichen Personen.

Ganz besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr.-Ing. Gerhard Girmscheid, der mir stets das notwendige Vertrauen entgegenbrachte und mir die Chance bot, diesen wissenschaftlichen Lebensabschnitt erfolgreich zu meistern. Er verstand es hervorragend, mich zielorientiert durch diese Arbeit zu führen und durch seine kritischen und konstruktiven Diskussionen meine Arbeit zu verbessern.

Herrn Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Dr.h.c. Hans Georg Jodl danke ich für die Übernahme des Korreferats. Es war mir eine Freude, seine konstruktiven Anmerkungen aufzunehmen und mit ihm die Begeisterung für dieses Forschungsvorhaben zu teilen.

Der grösste Dank gilt meinen Eltern und meiner Familie, die für mich „der Fels in der Brandung“ waren und in allen Hochs und Tiefs des Forschungslebens als Ruhepol und Ratgeber zur Seite standen. Ihnen ist diese Arbeit gewidmet.

Für die positiv motivierende Arbeitsatmosphäre und die moralische Unterstützung gilt ein grosses Dankeschön meinen „Bürospändlis“, Arbeitskollegen und Freunden. Ihr offenes Ohr und viele lustige Momente abseits des wissenschaftlichen Alltags erfrischten meine Zeit als Doktorandin.

Zürich, Januar 2014

Lisa Koller

Inhaltsübersicht

Vorwort	V
Inhaltsübersicht	VII
Inhaltsverzeichnis	IX
Kurzfassung	XII
Abstract	XIV
1 Einleitung - Ausgangslage	1
2 Stand der Praxis und Fragen der Praxis	19
3 Stand der Forschung und Fragen der Forschung	49
4 Forschungsmethodik	64
5 Einführung in das siedlungsübergreifende Prozessmodell	83
6 Operatives Prozessmodell – Geräteeinsatzoptimierung	123
7 Operatives Prozessmodell – Werkhofstandort- und Routenoptimierung	204
8 Realisierbarkeitstest	251
9 Gesamtmodell – Handlungsempfehlungen	295
10 Zusammenfassende Beurteilung und Ausblick	296
Bildverzeichnis	302
Tabellenverzeichnis	306
Anhang	307
Literaturverzeichnis	310
Curriculum Vitae	319

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
Inhaltsübersicht	VII
Inhaltsverzeichnis	IX
Kurzfassung	XII
Abstract	XIV
1 Einleitung - Ausgangslage	1
1.1 ASTRA-Projekt 2008/004	2
1.2 Problemstellung	4
1.3 Besonderheiten der Schweizer Gemeinden.....	5
1.3.1 Dezentralisation.....	6
1.3.2 Subsidiaritätsprinzip	7
1.3.3 Autonomie der Gemeinden	8
1.3.4 Aufgaben der Gemeinden	8
1.3.5 Fragmentierte Gemeindestrukturen	9
1.4 Schweizer Gemeinden und das New Public Management (NPM)	12
1.5 Das NPM im betrieblichen Strassenunterhalt	14
1.6 Aufbau der Forschungsarbeit	16
1.7 Ziele der Forschungsarbeit.....	17
2 Stand der Praxis und Fragen der Praxis	19
2.1 Stand der Praxis – Betrieblicher Strassenunterhalt	19
2.1.1 Normative Grundlagen im betrieblichen Strassenunterhalt	19
2.1.2 Systematisierung der Aufgaben des betrieblichen Strassenunterhalts	21
2.1.3 Aspekte der Nachhaltigkeit im betrieblichen Strassenunterhalts.....	24
2.1.4 Leistungsbereich Strassenreinigung.....	26
2.1.5 Leistungsbereich Winterdienst	33
2.2 Fragen der Praxis	47
3 Stand der Forschung und Fragen der Forschung	49
3.1 Entscheidungsmodelle.....	49
3.1.1 Schlussfolgerung Entscheidungsmodelle	51
3.2 Forschungsfeld Betrieblicher Strassenunterhalt	52
3.2.1 Schlussfolgerung Forschungsfeld Betrieblicher Strassenunterhalt	53
3.3 Forschungsfeld Operations Research.....	54
3.3.1 Schlussfolgerung Forschungsfeld Operations Research	56

3.4	Forschungsfeld Effizienzsteigerung in der Aufgabenerfüllung.....	57
3.4.1	Schlussfolgerung Forschungsfeld Effizienzsteigerung	58
3.5	Forschungsfeld Interkommunale Zusammenarbeit (IKZ).....	58
3.5.1	Schlussfolgerung Forschungsfeld Interkommunale Kooperation	59
3.6	Fragen der Forschung	60
3.7	Forschungslücke.....	62
4	Forschungsmethodik	64
4.1	Wissenschaftsverständnis	64
4.2	Theoretischer Bezugsrahmen	68
4.2.1	Strukturierung des Modells.....	70
4.2.2	Exkurs Operations Research - Graphentheorie.....	71
4.2.3	Exkurs Produktions- und Kostentheorie.....	74
4.2.4	Exkurs Transaktionskostentheorie	79
4.2.5	Exkurs Outsourcing	81
5	Einführung in das siedlungsübergreifende Prozessmodell	83
5.1	Erklärung und Aufbau des Modells	84
5.1.1	Aufbau des IKZ-Prozessmodells (Teilmodell I und Teilmodell II)	87
5.1.2	Beurteilungskriterien kooperationsfähiger Aufgaben	94
5.1.3	IKZ-Eignungstest.....	104
5.1.4	Ausgestaltung der IKZ-Organisation	106
5.2	Grundlagen der interkommunalen Zusammenarbeit (IKZ)	112
5.2.1	Vor- und Nachteile einer IKZ.....	112
5.2.2	Kommunale Kooperationsformen.....	114
5.2.3	Erfolgsfaktoren einer IKZ.....	118
6	Operatives Prozessmodell – Geräteeinsatzoptimierung	123
6.1	Einführung in das Performance Management.....	125
6.1.1	Leistungsbegriff	126
6.1.2	Performance – Begriffliche Grundlagen.....	126
6.1.3	Performance Measurement.....	129
6.1.4	Performance Management.....	134
6.2	Holistische IKZ-Effizienzberechnung.....	139
6.2.1	Grundlagen der Effizienzanalyse	139
6.2.2	Effektivität und Effizienz – begriffliche Abgrenzung.....	141
6.2.3	Skalenerträge	142
6.3	Ermittlung von Prozessleistungen im betrieblichen Unterhalt.....	151
6.3.1	Identifikation der Werkhofprozesse.....	153
6.3.2	Inventarspezifische Prozess-Leistungsermittlung.....	155

6.4	Holistische Prozesskosten- und Leistungsoptimierung.....	173
6.4.1	Prozessleistungs- und Kostenmodell.....	176
6.4.2	Aufstellen der Prozessleistungs-Kosten-Funktion	193
6.4.3	Teilmodell I – Zusammenfassung und Fazit	202
7	Operatives Prozessmodell – Werkhofstandort- und Routenoptimierung	204
7.1	IKZ-Werkhof-Standortplanung.....	206
7.1.1	Grundlagen zur Standortoptimierung.....	207
7.2	Grundlagen zur Tourenplanung.....	214
7.2.1	Grundprobleme der Tourenplanung.....	219
7.2.2	Berücksichtigung der Entwicklungsschwerpunkte in den Gemeinden	223
7.3	Werkhofstandort-Routen-Modell.....	227
7.3.1	Erste Stufe: Grobanalyse zur indikativen Vorentscheidung	231
7.3.2	Zweite Stufe: Standort-Detailanalyse zur Entscheidungsfindung.....	238
7.4	Werkhofstandort-Routen-Modell – Net Present Value-Berechnung	243
8	Realisierbarkeitstest.....	251
8.1	Beispielrechnung IKZ-3: Grundlagen der Berechnung	252
8.1.1	Erfassung des Gemeinde-Ist-Zustandes	253
8.2	Berechnung IKZ von drei Gemeinden (IKZ-3).....	266
8.2.1	Modell IIa: WLP mit einem Werkhof und Routenplanung	268
8.2.2	Modell IIa: WLP mit zwei Werkhöfen und Routenplanung	277
8.2.3	Modell IIb: „Grüne Wiese“-Modell	280
8.2.4	Gegenüberstellung der Aufgabenerfüllungs-Varianten.....	285
8.2.5	Sensitivitätsanalyse der Beispielrechnung.....	290
8.2.6	Abschliessende Beurteilung des Realisierbarkeitstests	293
9	Gesamtmodell – Handlungsempfehlungen.....	295
10	Zusammenfassende Beurteilung und Ausblick	296
10.1	Bedeutung der Ergebnisse für die Praxis.....	298
10.2	Bedeutung der Ergebnisse für die Wissenschaft	299
10.3	Ausblick auf den weiteren Forschungsbedarf	301
	Bildverzeichnis	302
	Tabellenverzeichnis	306
	Anhang	307
	Literaturverzeichnis	310
	Curriculum Vitae.....	319

Kurzfassung

Schweizer Gemeinden befinden sich in einem Spannungsfeld aus selbstverständlich gewordenen hohen Qualitätsanforderungen der Bürger, dem hohen Wettbewerbsdruck über zukünftige Standortvorteile (respektive Steuervorteile) und dem gestiegenen Kostendruck bei der Erbringung öffentlicher Leistungen.

Aus diesen genannten Gründen werden immer öfters (abseits von Fusionsgesprächen) Alternativen zur Eigenleistung in der öffentlichen Aufgabenerfüllung gesucht, die Effizienzsteigerungen erlauben und zugleich es den Gemeinden ermöglichen, den hohen Ansprüchen ihrer Bürger gerecht werden.

Zur Lösung der genannten Probleme wurde im vorliegenden Dissertationsprojekt ein Prozess- und Entscheidungsmodell einer interkommunalen Kooperation zur wirtschaftlichen Optimierung von Unterhaltsbetrieben im betrieblichen Strassenunterhalt entwickelt. Dieses Prozess- und Entscheidungsmodell baut auf dem Systemanbieteransatz Sysbau^{©1} von Professor Girmscheid auf. Im Rahmen der Forschungsanstrengungen unter der Leitung von Prof. Girmscheid werden in dieser Arbeit zwei Forschungstossrichtungen basierend auf dem Systemanbieter-Ansatz zusammengeführt. Einerseits wurde die Berechnungsmethode zur Leistungsermittlung von Baumaschinen und Bauprozessen², sowie die entwickelten Optimierungs- und Entscheidungsmodelle von Bauproduktionseinrichtungen³ auf die Konzeption der optimalen Werkhof-Gerätekonfiguration und des operativen Einsatzes zur optimalen Auslastung von Unterhaltsgeräten übertragen. Andererseits wurden die Grundlagen zur Gestaltung von wirkungs- und effizienzgesteuerten Bauhöfen⁴ auf kommunale Werkhöfe im betrieblichen Strassenunterhalt angewendet, sowie eine Weiterentwicklung der Forschungsarbeit zu Formen neuer Public Private Partnership (PPP) von kommunalen Strassennetzen in der Schweiz⁵ vorangetrieben.

Das vorliegende Dissertationsprojekt hat darauf aufbauend ein holistisches, zweiteilig integratives Entscheidungsmodell zur Optimierung des kommunalen Strassenunterhalts für eine interkommunale Zusammenarbeit entwickelt, und die Ziele

- Optimierung der Gerätekonfiguration, des Geräteeinsatzes und der Auslastung von Unterhaltsgeräten, sowie
- Optimierung des Werkhofstandortes mit zugehöriger Streckenoptimierung

in einer Gesamtoptimierung für das gewählte Gemeindecluster zusammengeführt.

¹ Vgl. Girmscheid, G. (Wettbewerbsvorteile durch kundenorientierte Lösungen 2000)

² Vgl. Girmscheid, G. (Leistungsermittlungshandbuch 2010a)

³ Vgl. Girmscheid, G. (Bauproduktionstheorie 2007)

⁴ Vgl. Girmscheid, G. (Bauhof- und Bauinventarmanagement 1999)

⁵ Vgl. Girmscheid, G., Lindenmann, H.-P. (Kommunale Strassennetze in der Schweiz 2008)

Die Zielerreichung wird dabei mithilfe von folgenden zwei Teilmodellen gesichert:

- **Teilmodell I: Prozessleistungs-Kosten-Modell** zur optimalen Gerätekonfiguration im betrieblichen Strassenunterhalt
- **Teilmodell II: Werkhofstandort-Routen-Modell** zur Entscheidungsfindung für interkommunale Kooperationen im betrieblichen Strassenunterhalt

Das **Teilmodell I** auf operativer Prozessebene fokussiert auf die Entwicklung und Herleitung einer Zielfunktion zur optimalen Geräteausstattung und -bereitstellung. Auf Basis des entwickelten Berechnungsverfahrens wird es möglich, eine optimierte Prozessleistungs-Kosten-Funktion für die jeweiligen Unterhaltsgeräte abzuleiten und daraus Gerätecluster für eine siedlungsübergreifende Kooperation zu bilden. Zudem kann damit den kommunalen Ressortverantwortlichen eine Entscheidungsgrundlage für die Bereitstellung von Inventar zur effizienteren Gestaltung der operativen Prozesse des betrieblichen Strassenunterhalts geliefert werden.

Im **Teilmodell II** wird – aufbauend auf den Ergebnissen des Teilmodells I – den Verantwortlichen ein Modell zum Auffinden eines optimalen Werkhofstandortes mit zugehöriger Tourenplanung geboten, sodass durch die systematische Anwendung des Modellkonzeptes minimale Gesamtkosten innerhalb des Gemeindeclusters erreicht werden können. Die Beurteilung der Vorteilhaftigkeit einer interkommunalen Zusammenarbeit erfolgt in Form einer dynamischen Wirtschaftlichkeitsanalyse. Dazu werden anhand von Kapitalwerten die Kosten der Leistungserstellung in Eigenregie jenen Kosten der Durchführung in einer siedlungsübergreifenden Kooperation gegenübergestellt.

Die theoretisch entwickelten Modell-Ergebnisse werden einem **Realisierbarkeitstest** unterzogen, um so die Anwendbarkeit und Praxistauglichkeit des vorliegenden Modells zu testen und zu gewährleisten. Zudem kann im Berechnungsbeispiel nachgewiesen werden, dass das vorliegende Modell einen starken Praxisbezug aufweist und somit eine problemlose Übertragung der Ergebnisse in die Praxis möglich ist.

Den Lesern wird mit der vorliegenden Forschungsarbeit ein systematisch gegliedertes und strukturiertes Entscheidungsmodell geboten, das Gemeinden ein effizienteres Handeln in der Durchführung kommunaler Aufgaben ermöglicht. Mit einem aktiven betrieblichen Unterhaltsmanagement und einer damit verbundenen strategischen Ausrichtung der kommunalen Aufgabenerfüllung, liegen Potenziale verborgen, die es zu nutzen gilt. Zukünftig soll ein prozess- und wirkungsorientiertes Management ermöglicht werden, das nicht aufgrund von politischen Grenzen an Nachhaltigkeit und Effizienz verliert.

Abstract

Nowadays, efficiency improvements and cost optimization are commonly-used terms that are increasingly gaining in importance among Swiss municipalities and cantons, as well, as they struggle to deal with the growing shortage of resources while at the same time having to handle the increased complexity of services they are expected to provide. Efficient service provision is, however, only possible if executed in consideration of the existing boundary conditions, to the required standards of quality, and using as few resources as possible.

The research project has developed a process and decision-making model for inter-municipal cooperation. The scientific approach is based on the holistic Sysbau© (construction system provider) research approach developed by Professor Girmscheid. Under his scientific supervision, two fields of research, the model of performance estimation of construction equipment and the conception of efficient operation centres in construction companies, will be combined in order to develop a holistic decision making model for inter-municipal cooperation in the field of operational street maintenance. Furthermore, the research project of economic efficiency of municipal street maintenance by private providers (PPP) provides a basis for the development of a process-oriented and effect-oriented operational street maintenance model.

The research project consists of two interacting sub-models with the targets of

- Optimization of the configuration, employment and utilization of equipment of inter-municipal street maintenance operations
- Optimization of the operation centres location with route planning in order to reach a minimum of costs.

To this end, the research project has developed a process and decision-making model for inter-municipal cooperation. Target achievement was secured with the aid of the following two sub-models:

- **Sub-model I:** Process model for operational implementation of maintenance processes
- **Sub-model II:** Process model to support decision making in inter-municipal cooperation (IMC)

A holistic model for estimating machine related actual outputs has been developed within a theory-based system boundary in sub-model I that takes account of factors that decrease performance. Based on this calculation model, an optimized cost-benefit function can now be derived for the respective work equipment, and used to compile equipment clusters for inter-municipal cooperation.

Added to which, municipal decision makers are provided with a basis for making decisions regarding the provision of equipment, and at the same time with a basis for calculating parameters to measure public work performance, with the aim of creating more efficient processes.

Sub-model II focuses on the attributes of inter-municipal cooperation for street maintenance and provides municipalities with a process model for making decisions relating to inter-municipal collaboration. Based on a definition of targets as agreed among all municipalities, an initial aptitude test is presented for fundamental assessment of IMC.

These theory-based model results are subjected to a feasibility check to verify and guarantee the practical suitability of the model in hand.

This dissertation project focuses, in particular, on the selection of a suitable, cost-optimized location for the equipment yard, together with efficient route planning to minimize the cost of empty trucks. Strategic computations and considerations aim to enable improvements in efficiency in the shape of economies of scope and economies of scale during service provision to enable municipalities to generate long-term benefit from inter-municipal cooperation.

The advantageousness of inter-municipal cooperation is assessed by means of dynamic cost efficiency analysis. This involves comparing the costs of self-provision of the service to the same costs of providing the service through inter-municipal cooperation, based on capital values. A dynamic analysis of cost efficiency should focus especially on this aspect, given that residential areas are subject to constant change, which therefore necessitates probabilistic cost analysis over a long time period.

The advantageousness was verified with the aid of a simplified arithmetic example to demonstrate the economies of scale, better utilization of the equipment, shared utilization of resources, and the advantages of optimized location of the equipment yard complete with respective route planning. Added to which, validation of the strong practical relevance of this model was possible, making it easy to translate the results into practical application.

As such, readers were offered a systematically organized and structured decision-making model that allows municipalities to act more efficiently when performing their municipal tasks, and also offers arguments in favour of inter-municipal cooperation.

1 Einleitung - Ausgangslage

Der Werterhalt kommunaler Infrastruktur spielt eine wesentliche Rolle im Standortwettbewerb in der heutigen globalisierten Wirtschaft. Eine gute Infrastruktur wird heutzutage als selbstverständlich angesehen, wobei oftmals über das Spannungsfeld in welchem sich Schweizer Gemeinden, Städte und Kantone befinden, hinweggesehen wird.

Schweizer Gemeinden befinden sich in einem **Spannungsfeld** aus Bürgerzufriedenheit, Servicequalität und Kosteneffizienz, um auch zukünftig ihre Standortvorteile auszubauen und die Attraktivität der Gemeinde sicherzustellen. Während privatwirtschaftliche Unternehmen, gezwungen durch den ständigen Wettbewerbsdruck, vorwiegend auf Grund von ökonomischen Aspekten agieren, so spielt in der öffentlichen Aufgabenerfüllung auch der politische Aspekt eine wesentliche Rolle. Denn erst wenn Politiker die Notwendigkeit des Handelns und des Abweichens von bewährten Strukturen erkennen, können ökonomische Potentiale vollständig ausgeschöpft werden. Ferner werden Politiker angehalten nach einer langfristigen und somit an einer der Infrastruktur lebenszyklusorientierten Lösung zu arbeiten, um so den Komponenten Servicequalität, Bürgerzufriedenheit und Kosteneffizienz gerecht zu werden. Der von den Bürgern gewünschte hohe Qualitätsstandard der Infrastruktur sowie der ständig steigende Kostendruck auf öffentliche Verwaltungen setzen Schweizer Gemeinden unter einen ständigen Leistungsdruck. Es gilt, dem Paradigma „**value for money**“ in der öffentlichen Aufgabenerfüllung gerecht zu werden, um so den jeweiligen Standort der Gemeinde Attraktivität zu verleihen und dem Bürger folglich eine Infrastruktur auf hohem Qualitätsniveau zu bieten.

Die Reformbestrebungen zur Problemlösung in den Schweizer Gemeinden sind sehr vielfältig und reichen vom New Public Management (NPM), über Gebietsreformen und der Suche nach neuen kooperativen Formen der Zusammenarbeit, um die öffentlichen Aufgaben und deren dazugehörige Prozesse effizienter gestalten zu können. Schweizer Gemeinden, Städte und Kantone sind zur Lösung dieses oben genannten Spannungsfeldes daher vermehrt auf der Suche nach einer Effizienzsteigerung in der öffentlichen Aufgabenerfüllung, um den hohen Ansprüchen ihrer Bürger gerecht zu werden und um auch in Zukunft handlungsfähig zu bleiben zur Sicherung des Wohles ihrer Bürger.

Die Grundidee für das vorliegende Forschungsvorhaben lieferte bereits GIRMSCHIED (1999)⁶ mit der Entwicklung eines Modells für Werkhofkonzeptionierungen für Bauunternehmen sowie seinen Berechnungsmethoden für den optimierten Geräteeinsatz, um Effizienzsteigerungen im Bauunternehmen durch eine optimale Inventarbereitstellung von Baugeräten sicherstellen zu können.

⁶ Vgl. Girmscheid, G. (Bauhof- und Bauinventarmanagement 1999)

Weitere Forschungsstossrichtungen für das vorliegende Dissertationsprojekt wurden in GIRMSCHIED (2000) basierend auf dem Forschungsansatz SysBau^{®7} gegeben, mit dem es möglich wird, komplexe Systementscheidungen für eine operative Werkhofausstattung und einen optimalen Werkhofstandort mit zugehöriger Streckenplanung für den betrieblichen Strassenunterhalt auf rationaler Grundlage zu treffen und darüber hinaus einen klaren, systematischen und umsetzungsfähigen Ablauf zur rational gesteuerten, ursachen- und wirkungsbezogenen Entscheidungsfindung zu erreichen.

Aus diesen genannten Gründen wurde vom Schweizerischen Bundesamt für Strassen (ASTRA) das **Forschungsprojekt ASTRA 2008/004 „Prozess- und wirkungsorientiertes Management im betrieblichen Strassenunterhalt – Modell einer siedlungsübergreifenden Zusammenarbeit“** initiiert, das den Anstoss zur Umsetzung dieser Dissertation gab.

Die Entwicklung des interkommunalen Zusammenarbeitsmodell resultierte aus dem Wunsch und dem Bestreben der Gemeinden, Effizienzsteigerungen im Kommunalbereich nicht nur durch interne Umstrukturierungen und Prozessoptimierungen zu erreichen, sondern einen partnerschaftlichen und kooperativen Ansatz in der kommunalen Aufgabenerfüllung zu wählen.

Die vorliegende Forschungsarbeit hat zum Ziel, ein interkommunales Prozessmodell im Bereich des betrieblichen Strassenunterhalts zu entwickeln, das Wege zur Effizienzsteigerung und Kostenoptimierung im betrieblichen Strassenunterhalt aufzeigen soll. Schweizer Gemeinden wird damit eine Entscheidungsgrundlage für eine interkommunale Zusammenarbeit (IKZ) geboten, die es ermöglicht dem hohen Qualitätsanspruch der Bürger gerecht zu werden und gleichzeitig eine wirkungsorientierte Leistungserbringung in der Aufgabenerfüllung zu erreichen.

1.1 ASTRA-Projekt 2008/004

Das Forschungsprojekt „Prozess- und wirkungsorientiertes Management im betrieblichen Strassenunterhalt – Modell einer siedlungsübergreifenden Zusammenarbeit“ wurde in Kooperation mit dem Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement (IBI), dem Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT) der ETH Zürich sowie den Projektpartnern aus der Praxis, der Fa. WIFpartner AG und der Fa. Federas Beratung AG, durchgeführt (Organigramm vgl. Bild 1). Dieses Forschungsprojekt lieferte den Anstoss zur Durchführung der vorliegenden Dissertationsarbeit.

⁷ Vgl. Girmscheid, G. (Wettbewerbsvorteile durch kundenorientierte Lösungen 2000)

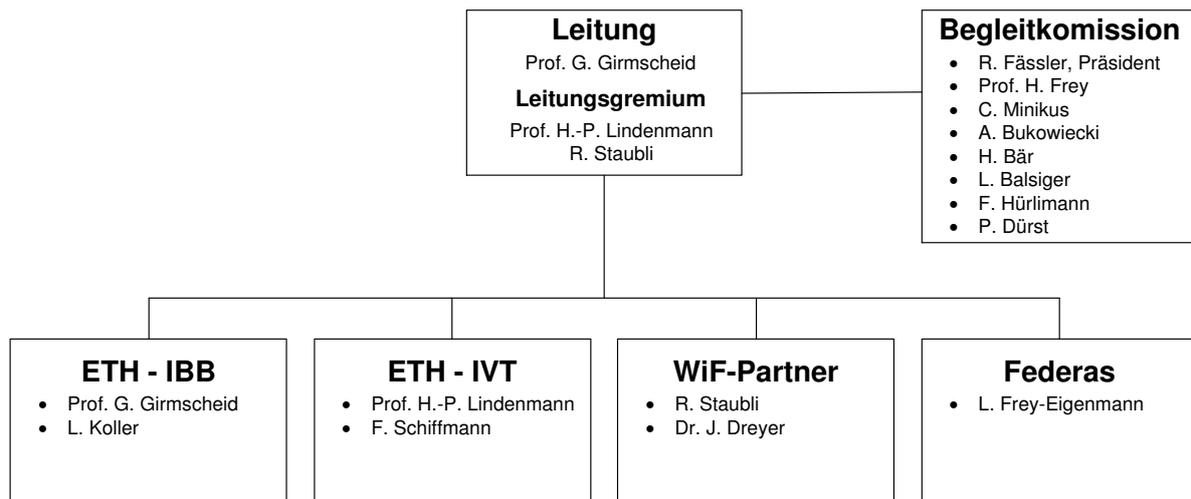


Bild 1: Organigramm des Forschungsprojektes ASTRA 2008/004

Das ASTRA-Forschungsteam setzte sich wie folgt zusammen:

IBI der ETH Zürich: Das Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement (IBI) der ETH Zürich wird seit 1996 von Prof. Dr.-Ing. Gerhard Girmscheid geleitet. Das IBI wurde mit der Federführung des ASTRA-Forschungsprojektes beauftragt. In der Forschungsarbeit ist das IBI für die betrieblichen und wirtschaftlichen Aspekte zur Entwicklung eines prozess- und wirkungsorientierten interkommunalen Zusammenarbeitsmodells im betrieblichen Strassenunterhalt verantwortlich.

IVT der ETH Zürich: Das Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme der ETH Zürich wird durch Prof. H.P. Lindenmann vertreten. Das IVT wirkte im Rahmen des ASTRA-Forschungsprojektes als Fachbegleitung, im Besonderen bei verkehrstechnischen Fragestellungen.

WIFpartner AG: Die Firma WIFpartner AG beschäftigt sich mit der Werterhaltung von Infrastrukturanlagen. Auf Basis ihrer praktischen Erfahrung im Bereich der Unterhaltsplanung für kommunale Strassennetze, hat WIFpartner AG in Teil B des ASTRA-Projektes die Erhebung und Auswertung empirischer Grundlagen sowie die Durchführung des Praxistests in den im Projekt beteiligten Gemeinden übernommen.

Federas Beratung AG: Die Firma Federas Beratung AG beschäftigt sich hauptsächlich mit der Organisation von Gemeindeverwaltungen. Federas Beratung AG beleuchtete im ASTRA-Forschungsarbeit mögliche kommunale Zusammenarbeitsformen aus politischer und rechtlicher Sicht.

1.2 Problemstellung

In vielen Bereichen der Kommunalverwaltungen der Schweiz werden seit längerem neue Formen der Zusammenarbeit zwischen Gemeinden, insbesondere auch weitgreifende Gemeindefusionen diskutiert. Alternativ zu einer in der Regel politisch schwer umsetzbaren Gemeindefusion kann die Zusammenlegung der Aufgabenerfüllung in einem Teilbereich bereits zu einer Effizienzsteigerung in der öffentlichen Aufgabenerfüllung beitragen.

Ein mögliches Anwendungsgebiet für eine solche siedlungsübergreifende Zusammenarbeit respektive interkommunale Kooperation stellt der kommunale betriebliche Strassenunterhalt dar. Dieser wird derzeit mehrheitlich als klassische Eigenleistung erbracht, wobei beobachtet werden kann, dass insbesondere Gemeinden mit kleiner bzw. mittlerer Einwohnerzahl keine optimale Grösse aufweisen, um einen kostenoptimierten betrieblichen Strassenunterhalt gewährleisten zu können. Ein bereits erfolgreich umgesetztes Beispiel einer interkommunalen Zusammenarbeit findet sich im Bereich der Abwasserreinigungsanlagen in die Schweiz, dessen Benutzung bereits in einigen Gemeinden der Schweiz siedlungsübergreifend erfolgt.

Insbesondere kleinere Gemeinden stossen vermehrt an ihre Leistungsgrenzen in der kommunalen Aufgabenerfüllung und sind nicht in der Lage die komplexe Vielfalt des Strassenbetriebes kostengerecht durchzuführen. Dies hat zur Folge, dass die Geräteausstattung der kommunalen Werkhöfe eine sehr schlechte Auslastung aufweist verbunden mit einer hohen finanziellen Belastung und daraus folgenden Einbussen in der Effizienz der Leistungserbringung.

Bei einer siedlungsübergreifenden Zusammenarbeit als Kooperation der Gemeinden wird erwartet, dass diverse betriebliche und organisatorische Vorteile (beispielsweise Skalenerträge) erzielt werden können. Es wird vermutet, dass eine Effizienzsteigerung durch Grössenvorteile beispielsweise durch eine verbesserte Auslastung des Inventars und des Personals, durch den Aufbau von Spezialwissen innerhalb der Zusammenarbeit sowie durch Senkung der durchschnittlichen Betriebs- und Investitionskosten erreicht werden kann. Es ist jedoch weitgehend unbekannt, wie eine Umsetzung dieser Vorteile durchgeführt werden kann und welche Kosteneinsparungen tatsächlich erreicht werden können.

1.3 Besonderheiten der Schweizer Gemeinden

Schweizer Gemeinden nehmen eine besondere Stellung ein und sind laut STEINER (2002) ein „wesentlicher Identifikationspunkt für die Schweizer Bevölkerung“⁸. Sie sind als eine dem Staat eingegliederte Gebietskörperschaft zu sehen, die durch Selbstverwaltung mit eigenen gewählten Organen alle Angelegenheiten der örtlichen Gemeinschaften im Rahmen der Gesetz in eigener Verantwortung regelt.⁹

Die Schweizer Gemeinden stehen unter der Oberaufsicht der jeweiligen Kantone, die für die Organisation und die Bestimmung der Aufgaben der Gemeinden zuständig sind. Den Gemeinden ist es selbst überlassen innerhalb der kantonalen Gesetzgebungen eine geeignete Organisation sowie Verwaltungsstruktur zu bilden, Steuern zu erheben und ebenso jene Aufgaben selbstständig zu erfüllen, die nicht in die Kernkompetenz der Kantone oder des Bundes fallen.¹⁰

Laut LADNER (2000) ist bei Schweizer Kantonen eine Tendenz zur zentralen strategischen Steuerung bei den zu übertragenden Aufgaben festzustellen, während bei der operativen Umsetzungen den Gemeinden mehrheitlich ein immer grösserer Gestaltungsspielraum zugestanden wird.¹¹ Da sich wie erwähnt die Gemeinden unter der politischen Aufsicht der Kantone befinden, unterscheiden sich sowohl der politische und administrative Aufbau der Kommunen als auch die Aufgabenbereiche und Grössen der Gemeinden stark von Kanton zu Kanton.¹² Zudem können Gemeinden in Gemeindetypen wie

- Zentren,
- Suburbane Gemeinden,
- Einkommensstarke Gemeinde,
- Periurbane Gemeinde,
- Touristische Gemeinden,
- Industrielle Gemeinden
- Etc.

eingeteilt werden (siehe Bild 2).

⁸ Steiner, R. (IKZ und Gemeindezusammenschlüsse in der Schweiz 2002)

⁹ Vgl. Geiger, W. (Die Gemeindeautonomie und ihr Schutz nach schweizerischem Recht 1950), S. 132; Friedrich, U., et al. (Neubildung politischer Gemeinden im Kanton Schaffhausen 1998)

¹⁰ Vgl. Linder, W. (Schweizerische Demokratie 2012); Friedrich, U., Rechtsformen interkommunaler Zusammenarbeit; In: Information der Dokumentationsstelle Raumplanungs- und Umweltrecht, S.1-10 (1997);

¹¹ Vgl. Ladner, A. (Gemeindereformen zwischen Handlungsfähigkeit und Legimitation 2000)

¹² Vgl. Schweizerisches Bundesamt für Statistik (2013) (http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/regionen/11/geo/institutionelle_gliederungen/01b.html) abgerufen am 25.02.2013

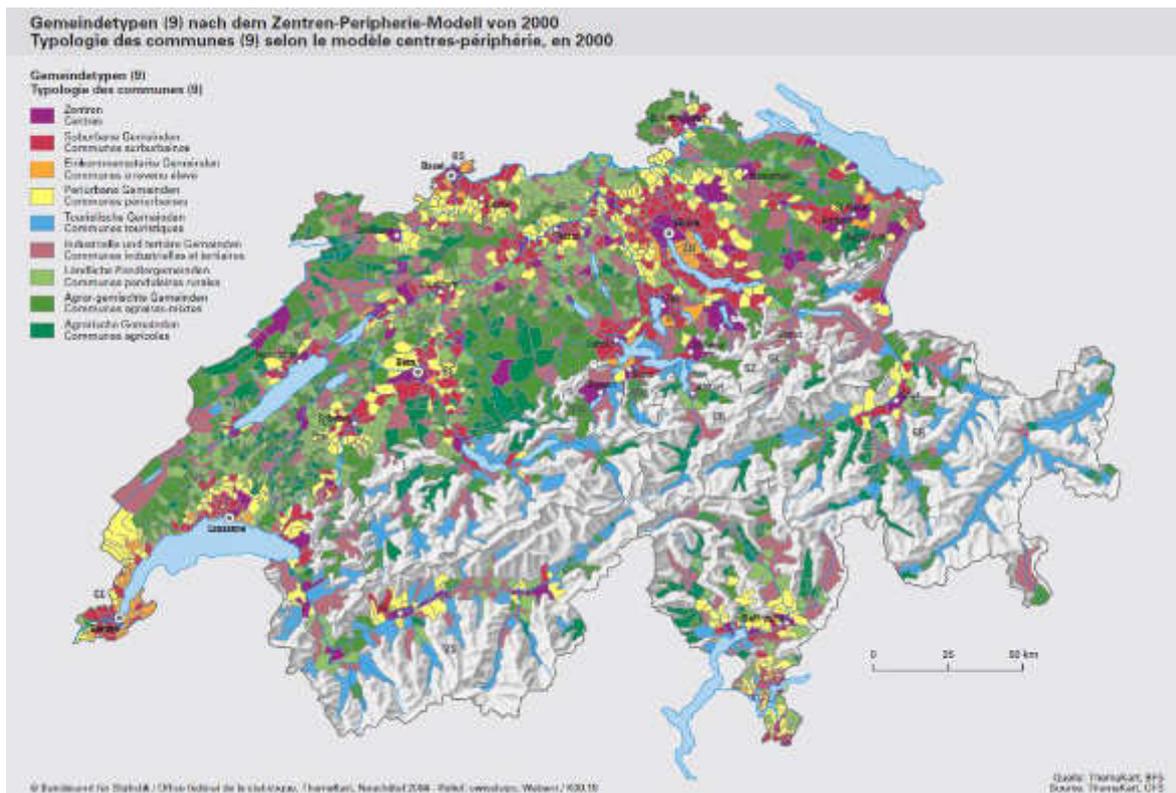


Bild 2: Gemeinden der Schweiz sortiert nach Gemeindetypen¹³

1.3.1 Dezentralisation

Schweizer Gemeinden sind stark durch eine **Dezentralisation der Aufgaben** gekennzeichnet. HÄFELIN und MÜLLER (1998) verstehen unter Dezentralisation „*dass die Erfüllung bestimmter sachlicher Aufgaben einem besonderen Verwaltungsorgan ausserhalb der Zentralverwaltung übertragen wird, das über eine gewisse Selbstständigkeit (Autonomie) verfügt*“.¹⁴

Die Vor- und Nachteile der kommunalen Dezentralisation werden in der einschlägigen Literatur häufig diskutiert. Eine allgemeine, grobe Zusammenfassung auf Basis politökonomischer und verwaltungssoziologischer Sicht wird in Tabelle 1 gezeigt.

¹³ Vgl. Schweizerisches Bundesamt für Statistik (Gemeindetypologie 2000); http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/regionen/11/geo/raeumliche_typologien/01.html abgerufen am 18.11.2010

¹⁴ Häfelin, U., Müller, G. (Grundriss des allgemeinen Verwaltungsrechts 1998), Rz. 993

Tabelle 1: Vor- und Nachteile der kommunalen Dezentralisation¹⁵

Vorteile der Dezentralisation	Nachteile der Dezentralisation
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Thematisierung (Öffentliche Aufgaben bleiben auf der Tagesordnung) ▪ Effizienz (Entscheidungen, die dezentral gefällt werden, sind sach- und bedarfsgerechter) ▪ Regionalität (Aufgaben können besser regionsbezogen unter Einfluss der Bevölkerung bewältigt werden; Berücksichtigung lokaler Interessen; Mehr Beteiligung der ortsbezogenen Politik) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Differenzen (Durchführungs- und Entscheidungsspielraum führt zu Differenzen in der Umsetzung von Gesetzen) ▪ Trägheit (Mehrere Akteure sowie unterschiedliche Interessen können zu langen Entscheidungswegen und trägem Agieren führen) ▪ Interessen (Das Gesamtinteresse des Kantons und Bundes rückt hinter die Einzelinteressen)

1.3.2 Subsidiaritätsprinzip

Ein Charakteristikum zur Beschreibung der Beziehung zwischen Kanton und Gemeinden stellt das sogenannte Subsidiaritätsprinzip dar. Dieses ist als Grundgedanke der Aufgaben- und Kompetenzteilung zwischen Gemeinden und Kanton zu verstehen, welches einerseits der Frage nachgeht, welche Aufgabenerfüllung von den Kommunen ausgeführt werden soll bzw. muss. FUCHS (1993) stellte fest: „*So viel kommunale Aufgabenerledigung wie möglich, soviel Staat wie nötig*“.¹⁶

Das Subsidiaritätsprinzip verlangt somit, dass der Kanton nur in jene Aufgaben eingreift, die es sachlich bedingen während es angestrebt werden soll, Aufgaben auf möglichst tiefer staatlicher Ebene zu erfüllen. STEINER (2002) schliesst daraus, dass so viele Aufgaben wie möglich von Gemeinden übernommen werden sollen unter der Voraussetzung, dass es den Gemeinden sowohl sachlich möglich ist, als auch zu quantitativ und qualitativ guten Entscheidungen und Ergebnissen führt.¹⁷

¹⁵ Vgl. Steiner, R. (IKZ und Gemeindezusammenschlüsse in der Schweiz 2002), S.39; Naßmacher, H., Naßmacher, K.-H. (Kommunalpolitik in Deutschland 2007)

¹⁶ Fuchs (1993) In: Herkenrath, A., Voigt, H. (Im Dienste der Bürger : Politik für die Gemeinden 1993)

¹⁷ Vgl. Steiner, R. (IKZ und Gemeindezusammenschlüsse in der Schweiz 2002), S. 42

1.3.3 Autonomie der Gemeinden

Eine weitere Besonderheit der Schweizer Gemeinden ist ein hohes Mass an **Autonomie**. Während bis 1999 in der Schweizer Bundesverfassung die Gemeinden nicht erwähnt wurden, garantiert Art. 50 der neuen Bundesverfassung von 1999 die Gemeindeautonomie nach Massgabe des Kantonalen Rechts. Zudem wird der Bund angehalten so zu handeln, dass auf die Gemeinden sowie im Besonderen auf die Situation der Städte, Agglomeration und Berggebiete Rücksicht genommen wird.¹⁸

Laut STEINER (2002) unterliegt die Autonomie der Gemeinden eine dynamische Entwicklung, die nicht nur Veränderungen beispielsweise in den finanziellen Randbedingungen und dem sozialen Gefügen mit sich bringt, sondern auch zu einer Veränderung in der Komplexität öffentlicher Aufgaben führt. Damit einhergehend wird zunehmend auch eine Veränderung der Ansprüche an die kommunalen Leistungserbringer durch die Bürger wahrgenommen.¹⁹

FRIEDRICH, et al. (1998) spricht dann von Gemeindeautonomie, wenn Gemeinden selbstständig bestimmen können, welche Aufgaben sie wählen und in welcher Art und Weise die Aufgabenerfüllung zu erfolgen hat.²⁰

Ein wesentliches Element zur Aufrechterhaltung der Gemeindeautonomie stellt der **Finanzausgleich** dar. Dieser sorgt dafür, dass alle Gemeinden ihre Autonomie sowie ihre kommunalen Grundaufgaben wahrnehmen können, ohne dass die Gemeindesteuerfüsse übermässig voneinander abweichen. Dies hat zur Folge, dass eine sparsame Nutzung der Steuergelder erfolgen und ein fairer Wettbewerb zwischen den Gemeinden bestehen kann.²¹

1.3.4 Aufgaben der Gemeinden

Wie eingangs erwähnt, wird der Umfang der Gemeindeautonomie nach Massgabe des Kantonalen Rechts bestimmt. Ebenso ist auch der Aufgabenbereich, den Gemeinden wahrzunehmen haben je nach Kanton unterschiedlich.

In der Unterscheidung von kommunalen Aufgaben spricht man von Aufgaben mit übertragenem Wirkungskreis und jenen mit eigenem Wirkungskreis. Bei übertragenen Kommunalaufgaben wird die Gemeinde mit dem Vollzug des kantonalen Rechts beauftragt. Im Gegensatz dazu ist bei Aufgaben mit eigenem Wirkungskreis nicht nur ihr Vollzug durchzuführen, sondern auch die rechtliche Regelung.²²

¹⁸ Vgl. Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft SR 101, Art. 50, 1999

¹⁹ Vgl. Steiner, R. (IKZ und Gemeindezusammenschlüsse in der Schweiz 2002), S. 44

²⁰ Vgl. Friedrich, U., et al. (Neubildung politischer Gemeinden im Kanton Schaffhausen 1998)

²¹ Vgl. Homepage des Kantons Zürich

(<http://www.finanzausgleich.zh.ch/internet/microsites/finanzausgleich/de/home.html>); abgerufen am 09.01.2014

²² Vgl. Zimmerli, U. (Bundesverfassung-Konsequenzen für Praxis und Wissenschaft 2000); Steiner, R. (IKZ und Gemeindezusammenschlüsse in der Schweiz 2002), S. 50

Folgende Aufgaben zählen vermehrt zu den kommunalen Kernaufgaben und somit auch zur Autonomie der Gemeinden:

- **Organisation und Verwaltung:**
Erlass der Gemeindeordnung, Wahl der Exekutiv- und Verwaltungsorgane, Verwaltung und Beschaffung der Finanzen, Festlegung des Steuersatzes, etc.
- **Sozialwesen:**
Alters- und Sozialfürsorge, Gesundheitswesen
- **Bildung:**
Kindergärten und Schulen
- **Bau:**
Kehrrichtabfuhr, Ver- und Entsorgung (Wasser, Gas,...), Gemeindestrassen, Kultur- und Sporteinrichtungen

Trotz grober Zuteilungsmöglichkeiten ist es laut STEINER (2002) oftmals schwierig, eine genaue Zuordnung einer jeden kommunalen Aufgabe zu treffen. Vielmehr ist eine Auslegung der Gesetzestexte gefragt, um konkrete Fragestellungen bezüglich der eindeutigen Zuordnung kommunaler Aufgaben treffen zu können.²³

1.3.5 Fragmentierte Gemeindestrukturen

Neben der hohen Autonomie der Gemeinden ist besonders die kleinräumige Struktur der Schweiz hervorzuheben, die besonders im internationalen Kontext zum Vorschein tritt. Während die grösste Gemeinde Zürich 393'595 Personen²⁴ zählt, sind in der Tessiner Gemeinde Corippo lediglich ca. 20 Einwohner gemeldet. Daraus ist bereits gut ersichtlich, dass sich die Schweizer Gemeindeflandschaft durch eine hoch fragmentierte Struktur auszeichnet.

Während in den Jahren 1990 bis 2000 ein Gemeinderückgang im amtlichen Gemeindeverzeichnis von ca. 4 % verzeichnet werden konnte, hat sich alleine zwischen den Jahren 2000 und 2010 die Zahl der Gemeinden in der Schweiz um 11% verringert. Dies entspricht einer Abnahme von durchschnittlich 30 Gemeinden pro Jahr.

Bild 3 und Tabelle 2 stellen den Gemeinderückgang in der Schweiz in den Jahren 1999 bis 2013 dar. Daraus ist ersichtlich, dass die Gesamtzahl der Schweizer Gemeinden kontinuierlich (vorwiegend durch Fusionen) abnimmt.

²³ Vgl. Steiner, R. (IKZ und Gemeindefzusammenschlüsse in der Schweiz 2002)

²⁴ Vgl. Quartalsbericht zu Bestand und Bewegungen der Bevölkerung der Stadt Zürich, Statistik Stadt Zürich, (2012) (http://www.stadtzuerich.ch/content/prd/de/index/statistik/publikationsdatenbank/Periodika/Bevoelkerung_Stadt_Zuerich/BEV_3Q_2012.html)

Tabelle 2: Rückgang der Gemeindeanzahl von 1999 - 2013²⁵

	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000	1999
Anzahl	2408	2495	2551	2596	2636	2715	2721	2740	2763	2815	2842	2865	2880	2899	2903

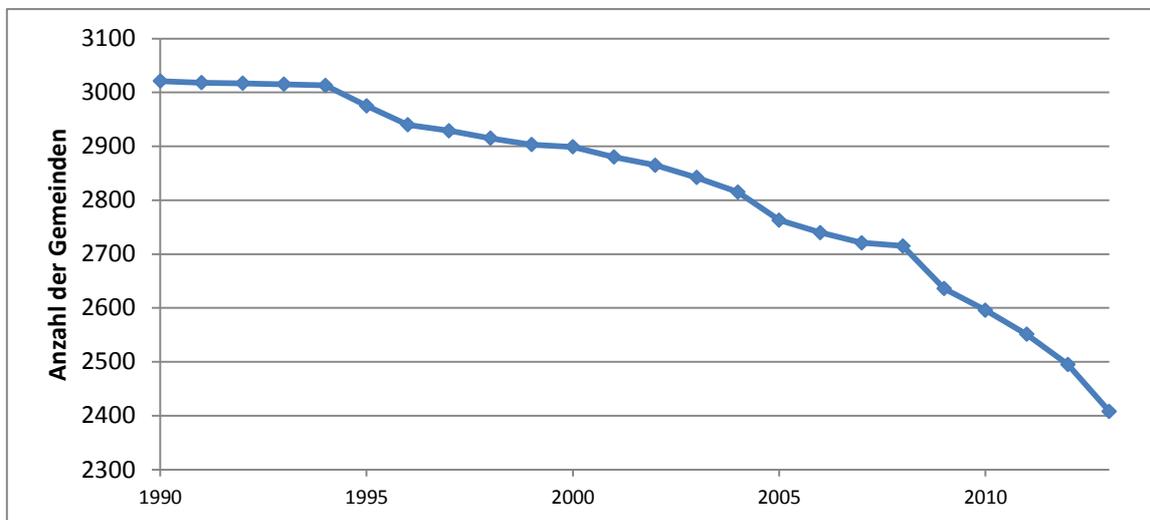
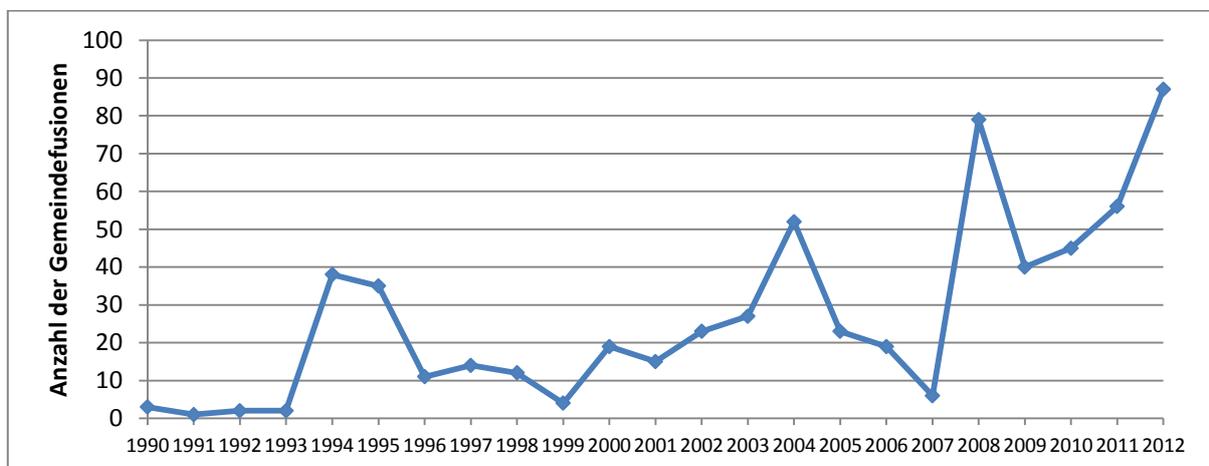
Bild 3: Entwicklung der Anzahl Schweizer Gemeinden von 1990 bis 2013²⁶

Bild 4 zeigt die steigende Tendenz und kontinuierliche Zunahme der Anzahl der jährlichen Gemeindefusionen in den Jahren 1990 bis 2012.

Bild 4: Anzahl der Schweizer Gemeindefusionen in den Jahren 1990 bis 2012²⁷

²⁵ Vgl. Historisches Gemeindeverzeichnis der Schweiz; <http://www.portal-stat.admin.ch/gde-tool/core/xshared/gewo.php?lng=de-de>; abgerufen am 25.02.2013

²⁶ Bundesamt für Statistik, Räumliche Struktur (2010), S. 1 (<http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/regionen/22/publ.html?publicationID=4219>) aufgerufen am 30.03.2012

²⁷ Bundesamt für Statistik, Räumliche Struktur (2010), S. 1 (<http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/regionen/22/publ.html?publicationID=4219>) aufgerufen am 30.03.2012

Während sich die Abnahme der Gemeindeanzahl durch Fusionen erklären lässt, ist die Zunahme der Anzahl grösserer Gemeinden hauptsächlich durch Bevölkerungswachstum zu erklären. Bild 5 zeigt die durchschnittliche Anzahl der Einwohner pro Gemeinde je nach Kanton.

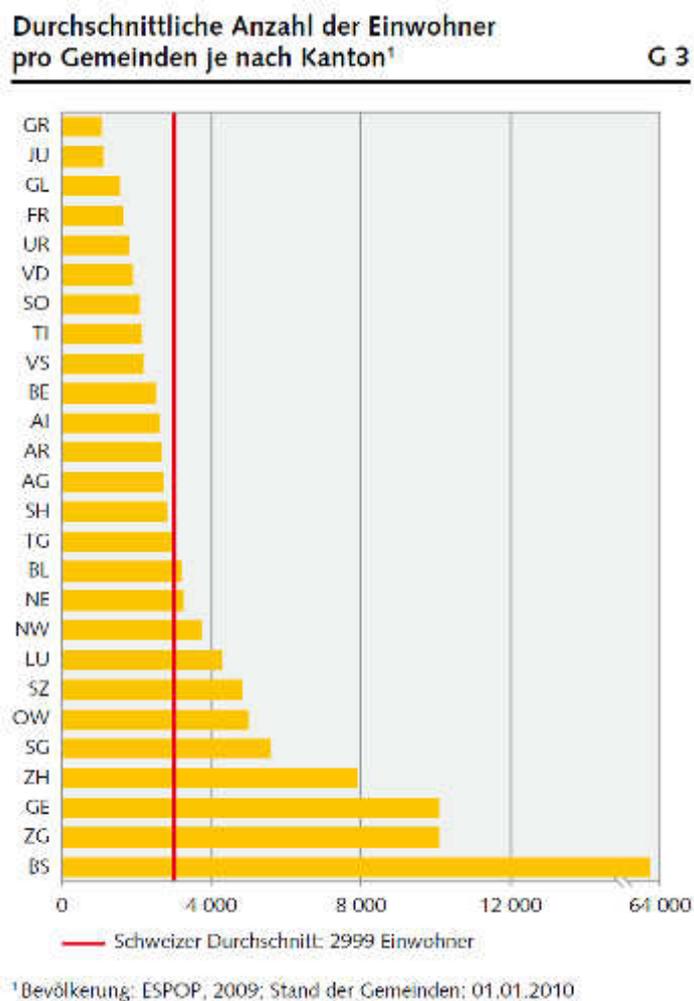


Bild 5: Durchschnittliche Anzahl der Einwohner pro Gemeinden je nach Kanton²⁸

²⁸ Bundesamt für Statistik, Amtliches Gemeindeverzeichnis der Schweiz, ESPOP 2009

1.4 Schweizer Gemeinden und das New Public Management (NPM)

Unter der Prämisse, dass Schweizer Kommunen in der öffentlichen Aufgabenerfüllung zunehmend an ihre Leistungsgrenzen stossen und zumeist unter Kostendruck arbeiten müssen, haben sich bereits in den 1990er Jahren eine Vielzahl an Reformen gebildet, die unter dem Begriff des „*New Public Managements*“ (NPM) subsummiert werden können.

Der Begriff des New Public Managements versinnbildlicht eine weltweit erkennbare Bewegung im Verwaltungsreformwesen, die Umstrukturierungen im öffentlichen Sektor sowohl durch Verbesserung der Effektivität und Effizienz sowie durch Bürgerorientierung anstrebt.²⁹ Vor allem die institutionelle Sichtweise der Verwaltung und die ihrer Steuerung prägen das „Neue“ am New Public Management. In Deutschland wurden die Reformen daher auch als „Neues Steuerungsmodell“ zusammengefasst; in Österreich und der Schweiz etablierte sich der eher inhaltlich orientierte Begriff der „Wirkungsorientierten Verwaltungsführung“.³⁰

Grundsätzlich werden dem New Public Management folgende Schwerpunkte zu Grunde gelegt:³¹

- **Wirkungsorientierung:** Das Handeln der Verwaltungen sollte sich an den daraus resultierenden Wirkungen orientieren, wobei als „Zwischenstufe“ zur besseren Messbarkeit und Steuerung die Leistungsorientierung zu nennen ist (z. B. Leistungsindikatoren, Evaluation, etc.).³²
- **Organisationsorientierung:** Ziel ist es, eine klare Organisation in der öffentlichen Aufgabenerfüllung zu schaffen, die sich durch Hierarchieverflachung, Dezentralisierung sowie strukturiertem Prozessmanagement auszeichnet.
- **Kulturorientierung:** Ein primäres Ziel des NPM soll es sein, den Fokus auf Kundenorientierung (Berücksichtigung der Kundenbedürfnisse) zu legen sowie vermehrt auf hohe Qualitätsansprüche Rücksicht zu nehmen. Ferner gilt es eine moderne Führungskultur sowie Unternehmensstruktur aufzubauen.
- **Wettbewerbsorientierung:** Zunehmender Wettbewerb führt meist zu einer effizienteren Verwendung der Ressourcen. Dieser soll durch Benchmarking sowie Kontraktmanagement gefördert werden, um so ein wirkungs- und wettbewerbsorientiertes Handeln zu bewirken.

²⁹ Vgl. Budäus, D. (New Public Management 1998)

³⁰ Vgl. Schedler, K., Proeller, I. (New Public Management 2009), S. 5

³¹ Vgl. Ritz, A. (Evaluation von New Public Management 2003), S. 16; Schedler, K., Proeller, I. (New Public Management 2009), S. 47ff;

³² Vgl. Schedler, K., Proeller, I. (New Public Management 2009), S. 71ff.

Aus diesen Grundsätzen ergeben sich nach SCHEDLER und PROELLER (2009) folgende Handlungsfelder des Public Managements:³³

- **Strategie:** Auf welche Visionen, Aufgaben und Ziele soll die Verwaltung ausgelegt werden?
- **Struktur:** Wie soll die Aufbau- und Ablauforganisation innerhalb der Verwaltung samt ihrem zugehörigen Reglement aussehen?
- **Potential:** Wie kann das Potential der Verwaltung in Bezug auf die Fähigkeiten des Personals, des vorhandenen Wissens und der technischen Infrastruktur besser ausgenutzt werden?

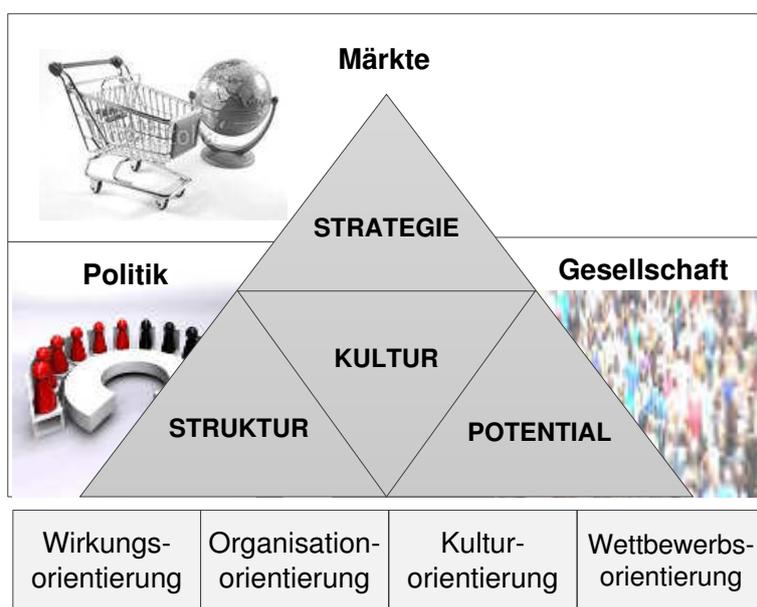


Bild 6: Handlungsfelder des New Public Managements³⁴

SCHEDLER und PROELLER (2009) formulieren treffend, dass es kein einheitlich umsetzbares NPM-Modell gibt. Vielmehr bedarf es einer (gemeinde-)individuellen Anpassung respektive unterschiedlichen nationalen Ausprägung.

³³ Vgl. Schedler, K., Proeller, I. (New Public Management 2009), S. 20

³⁴ In Anlehnung an Schedler, K., Proeller, I. (New Public Management 2009), S. 21

1.5 Das NPM im betrieblichen Strassenunterhalt

Die Grundgedanken und Schwerpunkte des New Public Managements können auch erfolgreich auf den Bereich des betrieblichen Strassenunterhalts übertragen werden. Erste Entwicklungsperspektiven in der Anwendung des NPM im betrieblichen Strassenunterhalt wurden von DURTH und BERNHARD (2001)³⁵ aufgezeigt.

Ein wesentliches Kernelement des New Public Managements ist die **ergebnis- und wirkungsorientierte Steuerung des betrieblichen Strassenunterhalts** mit dem Ziel, eine Effizienzsteigerung bzw. Kostenoptimierung in jeweiligen Leistungsbereichen (Grünpflege, Strassenreinigung, Winterdienst, etc.) zu erreichen. Die vorliegende Forschungsarbeit liefert einen Beitrag zur **Leistungsorientierung**, indem Methoden und Prozesse vorgestellt werden, die die Leistungen im betrieblichen Strassenunterhalt quantifizierbar und nachvollziehbar (Leistungsindikatoren) machen. Dadurch soll eine vereinfachte Beurteilung der Leistungen möglich sein mit dem Ziel, daraus Effizienzpotentiale ableiten zu können.

Dem Element der **Organisationsoptimierung** wird dadurch Rechnung getragen, dass für einen interkommunalen Zusammenschluss eine klare Organisation geschaffen werden soll, die ein klar strukturiertes Prozessmanagement verfolgt und für die kommunale Aufgabenerfüllung zuständig ist.

Die **Kulturorientierung** soll im vorliegenden Prozessmodell als Grundanforderung definiert werden, da sich darin die Bedürfnisse der Bürger widerspiegeln. Effizienzoptimierungen dürfen nur unter der Prämisse der Erhaltung des geforderten Qualitätsstandards erfolgen.

Die **Wettbewerbsorientierung** soll durch Steigerung der Wirtschaftlichkeit und durch eine höhere Kostentransparenz erreicht werden, um flexibel im Umfeld agieren zu können.³⁶

Um diesen Zielen und Kernelementen des NPM gerecht zu werden, zeigt Bild 7 schematisch wie eine Kostentransparenz zur Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit erreicht werden kann. Einerseits bedarf es einer effizienten Arbeitsplanung sowie Leistungs- und Kostenerfassung auf operativer Ebene, andererseits müssen bereits auf strategischer Ebene realistische Leistungsziele und -anforderungen definiert werden, um den Grundsätzen des New Public Managements zur Wirkungs-, Organisations-, Kultur- und Wettbewerbsorientierung (Bild 6) gerecht zu werden. Eine detaillierte Abhandlung zu den Prozessen auf operativer und strategischer Ebene werden im Kapitel 6 Operatives Prozessmodell – Geräteeinsatzoptimierung sowie in Kapitel 7 Operatives Prozessmodell – Werkhofstandort- und Routenoptimierung erläutert.

³⁵ Durth, W., Bernhard, B. (Einführung von New Public Management in der betrieblichen Strassenunterhaltung 2001)

³⁶ Vgl. Bundesministerium für Verkehr Bau- und Stadtentwicklung (Massnahmenkatalog Strassenbetriebsdienst MK1 2006)

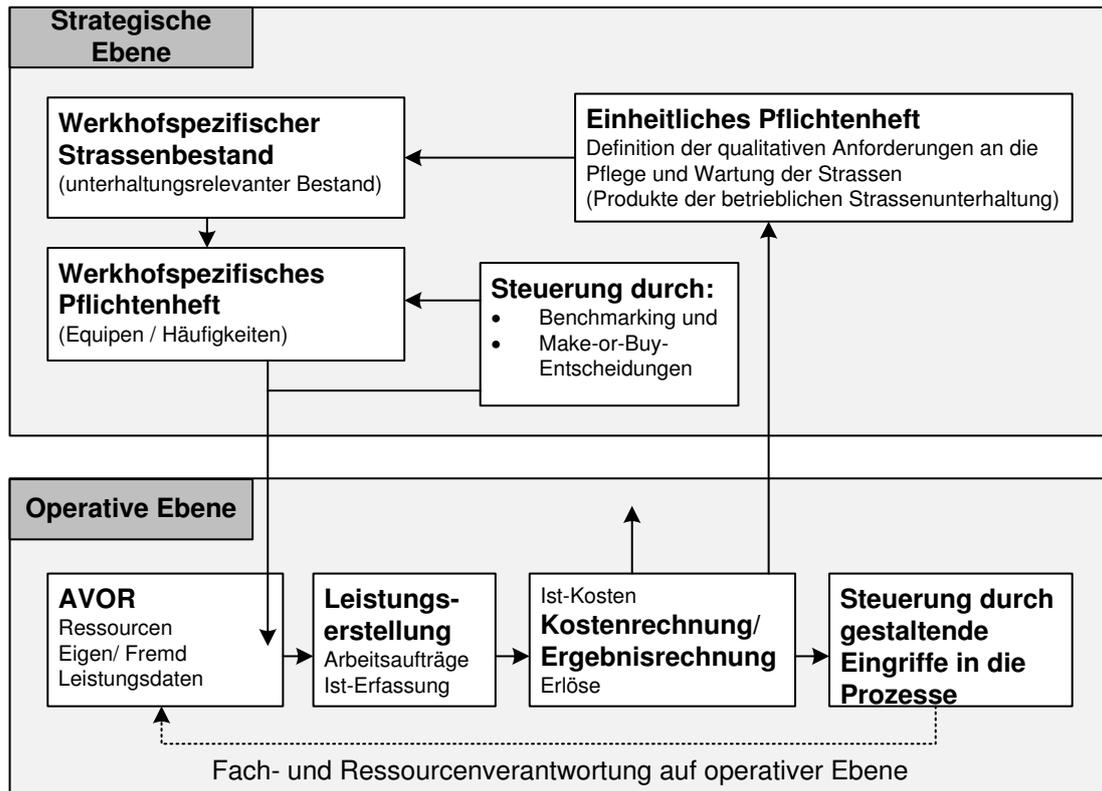


Bild 7: Steuerung des betrieblichen Strassenunterhalts³⁷

³⁷ Vgl. in Anlehnung an BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR BAU- UND STADTENTWICKLUNG (Massnahmenkatalog Strassenbetriebsdienst MK1 2006)

1.6 Aufbau der Forschungsarbeit

Die vorliegende Forschungsarbeit gliedert sich in drei Hauptbereiche. Im ersten Teil erfolgt die Einführung in den Forschungsgegenstand mit Zielsetzung, Stand der Praxis und Forschung, dem Definieren der Forschungslücke sowie der Erläuterung des Lösungsansatzes. Der zweite Teil versteht sich als Kernelement der Dissertation und behandelt die Entwicklung des Prozessmodells mit abschliessendem Realisierbarkeitstest. Im letzten Teil erfolgen die zusammenfassende Beurteilung und der Ausblick auf den weiteren Forschungsbedarf.

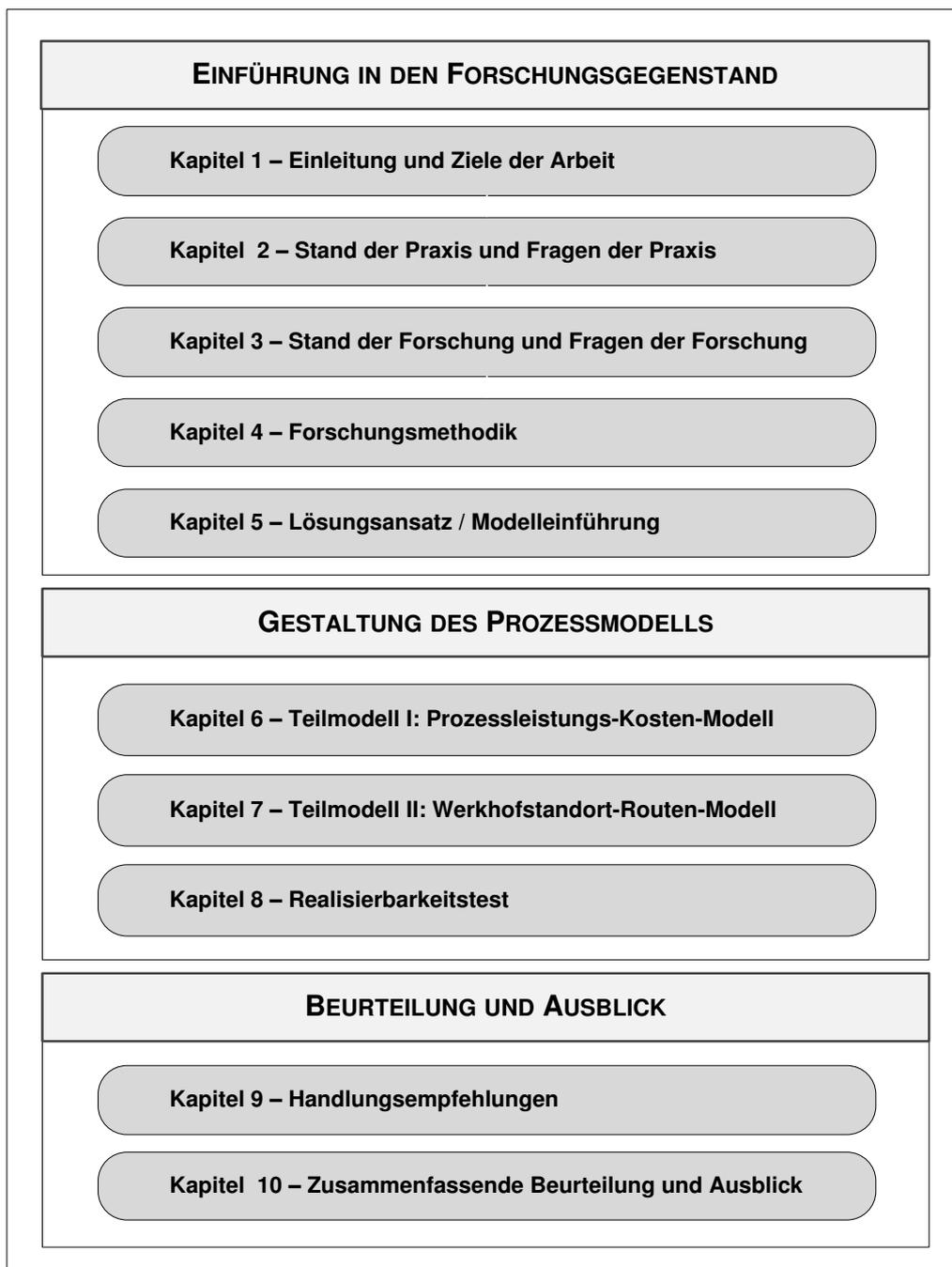


Bild 8: Aufbau der Forschungsarbeit

1.7 Ziele der Forschungsarbeit

Das Ziel des vorliegenden Dissertationsprojektes „Prozessmodell zur Entscheidungsfindung für interkommunale Kooperationen von Infrastruktur-Unterhaltsbetrieben zur wirtschaftlichen Optimierung des betrieblichen Strassenunterhalts“ besteht in der Modellierung und Ausgestaltung eines interkommunalen betrieblichen Strassenunterhalts mit besonderem Fokus auf eine daraus resultierende Effizienzsteigerung bzw. Kostenoptimierung in der öffentlichen Aufgabenerfüllung. Dabei gilt es die Vor- und Nachteile sowie die Eignung der jeweiligen Organisationsform einer siedlungsübergreifenden Zusammenarbeit auszuarbeiten und der öffentlichen Hand eine Entscheidungsgrundlage für ein siedlungsübergreifendes Zusammenarbeitsmodell zu bieten.

Auf Basis des New Public Managements soll ferner eine wirkungsorientierte Prozessgestaltung aufgezeigt werden, die die operativen Prozesse hinsichtlich des Geräte- und Personaleinsatzes optimiert und gleichzeitig auch den hohen Ansprüchen der Bürger gerecht wird.

Ziel des Teilmodells I auf operativer Prozessebene ist es, eine Zielfunktion zur optimalen Geräteausstattung zu entwickeln. Es soll prozessorientiert eine Berechnungsmethode entwickelt werden, die eine optimierte Kosten-Leistungs-Funktion liefert und so den kommunalen Entscheidungsträgern Methoden zur Leistungsmessung und Leistungssteuerung zur Verfügung stellt. Durch Anwendung dieser Berechnungsmethode soll eine bessere Auslastung des Maschinenparks sowie generell eine bessere Ressourcenverwendung (Personal, Material, etc.) erreicht werden. Zudem soll den Werkhofverantwortlichen ein Tool zur Verfügung gestellt werden, das die Simulation von Leistungsgrenzen je Leistungsgerät mit den jeweiligen Kostenparametern erlaubt.

Ziel des Teilmodells II (basierend auf den Grundlagen des Teilmodells I) ist die Fokussierung auf die Ausgestaltung einer interkommunalen Kooperation. Ein besonderer Schwerpunkt soll auf die Auswahl eines geeigneten und kostenoptimalen Werkhofstandortes in Verbindung mit einer wegoptimierten Routenplanung zur Minimierung von Leerfahrtkosten gelegt werden. Es soll eine Zielfunktion innerhalb der siedlungsübergreifenden Zusammenarbeit entwickelt werden, die es ermöglicht, den besten Ort eines siedlungsübergreifenden Werkhofes unter Berücksichtigung von definierten gemeindespezifischen Randbedingungen zu bestimmen.

Die vorliegende Forschungsarbeit hat zum Ziel, die Frage nach einer optimalen Grösse der leistungserbringenden interkommunalen Netzgrösse und dem damit verbundenen Einsatz effizienter Betriebsmittel (Einsatz der Unterhaltsgeräte) zu klären. Zur Umsetzung dieses Vorhabens soll ein besonderer Fokus auf die Beurteilung der Vorteilhaftigkeit respektive Wirtschaftlichkeit auf Basis einer dynamischen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des interkommunalen Zusammenschlusses gelegt werden.

Die theoretisch entwickelten Modellergebnisse sollen abschliessen anhand eines **Realisierbarkeitstests** angewendet werden. Dabei soll die Vorteilhaftigkeit eines interkommunalen Zusammenschlusses als Rechenbeispiel in Form von Grössenvorteilen (*economies of scope and scale*, etc.), besserer Auslastung der Geräte, gemeinsamer Nutzung von Ressourcen, sowie die Vorteilhaftigkeit eines optimierten Werkhofstandortes mitsamt der zugehörigen Routenplanung nachgewiesen werden. Wichtig ist zudem die Überprüfung der Anwendbarkeit und Praxistauglichkeit des vorliegenden Prozessmodelles auf Basis eines Realisierbarkeitstests.

2 Stand der Praxis und Fragen der Praxis

2.1 Stand der Praxis – Betrieblicher Strassenunterhalt

Ein modernes und zukunftsorientiertes Management des Strassenbetriebsdienstes erfordert nachhaltige Ansätze im Bereich des betrieblichen Strassenunterhalts in Bezug auf eine umweltschonende Durchführung der Aufgaben, einen qualitativ hochwertigen Unterhalt zur Sicherung der langfristigen sozialen und wirtschaftlichen Attraktivität der Infrastruktur für die Bewohner und der regionalen Wirtschaft. Zugleich soll eine wirtschaftliche Aufgabenerfüllung zur Sicherung des Standortvorteils der Gemeinde durch Anwendung des ökonomischen Minimalprinzips erreicht werden. Um all diesen Anforderungen gerecht zu werden, wurden in den vergangenen Jahren vermehrt Forschungsanstrengungen geführt, die einen effektiven Strassenunterhalt ermöglichen ohne den öffentlichen Haushalt weiter zu belasten.

2.1.1 Normative Grundlagen im betrieblichen Strassenunterhalt

Die Aufgabe des Normungswesens ist es, den Stand der Technik widerzuspiegeln und den Vertragspartnern die Möglichkeit zu geben, eine gewünschte Leistung zu spezifizieren.³⁸ Die allgemeinen Regelungen und Grundlagen zum betrieblichen Strassenunterhalt werden zur vereinfachten Anwendung in länderspezifischen Normen niedergeschrieben.

Im Folgenden wird der Schwerpunkt auf normative Regelungen der Länder D-A-CH (Deutschland, Österreich und Schweiz) gelegt, da Ähnlichkeiten vor allem in Bezug auf klimatische und topografische Gegebenheiten vorliegen und somit eine nähere Untersuchung dieser Normen von entscheidender Bedeutung für die Prozessgestaltung im betrieblichen Unterhalt ist.

³⁸ Vgl. Stöckli in Institut für Schweizerisches und Internationales Baurecht (Freiburg Schweiz) (Schweizerische Baurechtstagung 2005)

	Schweiz	Deutschland	Österreich	
Allgemein	SN 640722b „Strassenunterhalt“			
Reinigung und Entsorgung	SN 640720c „Strassenunterhalt - Reinigung“ SN 640727a „Straßenbetrieb und -unterhalt - Entsorgung im Straßenbetrieb“	DIN 30704 „Maschinen zur Straßenreinigung - Kehrmaschinen, Waschfahrzeuge und Kombinationen daraus“ DIN 30716 „Walzbesen für Maschinen zur Straßenreinigung und für den Straßenbetriebsdienst - Maße“		
Winterdienst und Straßenbetriebsdienstausstattung	EN 13019 „Maschinen zur Straßenreinigung - Sicherheitsanforderungen“ EN 13019 + A1 „Maschinen zur Straßenreinigung - Sicherheitsanforderungen“ EN 15429-1 „Kehrmaschinen - Teil 1: Klassifizierung und Begriffe“ EN 15429-2 „Kehrmaschinen - Teil 2: Anforderungen an die Leistung und Prüfverfahren“	EN 13021 „Maschinen für den Winterdienst - Sicherheitsanforderungen“ EN 13021 + A1 „Maschinen für den Winterdienst - Sicherheitsanforderungen“ EN 13524 „Maschinen für den Straßenbetriebsdienst - Sicherheitsanforderungen“ EN 13524 +A1 „Maschinen für den Straßenbetriebsdienst - Sicherheitsanforderungen“ EN 15144 „Winterdienstausstattung - Terminologie - Begriffe zum Winterdienst“ EN 15430-1 „Winterdienst- und Straßenbetriebsdienstausstattung - Datenerfassung und -übertragung - Teil 1: Datenerfassung im Fahrzeug“ CEN/TS 15366 „Produkte für den Straßenbetriebs- und Winterdienst - Bindemittel zur Anwendung auf Straßen“ EN 15430-1 + A1 „Winterdienst- und Straßenbetriebsdienstausstattung - Datenerfassung und -übertragung - Teil 1: Datenerfassung im Fahrzeug“ CEN/TS 15430-2 „Winterdienst- und Straßenbetriebsdienstausstattung - Datenerfassung und -übertragung - Teil 2: Protokoll für den Datentransfer zwischen dem Informationsanbieter-Server und dem Client Anwenderserver“ EN 15431 „Winterdienst- und Straßenbetriebsdienstausstattung - Antrieb und Steuerung von Anbaumaschinen - Anforderungen an die Austauschbarkeit und Leistung“ EN 15432 „Winterdienst- und Straßenbetriebsdienstausstattung - Mechanische Schnittstelle an Fahrzeugen für frontangebaute Maschinen - Austauschbarkeit“ EN 15432-1 „Winterdienst- und Straßenbaubetriebsdienstausstattung - Frontbauausstattungen - Teil 1: Feste Frontbauplatten“ EN 15432-2 „Winterdienst- und Straßenbaubetriebsdienstausstattung - Mechanische Schnittstelle an Fahrzeugen für frontangebaute Maschinen - Teil 2: Austauschbarkeit an Hubsystemen“ EN 15436-1 „Straßenbetriebsdienstausstattung - Teil 1: Begriffe“ EN 15436-2 „Straßenbetriebsdienstausstattung - Teil 2: Leistungsbewertung“ CEN/TS 15436-3 „Straßenbetriebsdienstausstattung - Teil 3: Klassifikation“ EN 15436-4 „Straßenbetriebsdienstausstattung - Teil 4: Leistungsbewertung für Maschinen durch die Anwender“ EN 15518-1 „Winterdienstausstattung - Straßenzustands- und Wetterinformationssysteme - Teil 1: Allgemeine Definition und Komponenten“ EN 15518-2 „Winterdienstausstattung - Straßenzustands- und Wetterinformationssysteme - Teil 2: Empfohlene Beobachtung und Vorhersage“ EN 15518-3 „Winterdienstausstattung - Straßenzustands- und Wetterinformationssysteme - Teil 3: Anforderungen an gemessene Werte der stationären Anlagen“ EN 15518-4 „Winterdienstausstattung - Straßenzustands- und Wetterinformationssysteme - Teil 4: Prüfverfahren bei stationären Einrichtungen“ EN 15583-1 „Winterdienstausstattung - Schneepflüge - Teil 1: Produktbeschreibung und Anforderungen“ EN 15597-1 „Winterdienstausstattung - Streumaschinen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen und Angaben für Streumaschinen“ EN 16330 „Winterdienst- und Straßenbetriebsdienstausstattung - Antrieb und Steuerung von Anbaumaschinen - Hydraulikantriebsystem und frontangebaute Energieversorgung“	DIN 30707-2 „Maschinen für den Winterdienst - Teil 2: Anforderungen an Winterdienstfahrzeuge mit Schneepflügen“	
Landes-spezifische Richtlinien	VSS: SN 640720c „Strassenunterhalt, Abfallentsorgung“ SN 640720c „Strassenunterhalt, Reinigung“ SN 640712a „Strassenunterhalt, Sprechfunk“ SN 640727a „Entsorgung im Strassenbetrieb“ SN 640764b „Winterdienst, Unterhaltseräte“ SN 640754a „Winterdienst“ SN 640751a „Winterdienst“ SN 640761b „Winterdienst“ SN 640756a „Winterdienst“ SN 640757a „Winterdienst, bewegliche Mittel“ SN 640772b „Winterdienst, Glatteis“ SN 640750b „Winterdienst, Grundnorm“ SN 640752b „Winterdienst, Personal-Instruktion, Bedarf“ SN 640760b „Winterdienst, Schneecharakterisierung“ SN 640765a „Schneepflüge (Anforderungen)“ SN 640754a „Winterdienst, Wetterinformation“ SN 640763a „Winterdienst, Schneeräummaschine“ SN 640774a „Winterdienst, Streugerät“ SN 640776b „Winterdienst, Schneestützwerk“ SN 640778a „Winterdienst, Signalisation“ SN 640775a „Winterdienst, Treibschneezäune“ SN 640246a „Winterdienst, Überführungen“ SN 640247a „Winterdienst, Überführungen“ SN 640210 „Winterdienst, Strassenabschnitt“ SN 640650 „Winterdienst, Rastplatz“	FGSV: 1) Technische Lieferbedingungen: Technische Lieferbedingungen und Richtlinien für Fahrzeuge des Straßenunterhaltungs- und -betriebsdienstes (TLF): <ul style="list-style-type: none">Teil A - AllgemeinesTeil B 1 - Mehrzweck-Geräteträger mit Anbauplatte nach DIN 76 060 Form BTeil B 2 - Lastkraftwagen mit Anbauplatte nach DIN 76 060 FormTeil B 3 - Streugeräte Technische Lieferbedingungen und Richtlinien für Geräte des Straßenunterhaltungs- und -betriebsdienstes (TLG): <ul style="list-style-type: none">Teil A - AllgemeinesTeil B1 - AnbaumähgeräteTeil B2 - Handgeführte MotormähgeräteTeil B4 - Schneepflüge Technische Lieferbedingungen für Streustoffe des Straßenwinterdienstes (TL-Streu) 2) Empfehlungen: Empfehlungen für Planung, Bau und Betrieb von Busbahnhöfen Praktische Empfehlungen für ein effektives Räumen und Streuen im Straßenwinterdienst 3) Hinweise: Hinweise zur Abfallentsorgung im Straßenbetriebsdienst 4) Merkblätter: Merkblatt für den Unterhaltungs- und Betriebsdienst an Straßen Merkblatt für die Überprüfung von Streugeräten für den Straßenwinterdienst Merkblatt für den Winterdienst an Straßen Merkblatt für Winterdienstfahrzeuge 5) Richtlinien: Richtlinien für die Planung, Ausführung und Unterhaltung von Verkehrsanlagen RV 96 bei der Erfüllung von Bauaufgaben des Bundes gemäß RBBau	RVS: Qualitätssicherung Betrieb: <ul style="list-style-type: none">12.01 Grundlagen<ul style="list-style-type: none">12.01.10 Organisation12.01.12 Standards in der betrieblichen Erhaltung von Landesstraßen (Juni 2008)12.02 Fahrzeuge und Geräte<ul style="list-style-type: none">12.02.10 Allgemeines12.02.11 Einheitliche Kennzeichnung von Fahrzeugen und Geräten (Februar 1981)12.02.20 Fahrzeuge12.02.21 Kraftfahrzeuge A: Hydraulikanlagen in Winterdienstkraftwagen (April 1979)12.02.22 Kraftfahrzeuge B: Vorbauplatte für Winterdienst-Lastkraftwagen (Februar 1981)12.02.30 Geräte zur Kommunikation12.02.31 Sprechfunkgeräte (Mai 1988)12.04 Winterdienst<ul style="list-style-type: none">12.04.10 Organisation und Durchführung12.04.11 Allgemein (Januar 2001)12.04.12 Schneeräumung und Streuung (August 2010)12.04.13 Vorbeugende Maßnahmen gegen Schneeverwehungen, Schneezäune (Dezember 1997)12.04.14 Glatteisfrühwarnanlagen und Straßenwetterinformationssysteme (Juni 1999)12.04.15 Minimierung von Umweltauswirkungen beim Einsatz von Streumittel im Winterdienst (März 2008)12.05 Grünflächen	

Bild 9: Übersicht der einschlägigen Normen der Länder D-A-CH im betrieblichen Strassenunterhalt

2.1.2 Systematisierung der Aufgaben des betrieblichen Strassenunterhalts

Zur Gewährleistung einer eindeutigen Zuordenbarkeit der Aufgaben in den Kommunen sowie zur besseren Anwendbarkeit des vorliegenden Modells wird wie in GIRMSCHIED und LINDENMANN (2008)³⁹ und LINDENMANN H.-P.; ET. AL (2000)⁴⁰ vorgeschlagen und in VSS-Norm SN 640 900a⁴¹ definiert, die Strassenverkehrsanlage in folgende Teilsysteme gegliedert (Bild 10):

- Fahrbahnen und Wege (Ober- und Unterbau, Böschungen inkl. Entwässerungsanlagen)
- Kunstbauten (Brücken, Mauern, Tunnel)
- Technische Ausrüstung (u.a. Energie, Signalisation, Sicherheitseinrichtungen etc.)
- Werkleitungen (Elektro, Gas, Wasser, Kanalisation, Telekommunikation)
- Nebenanlagen (Grünanlagen, Werkhöfe, etc.)

Strassenverkehrsanlagen (Gesamtsystem)				
Fahrbahnen Wege	Kunstbauten	Technische Ausrüstungen	Werkleitungen	Nebenanlage sonstige Objekte
Oberbau	Brücken	Beleuchtung	Wasser	Parkplätze
Unterbau	Tunnel	Lüftung	Abwasser	Rastplätze
Böschungen	Mauern	Verkehrsregelung	Elektroanlagen	Grünanlagen
Entwässerungs- anlagen	Entwässerungs- anlagen	Sicherheits- und Schutzeinrichtungen	Gas Telekom	Werkhöfe

Bild 10: Strassenverkehrsanlagen – Systematisierung nach VSS SN 640 900a

Aufbauend auf die die Systematisierung der Strassenverkehrsanlage wird nach VSS-Norm SN640 900a (2004) den Teilsystemen Massnahmengruppen (Erhaltungsmassnahmen) zugeordnet und beschrieben. Dazu zählen: ⁴²

- Überwachung
- Betrieblicher Unterhalt
- Baulicher Unterhalt
- Veränderungen

³⁹ Vgl. Girmscheid, G., Lindenmann, H.-P. (Kommunale Strassennetze in der Schweiz 2008), S. 122

⁴⁰ Vgl. Lindenmann H.-P.; et. al (Erhaltungsmanagement 2000)

⁴¹ Vgl. SN 640900A (Erhaltungsmanagement (EM) - Grundnorm, 2004) S. 8

⁴² SN 640900A (Erhaltungsmanagement (EM) - Grundnorm, 2004)

	Fahrbahnen	Kunstabauten	Technische Ausrüstung	Werkleitungen	Nebenanlagen
Überwachung	Polizeiliche Überwachung Zustandskontrolle, -erhebung	Beobachtung Inspektion Kontrollmessung Funktionskontrolle	Anlagekontrolle Funktionskontrolle Inspektion Mängelbehebung	Kontrolle Inspektion	Anlagekontrolle
Betrieblicher Unterhalt	Reinigung Winterdienst	Instandhaltung	Wartung	Wartung	Wartung Grünpflege
Baulicher Unterhalt	Reparatur Instandsetzung Erneuerung	Instandhaltung Erneuerung	Erneuerung	Reparatur Instandsetzung	Instandsetzung Erneuerung
Veränderung	Erweiterung Ersatz	Anpassung Umbau Erweiterung	Erweiterung Ausbau	Erweiterung Ersatz Ausbau	Erweiterung Ersatz

Bild 11: Massnahmengruppen Strassenunterhalt⁴³

In der vorliegenden Forschungsarbeit wird der Schwerpunkt auf die Massnahmengruppe des **betrieblichen Strassenunterhalts** gelegt, dessen Hauptaufgabe die Sicherstellung der Betriebsbereitschaft der gesamten Strassenverkehrsanlage ist.

Zum betrieblichen Strassenunterhalt können folgende Aufgabenbereiche gezählt werden:

- Winterdienst
- Strassenreinigung
- Grünpflege
- Kleiner baulicher Unterhalt
- Beleuchtung
- Technische Dienste

Nach GIRMSCHIED und LINDENMANN (2008) und ebenso DREYER (2008) nahmen eine Einteilung der oben genannten Aufgabenbereiche in **Routine- und Koordinationsaufgaben** vor, wobei bei Koordinationsaufgaben eine weitere Unterscheidung in planbare Aufgaben und Ad-hoc-Aufgaben vorgenommen werden muss.⁴⁴

⁴³ In Anlehnung an SN 640900A (Erhaltungsmanagement (EM) - Grundnorm, 2004)

⁴⁴ Vgl. Girmscheid, G., Lindenmann, H.-P. (Kommunale Strassennetze in der Schweiz 2008); Dreyer, J. (Prozessmodell zur Gestaltung einer PPP 2008)

Routineaufgaben zeichnen sich dadurch aus, dass sie wiederkehrend auftreten und daher vorhersehbar und planbar sind. Diese Art der Aufgaben ist dadurch gekennzeichnet, dass ihr Koordinationsaufwand aus taktischer Sicht zwischen den Gemeinden sehr gering ausfällt und die Dauer der Routineaufgabe zumeist gut abgeschätzt werden kann, was eine relativ rasche Planung und Durchführung ermöglicht. Nichtsdestotrotz kann auch hier durch ein systematisches Controlling und einer kontinuierlichen Verbesserung eine Optimierung des Aufgabentyps erfolgen.

Koordinationsaufgaben bedingen im Gegensatz zu Routineaufgaben einen hohen Koordinationsaufwand zwischen den jeweiligen Gemeinden im interkommunalen Zusammenschluss. Dies hat zur Folge, dass sie bereits auf strategischer Ebene geplant werden sollten, um frühzeitig Massnahmenpakete vor Eintritt des Ereignisses zu schnüren. Koordinationsaufgaben können zudem in zwei Aufgabentypen, planbare und Ad-hoc-Aufgaben, untergliedert werden.

Planbaren Koordinationsaufgaben liegt ein repetierender Charakter zugrunde, der zwar einen hohen Planungsaufwand zwischen den partizipierenden Gemeinden auf strategischer Ebene erfordert, jedoch nicht die Sicherheit und Betriebsbereitschaft der Strassenverkehrsanlage gefährdet. Die Abschätzung hinsichtlich der Dauer der Aufgabe sowie ihrer Dringlichkeit muss aufgabenspezifisch analysiert und erfasst werden.

Ad-hoc-Aufgaben hingegen können je nach Intensität des Ereignisses die Betriebsbereitschaft sowie die Sicherheit der Strassenverkehrsanlage gefährden. Aus diesem Grund ist es notwendig, die Aufgabe taktisch kurzfristig u.a. mit Hilfe von Notfallplänen und Notfallmassnahmen zu koordinieren. Diese Art des Aufgabentyps hat einen einmaligen und nicht planbaren Charakter und muss daher (je nach Eintrittsintensität) mit einer hohen Dringlichkeit durchgeführt werden.⁴⁵

Bild 12 zeigt grafisch die Einteilung der Teilsysteme im betrieblichen Strassenunterhalt in Bezug auf deren Aufgabentyp und zugehörigem Organisationsaufwand. Die detaillierte Aufstellung je Leistungsbereich wird in den folgenden Beschreibungen der Aufgaben und Inhalte der kommunalen Aufgabe gezeigt.

⁴⁵ Vgl. Dreyer, J. (Prozessmodell zur Gestaltung einer PPP 2008), S. 234

BETRIEBLICHER STRASSENUNTERHALT		
Aufgabentyp Organisationsaufwand	PLANBAR	VERÄNDERLICH
HOCH	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Strassenreinigung - Grundleistung ▪ Grünpflege ▪ Organisation - Geräte- und Einsatzplanung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Winterdienst ▪ Reinigung nach unvorhersehbaren Naturereignissen
GERING	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Beleuchtung ▪ Technische Dienste ▪ Kleiner baulicher Unterhalt aufgrund von Verschleiss 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kleiner baulicher Unterhalt aufgrund unvorhersehbarer Schäden

Bild 12: Aufgabentypen und deren Organisations- und Koordinationsaufwand

2.1.3 Aspekte der Nachhaltigkeit im betrieblichen Strassenunterhalts

Die immer grösser werdende Ressourcenknappheit und das wachsende Umweltbewusstsein der Bevölkerung trägt verstärkt dazu bei ein besonderes Augenmerk auf die Nachhaltigkeit von Prozessen und Tätigkeiten zu legen. Dieser ganzheitlichen Betrachtungsweise werden die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit⁴⁶ bestehend aus ökologischer, sozialer und ökonomischer Dimension zugrunde gelegt und im entwickelten Modell berücksichtigt (Bild 13).

Im Mittelpunkt der Nachhaltigkeit stehen die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit, die die ökonomische Dimension widerspiegelt, der Schutz der Umwelt als ökologische Dimension sowie die soziale Verantwortung der Gemeinden gegenüber der Gesellschaft und den Bürgern. Bezogen auf die Leistungserbringung im betrieblichen Strassenunterhalt bedeutet dies, dass der Fokus nicht nur auf den ökonomischen Aspekt zur Maximierung des wirtschaftlichen Nutzens für die Gemeinden gelegt werden soll, sondern besonders auch im ökologischen und sozialen Bereich Massnahmen zur nachhaltigen Aufgabenerfüllung gesetzt werden sollen. Besonders grosses Augenmerk sei auf den ökologischen Aspekt zu legen. Dies betrifft insbesondere den Bereich des Winterdienstes, wo grosse Auswirkungen auf die Umwelt durch Verwendung von Salz und Auftaumitteln gegeben sind. Ebenso kann in der Strassenreinigung durch Reduktion des Wasserverbrauchs im Zuge einer Nassreinigung ein wesentlicher Beitrag zur Erhaltung einer intakten Umwelt geleistet werden.

⁴⁶ Vgl. Dimensionen der Nachhaltigkeit - Deutscher Bundestag Enquete-Kommission (Abschlussbericht der Enquete-Kommission - Konzept Nachhaltigkeit 1998)

Die soziale Dimension widerspiegelt die Zufriedenheit der Nutzer der Strassenverkehrsanlage, die sich beispielsweise in einem hohen Fahrkomfort und geringen Verlustzeiten (z. B. durch schlecht ausgeführten Winterdienst) zeigt. Die Schnittstelle aller drei Dimensionen der Nachhaltigkeit führt zu einer hohen Verkehrssicherheit und trägt damit zur Reduktion von Unfällen bei.

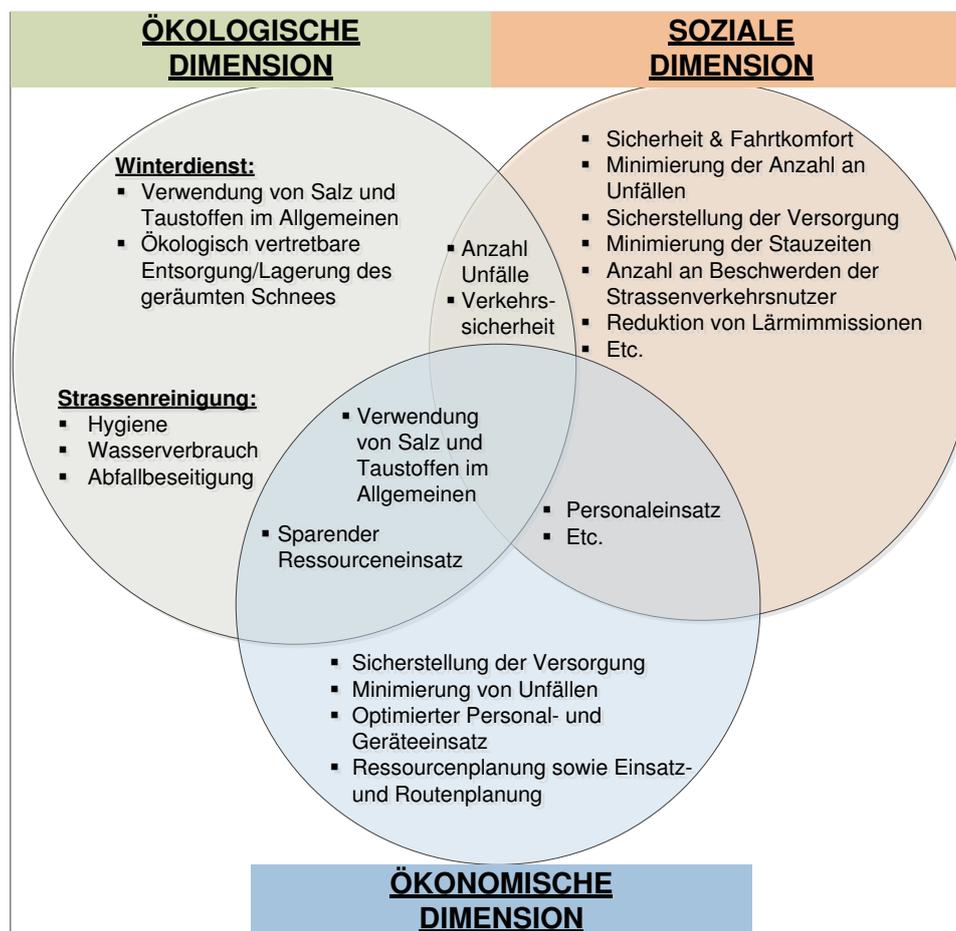


Bild 13: Dimensionen der Nachhaltigkeit im betrieblichen Strassenunterhalt

Bild 14 zeigt mögliche anzustrebende Ziele der Nachhaltigkeit am Beispiel des Winterdienstes. Diese werden als Oberziele

- Minimierung des Umwelteinflusses
- Optimierung des Ressourceneinsatzes sowie
- Qualitätssteigerung

zusammengefasst.

Beispiel Winterdienst		
ZIEL	Objekt	
Minimierung des Einflusses auf die Umwelt	Salzstreuung	Durchschnittlicher Salzverbrauch pro m ² Strassenoberfläche
	Andere Enteisungsmittel	Durchschnittliche Rate an anderen Enteisungsmitteln (z.B. Splitt, Sand, etc.) pro m ² Strassenoberfläche
	Streutechnik	Verwendete Streutechnik
Optimierung der Ressourcen	Personal	Personalkosten pro Stunde Winterdienstesinsatz
	Inventar	Inventarkosten pro Stunde Winterdienstesinsatz
		Geräteausnutzungsgrad in [%]
	Organisation/ Planung	Organisation- und Planungskosten des Winterdienstes
Fremdleistung	Kosten für Fremdleistungen im Winterdienst	
Qualitätssteigerung	Service Level	Verwendeter Winterdienststandard im Strassennetz
	Dringlichkeitsstufe	Winterdienst Dringlichkeitsstufe im Strassennetz
	Bürgerzufriedenheit	Anzahl an Bürgerbeschwerden aufgrund winterlicher Fahrbedingungen
		Fahrtkomfort trotz winterlicher Fahrbedingungen
		Anzahl an Autounfällen aufgrund winterlicher Fahrverhältnisse
		Anzahl an Autounfällen an denen Winterdienstfahrzeuge involviert waren
Anzahl an Schäden an Einrichtungen der Fahrbahn in Bezug auf Winterdienstmassnahmen		

Bild 14: Nachhaltigkeitsaspekte am Beispiel kommunaler Winterdienst

2.1.4 Leistungsbereich Strassenreinigung

Die Strassenreinigung hat zum Ziel, Verunreinigungen und Verschmutzungen der Strassenverkehrsanlage zu entfernen und so die Verkehrssicherheit der Strassenteilnehmer zu gewährleisten.

Grundsätzlich umfasst die Strassenreinigung folgende Tätigkeiten:

- Manuelle und maschinelle Reinigung
- Reinigung von Entwässerungsanlagen der Strassenverkehrsanlage (Drainage, Rinnen, etc.)
- Reinigung von Gewässern (Bach, Brunnen, See...)

Die **manuelle Strassenreinigung** umfasst Reinigungsmaßnahmen an der gesamten Strassenverkehrsanlage (einschliesslich Trottoirs, Rad- und Fusswege, Haltestellen, Unterführungen, Plätzen, Parkieranlagen etc.) sowie die Durchführung von trockener Reinigung (Zusammenkehren von losem Material wie Kies, Laub, Blütenstaub etc.) und das Leeren von Abfalleimern, Papierkörben und Robidogs.

In der Reinigungstechnik des betrieblichen Strassenunterhalts wird aus Gründen der Sicherheit und der Wirtschaftlichkeit meist eine **maschinelle Strassenreinigung** mittels Kehrmaschine angestrebt. Die deutsche DIN EN 15429-1⁴⁷ versteht unter Kehrmaschine eine „*Maschine vorrangig zum Kehren von Materialien auf Flughäfen, Autobahnen, Strassen und anderen Verkehrsflächen (z. B. Parkplätzen, Marktplätzen, Fussgängerzonen, Geh- und Radwege und Parkhäuser)*“. Ein Grossteil der Kehrmaschinen ist mit einem Schmutzbehälter ausgestattet, der das Kehrgut aufsammelt. Die Entladung des Schmutzbehälters kann an definierten Entladestationen, Mülldeponien, Zwischenlagerplätzen oder im Werkhof erfolgen. Das Aufnahmeverfahren des Kehrgutes kann in drei Arten unterteilt werden:

- Pneumatische Kehrgutaufnahme (Absaugung)
- Mechanische Kehrgutaufnahme oder
- in einer Kombination aus Absaugung und Mechanik

Bei der **mechanischen Aufnahme** wird das Kehrgut mittels Kehrwalze und Förder- bzw. Hebesystem in den Auffangbehälter transportiert. Dieses Verfahren findet in der Praxis nur mehr selten Anwendung. Die **pneumatische Kehrgutaufnahme** hingegen kommt häufig zum Einsatz, wobei in diesem Verfahren der Luftkanal die Verbindung der Aufnahmeeinrichtung zum Schmutzbehälter darstellt. Voraussetzung für eine optimale Schmutzaufnahme ist die Luftgeschwindigkeit innerhalb des Kanals. Ähnlich wie bei einem Staubsauger wird ein Unterdruck im Schmutzbehälter erzeugt. Dieser erzeugte Luftstrom saugt das Kehrgut über den Luftkanal in den Sammelbehälter. Das Leistungsvermögen des Luftkanals wird angegeben durch:

- Volumenstrom in [m^3/s]
- Geschwindigkeit der Luft in [m/s]
- Type der Kehrmaschine

⁴⁷ DIN EN 15429-1 (Kehrmaschinen - Teil 1: Klassifizierung und Begriffe 2008)

Klassifizierung der Reinigungsgeräte

Zur besseren Einsetzbarkeit der diversen Geräte im Strassenbetriebsdienst werden Reinigungsmaschinen auf Basis der Norm SN 640720c (1996) in Abhängigkeit der

- Durchfahrtsbreite
- Höhe
- Wischbreite
- Behältervolumen
- Motorleistung

in unterschiedliche **Maschinentypen** (Bild 15) kategorisiert.⁴⁸

Maschinentyp Type d'engin	Durchfahrtsbreite Largeur de passage [m]	Höhe Hauteur [m]*	Wischbreite Largeur de nettoyage [m]	Behältervolumen Volume du conteneur [m ³]	Motorleistung Puissance du moteur [kW (PS)]
Grosskehr- maschinen Grande balayeuse	2,30-2,60	3,00-3,80	2,00-3,00	5,0-9,0	Fahrzeugmotor Moteur du véhicule 130-220 (180-300) Aufbaumotor Moteur auxiliaire 60-90 (80-120)
Mittelkehr- maschinen Balayeuse moyenne	2,00	2,30-2,80	2,00-2,60	2,0-4,5	50-110 (70-150)
Kleinkehr- maschinen Petite balayeuse	1,60	2,00	1,60-2,60	1,0-2,0	30-60 (40-80)
Einachskehr- maschinen Balayeuse à un essieu	1,00	1,20	1,20	0,2-0,4	10-20 (15-25)

* Masse inkl. Auspuffrohr / Dimension hors tout

Bild 15: Einteilung Kehrmachine mit Richtmassen⁴⁹

Die Klassifizierung der Kehrmachine erfolgt meist auf Basis des Rauminhalts in [m³] des Auffangbehälters. Unter **Rauminhalt** versteht man nach DIN EN 15429-1 das gesamte Innenvolumen des Auffangbehälters. Bild 16 zeigt die Klassifizierung der Kehrmachines im Vergleich Schweiz zu Deutschland.

Während die Schweizer Norm SN 640 720c die Kehrmachines in vier Kategorien

- Einachskehrmaschine
- Kleinkehrmaschine
- Mittel-Kehrmachine
- Gross-Kehrmachine

unterteilt, nimmt die Deutsche DIN 15429-1 eine etwas detailliertere Einteilung nach dem nutzbaren Rauminhalt vor.

⁴⁸ Vgl. SN 640720c (Strassenunterhalt - Reinigung 1996), Tabelle 1

⁴⁹ SN 640720c (Strassenunterhalt - Reinigung 1996), Tabelle 1

Unter nutzbarem Rauminhalt des Behälters versteht man das grösste Fassungsvermögen von festem und flüssigem Schmutz, das vom Behälter aufgenommen werden kann. Bild 16 zeigt die Einteilung der Kehrmaschinen länderspezifisch (Schweiz – Deutschland) gegenübergestellt.

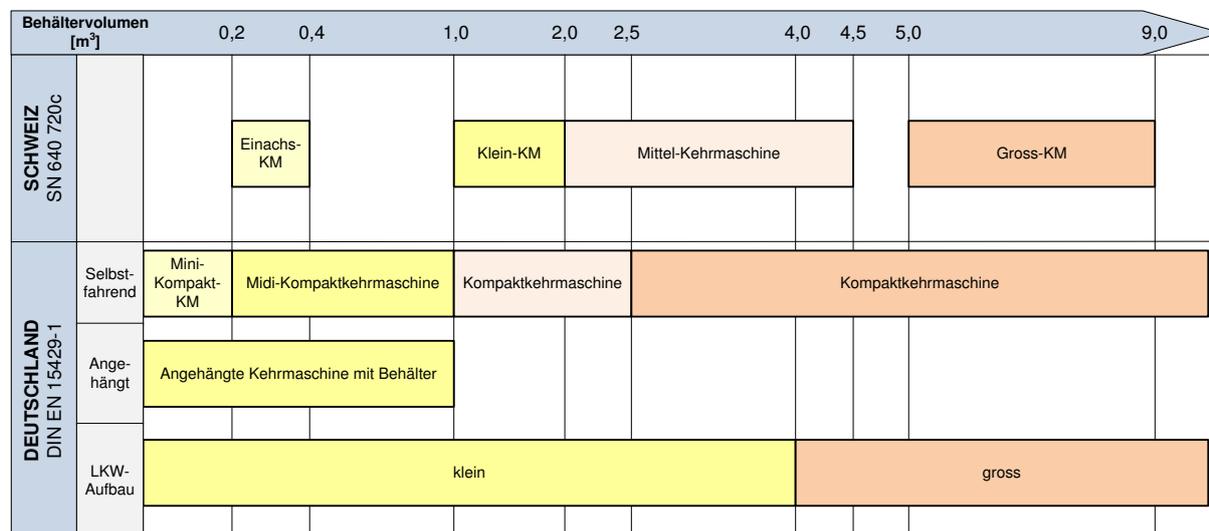


Bild 16: Klassifizierung der Kehrmaschinen im Normenvergleich CH-D

Bild 17 zeigt detailliert die Einteilung der Kehrmaschinentypen in Gross-, Mittel-, Klein- und Einachskehrmaschinen nach Schweizerischer SN 640720c (1996)⁵⁰ mit ihren Spezifikationen in Bezug auf Wischbreite, Behältervolumen und zugehöriger Kehrgeschwindigkeit, der insbesondere in Kapitel 6.3.2 in der Leistungsberechnung Bedeutung beigemessen wird.

⁵⁰ Vgl. SN 640720c (Strassenunterhalt - Reinigung 1996)

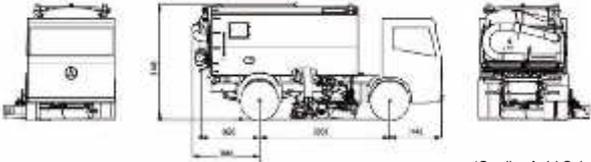
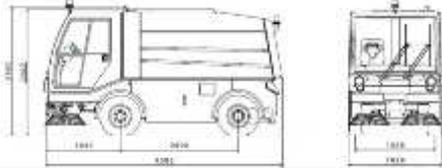
Kehrmaschinentyp	Kehrmaschinen-Spezifikationen	Schematischer Aufbau / Bild
Gross-kehrmaschine	Wischbreite: 2-3 m Behältervolumen: 5-9 m ³ Kehrgeschwindigkeit: Ca. 15 km/h	 (Quelle: Aebi Schmidt)
Mittel-kehrmaschine	Wischbreite: 2-2.60 m Behältervolumen: 2-4.5 m ³ Kehrgeschwindigkeit: Ca. 10 km/h	 (Quelle: Bucher Schörling)
Klein-kehrmaschine	Wischbreite: 1.60-2.60 m Behältervolumen: 1-2 m ³ Kehrgeschwindigkeit: Ca. 5.5 km/h	 (Quelle: Bucher Schörling) (Quelle: www.rapid.ch)
Einachs-kehrmaschine	Wischbreite: 1.2 m Behältervolumen: 0.2-0.4 m ³ Kehrgeschwindigkeit: Ca. 2 km/h	 (Quelle: www.stema.ch) (Quelle: Aebi Schmidt)

Bild 17: Einteilung der Kehrmaschinentypen nach SN 640720c (1996)⁵¹

Bild 18 zeigt im Gegensatz dazu die Einteilung der Kehrmaschinen nach DIN EN 15429-1, die sich weniger an Geräte-Spezifikationen als an der Beschaffenheit der Maschine (selbstfahrend, angehängt, etc.) orientiert.

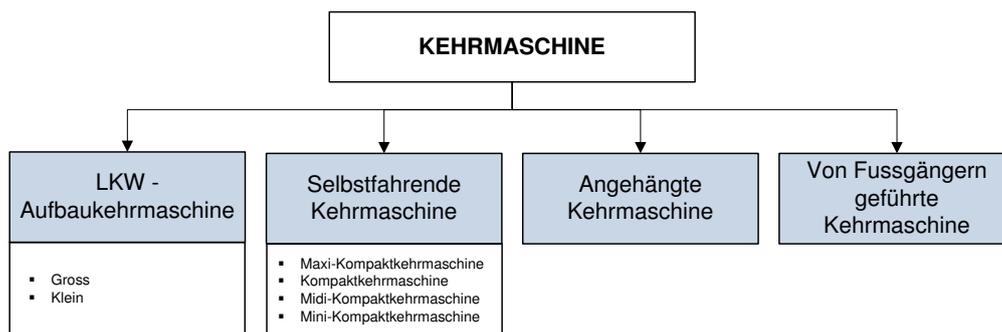


Bild 18: Einteilung der Kehrmaschinen nach DIN EN 15429-1

LKW-Aufbaukehrmaschine zeichnet sich dadurch aus, dass die Kehreinrichtung auf jedes handelsübliche LKW-Serienfahrzeuggestell aufgebaut werden kann. Charakteristisch für die Kehrtechnologie sind die Schnelligkeit in der Strassenreinigung und die Möglichkeit zur Erzielung hoher Streckenleistungen.

⁵¹ Vgl. SN 640720c (Strassenunterhalt - Reinigung 1996)

Unter **selbstfahrenden Kehrmaschinen** versteht man Kompaktkehrmaschinen, die in Abhängigkeit ihres Aufnahmevermögens in

- Maxi-Kompaktkehrmaschinen
- Kompaktkehrmaschinen
- Midi-Kompaktkehrmaschinen und
- Mini-Kompaktkehrmaschinen

unterteilt werden können. Bei Kompaktkehrmaschinen wird die Kehreinrichtung in das Fahrgestell eingebaut.

Angehängte Kehrmaschinen werden an einem Traktionsgerät angehängt und von diesem gezogen. Die Kehrgutaufnahme erfolgt meist mechanisch.

Einsatzplanung in der kommunalen Strassenreinigung

Für sämtliche planbaren Tätigkeiten in der Reinigung werden aufgrund der topografischen und baulichen Zustände einer Gemeinde Pläne für den Einsatz unter Zuweisung der geeigneten Geräte und des Personals erstellt. Eine systematische Arbeitsvorbereitung der Einsätze ist überhaupt erst die Grundlage, um einen effizienten Strassenbetriebsdienst zu gewährleisten. Damit eine Zuordnung der Geräte zu einem geeigneten Einsatzgebiet erfolgen kann, wurden bereits normativ SN 640720c (1996)⁵² mögliche Einsatzbereiche definiert.

Bild 19 stellt eine **Geräte-Einsatz-Matrix** dar, die auf Basis der in der Norm definierten Aufgaben, Funktionen und Schwerverkehrsnutzungsklassen kategorisiert wird nach

- Hochleistungsstrassen (HLS) wie Autobahnen etc.
- Hauptverkehrsstrasse (HVS)
- Verbindungsstrassen (VS)
- Sammelstrassen (SS)
- Erschliessungsstrassen (ES)

sowie nach allgemeinen Bereichen der Strassenverkehrsanlage wie Trottoir, Rad- und Fussweg, Haltestellen, Parkplätzen etc.⁵³

⁵² Vgl. SN 640720C (Strassenunterhalt - Reinigung 1996)

⁵³ Vgl. SN 640040B (Projektierung - Grundlagen, 1992)

	Handarbeit Travail manuel	Einschkehr- maschine Balayeuse à un essieu	Kleinkehr- maschine Petite balayeuse	Mittelkehr- maschine Balayeuse moyenne	Grosskehr- maschine Grande balayeuse
Autobahn und Hauptverkehrsstrasse Autoroute et route principale					
Verbindungsstrasse Route de liaison					
Sammelstrasse Route collectrice					
Quartierstrasse Route de quartier					
Altstadtgasse Ruelle de vieille ville					
Fussgängerbereich Zone piétonne					
Rad- und Fussweg Piste cyclable et chemin piétonnier					
Trottoir ab 2,00 m Trottoir des 2,00 m					
Trottoir unter 2,00 m Trottoir inférieur à 2,00 m					
Haltestelle Arrêt					
Personenunterführung Passage inférieur pour piétons					
Längsparkierung Stationnement longitudinal					
Rast- und Parkplatz Aire de repos et de stationnement					
Strasse ohne Belag Route non revêtue					
Pflasterung in Sand Pavage jointoyé au sable					
Möblierung Place aménagée					

ungeeignet / inadéquat
 teilweise geeignet / partiellement approprié
 geeignet / approprié

Bild 19: Geräte-Einsatz-Matrix: Einsatzbereiche von Kehrmaschinen⁵⁴

Aufgabentypen in der Strassenreinigung

Wie in Kapitel 2.1.2 erläutert, können Aufgaben des betrieblichen Unterhalts in Routineaufgaben, betrieblich planbare Aufgaben und Ad-hoc-Aufgaben unterteilt werden.

Bild 20 zeigt die Kategorisierung des Leistungsbereiches Strassenreinigung in planbare und strategisch veränderliche Aufgabentypen und zeigt deren Organisations- bzw. Koordinationsaufwand innerhalb des interkommunalen Zusammenschlusses.

⁵⁴ SN 640720c (Strassenunterhalt - Reinigung 1996), Tabelle 2

Zu den Routineaufgaben in der Strassenreinigung können beispielsweise die Grundreinigung von Strassen, Trottoirs, Plätzen etc. gezählt werden, die strategisch planbar sind und zu Beginn in der strategischen Umsetzungsplanung einen höheren Koordinationsaufwand innerhalb der Gemeinden bedeuten, jedoch in der Umsetzung selbst einen nur geringen Koordinationsaufwand mit sich bringen.

KOMMUNALE STRASSENREINIGUNG		
Aufgabentyp Organisationsaufwand	PLANBAR	VERÄNDERLICH
HOCH	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Einsatzplanung der Unterhaltsgeräte und des Reinigungspersonals ▪ Routenplanung und Einteilung der Kehrbezirke 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reinigungsmassnahmen nach unvorhersehbaren Ereignissen / Witterung / Höhere Gewalt
GERING	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Routineaufgaben wie Grundreinigung von Strassen, Plätzen, Haltestellen, Trottoirs, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ...

Bild 20: Kategorisierung der Strassenreinigung nach Aufgabentyp

Aufgrund der hohen Anzahl planbarer Tätigkeiten in der betrieblichen Strassenreinigung sowie durch ein hohes Mass an Routinetätigkeiten kann eine Planung der Strassenreinigung bereits im Vorfeld auf organisatorischer Ebene erfolgen.

2.1.5 Leistungsbereich Winterdienst

Eine uneingeschränkte Mobilität ist in unserer immer kurzlebigeren Zeit bereits zur Selbstverständlichkeit geworden. Die Freiheit, sich ohne Einschränkungen von einem Punkt A zu Punkt B zu bewegen – sei es aus privaten oder beruflichen Gründen – ist ein wesentlicher Bestandteil unserer Lebensqualität geworden. Für jeden Bürger ist es mittlerweile selbstverständlich, immer und überall mobil zu sein und die Strassen unabhängig von der vorherrschenden Witterung zu befahren. Um diesen hohen Anforderungen gerecht zu werden, muss ein erheblich hoher finanzieller, organisatorischer und betrieblicher Aufwand im Winterdienst erfolgen.

Die Hauptaufgabe des Winterdienstes ist es, die Verkehrssicherheit auf den Strassen zu gewährleisten und einen flüssigen und vor allem sicheren Verkehr auch bei winterlichen Strassenverhältnissen zu gewährleisten. Die Interessen zur Verfolgung eines effektiven und wirksamen Winterdienstes sind vielschichtig. Zum einen ist die Verkehrssicherheit ein privates Interesse eines jeden Bürgers zur Ausübung der individuellen Freiheit, zum anderen stehen aber auch bedeutende wirtschaftliche und öffentliche Interessen dahinter. Nicht zu unterschätzen sind auch die volkswirtschaftlichen Auswirkungen des Winterdienstes.

Neben der Verkehrssicherheit gewinnt auch der Umweltschutz immer mehr an Bedeutung. Ziel eines nachhaltigen Winterdienstes ist es, die Belastungen für die Umwelt durch den sinnvollen Einsatz von Streustoffen möglichst gering zu halten. Der Grundsatz des Winterdienstes *„so wenig Auftaumittel wie möglich, so viel wie nötig“* wird hier schlagend.⁵⁵

Zu guter Letzt darf auch der wirtschaftliche Gedanke nicht vernachlässigt werden. Ein Winterdienst zur Aufrechterhaltung der Strassensicherheit sollte somit nicht nur umweltfreundlich, sondern auch wirtschaftlich sein. Daraus ergibt sich ein Spannungsfeld aus Verkehrssicherheit, Umweltschutz und Wirtschaftlichkeit, das es durch Kompromisse in der Organisation und Durchführung des Winterdienstes zu meistern gilt.

Verantwortungsbereich

In der Schweizer Bundesverfassung BV wird geregelt, dass der jeweilige Eigentümer der Strasse verantwortlich für deren Unterhalt und Betrieb ist. Folglich obliegt dem Bund der Unterhalt der Nationalstrassen während die Gemeinden eigenverantwortlich zum Unterhalt und Betrieb ihrer Kommunalstrassen verpflichtet sind. Die Bundesverfassung in BV Art. 83 Absatz 2 definiert weiter, dass der Unterhalt jedoch nicht nur als Eigenleistung ausgeführt werden muss:

*„Der Bund baut, betreibt und unterhält die Nationalstrassen. [...] Er kann diese Aufgaben ganz oder teilweise öffentlichen, privaten oder gemischten Trägerschaften übertragen.“*⁵⁶

Im Besonderen sei auf die VSS-Norm **SN 640 750b**⁵⁷ verwiesen, die in Bezug auf die umfassend normativ behandelte Thematik des Winterdienstes die Basis der Schweizerischen Winterdienstnormen bildet, wobei diese wiederum auf folgenden Schweizerischen Rechtsgrundlagen beruht:

- Obligationenrecht (OR),
- Strassenverkehrsgesetz (SR 741.01),
- Bundesgesetz über die Nationalstrassen NSG (SR 725.11),
- Bundesgesetz über den Umweltschutz (SR 814.01),
- Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer GschG (SR 814.20)

sowie

- Verordnung über umweltgefährdende Stoffe (StoV)
- Kantonale Rechtsgrundlagen

⁵⁵ Baudirektion Kanton Zürich (Richtlinien Winterdienst 2006), S.4

⁵⁶ Bundesverfassung BV Art. 83 Absatz 2

⁵⁷ SN 640750b (Winterdienst - Grundlagen 1989)

Winterdiensttechnik

Ein Ansatz zur Umsetzung eines umweltfreundlichen, verkehrssicheren und wirtschaftlichen Winterdienstes ist jener des differenzierten Winterdienstes.

Differenzierter Winterdienst bedeutet, dass die Art der Streumittel je nach Priorität der Strasse unterschiedlich verwendet und dem Wettergeschehen angepasst wird. Die Strassen werden somit differenziert hinsichtlich Streumittel, Streumenge und Winterdienststrategie betrachtet. Dieser neue Ansatz findet vor allem dann Anwendung, wenn ein höherer Kraftschluss zwischen Fahrzeug und Fahrbahn erfolgen soll.

Grundsätzlich kann im Winterdienst zwischen zwei Arten unterschieden werden:

- Schneeräumung
- Glättebekämpfung

Schneeräumung nach VSS SN 640 761a⁵⁸

Aufgabe der Schneeräumtechnik ist es, einerseits den Schnee als Verkehrshindernis aus dem Verkehrsraum zu schaffen und andererseits die auftretende Glätte zu bekämpfen mit dem Ziel, eine griffige Oberfläche für die Verkehrsteilnehmer zu sichern.⁵⁹ Dabei werden auf normativer Basis (VSS SN 640761a) Standards vorgeschrieben, die es innerhalb eines bestimmten Zeitraumes durch Planung entsprechender Räumungsmassnahmen zu erreichen gilt.

Die Unterteilung der Winterdienst-Standards sind Bild 21 zu entnehmen. Die Winterdienst-Standards werden in folgende Kategorien untergliedert:

- A – Schwarzräumung
- B – Verzögerte Schwarzräumung
- C – Weissräumung
- D – Kein Winterdienst

⁵⁸ Vgl. SN 640761A (Winterdienst - Schneeräumung 1994)

⁵⁹ Vgl. Durth, W., Hanke, H. (Handbuch Straßenwinterdienst 2004), S. 98

WINTERDIENST – STANDARD (SN 640 756a)	
A	Schwarzräumung Schneeräumung mittels Schneeräumungsmaschinen, -geräten und auftauenden Mitteln für die Bekämpfung von Glätte und zur Erreichung einer eis- und schneefreien Fahrbahn
B	Verzögerte Schwarzräumung Mechanische Räumung mittels Pflug zur Erreichung einer griffigen Schneefahrbahn und anschliessender Bekämpfung mit Taumitteln.
C	Weissräumung Mechanische Räumung mittels Pflug, Fräsen, Schleudern oder Frässhleudern. Angestrebt wird eine griffige Schneedecke, wobei die Oberfläche aufgeraut wird. Bei Glättegefahr erfolgt der Einsatz von abstumpfenden Streumitteln.
D	Kein Winterdienst

Bild 21: Winterdienst-Standard nach VSS SN 640 756a⁶⁰

Die Organisation des Winterdienstes in der Schweiz erfolgt über die sogenannten **Dringlichkeitsstufen** (Bild 22). Darunter versteht man die „*Einteilung der Strassen nach ihrer Verkehrsbedeutung und Versorgungsfunktion im Hinblick auf die Festlegung der zeitlichen Prioritäten bei der Schneeräumung und Bekämpfung der Winterglätte*“⁶¹.

		Anwendungsbereich	Massnahme
Dringlichkeitsstufe	1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hochleistungsstrassen (Autobahnen, Autostrassen) ▪ Hauptverkehrsstrassen, Steilstrecken ▪ Strassen mit öffentlichen Verkehrsmitteln ▪ Strassen zu Bahnhöfen, Spitälern, Sanitätsposten, Polizei und Feuerwehr sowie Industrieanlagen mit starkem Verkehr ▪ Haltestellen öffentlicher Verkehrsmittel ▪ Wichtige Fussgängerverbindungen, Treppenanlagen und Radwege 	Schneeräumung: in den ersten 3 Stunden nach dem Ausrücken (auf Autobahnen 1 bis 2 Stunden früher) Winterglätte: 2 Stunden ab dem Ausrücken
	2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Quartierstrassen ▪ Fussgängerverbindungen und Treppenanlagen zu Schulhäusern ▪ Industrie- und Gewerbeanlagen ▪ Wichtige öffentliche Parkplätze 	Schneeräumung: In den darauffolgenden 4 Stunden Winterglätte: Je eine weitere Stunde

Bild 22: Dringlichkeitsstufen und dazugehörige Massnahmenplanung⁶²

⁶⁰ Vgl. SN 640756A (Winterdienst - Dringlichkeitsstufen, Winterdienst-Standard, Routenplan, Routenverzeichnisse und Einsatzplan 1991)

⁶¹ Vgl. SN 640756a (Winterdienst - Dringlichkeitsstufen, Winterdienst-Standard, Routenplan, Routenverzeichnisse und Einsatzplan 1991)

⁶² In Anlehnung an SN 640756A (Winterdienst - Dringlichkeitsstufen, Winterdienst-Standard, Routenplan, Routenverzeichnisse und Einsatzplan 1991)

Geräte im kommunalen Winterdienst – Schneeräumung

Auf Basis der **VSS SN 640757a** werden unter beweglichen Mitteln Traktionsmittel, Maschinen und Geräte verstanden, die zur Schneeräumung und Bekämpfung der Winterglätte eingesetzt werden können.⁶³

Folgende Geräte sollen dabei vorzugsweise zum Einsatz kommen.⁶⁴

- Schneepflüge
- Schneebürsten
- Schneeschleudern
- Schneefräsen
- Schneefrässchleudern
- Eishobel, Aufrau- und Planiergeräte
- Ladeschaufeln usw.

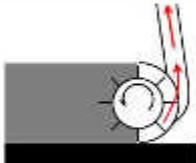
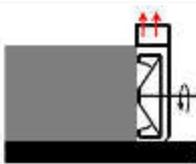
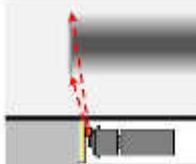
Kenndaten	Systemskizze	Draufsicht	Beispiel
Schneepflug Räumgeschwindigkeit: 10 – 70 km/h Räumleistung: - Maximal Schneehöhe: max. 0,8m (Kellpflug) Wurfweite: bis 1m			
Schneefräse Räumgeschwindigkeit: 1 - 12 km/h Räumleistung: bis 2.500 t/h Maximal Schneehöhe: ~ 1,4m Wurfweite: bis 20m			
Schneeschleuder Räumgeschwindigkeit: 1 - 12 km/h Räumleistung: bis 1.500 t/h Maximal Schneehöhe: bis 3,5m Wurfweite: über 40m			

Bild 23: Übersicht über Geräte im kommunalen Winterdienst⁶⁵

Der Einsatz der oben genannten Geräte hängt einerseits vom vorherrschenden Winterdienststandard, der Häufigkeit der Einsätze, der Strassengeometrie und Topografie sowie der zurückzulegenden Streckenlänge im Gemeindegebiet ab.

Besonderes Augenmerk sei hierbei auch auf die Anforderungen an Schneepflüge gelegt, die in der Schweiz in der VSS-Norm SN 640 765a⁶⁶ geregelt und definiert werden. Die Schneepflugtechnik kann grob in folgende Pflugarten unterschieden werden:⁶⁷

⁶³ SN 640757a (Winterdienst - Bewegliche Mittel 1993)

⁶⁴ Vgl. SN 640757a (Winterdienst - Bewegliche Mittel 1993), S.1

⁶⁵ Hofmann M. (Leitfaden Winterdienst 2011)

⁶⁶ Vgl. SN 640765a (Winterdienst - Anforderungen an Schneepflüge 1998)

⁶⁷ Vgl. Durth, W., Hanke, H. (Handbuch Straßenwinterdienst 2004)

- Einscharpflug
- Mehrscharpflug
- Keilpflug

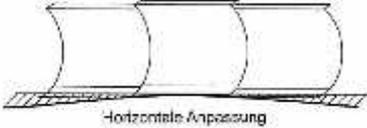
Einscharpflug	Mehrscharpflug	Keilpflug
<p>Einscharpflug Räumergebnis auf gewölbter Fahrbahn unbefriedigend</p>  <p>Keine Anpassung</p>	<p>Mehrscharpflug mechanisch Räumergebnis auf gewölbter Fahrbahn befriedigend</p>  <p>Horizontale Anpassung</p>	 <p>(Quelle: www.eder-kommunal.de, 2013)</p>

Bild 24: Einteilung der Schneepflüge⁶⁸

Neben den technischen Anforderungen werden ebenso die Möglichkeiten für An- und Abbauten geregelt.

Für den Einsatz geeigneter Geräte im kommunalen Winterdienst sind Kenntnisse hinsichtlich der **Schneecharakterisierung** unerlässlich. Diese werden in der Schweiz in der VSS-Norm SN 640 760b⁶⁹ definiert und geregelt. Da der Schnee je nach vorherrschendem Klima andere Eigenschaften besitzt, ist es von enormer Wichtigkeit diese Eigenschaften zu kennen, um so das geeignetste Gerät zur Räumung einsetzen zu können.

Die wichtigsten Parameter bei der Charakterisierung von Schnee stellen die Dichte sowie Härte des Schnees dar. Die Kenntnis dieser Faktoren ermöglicht erst die Erstellung sogenannter Schneeprofile, aus denen Handlungsmassnahmen sowie Einsatzmassnahmen gezogen werden können. Grundsätzlich gilt, dass der Schnee idealerweise vor dem Komprimieren durch den Verkehr oder vor Erhärtung durch die Kälte geräumt werden sollte.

Das Streuen von Auftaumitteln auf die frische Schneedecke verzögert die Verhärtung des Schnees und ermöglicht somit eine schnellere und effizientere Räumung der Schneedecke. Die Wahl des optimalen Schneeräumungs-Equipments erfolgt auf Basis der **Schneehärte**. Während für Schneehärten der Grösse ein bis zwei Schneepflüge und Schneeschleudern eingesetzt werden können, müssen für Schneehärten von drei bis vier bereits Schneefräsen und Schneefrässchleudern zum Einsatz kommen.

Winterdiensttechnik – Glättebekämpfung

Unter Glättebekämpfung versteht man das Aufstreuen von Stoffen auf die schnee- bzw. eisbedeckte Fahrbahn mit dem Ziel, die vorhandene Glätte entweder ganz zu beseitigen oder zumindest eine Abmilderung zu erreichen.⁷⁰

⁶⁸ In Anlehnung an Durth, W., Hanke, H. (Handbuch Straßenwinterdienst 2004)

⁶⁹ Vgl. SN 640760B (Winterdienst - Schneecharakterisierung 1995)

⁷⁰ Vgl. Durth, W., Hanke, H. (Handbuch Straßenwinterdienst 2004), S. 130

Besonders im Bereich der Glättebekämpfung spielt der Aspekt der Ökologie und Umweltfreundlichkeit eine besondere Rolle. Diesem Umstand verleiht auch die Chemikalien-Risikoreduktions- Verordnung (ChemRRV) Rechnung indem sie in Anhang 2.7 Ziffer 3.3 definiert, dass schneebedeckte Strassen vor einem Einsatz von Auftaumitteln mechanisch geräumt werden sollten.

Demnach sollen laut Absatz 3.3⁷¹ Auftaumittel

- nur verwendet werden, wenn bei der maschinellen Streuung Geräte eingesetzt werden, welche die zu behandelnden Flächen mit einer gleich bleibenden Menge pro Flächeneinheit bestreuen,
- nur bei kritischen Wetterlagen und an exponierten Stellen vorbeugend verwendet werden.

Allgemein muss beim Einsatz von auftauenden und abstumpfenden Streumitteln eine Reihe von Vorschriften und Verordnungen (StoV, ChemRRV), welche zwingend eingehalten werden müssen, berücksichtigt werden.

Gemäss **VSS SN640772b** wird folgendes Inventar zur Glättebekämpfung empfohlen:⁷²

- Handgeführte Streuer
- Anhängerstreuer
- An- bzw. Aufbaustreuer
- Feuchtsalzstreuer (div. Arten)
- Verteileinrichtungen für flüssige Auftaumittel

Je nach Entstehungsart kann die Winterglätte in vier verschiedene Kategorien unterteilt werden:

- Eisglätte
- Schneeglätte
- Glatteis und
- Reifglätte

Für die Bildung oben genannter Arten von Winterglätte spielt die Kombination aus Einflussfaktoren wie Fahrbahntemperatur, Fahrbahnzustand, vorherrschender Niederschlag, Luftfeuchtigkeit und -temperatur eine wesentliche Rolle. Die Zusammenwirkung und die Art der Entstehung kann Bild 25 entnommen werden. Je nach Einflussparameter entstehen oben genannte Winterglättearten auf die es mit unterschiedlichen Winterdienstmassnahmen zu reagieren gilt.

⁷¹ ChemRRV, Chemikalien- Risikoreduktions- Verordnung SR814.81

⁷² Vgl. SN 640757A (Winterdienst - Bewegliche Mittel 1993), S.3

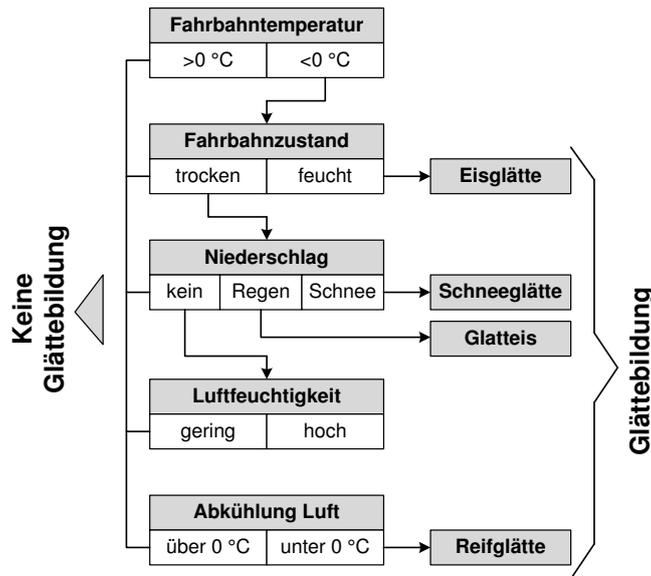


Bild 25: Formen der Winterglätte und deren Entstehung⁷³

Wie einleitend erwähnt, ist es besonders in der Glättebekämpfung von besonderer Wichtigkeit, einen möglichst ökologischen und nachhaltigen Betrieb zu gewährleisten und grosse Sorgfalt in der Auswahl von Auftaumitteln walten zu lassen. Diese Anforderung widerspiegelt sich auch im Bereich der VSS Norm SN 640 774a⁷⁴, die für einen sorgfältigen Umgang hinsichtlich der Streumitteldosierung, der Streumenge und dem Streubild plädiert. Dazu hat die Deutsche Forschungsgesellschaft für Strasse und Verkehr (FGSV) in untenstehender Graphik empfohlene Massnahmen und dazugehörige Streumengen zur Glättebekämpfung publiziert (Bild 26).

Streumengenermittlung in Abhängigkeit von Niederschlag, Fahrbahntemperatur und Verkehr																		
<small>Durch die begrenzte Streumenge von max. 40 g/m² sowie die physikalisch gegebene Taupewkung von Natriumchlorid NaCl ist eine schwarze Fahrbahn nur bis zu einer Schneefällmenge von 1 mm im Streumbaufreiecht. Hier ist eine Taupewkung und das Streuen von 10 g/m² die bessere Strategie. Dabei wird eine Taupewkung zwischen Fahrbahn und Schnee erzeugt, die weitere Klüftung erleichtert.</small>																		
Niederschlag 0,0 mm bis 0,25 mm - Schneehöhe 0,0 mm bis 2,5 mm Reifbildung bzw. gerade wahrnehmbarer Schneefall					Niederschlag 0,25 mm bis 0,5 mm - Schneehöhe 2,5 mm bis 5 mm gerade wahrnehmbarer Schneefall													
Fahrbahntemperatur in °C																		
Streumenge in [g/m ²]	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10								
Kfz in der Umlaufzeit	250	500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000	3.500	4.000	250	500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000	3.500	4.000
Niederschlag 0,5 mm bis 0,75 mm - Schneehöhe 5 mm bis 7,5 mm leichter Schneefall																		
Fahrbahntemperatur in °C																		
Streumenge in [g/m ²]	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10								
Kfz in der Umlaufzeit	250	500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000	3.500	4.000	250	500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000	3.500	4.000
Niederschlag 0,75 mm bis 1 mm - Schneehöhe 7,5 mm bis 10 mm leichter bis mäßiger Schneefall																		
Fahrbahntemperatur in °C																		
Streumenge in [g/m ²]	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10								
Kfz in der Umlaufzeit	250	500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000	3.500	4.000	250	500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000	3.500	4.000

Bild 26: Empfohlene Massnahmen und Streumengen zur Glättebekämpfung⁷⁵

⁷³ Vgl. Durth, W., Hanke, H. (Handbuch Straßenwinterdienst 2004)

⁷⁴ SN 640774a (Winterdienst - Anforderung an Streugeräte 1991)

⁷⁵ Hofmann M. (Leitfaden Winterdienst 2011)

Abstumpfende und auftauende Streustoffe - Glättebekämpfung

Grundsätzlich kann im Bereich der Streutechnik zwischen abstumpfenden und auftauenden Streumitteln unterschieden werden. Abstumpfende Streumittel wirken rein mechanisch und setzen keine chemischen Prozesse voraus, während auftauende Streustoffe erst nach einiger Zeit ihre volle Wirksamkeit entfalten. Die Ausbringung auftauender Streustoffe ist von vielen Faktoren abhängig, die einen wesentlichen Einfluss auf die Wirkungsweise und die erforderlichen Salzmengen haben. So sind folgende Einflussfaktoren massgebend für die erforderlichen Salzmengen:⁷⁶

- Dicke der Glätteschicht
- Niederschlag
- Fahrbahnoberfläche
- Temperatur
- Wind
- Strahlung
- Luftfeuchte
- Lage der Strasse
- Vorhandenes Restsalz
- Qualität des Salzes
- Verkehr
- Zeitpunkt der Streuung

⁷⁶ Vgl. Durth, W., Hanke, H. (Handbuch Straßenwinterdienst 2004)

Taumittel	Vorteile 	Nachteile 
Abstumpfende Streumittel (Splitt, Sand, Asche,...)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Unmittelbare Wirkung auf der Fahrbahn ▪ Wirksamkeit auch bei sehr tiefen Temperaturen ▪ Einsetzbarkeit unabhängig von den vorherrschenden Temperaturen ▪ Geringer Kaufpreis ▪ Geringe Investition in Inventar ▪ Hohe Versorgungssicherheit – kaum Lieferengpässe 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Notwendigkeit grosser Streumengen ▪ Kostenintensivere Aufbringung im Gegensatz zu auftauenden Streumitteln ▪ Höhere Umweltbelastung durch aufwendige Sammlung und Recycling ▪ Umweltbelastung durch Feinstaub ▪ Einsatz eher auf Strecken mit niedriger Verkehrsbelastung bzw. Geh- und Radwegen ▪ Hoher Kehraufwand ▪ Nachstreuen häufig notwendig
Auftauende Streumittel (Trocken-, Feuchtsalz, etc.)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aufbringen auf mehreren Fahrbahnen gleichzeitig ▪ Grosse Reichweiten möglich ▪ Auch auf Strecken mit hoher Verkehrsbelastung geeignet ▪ Gute Dosiermöglichkeiten ▪ Lange Wirksamkeit bei hoher Verkehrsdichte ▪ Geringe Reinigungskosten 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erfahrungen im Streudienst notwendig hinsichtlich der Streumengen für einen umweltschonenden Einsatz ▪ Viele Abhängigkeitsfaktoren bezüglich der Streusalzausbringung (Niederschlag, Temperatur, Wind, etc.) ▪ Höhere Investition in Streugeräte

Bild 27: Vor- und Nachteile abstumpfender und auftauender Streumittel⁷⁷

Eine umweltschonende und wirkungsvolle Streutechnik wird jedoch erst durch ein qualitativ hochwertiges und gut gelagertes Streugut möglich. Dabei ist nicht nur eine trockene **Lagerung** und eine schnelle Beladung der Fahrzeuge wichtig, sondern auch die strategisch günstige Lage der Streugutlager im Netz, um im Falle einer Nachfüllung eine hohe Einsatzbereitschaft gewährleisten zu können. Zur richtigen Lagerung von Streusalzen kommen einerseits Streugutlagerhallen, aber auch Streugutsilos und mobile Silos in Frage.

⁷⁷ In Anlehnung an Durth, W., Hanke, H. (Handbuch Straßenwinterdienst 2004); Amt der Steiermärkischen Landesregierung (Winterdienstleitfaden 2012)

Wichtig für ein effizientes Salzmanagement ist vor allem ein kontinuierliches Monitoring der Salzbestände in den Lagern. Laut BADEL in FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRASSEN- UND VERKEHRSWESEN (2011)⁷⁸ wird ein Modell zur Abschätzung und Bewertung des Salzverbrauches entwickelt, das auf Basis umfangreicher Wetterdaten mögliche Fahrbahnglättearten versucht abzuleiten, um darauf jeweils ein durchschnittliches Streuszenario abzuleiten und so frühzeitig benötigte Salzbestände ermittelt. Ähnlich wurde an der Technischen Universität Wien ein Modell zum Streumittelverbrauch entwickelt. Bild 28 zeigt beispielhaft die Tausalzverbräuche in Österreich im Winter der Jahre 2005 bis 2010 sowie deren durchschnittlichen Streumittelverbrauch.

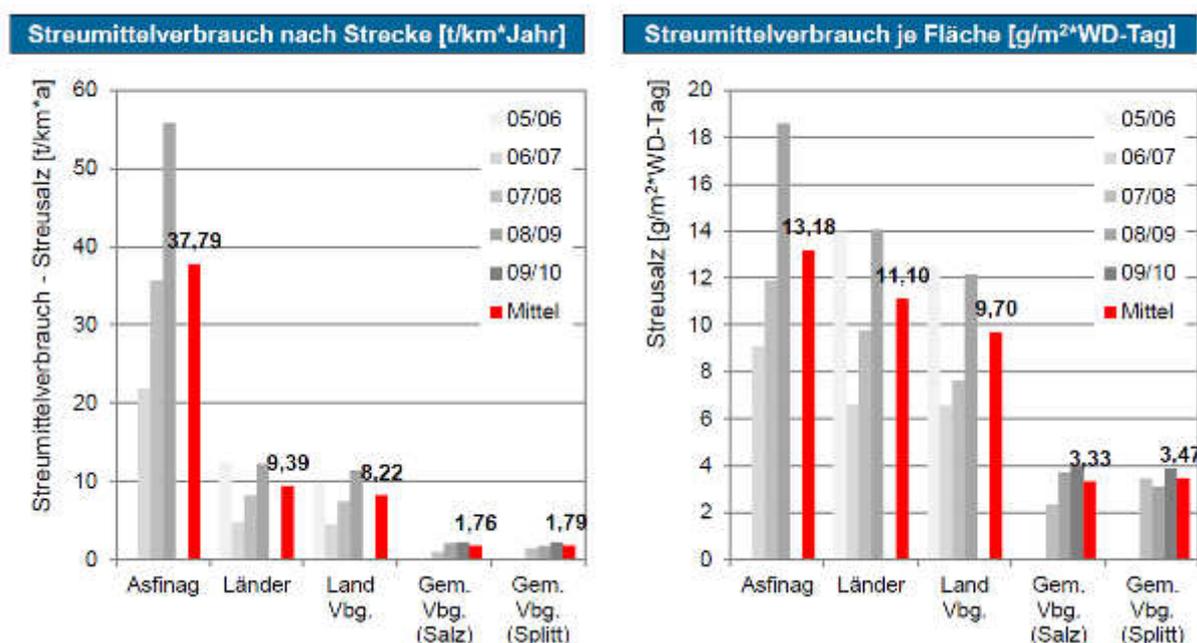


Bild 28: Streumittelverbrauch in Österreich über 5 Jahre⁷⁹

Winterdiensttechnik – Organisation und Einsatzplanung

Die Gewährleistung eines reibungslosen und effizienten Winterdienstes setzt einen koordinierten Winterdiensteinsatz voraus. Wie in Kapitel 2.1.2 können die Aufgabentypen in Routine- sowie Koordinationsaufgaben unterteilt werden.

Die **Routineaufgabe** im Winterdienst beschränkt sich auf die Vor- und Nacharbeiten (Streugutbeseitigung etc.) sowie auf die Einsatzplanung des Personals und der Räummaschinen im Falle eines Soforteinsatzes. Grundsätzlich jedoch zeichnet sich der Leistungsbereich des Strassenwinterdienstes dadurch aus, dass er durch eine Vielzahl an **Sofortmassnahmen** bestimmt wird.

Darunter fällt beispielsweise die Eisbekämpfung beim Einsetzen von Frost oder beim Vorhandensein von nassen Fahrbahnen oder die Schneeräumung beim Einsetzen von Schneefall.

⁷⁸ Vgl. Badelt in Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen (Kolloquium Strassenbetrieb 2011)

⁷⁹ Hofmann M. (Leitfaden Winterdienst 2011), S. 8

In Bild 29 erfolgt die Einteilung der Aufgabentypen des Winterdienstes nach betrieblich planbaren Aufgaben und nach veränderlichen Ad-hoc-Aufgaben und stellt sie dem Organisations- bzw. Koordinationsaufwand gegenüber.

KOMMUNALER WINTERDIENST		
Aufgabentyp Organisationsaufwand	PLANBAR	VERÄNDERLICH
HOCH	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Einsatzplanung der Räummaschinen ▪ Routenplanung und Einteilung der Räumbezirke 	Situations- bzw. wetterbedingte Planung/ Entscheidung über die <ul style="list-style-type: none"> ▪ Schneeräumung ▪ Bekämpfung der Winterglätte ▪ Unerwartete Fahrzeugreparatur
GERING	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vor- und Nacharbeiten im Winterdienst (z.B. Einsatzdokumentation,...) ▪ WD-Alarmierung ▪ Bestellung der Betriebsmittel (Salz, Verschleissteile, usw.) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nachbestellung des Salzvorrats

Bild 29: Kategorisierung des Winterdienstes nach Aufgabentyp

Aufgrund der hohen Ausprägung der veränderlichen Ad-hoc-Aufgaben ist es unverzichtbar, genaue Beobachtungen der vorherrschenden Wetterlage durchzuführen und den Strassenzustand permanent zu kontrollieren. Dies ist notwendig, um im Falle eines Einsatzes, die Mannschaft möglichst rasch zu mobilisieren und Sofortmassnahmen einleiten zu können.

In der Schweiz werden vorwiegend folgende Kanäle zur Beschaffung von aktuellen Wetterinformationen genutzt:

- Wetterberichte mit regionalem Schwerpunkt (bis 5 Tage im Voraus),
- Strassenwetterprognosen (nationaler Wetterdienst MeteoSchweiz),
- Strassenzustandsberichte (Automobilclub Schweiz ACS, TCS) die über den aktuellen Strassenzustand informieren sowie
- direkte Warnungen (z. B. MeteoSchweiz) des Bundesamtes für Meteorologie und Klimatologie (MeteoSchweiz bspw. berichtet bei grossräumigem Schneefall oder Glatteisgefahr bis 3 Stunden im Voraus).

Ein etwas kostenintensiveres Verfahren zum Wetter-Monitoring stellt eine 24-Stunden-Überwachung dar, dessen Haupteinsatzgebiet vorwiegend stark befahrene und verkehrswichtige Strassenabschnitte sind. Dabei werden Messpunkte in den Strassenbelag eingebaut, die kontinuierlich Messdaten wie Oberflächentemperatur, Gefrierpunktttemperatur unter Berücksichtigung der Resttaumittel, sowie den allgemeinen Fahrbahnzustand (nass, trocken, Schnee etc.) messen.

Neben der Erfassung von strassenrelevanten Daten können auch Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Niederschlag, Luftdruck, Windstärke, Windrichtung und viele weitere Parameter erfasst werden. Wetterradar, Videokameras und Wettersatelliten schliessen die Wetterinformationsbeschaffung ab. Falls diese Informationen nicht ausreichen, können Kontrollfahrten durchgeführt werden, die neben dem Winterdienstpersonal auch von Fahrern des öffentlichen Verkehrs (z. B. Linienbusse) oder von Polizeiorganen übernommen werden können.

Im Falle eines Einsatzes ist eine zuverlässige und vor allem rechtzeitige **Alarmierung** der Mitarbeiter unerlässlich. Die Alarmierungen können automatisch auf allen gängigen Telekommunikationskanälen (SMS, E-Mail, Anruf, etc.), durch Personal auf Kontrollfahrten oder durch Polizeiorgane erfolgen.

Des Weiteren muss in Zeiten von Winterdiensteinsätzen ein **Pikettdienst** eingerichtet werden, der es ermöglicht, dass auch ausserhalb der regulären Arbeitszeiten ein Einsatz gewährleistet wird. Eine permanente Anwesenheit von Personal im Werkhof ist aus Kostengründen zu vermeiden und sollte nur bei besonderen Wetterlagen genutzt werden.

Der Pikettdienst besteht aus einem Einsatzleiter und dem notwendigen Personal, um einen Streueinsatz im gesamten Einsatzgebiet zu garantieren. Der Pikettdienst kann für folgende Einsätze gerufen werden:

- Strassenzustandsüberwachung,
- Bekämpfung der Winterglätte und
- zur Schneeräumung.

Routen- und Einsatzplan im Winterdienst⁸⁰

Zur Gewährleistung einer optimalen und effizienten Organisation eines Winterdiensteinsatzes sind Routen- bzw. Einsatzpläne für die Gemeinden unerlässlich. Darin werden den jeweiligen Strassenabschnitten Winterdienststandards und Priorisierungen zugewiesen, um so systematisch eine schnelle Schneeräumung durchzuführen. Dabei werden alle für die Durchführung relevanten Vorgaben wie Standorte der Werkhöfe, Streugutdepots, die Linienführung des öffentlichen Verkehrs, die Zufahrten zu Spitälern und Versorgungseinrichtungen etc. in einem Strassenplan vermerkt.

Die VSS-Norm SN 640 756a empfiehlt ein Bewertungssystem, das eine eindeutige Zuordnung der Strassen mit den notwendigen Parametern (Winterdienststandard etc.) vorgibt, sodass jeder Strassenabschnitt mit einer Dringlichkeit des Winterdienstes versehen wird.

⁸⁰ SN 640756a (Winterdienst - Dringlichkeitsstufen, Winterdienst-Standard, Routenplan, Routenverzeichnisse und Einsatzplan 1991)

Bild 30 zeigt ein mögliches Beispiel eines Ablaufes einer Routenplanung im Strassenbetriebsdienst. Nach einer (möglichst computerbasierten) Erfassung des Strassennetzes und der Definition von Randbedingungen kann eine Dringlichkeitsbewertung der Strassenabschnitte vorgenommen werden. Auf Basis dieser Bewertung werden so genannte Cluster im Strassennetz gebildet, welche die Grundlage für die Bildung von Tagedstouren darstellen. Zum Abschluss gilt es den Tagedstouren Wochentage sowie das benötigte Personal und Inventar zuzuweisen.

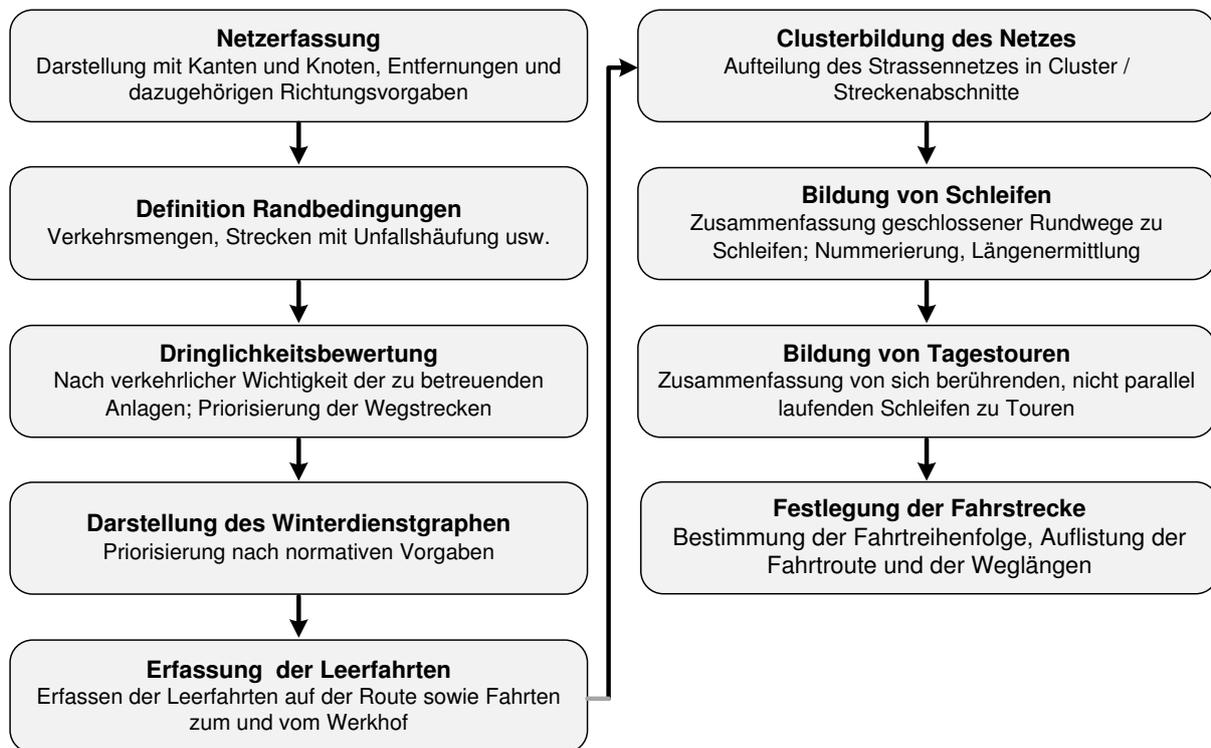


Bild 30: Beispiel eines Ablaufes einer Routenplanung im Strassenbetriebsdienst⁸¹

Signalisation, bauliche Massnahmen⁸²

Signalisationen und bauliche Massnahmen werden eingesetzt, um die Verkehrssicherheit zu gewährleisten sowie die Effizienz der Unterhaltsarbeiten steigern. Unter Signalisation fallen gemäss VSS SN640778a Tafeln wie „Schneepflug“, „Streudienst“ usw. sowie auch Schneezeichen. Neben der Signalisation können auch bauliche Massnahmen wie Treibschneezäune oder Stützwerke fallen.

Im Gegensatz zur permanenten Strassensignalisation, die der Signalverordnung SSV obliegt, können temporäre Signalisationen vom Unterhaltsdienst in Einvernahme mit den zuständigen Behörden aufgestellt werden. Ebenso sind Schneezeichen für den Winterdienst von grosser Wichtigkeit, da sie der Kennzeichnung von Strassenrändern, Randsteinen, Leiteinrichtungen, Parkplätzen, Schächten usw. dienen und damit einen effizienten Winterdienst sicherstellen.

⁸¹ In Anlehnung an Molzer (Vorlesung Strassenbetrieb – WS 2011/2012, TU Wien)

⁸² SN 640778A (Winterdienst - Signalisation, bauliche Massnahmen 1997)

2.2 Fragen der Praxis

Das Bundesamt für Strassen, kantonale, kommunale und private Strassenbetreiber verfolgen effizienzsteigernde Massnahmen im Bereich des betrieblichen Strassenunterhalts, um wirtschaftlicher handeln zu können und den Wirtschaftsstandort Schweiz weiterhin attraktiv zu halten.

In den vorherigen Kapiteln wurde der Stand der Praxis auf Basis normativer Regelungen dargelegt und systematisch nach den Leistungsbereichen des betrieblichen Strassenunterhalts gegliedert. Auf Basis der Analyse des Standes der Praxis muss festgestellt werden, dass es bis dato keine Leistungsansätze für den Einsatz von Geräten des kommunalen Strassenbetriebsdienstes existieren, die den Werkhofleitern als Benchmark-Grössen für die Beurteilung ihrer Leistungsfähigkeit zur Verfügung stehen. Abseits der persönlichen Erfahrungen der Werkhofleiter werden den Ressortverantwortlichen keine Werkzeuge zur Verfügung gestellt, die es ermöglichen, die erbrachte Leistung zu messen und darauf aufbauend Verbesserungsmassnahmen einzuleiten.

Zudem stellt sich die Frage, wie die Vorteilhaftigkeit bzw. der Nutzen eines siedlungsübergreifenden Zusammenschlusses bewertet werden kann und welche Auswirkung die gesetzten Massnahmen auf die Gesamtkosten und somit auf die Effizienz des Strassenunterhalts haben. Es bleibt die Frage unbeantwortet, inwiefern sich eine interkommunale Kooperation lohnt und welche Vorteile in der Umsetzung derselben für die Gemeinden bestehen.

Bis dato gibt es somit weder Entscheidungswerkzeuge zur Abwägung einzelner Aufgabenerfüllungs-Varianten im betrieblichen Strassenunterhalt noch werden die kommunalen Entscheidungsträger sachlich und objektiv abseits der politischen Meinungen und Diskussionen über den Sachverhalt und die nötigen organisatorischen Schritte im Zuge der Umsetzung einer interkommunalen Zusammenarbeit instruiert.

Der Stand der Praxis lässt sich folgendermassen zusammenfassen:

- Die normativen Regelungen stellen für die jeweiligen Leistungsbereiche des betrieblichen Strassenunterhalts eine fundierte Grundlage zur Leistungserbringung dar, geben jedoch keine Handlungsempfehlungen für eine wirkungs- und prozessorientierte Aufgabenerfüllung in den Gemeinden.
- Den Werkhofverantwortlichen werden auf Basis des Standes der Praxis keine Leistungsindikatoren als Benchmark-Grössen zur strassenbetrieblichen Prozess- und Leistungsoptimierung geboten.
- Der kommunale betriebliche Strassenunterhalt wird in den Schweizer Gemeinden vorwiegend als Eigenleistung erbracht. Bis dato stehen den Gemeinden keine Handlungs- und Entscheidungswerkzeuge für eine interkommunale Zusammenarbeit in diesem Aufgabenbereich zur Verfügung.

- Es fehlt an einem (ökonomisch) begründeten Entscheidungsmodell, das Handlungsalternativen zur siedlungsübergreifenden Zusammenarbeit aufzeigt, um eine Effizienzsteigerung in den Gemeinden zu erreichen und so dem Steuerzahler einen Mehrwert („value for money“) zu bieten.
- Die Aufgabenerfüllung als Eigenleistung der Gemeinde hat zur Folge, dass jeder Gemeindewerkhof über eine Inventarausrüstung verfügt, die einen sehr geringen Auslastungsgrad aufweist und folglich eine hohe finanzielle Belastung für die Gemeinden darstellt. Hinsichtlich der Auslastungssteigerung respektive Effizienzerhöhung ist ein hoher Verbesserungsbedarf erkennbar.

Für die Modellentwicklung ist es entscheidend, die Fragen der Praxis (Leitfragen) aus dem Stand der Praxis abzuleiten und diese im Stand der Forschung systematisch aufzuarbeiten. Dabei gilt es für die Umsetzung einer siedlungsübergreifenden Zusammenarbeit im betrieblichen Strassenunterhalt folgende Fragestellungen, die weder normativ noch in der Praxis gelöst wurden, zu beantworten:

Teilmodell I – Leitfrage

Wie erfolgt die **Auswahl einer kostenoptimalen Inventarausrüstung** innerhalb einer interkommunalen Zusammenarbeit in Abhängigkeit der Leistungen und unter Berücksichtigung der geforderten Qualitätsstandards in den Gemeinden?

Folgende Fragestellungen ergeben sich in Bezug auf Teilmodell II des betrieblichen Strassenunterhalts hinsichtlich einer siedlungsübergreifenden Zusammenarbeit in der Praxis:

Teilmodell II – Leitfrage 1

Unter welchen **Einflussgrößen** (Netzgrösse, Ressourceneinsatz, etc.) eignet sich eine interkommunale Zusammenarbeit im betrieblichen Strassenunterhalt, um für eine Region einen effizienten **Strassenunterhalt mit langfristigem Nutzen** für die Einwohner zu gewährleisten?

Teilmodell II – Leitfrage 2

Wo befindet sich der **optimale Werkhofstandort** im Zuge der Aufgabenerfüllung als siedlungsübergreifende Zusammenarbeit, wenn eine Minimierung der Gesamtkosten erreicht werden soll?

Die Beantwortung der genannten Fragen und Problemstellungen erfolgt im Rahmen des vorliegenden Forschungsvorhabens auf entsprechend wissenschaftlich fundierten und praktisch anwendbaren Methoden. Auf Basis des Standes der Praxis und der Forschung wird in weiterer Folge ein Modell entwickelt, das Entscheidungswerkzeuge zur Beantwortung der genannten Leitfragen aufzeigen soll.

3 Stand der Forschung und Fragen der Forschung

In den letzten Jahren wurden vermehrt Forschungsanstrengungen durchgeführt, die Optimierungen im Bereich des Strassenunterhalts aufzeigen mit der Zielsetzung der Effizienzsteigerung im Bereich der kommunalen und kantonalen Aufgabenerfüllung in Verwaltungen. Diese umfassen Optimierungsbestrebungen bezogen auf die gesamte Strassenverkehrsanlage einschliesslich der Kunstbauten, Ver- und Entsorgungsleitungen. Besonders im Bereich der interkommunalen Zusammenschlüsse und -kooperationen ist ein grosses Interesse der Praxis erkennbar, die Entscheidungsinstrumente für eine holistische, ziel- und lebenszyklusorientierte interkommunale Zusammenarbeit im betrieblichen Strassenunterhalt fordern. Im Speziellen konnte festgestellt werden, dass sich weder in der einschlägigen Literatur noch in der Praxis Leistungsansätze für einen effizienten betrieblichen Strassenunterhalt finden lassen. Zudem werden den kommunalen Entscheidungsträgern kaum Instrumente und Werkzeuge geboten, anhand derer sie den Nutzen bzw. die Optimierungsmöglichkeiten erkennen können.

Im Kapitel Stand der Forschung wird – ausgehend vom Stand der Praxis – folglich untersucht, welche Lösungsansätze bereits in der Wissenschaft und einschlägigen Literatur vorhanden sind, die bereits Fragen der Praxis beantworten bzw. Forschungslücken erkennen lassen.

3.1 Entscheidungsmodelle

Ein Modell kann nach DOMSCHKE und SCHOLL (2008) als (vereinfachtes) Abbild eines realen Problems oder Systems gesehen werden.⁸³ Die Abbildung eines solchen realen Problems bedingt, analog zur realen Welt, eine Vielzahl an Entscheidungssituationen, die es anhand eines Entscheidungsmodelles zu lösen gilt. Demzufolge werden Entscheidungsmodelle und darin behandelte Entscheidungssituationen anhand von Zielgrössen definiert.⁸⁴

Entscheidungsmodelle sind formale Darstellungen eines Entscheidungsproblems, wobei dem Entscheider Lösungsmöglichkeiten und Handlungsalternativen aufgezeigt werden sollen. Der wesentliche Unterschied zu Erklärungs- und Kausalmodellen liegt darin, dass Zielrelationen zur Beurteilung und Evaluation von Handlungsvarianten herangezogen werden mit dem Ziel, Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge zu untersuchen.⁸⁵

⁸³ Vgl. Domschke, W., Scholl, A. (Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre aus entscheidungsorientierter Sicht 2008), S.30

⁸⁴ Vgl. Götze, U. (Investitionsrechnung 2008), S. 37

⁸⁵ Vgl. Domschke, W., Scholl, A. (Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre aus entscheidungsorientierter Sicht 2008), S. 31

Ein Entscheidungsmodell wird durch die folgenden charakteristischen Elemente geprägt:⁸⁶

- Ziele, die der Entscheider verfolgt
- Handlungsalternativen, die dem Entscheider vorliegen
- Umfeldfaktoren (Einflussparameter, etc.) und
- Ergebnisfunktionen

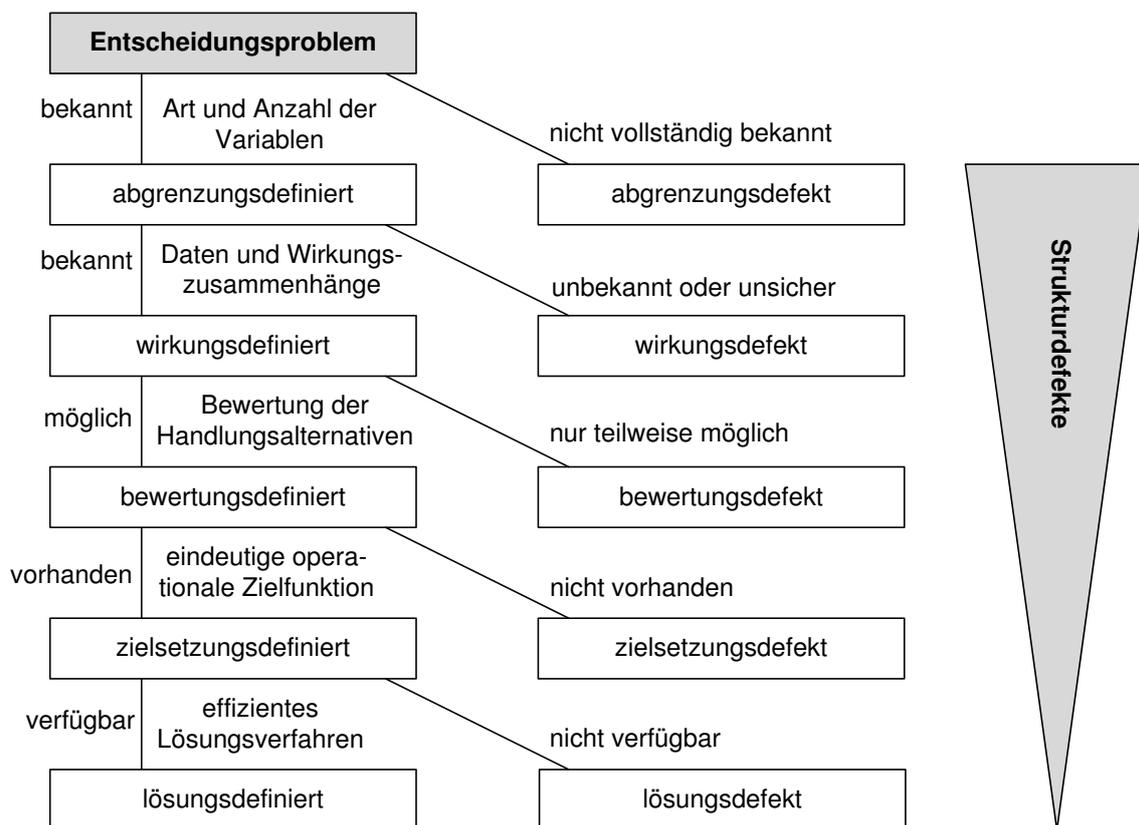


Bild 31: Strukturebenen von Entscheidungsmodellen⁸⁷

Bild 31 zeigt die Klassifikation von Entscheidungsmodellen, wobei der Grad der Strukturiertheit des Entscheidungsproblems von oben nach unten zunimmt.

Von einem abgrenzungsdefiniertem Problem spricht man beispielsweise dann, wenn dem Entscheider die Art und Anzahl der Variablen und somit der Handlungsalternativen nicht, oder nicht vollständig bekannt sind.

⁸⁶ Vgl. Dinkelbach, W., Kleine, A. (Entscheidungslehre 1996); Bamberg, G., et al. (Betriebswirtschaftliche Entscheidungslehre 2012); Domschke, W., Scholl, A. (Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre aus entscheidungsorientierter Sicht 2008), S. 48

⁸⁷ Vgl. Domschke, W. (Logistik: Transport Grundlagen, lineare Transport- und Umladeprobleme 2007)

Sind die Ursache-Wirkungs-Beziehungen bzw. die daraus folgenden Wirkungszusammenhänge nicht erkennbar, so spricht man von einem wirkungsdefiniertem Entscheidungsproblem. Von einem wohlstrukturiertem bzw. effizient lösbarem Problem kann dann ausgegangen werden, wenn zur Lösung des Modells ein effizientes Lösungsverfahren existiert.⁸⁸

3.1.1 Schlussfolgerung Entscheidungsmodelle

Die Entwicklung eines Entscheidungsmodells mit dem Ziel des Aufzeigens von Lösungsmöglichkeiten und Handlungsalternativen für kommunale Entscheidungsträger ist das Kernelement der vorliegenden Forschungsarbeit.

Die in Bild 31 definierten Strukturebenen werden dahingehend durchlaufen, dass im vorliegenden Forschungsprojekt versucht wird, systematisch mögliche Strukturdefekte zu identifizieren und diese auf Basis wissenschaftlich anerkannter Verfahren zu eliminieren.

Dem abgrenzungsdefiniertem Problem wird damit entgegengewirkt, dass auf forschungsmethodischer Basis eine klare Systemabgrenzung des Entscheidungsproblems vorgenommen wird, sodass die Art und Anzahl der Entscheidungsvariablen bekannt sind. In weiterer Folge werden Wirkungszusammenhänge hergestellt, die folglich eine Bewertung von Handlungsalternativen erlauben (wirkungs- und bewertungsdefiniertes Entscheidungsproblem).

Die Umsetzung geschieht auf Basis eines quantitativ (mathematisch) beurteilbaren Modells. Zur Bewertung der Handlungsalternativen ist es unabdingbar, eindeutige operationale Zielfunktionen aufzustellen (zielsetzungsdefiniertes Entscheidungsproblem). Durch Anwendung eines quantitativen, effizienten Lösungsverfahrens wird es so möglich, Lösungsmöglichkeiten aufzuzeigen und den Gemeinden im Zuge einer angedachten interkommunalen Kooperation eine Entscheidungsunterstützung zu bieten (lösungsdefiniertes Entscheidungsproblem). Mögliche Lösungsverfahren des Entscheidungsmodells werden in weiterer Folge in Kapitel 3.3 und Kapitel 7.1 vorgestellt.

⁸⁸ Vgl. Domschke, W. (Logistik 1995), S. 40

3.2 Forschungsfeld Betrieblicher Strassenunterhalt

Die ersten Bestrebungen im **Erhaltungsmanagement** von Strassen im deutschsprachigen Raum wurden von Oefner und Schmuck (1980)⁸⁹ unternommen. Lindenmann et al. (2000)⁹⁰ entwickelte ein Erhaltungsmanagementkonzept im Bereich der VSS-Normung des kommunalen Strassenunterhalts. Emch & Berger AG in Zusammenarbeit mit Forschungspartnern EMCH & BERGER BERN AG (2003)⁹¹ beschäftigte sich mit der Optimierung des Systems Strasse in Zusammenhang mit Versorgungseinrichtungen wie Abwasser, Gas-, Elektrizitäts- und Wasserversorgung sowie Telekommunikationsleitungen, um daraus systemübergreifend Synergieeffekte erzielen zu können.

Am **Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement der ETH Zürich** im Bereich des Erhaltungsmanagements wurde von Girmscheid (2010)⁹² erstmals ein lifecycle-orientiertes Erhaltungsmanagement-Modell vorgestellt. Zudem wurde von GIRMSCHIED (2007a) ein monetäres Bewertungssystem entwickelt, das die Einflüsse des Strassenzustandes auf die jeweiligen Stakeholder identifizierte.⁹³

WICHMANN (2003)⁹⁴ setzte sich vertieft mit den organisatorischen Faktoren sowie den normativen Rechtsgrundlagen der Strassenreinigung und des Winterdienstes auseinander. Aus aktuellen Grundsatzentscheidungen der Obergerichte und des Bundesgerichtshof wird der rechtliche Aspekt der Durchführung des betrieblichen Unterhalts beleuchtet und Rechtsfragen der beiden genannten Leistungsbereiche beantwortet.

Mit Hilfe eines prozessoptimierten **Fuhrpark- und Flottenmanagements** können die Arbeitsabläufe im Werkhof wesentlich verbessert und effizienter gestaltet werden. Grundlegende Arbeiten dazu liefern Herzog (1997)⁹⁵ und Schnieder (2007)⁹⁶, die sich insbesondere mit der Dimensionierung und Ausstattung von Werkhöfen auseinandersetzen. GIRMSCHIED (2008a)⁹⁷ entwickelte ein Entscheidungsmodell zur optimalen Inventarbereitstellung, das als Grundlage für eine effiziente Ausgestaltung der Inventarausstattung herangezogen werden kann.

⁸⁹ Oefner, G., Schmuck, A. (Verhaltens- und Managementmodelle für den Strassenoberbau 1980)

⁹⁰ Lindenmann H.-P.; et. al (Erhaltungsmanagement 2000)

⁹¹ Emch & Berger Bern AG (Management der Strassenerhaltung 2003)

⁹² Girmscheid, G., Fastrich, A. (Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen 2010)

⁹³ Girmscheid, G. (Entscheidungsmodell 2007a)

⁹⁴ Wichmann, M. (Strassenreinigung und Winterdienst in der kommunalen Praxis 2003)

⁹⁵ Herzog, B. O. (Fuhrpark-Management 1997)

⁹⁶ Schnieder, E. (Verkehrstechnik Automatisierung des Strassen- und Schienenverkehrs 2007)

⁹⁷ Girmscheid, G. (Systemauswahl und Bereitstellungsvariante 2008a)

Roos, et al. (1997)⁹⁸ beschäftigte sich mit der Fragestellung eines optimalen Fahrzeugeinsatzes im betrieblichen Winterdienst zur Erreichung einer effizienten Auslastung der Geräte und unter Berücksichtigung des gewünschten Anforderungsniveaus.

Im Bereich des Winterdienstes beschäftigten sich Durth und Hanke (2004)⁹⁹ mit der prozessorientierten Durchführung und Organisation des Winterdienstes. CYPRA (2007)¹⁰⁰ entwickelte eine Entscheidungsmethode für Massnahmen im Winterdienst auf hochbelasteten Bundesautobahnen mit dem Ziel, einen hohen Zielerreichungsgrad durch Einsatz von standarderhöhenden Winterdienstmassnahmen zu erreichen unter Berücksichtigung verkehrlichen, streckenspezifischen und wettertechnischen Faktoren.

Im internationalen Umfeld befassen sich insbesondere Stenbeck (2009)¹⁰¹ und Bergström (2003) mit den Auswirkungen des Winterdienstes auf die Unterhaltskosten von Strassen.

3.2.1 Schlussfolgerung Forschungsfeld Betrieblicher Strassenunterhalt

Im Bereich des Erhaltungsmanagements von Strassen wurden bereits umfassende Forschungsarbeiten durchgeführt. Dabei wurden generelle Fachkonzepte zum Erhaltungsmanagement entwickelt, die einerseits die Strassenverkehrsanlage als Gesamtsystem berücksichtigen und andererseits sich auf einzelne Teilbereiche des Erhaltungsmanagements fokussieren.

Im Leistungsbereich des betrieblichen Strassenunterhalts kann angemerkt werden, dass – insbesondere im Leistungsbereich des Winterdienstes – wissenschaftliche Arbeiten zur prozessualen Optimierung sowie zur verbesserten Organisation und Durchführung der Aufgabenerfüllung existieren. Dabei wird jedoch lediglich auf technologische Verbesserungen, beispielsweise im Umgang und Einsatz mit Streumitteln etc., eingegangen. Es fehlt daher noch weitgehend an einem holistischen und systemtheoretisch begründeten Modell, das eine optimale Inventarbereitstellung innerhalb einer siedlungsübergreifenden Kooperation aufzeigt.

⁹⁸ Roos, R., et al. (Optimaler Fahrzeugeinsatz im Winterdienst auf Bundesautobahnen 1997)

⁹⁹ Durth, W., Hanke, H. (Handbuch Straßenwinterdienst 2004)

¹⁰⁰ Cypra, T. (Entwicklung einer Entscheidungsmethode für Massnahmen im Winterdienst auf hochbelasteten Bundesautobahnen 2007)

¹⁰¹ Stenbeck, T. (Budgeting Performance-Based Winter Maintenance 2009)

3.3 Forschungsfeld Operations Research

Viele Entscheidungsprobleme verwenden zur Lösung der Probleme **Optimierungsverfahren**, die eine reale Entscheidungssituation möglichst genau widerspiegeln und mit Hilfe von mathematischen Methoden eine möglichst genaue und nahezu optimale Lösung ermitteln sollen.

Im Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit wird in Bezug auf eine Werkhofstandortplanung sowie auf eine optimale Routen- und Tourenplanung auf Optimierungsverfahren des Operations Research, im Besonderen auf die Graphentheorie, zurückgegriffen. Das Forschungsfeld des Operations Research kann mit folgender Definition aus dem Jahr 1951 beschrieben werden:

„Operations Research is a scientific method of providing executive departments with a quantitative basis for decisions regarding the operations under their control.“¹⁰²

Bild 32 zeigt eine Charakterisierung von Modelltypen aus dem Gebiet des Operations Research und nimmt eine Einteilung nach Einsatzzweck, der Art der Information sowie eine Einteilung nach Art der Abstraktion vor. Letztere Einteilung unterscheidet deterministische und stochastische Modelle, wobei deterministische Modelle meist der Entscheidungsfindung *unter Sicherheit* dienen und stochastische Modelle weitgehend Entscheidungen *unter Unsicherheit* abbilden. Auf Basis der Entscheidungstheorie können Entscheidungen unter Sicherheit sowohl mit einer (einkriteriell) als auch mit mehreren (multikriteriell) Zielfunktionen abgebildet werden.

Modelleinteilung anhand der Kriterien:		
Einsatzzweck	Art der Information	Art der Abstraktion
Beschreibungsmodelle	Quantitative (mathematische) Modelle – Anwendung von Verfahren des Operations Research (OR)	Deterministisches vs. Stochastisches Modell
Erklärungs- oder Kausalmodelle		Statisches vs. Dynamisches Modell
Prognosemodelle	Qualitative Modelle	Totalmodell vs. Partialmodell
Simulationsmodelle		
Entscheidungs- bzw. Optimierungsmodelle		

Bild 32: Einteilung von Optimierungsmodellen¹⁰³

¹⁰² Vgl. Gass, S. I., Assad, A. A. (Definition of OR 2005)

¹⁰³ In Anlehnung an: Domschke, W., Drexl, A. (Einführung in Operations Research 2007), S.3

Verfahren aus dem Operations Research können grob in folgende Gebiete unterteilt werden:¹⁰⁴

- Lineare Optimierung / Lineare Programmierung (LP)
- Graphentheorie und Netzplantechnik
- Ganzzahlige (lineare) und kombinatorische Optimierung
- Dynamische Optimierung
- Nichtlineare Optimierung
- Warteschlangentheorie

Ein komplexes Entscheidungsproblem im Bereich des betrieblichen Strassenunterhalts kann mit Hilfe von verschiedenen Optimierungsverfahren gelöst werden. Für die Auswahl eines geeigneten Optimierungsverfahrens zur Entscheidungsfindung müssen folgende Beurteilungskriterien berücksichtigt werden:¹⁰⁵

- Prinzipielle Eignung des Verfahrens
- Qualität der Ergebnisse
- Zuverlässigkeit des Verfahrens
- Effizienz des Verfahrens

Das Hauptanwendungsgebiet der Graphentheorie findet sich vorwiegend im Bereich der Logistik. Historisch gesehen wurde die Graphentheorie erstmals durch Euler im Jahre 1737 erwähnt, der das so genannten „Königsberger Brückenproblem“ löste. Die Grundlagen der Graphentheorie wurden erstmals von KÖNIG (1936)¹⁰⁶ geschaffen, der den Anstoss für die weitere Erforschung und mathematische Formulierung dieses Optimierungsproblems anstieß.

Zwischenzeitlich existieren eine Vielzahl an Forschungsanstrengungen, die die Anwendung der Graphentheorie auf unterschiedliche Wissensgebiete wie z. B. der Logistik, Informatik, Produktion etc. übertragen.

Grundlegende Forschungsarbeiten zur Anwendung der Graphentheorie im betrieblichen Strassenunterhalt liefert Liebling (1970)¹⁰⁷, der erstmals die Anwendung der Graphentheorie auf Planungs- und Tourenprobleme des städtischen Strassendienstes im Raum Zürich untersuchte. Des Weiteren erforschte Durth (1989)¹⁰⁸ die Optimierung der Einsatzplanung für den Strassenwinterdienst in Städten und Gemeinden. Zhu (1989)¹⁰⁹ entwickelte ein flexibles Verfahren zur Lösung von kantenorientierten Tourenplanungsproblemen im betrieblichen Strassenunterhalt.

¹⁰⁴ Vgl. Domschke, W., Drexl, A. (Einführung in Operations Research 2007), S.7; Dempe, S., Schreier, H. (Operations Research 2006); Dinkelbach, W., Lorscheider, U. (Entscheidungsmodelle und lineare Programmierung 1990)

¹⁰⁵ Vgl. Fastrich, A. (Erhaltungsstrategien im Strassenunterhalt 2011), S.167

¹⁰⁶ König, D. (Theorie der endlichen und unendlichen Graphen 1936)

¹⁰⁷ Liebling, T. M. (Graphentheorie in Planungs- und Tourenproblemen 1970)

¹⁰⁸ Durth, W., Hanke, H. (Optimierung der Einsatzplanung für den Strassenwinterdienst 1989)

¹⁰⁹ Zhu, P. (Verfahren zur Lösung kantenorientierter Tourenplanungsprobleme 1989)

Im Bereich der Standortplanung wurden die ersten normativen Ansätze von WEBER (1909)¹¹⁰ unternommen, der sich vorwiegend mit der Standortbestimmungen von Industriebetrieben beschäftigte. Einen besonderen Schwerpunkt nahm in seiner Arbeit die Bestimmung der Kostentreiber wie Transport-, Arbeits- und Materialkosten im Zuge der Standortfestlegung ein.

Erste wissenschaftliche Auseinandersetzungen zu Standortbestimmungen in Netzen stammen von KUEHN und HAMBURGER (1963)¹¹¹ sowie von BAUMOL und WOLFE (1958)¹¹².

3.3.1 Schlussfolgerung Forschungsfeld Operations Research

Die Verfahren des Operations Research, im Speziellen die Verfahren der Graphentheorie, werden vorwiegend im Bereich der Logistik und Produktion angewendet. Insbesondere wird bei neuen Standortplanungen und Standortentscheidungen oftmals auf Verfahren des Operations Research zurückgegriffen. Dies wird besonders jenem Grund geschuldet, dass auf Basis wissenschaftlich fundierter, mathematischer Methoden eine quantitative Beurteilung von Standortalternativen möglich wird. Zudem ermöglicht die Anwendung der Graphentheorie, dass nicht nur Investitionskosten zur Umsetzung und Realisierung des neuen Standortes beachtet werden, sondern vielmehr auch die laufenden Kosten des Betriebes (z. B. Transportkosten etc.) in die Betrachtung miteinbezogen werden können.

Die Verfahren des Operations Research eignen sich folglich für die Umsetzung des vorliegenden Dissertationsprojektes, um Fragen zu einem optimalen Werkhofstandort sowie offene Fragestellungen hinsichtlich der Routenplanung zu beantworten. Dabei können sowohl standortspezifische Kosten (Grundstückskosten, Erschliessungskosten des neuen Standortes etc.) in der Entscheidungsfindung berücksichtigt werden als auch Kosten, die aufgrund der betrieblichen Tätigkeit durch An- und Abfahrten zu den Siedlungsgebieten anfallen.

¹¹⁰ Weber, A. (Ueber den Standort der Industrien 1909)

¹¹¹ Kuehn, A. A., Hamburger, M. J. (A Heuristic Program for Locating Warehouses 1963)

¹¹² Baumol, W. J., Wolfe, P. (A warehouse-location problem 1958)

3.4 Forschungsfeld Effizienzsteigerung in der Aufgabenerfüllung

Am **Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement der ETH Zürich** im Bereich der kommunalen Strassenerhaltung wurde von GIRMSCHIED (2006a)¹¹³ und GIRMSCHIED (2006b)¹¹⁴ ein NPV-Wirtschaftlichkeitsanalysemodell entwickelt, das die Lebenszyklusbetrachtung im kommunalen Strassenunterhalt in den Mittelpunkt stellt und die Grundlage für einen umfassenden Wirtschaftlichkeitsvergleich zwischen den Abwicklungsformen der Eigenleistung im öffentlichen Sektor und der Leistungserbringung mit einem privaten Partner (PPP-Modell) bietet.

Im Bereich der Strassenerhaltung wurde von GIRMSCHIED (2007a)¹¹⁵, GIRMSCHIED und FASTRICH (2010)¹¹⁶ sowie FASTRICH und GIRMSCHIED (2010)¹¹⁷ erstmals ein lifecycle-orientiertes Erhaltungsmanagement-Modell vorgestellt. Dieses umfasst im Zuge von drei Teilmodellen die Definition von Erhaltungsstrategien und Erhaltungsvarianten, eine Kosten-Barwert-Betrachtung zur Bewertung von Unterhaltmassnahmen sowie ein LC-Erhaltungsoptimierungsmodell zur Definition einer optimalen Erhaltungsvariante.

Im Bereich des Bauinventarmanagements zeigt GIRMSCHIED (1999)¹¹⁸ ein Bauhof- und Bauinventarmanagementkonzept zur Ergebnis- und Liquiditätssteigerung auf. Des Weiteren wurde von GIRMSCHIED (2008a)¹¹⁹ und GIRMSCHIED (2008b)¹²⁰ ein Modellansatz entwickelt, um den zukünftigen Bedarf von Bauproduktionsmitteln besser bestimmen zu können und folglich eine wirtschaftliche Systemauswahl gewährleisten zu können. Dieses ausgereifte Analysemodell in Kombination mit dem von Girmscheid entwickelten Leistungsermittlungsverfahren¹²¹ für Baumaschinen ermöglicht den Bauunternehmen eine optimale Auswahl von Bereitstellungsvarianten von Bauproduktionseinrichtungen. Grosses Potential in Bezug auf Effizienzsteigerungen in der Aufgabenerfüllung sieht zudem PORWOLLIK (2005) in der Netz- und Standortoptimierung zur Erreichung einer besseren Auslastung des Fahrzeug- und Geräteparks.¹²²

HÖFELER (2011) befasste sich verstärkt mit dem Einsatz von Controllingwerkzeugen im betrieblichen Strassenunterhalt und definiert Anforderungen an Steuerungsmodelle, um folglich Wirtschaftlichkeitspotentiale besser nutzen zu können respektive durch Fremdleistungsvergaben eine effizientere Leistungserbringung zu gewährleisten.¹²³

¹¹³ Girmscheid, G. (NPV-Wirtschaftlichkeitsanalysemodell 2006a)

¹¹⁴ Girmscheid, G. (Risikobasiertes probabilistisches LC-NPV-Modell 2006b)

¹¹⁵ Girmscheid, G. (Entscheidungsmodell 2007b)

¹¹⁶ Girmscheid, G., Fastrich, A. (Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen 2010)

¹¹⁷ Fastrich, A., Girmscheid, G. (Optimierungsmodell 2010)

¹¹⁸ Girmscheid, G. (Bauhof- und Bauinventarmanagement 1999)

¹¹⁹ Girmscheid, G. (Systemauswahl und Bereitstellungsvariante 2008a)

¹²⁰ Girmscheid, G. (Systemauswahl und Bereitstellungsvariante 2008b)

¹²¹ Girmscheid, G. (Leistungsermittlungshandbuch 2010a) sowie weiterführende Bearbeitung in Kapitel 6.3.2

¹²² Vgl. Porwollik, J. (Neuorganisation der Strassenmeistereien 2005)

¹²³ Vgl. Höfeler, C. (Controlling und Privatsektorbeteiligung für den wirtschaftlichen Betrieb kommunaler Strassen 2011)

3.4.1 Schlussfolgerung Forschungsfeld Effizienzsteigerung

Im Bereich der Strassenerhaltung sowie im Bereich der Bauproduktionstheorie existieren in der einschlägigen Literatur Problemlösungsansätze, die es auf den Leistungsbereich des betrieblichen Strassenunterhalts zu übertragen gilt.

So kann aufbauend auf die von Girmscheid entwickelte Leistungsberechnung (vgl. Kapitel 6.3.2) eine Leistungsermittlung bei Unterhaltsgeräten im kommunalen betrieblichen Strassenunterhalt erfolgen, die den Werkhofverantwortlichen Leistungsindikatoren zur Verfügung stellt und somit eine Optimierung der Inventarbereitstellung erlaubt.

Zudem wurden, in der in Kapitel 3.4 genannten, einschlägigen Literatur, Optimierungsmodelle hinsichtlich eines holistischen und lebenszyklusorientierten Ansatzes identifiziert, dessen wissenschaftliche Grundlagen auf den Bereich des betrieblichen Strassenunterhalts übertragen und adaptiert werden können. Auf Basis einer Net-Present-Value (NPV)-Methode wird es beispielsweise möglich, innerhalb eines langfristigen Betrachtungszeitraumes Aufgabenerfüllungsvarianten im betrieblichen Strassenunterhalt zu beurteilen und so den Ressortverantwortlichen ein Tool zur Entscheidungsunterstützung zur Verfügung zu stellen.

3.5 Forschungsfeld Interkommunale Zusammenarbeit (IKZ)

Mögliche Formen von interkommunaler Zusammenarbeit und Gemeindegemeinschaften in der Schweiz werden in STEINER (2002)¹²⁴ diskutiert. Dieser zeigt die Ursachen und Konsequenzen interkommunaler Kooperationen und deren Gestaltungsempfehlungen für die politischen Behörden auf.

STEINER, et al. (2006)¹²⁵ untersuchte zudem in einer vom Kanton Zürich in Auftrag gegebenen Forschungsarbeit die aktuelle Leistungsfähigkeit und Reformtätigkeit der Zürcher Gemeinden und bewertet diese in Zusammenhang mit der Durchführung einer interkommunalen Kooperation und im Kontext des New Public Managements.

Die interkommunale Zusammenarbeit als Organisationsalternative mit grossen Potenzialen zur Effektivitäts- und Effizienzsteigerung wird in Lummerstorfer (2006)¹²⁶ thematisiert. Dieser zeigt auf Basis von theoretischen und wissenschaftlich fundierten Erklärungsansätzen auf, wie interkommunale Kooperationsziele erreicht werden können, welche entscheidungsunterstützenden Kriterien zur Beurteilung von kooperationsfähigen Aufgaben herangezogen werden müssen und wie letztlich daraus Gestaltungs- und Handlungsempfehlungen für eine interkommunale Kooperation abgeleitet werden können.

¹²⁴ Steiner, R. (IKZ und Gemeindegemeinschaften in der Schweiz 2002)

¹²⁵ Steiner, R., et al. (Gemeindegemeinschaften 2005 - Zustand der Gemeinden des Kantons Zürich 2006)

¹²⁶ Lummerstorfer, A.-J. (IKZ 2006)

Die Ausnutzung von Effektivitäts- und Effizienzsteigerungspotentialen in Kooperationen wird in Zentes (2005)¹²⁷ behandelt, wohingegen allgemeine Grundlagen zur Organisation und deren Entwicklung in Picot et al. (2008)¹²⁸ geliefert werden.

Am Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement der ETH Zürich wurde die Grundlage für ein siedlungsübergreifendes Unterhaltsmodell in Girmscheid/Dreyer et al. (2008)¹²⁹ gelegt, worin mögliche Formen von PPP-Kooperationen für den Strassenunterhalt dargestellt werden. DREYER (2008)¹³⁰ entwickelte dazu auf wissenstheoretischer Basis ein Prozessmodell zur Gestaltung einer Public Private Partnership für den kommunalen Strassenunterhalt in der Schweiz.

3.5.1 Schlussfolgerung Forschungsfeld Interkommunale Kooperation

Insbesondere in der Schweiz erweist sich die Form einer interkommunalen Zusammenarbeit im Vergleich zur politisch schwierig umsetzbaren Gemeindefusion als geeignete Alternative zur Aufgabenerfüllung im betrieblichen Strassenunterhalt. Die zuvor identifizierte einschlägige Literatur liefert Ansätze und gibt Handlungsempfehlungen wie die Vielzahl an kommunalen Aufgaben und Pflichten als siedlungsübergreifende Kooperation ausgestaltet werden kann. Bis dato fehlt es an konkreten Aufgabenerfüllungsvarianten im Leistungsbereich des betrieblichen Strassenunterhalts. Während beispielsweise Abwasserreinigungsanlagen oftmals interkommunal genutzt werden, wird insbesondere in der Schweiz der betriebliche Strassenunterhalt als Eigenleistung durchgeführt.

Das vorliegende Dissertationsprojekt hat sich zum Ziel gesetzt, mögliche Effizienzsteigerungen durch eine interkommunale Zusammenarbeit aufzuzeigen und Handlungsempfehlungen für deren Umsetzung zu geben.

¹²⁷ Zentes, J. (Kooperationen, Allianzen und Netzwerke 2005)

¹²⁸ Picot, A., et al. (Organisation eine ökonomische Perspektive 2008)

¹²⁹ Girmscheid, G., Lindenmann, H.-P. (Kommunale Strassennetze in der Schweiz 2008)

¹³⁰ Dreyer, J. (Prozessmodell zur Gestaltung einer PPP 2008)

3.6 Fragen der Forschung

Die Fragen der Forschung stellen eine Synthese aus dem Stand der Forschung sowie dem zuvor ermittelten Stand der Praxis und den Fragen der Praxis dar. Auf Basis der Forschungsfelder konnten wissenschaftliche Methoden und Verfahren identifiziert werden, die eine Beantwortung der Fragen der Forschung ermöglichen.

Sowohl in der Praxis als auch in der Forschung mangelt es an Modellen, die den Gemeindeverantwortlichen Entscheidungsgrundlagen zur Umsetzung eines siedlungsübergreifenden betrieblichen Strassenunterhaltes bieten. Während anzustrebende Ziele wie Effizienzsteigerung, Kostendruck etc. den Alltag prägen, fehlt es an Instrumenten und Tools, die den Gemeinden einen systematischen und strukturierten Prozessablauf ermöglichen, um Verbesserungen im betrieblichen Unterhalt erzielen zu können.

Die in Kapitel 2.2 entwickelten Leitfragen werden folgend auf Basis der erarbeiteten Forschungsgrundlagen (Forschungsfelder) durch Forschungsfragen ergänzt. Demzufolge können auf den Grundlagen des Standes der Praxis und der Forschung folgende zu klärende **Forschungsfragen** (aufbauend auf den zuvor definierten Leitfragen) gestellt werden:

Teilmodell I - Forschungsfrage

Wie muss eine **Kosten-Leistungs-Funktion** aufgestellt werden, um den Einsatz von Ressourcen (z. B. Einsatz von Unterhaltsgeräten etc.) im betrieblichen Strassenunterhalt zu optimieren und folglich eine Effizienzsteigerung in den Gemeinden zu erreichen?

Diese Forschungsfrage referiert auf die Umsetzung des Prozessleistungs-Kosten-Modells (Teilmodell I) und dient in weiterer Folge als Basis für die Weiterentwicklung des Teilmodells II.

Des Weiteren lässt sich zu Teilmodell II, dem Werkhofstandort-Routen-Modell, folgende Forschungsfragen ableiten:

Teilmodell II - Forschungsfrage

Wie muss ein **Entscheidungsunterstützungs-Modell** im betrieblichen Strassenunterhalt konzipiert werden, um für eine interkommunale Kooperation einen **optimalen Werkhofstandort unter Berücksichtigung minimaler Wegstrecken** (Routenplanung) und minimaler Gesamtkosten aufzufinden?

Mit den beiden vorliegenden Teilmodellen I und II des Entscheidungsunterstützungsmodells wird dem Anwender ein wissenschaftlich fundiertes Modell zur Entscheidungsfindung zur monetären Beurteilung von Aufgabenerfüllungsvarianten im betrieblichen Strassenunterhalt geboten.

Mit einem aktiven betrieblichen Unterhaltsmanagement und einer damit verbundenen strategischen und strukturellen Ausrichtung der Leistungserbringung, liegen Potenziale verborgen, die es zu nutzen gilt. Zukünftig soll ein prozess- und wirkungsorientiertes Management ermöglicht werden, das nicht aufgrund von politischen Grenzen an Nachhaltigkeit und Effizienz verliert.

3.7 Forschungslücke

Im Bereich des Baubetriebs und des Baumanagements liegen umfangreiche Erkenntnisse zu Leistungsberechnungen vor, die eine Systematik in der Leistungserfassung und Inventarbereitstellungen von Bauproduktionseinrichtungen aufzeigen.¹³¹ Neben dem Bereich der Bauprozessoptimierungen steht ebenso das Wissenschaftsgebiet der Kooperationen von am Bau beteiligten Gewerken im Fokus von aktuellen Forschungsanstrengungen.

Dennoch fehlen gerade im Leistungsbereich des betrieblichen Strassenunterhalts und im Speziellen in der interkommunalen Kooperation in diesem Aufgabengebiet umfassende Modelle zur Entscheidungsfindung. Insbesondere die Zusammenführung von wissenschaftlichen Ansätzen zu einem systemtheoretisch begründeten und holistischen Modell fehlt sowohl in der Praxis als auch in der Forschung.

Das Hauptaugenmerk der Forschungsarbeit richtet sich auf eine ziel- und prozessorientierte Vorgehensweise zur Umsetzung einer interkommunalen Zusammenarbeit sowohl auf operativer als auch auf strategischer Ebene.

Der wissenschaftliche Beitrag dieses vorliegenden Dissertationsprojektes liegt in der Umsetzung der Methoden und Verfahren des Operations Research und im engeren Sinne der Graphentheorie auf den Bereich des betrieblichen Strassenunterhalts. Das Auffinden eines optimalen Werkhofstandortes im umfassenden Werkhofstandort-Routen-Modell zeigt Methoden und Optimierungsansätze aus dem Operations Research und der Standortplanung auf und adaptiert dieses Forschungsfeld auf den Bereich des betrieblichen Strassenunterhalts. Der wissenschaftliche Beitrag der Arbeit besteht zudem in der validen, kreativen, denklogischen Weiterentwicklung des Modells im betrieblichen Strassenunterhalt sowie der wissenschaftlich deduktiven Strukturierung der Modellentwicklung.

Die Forschungsleistung des vorliegenden Dissertationsprojektes liegt somit in den folgenden Hauptaspekten:

- Strukturierung der operativen Prozesse anhand formalwissenschaftlicher Verfahren zur Entscheidungsfindung für die optimale Inventarbereitstellung nach dem ökonomischen Minimalprinzip
- Auf Basis graphentheoretischer Optimierungsverfahren (Heuristiken) sowie durch Anwendung von Standortoptimierungsverfahren (Warehouse Location Problem, Standortplanungsverfahren in der Ebene etc.) sollen potentielle Werkhofstandorte untersucht werden mit dem Ziel minimale Gesamtkosten bei Umsetzung einer siedlungsübergreifenden Zusammenarbeit zu erhalten.

¹³¹ Vgl. Girmscheid, G. (Leistungsermittlungshandbuch 2010a)

- Modellierung und Simulation einer optimalen gemeindeübergreifenden Netzgrösse anhand graphentheoretischer Optimierungsmethoden zur Minimierung der Wegstrecken und Leerfahrtdistanzen mit dem Ziel minimaler Gesamtkosten.
- Beurteilung der Vorteilhaftigkeit einer siedlungsübergreifenden Zusammenarbeit durch Gestaltung eines Wirtschaftlichkeitsbewertungsmodells im Zuge einer lebenszyklusorientierten Betrachtung

Zusammenfassend sei festgestellt, dass dem kommunalen Entscheidungsträger bis dato kein Modell zur Verfügung gestellt wird, das das Vorgehen im Zuge einer angedachten interkommunalen Kooperation im Strassenunterhalt sachlich, nach systemtheoretischen Grundsätzen und prozessorientiert aufbereitet. Dem Anwender wird somit ein wissenschaftlich fundiertes Modell geboten, das umfassend eine (monetäre) Bewertung von Aufgabenerfüllungsvarianten mitsamt optimaler Inventarbereitstellungsvarianten innerhalb einer siedlungsübergreifenden Kooperation ermöglicht.

4 Forschungsmethodik

4.1 Wissenschaftsverständnis

Die Einbettung des Dissertationsprojektes erfolgt nach der Drei-Welten-Theorie von Popper (2002)¹³², wonach die Baubetriebswissenschaften in Welt 3, die Welt der geistigen, kulturellen und sozialen bzw. sozio-technischen Umwelt, eingeordnet werden. Bild 33 stellt nach GIRMSCHIED (2007) die forschungsmethodischen Grundlagen zur Modellentwicklung innerhalb der Welt 3, der Erzeugnisse des menschlichen Geistes, dar.¹³³

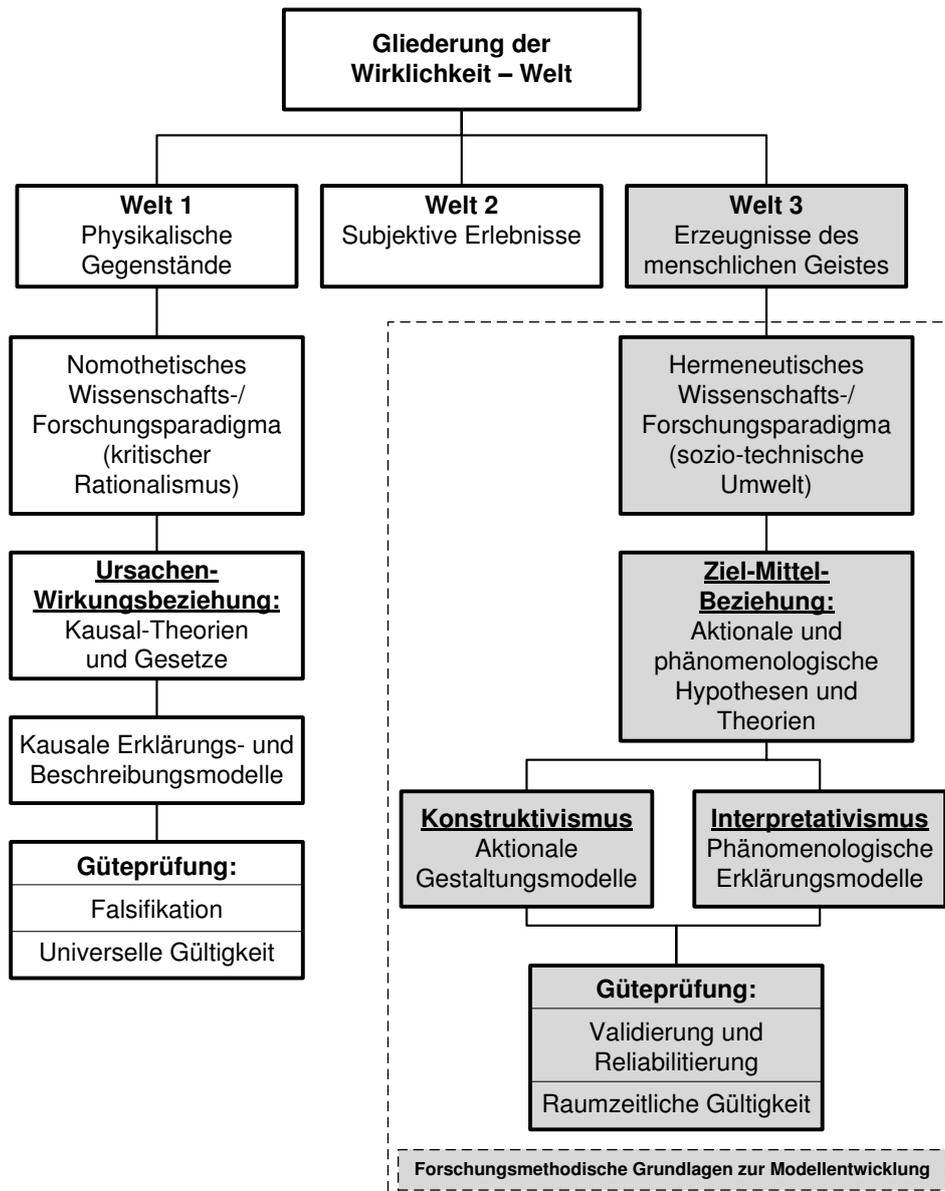


Bild 33: Forschungstheoretische Grundlagen – Gliederung der Wirklichkeit¹³⁴

¹³² Popper, K. R. (Logik der Forschung 2002)

¹³³ Vgl. Girmscheid, G. (Forschungsmethodik 2007), S. 67

¹³⁴ In Anlehnung an Girmscheid, G. (Forschungsmethodik 2007), S. 67

GIRMSCHIED (2007) etablierte in den Baubetriebswissenschaften das hermeneutische Forschungsprogramm, das die forschungsmethodische Grundlage dieser Arbeit bildet. Dieses setzt sich einerseits aus aktionalen Gestaltungsmodellen (konstruktivistisches Forschungsparadigma¹³⁵) und andererseits phänomenologischen Erklärungsmodellen (interpretativistisches Forschungsparadigma¹³⁶) zusammen (Bild 33).¹³⁷

Die Gestaltung des vorliegenden sozio-technischen Prozessmodells einer interkommunalen Zusammenarbeit im betrieblichen Strassenunterhalt erfolgt, wie einleitend erwähnt, einerseits mit dem interpretativistischen Forschungsansatz nach WEBER und WINCKELMANN (1990)¹³⁸ und andererseits nach dem konstruktivistischen Forschungsparadigma nach VON GLASERSFELD (1996)¹³⁹ und PIAGET (1973)¹⁴⁰. Der konstruktivistische Forschungsansatz beruht auf einer denklogisch-deduktiven Entwicklung des Modells und den dazugehörigen Prozessen zur Abbildung einer Ziel-Mittel-Beziehung. Auf Basis eines interpretativistischen Ansatzes wird es möglich, soziale Systeme zu analysieren und daraus Zielwirkungen abzuleiten.

Der holistische Forschungsansatz *Sysbau*[®], der von GIRMSCHIED (2000) am Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement der ETH Zürich entwickelt wurde, dient als Grundlage für das Wissenschaftsverständnis dieser vorliegenden Forschungsarbeit. Dieser Forschungsansatz zielt auf die Steigerung des Kundennutzens und der Steigerung der Effizienz in der Leistungserbringung zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit durch eine integrative Leistungserstellung und durch Lean Construction ab.¹⁴¹

Zur **wissenschaftlichen Güteprüfung** des angestrebten Modells wird die Triangulation nach Yin (1994)¹⁴² herangezogen.

Wie ULRICH (1976) postuliert, können Hypothesen demnach nie *„als endgültig wahr bewiesen werden, sondern nur vorläufig solange als richtig beibehalten werden, als sie nicht durch Einzelbeobachtungen widerlegt, also falsifiziert sind“*.¹⁴³

Dies soll nach GIRMSCHIED (2007) erreicht werden, indem eine Überprüfung der

- Viabilität / Gangbarkeit des generisch-deduktiven Modells,
- Validität / Gültigkeit aufgrund des theoretischen Bezugsrahmens und der
- Reliabilität / Zuverlässigkeit durch Überprüfung mittels Realisierbarkeitstest

durchgeführt wird.¹⁴⁴

¹³⁵ Vgl. Piaget, J. (Erkenntnistheorie der Wissenschaften 1973); Von Glasersfeld, E. (Radikaler Konstruktivismus 1996)

¹³⁶ Vgl. Weber, M., Winckelmann, J. (Grundriss der verstehenden Soziologie 1990)

¹³⁷ Vgl. Girmscheid, G. (Forschungsmethodik 2007), S. 66

¹³⁸ Weber, M., Winckelmann, J. (Grundriss der verstehenden Soziologie 1990)

¹³⁹ Von Glasersfeld, E. (Radikaler Konstruktivismus 1996)

¹⁴⁰ Piaget, J. (Erkenntnistheorie der Wissenschaften 1973)

¹⁴¹ Vgl. Girmscheid, G. (Wettbewerbsvorteile durch kundenorientierte Lösungen 2000)

¹⁴² Yin, R. K. (Case study research: design and methods. 1994)

¹⁴³ Vgl. Ulrich, P. u. H., W., (Wissenschaftstheoretische Grundlagen 1976)

¹⁴⁴ Vgl. Girmscheid, G. (Forschungsmethodik 2007)

Das forschungsmethodische Ziel liegt somit in der Entwicklung eines viablen (gangbaren), validen (gültigen) und reliablen (zuverlässigen) Modells.¹⁴⁵

Das forschungsmethodische Vorgehen zur Modellentwicklung und Zielerreichung wird mittels folgenden Phasen erreicht:¹⁴⁶

- Entdeckungszusammenhang
- Begründungszusammenhang
- Verwendungszusammenhang

Bild 34 zeigt den Lösungsansatz bei der Modellentwicklung eines prozessorientierten interkommunalen Zusammenarbeitsmodells.

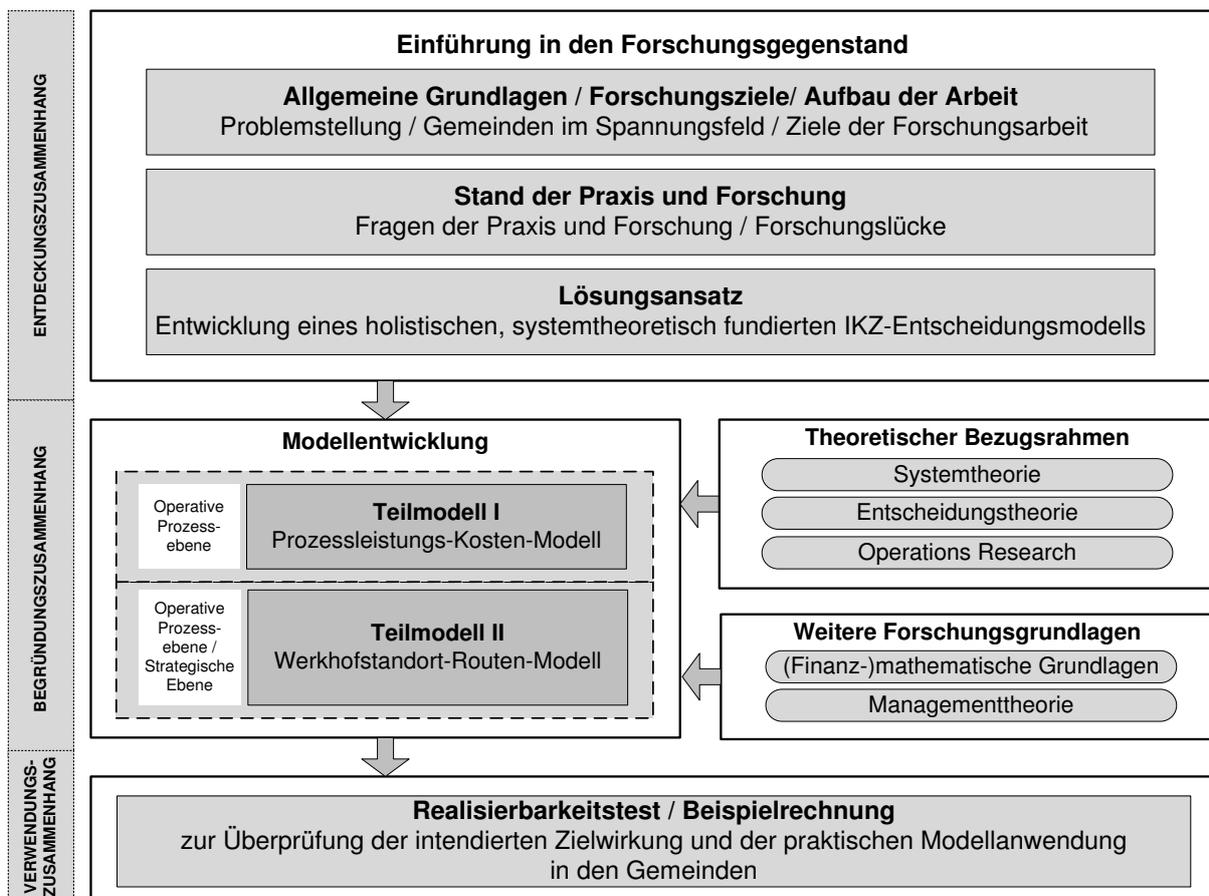


Bild 34: Forschungskonzept als Lösungsansatz

¹⁴⁵ Vgl. Girmscheid, G. (Forschungsmethodik 2007), S. 66

¹⁴⁶ Vgl. Ulrich, P. u. H., W., (Wissenschaftstheoretische Grundlagen 1976)

In der ersten **Phase des Entdeckungszusammenhanges** werden Methoden und Vorgehensweisen identifiziert, die für den wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn zielführend sind. Im ersten Schritt erfolgt die Eingrenzung des Forschungsgebietes und die Konkretisierung der Forschungsaufgabe, deren Ursprung im vorliegenden Dissertationsprojekt in einem aktuellen Praxisproblem liegt. Auf Basis der Fragen der Praxis sowie des Standes der Praxis wird der Strand der Forschung in den identifizierten Themenfeldern erarbeitet und daraus die Forschungsziele abgeleitet.

Die Modellentwicklung erfolgt in der **Phase des Begründungszusammenhangs**, in welcher wissenschaftlich anerkannte Verfahren und Theorien zur Anwendung kommen, die die denklologisch-deduktiven Lösungen validieren und sicherstellen sollen. In dieser Phase erfolgt die Einbettung des Modells in einen theoretischen Bezugsrahmen, der sich in der vorliegenden Forschungsarbeit aus folgenden wissenschaftlichen Theorien zusammensetzt:

- Systemtheorie
- Entscheidungstheorie
- Methoden des Operations Research

Des Weiteren wird in der Modellentwicklung auf (finanz-)mathematische Grundlagen zurückgegriffen, die besonders im Bereich der Wirtschaftlichkeitsanalyse von Aufgabenerfüllungsvarianten einen wesentlichen Beitrag zur Zielerreichung liefern. Der Output des vorliegenden Lösungsansatzes soll ein prozessorientiertes Entscheidungsmodell zur Beurteilung der Vorteilhaftigkeit und des langfristigen Nutzens einer interkommunalen Zusammenarbeit im betrieblichen Strassenunterhalt darstellen.

In einem abschliessenden Realisierbarkeitstest, der die **Phase des Verwendungszusammenhangs** widerspiegelt, sollen die im Modell entwickelten Annahmen im Rahmen einer Beispielrechnung berechnet und überprüft werden. In dieser Phase erfolgen die Beurteilung der Praxistauglichkeit und Anwenderfreundlichkeit sowie die Beurteilung über die Verwendung der wissenschaftlichen Ergebnisse in der Praxis.

4.2 Theoretischer Bezugsrahmen

Die **Systemtheorie** (BERTALANFFY (1969) und BOULDING (1956)) als interdisziplinäre Anwendungstheorie bildet die Basis für die denklogisch-deduktive Herleitung des Modells des siedlungsübergreifenden betrieblichen Strassenunterhalts. Auf Basis der Systemtheorie ist es möglich, Systemabgrenzungen zu definieren, um neben den statisch strukturellen Aspekten im Besonderen die dynamischen und prozessualen Aspekte des Systems aufzuzeigen.¹⁴⁷ Die Systemtheorie unterstützt dabei den Ansatz der wirkungs- und prozessorientierten Aufgabenerfüllung durch einen Paradigmawechsel vom Strukturdenken hin zum Prozessdenken.¹⁴⁸

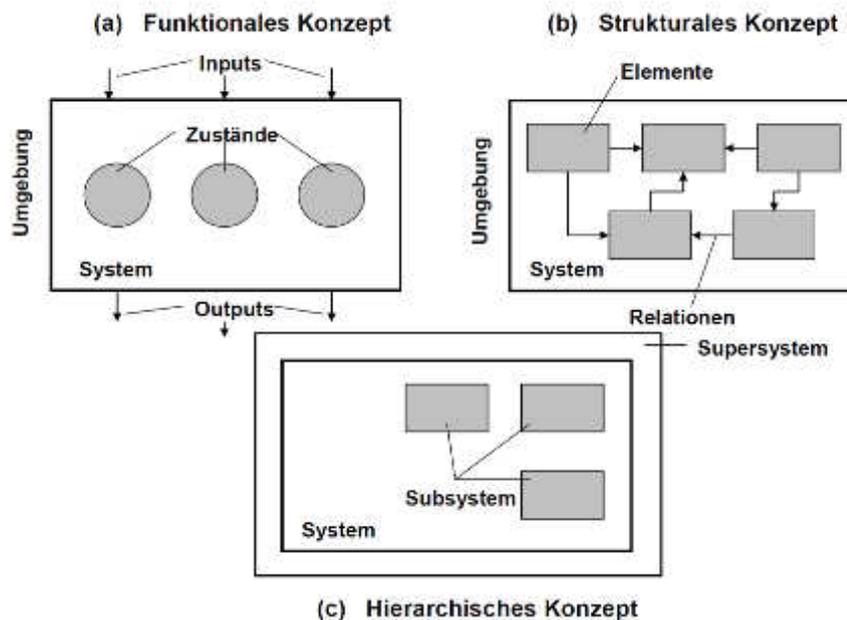


Bild 35: Systemtheorie - Arten von Systemdefinitionen¹⁴⁹

Die Systemtheorie definiert (nach GIRMSCHIED (2004) und BERTALANFFY (1969)) drei Arten von Systemdefinitionen:¹⁵⁰

Das **funktionale Konzept** fokussiert auf den jeweiligen Input und Output des Systems und erfasst lediglich die Zustände innerhalb des Systems ohne dabei die internen und externen Beziehungen der Vorgänge untereinander sowie der Vorgänge mit der Umwelt zu berücksichtigen.

Das **prozessuale (oder strukturelle) Konzept** hingegen berücksichtigt auch die Interaktionen und Beziehungen der Vorgänge untereinander und definiert Teilsysteme innerhalb eines Gesamtsystems (z. B. Gesamtsystem betrieblicher Strassen mit den Teilsystemen Winterdienst, Strassenreinigung etc.).

¹⁴⁷ Vgl. Bertalanffy, L. v. (General system theory 1969); Boulding, K. E. (General Systems-Theory 1956)

¹⁴⁸ Vgl. Seiffert, H. (Handlexikon der Wissenschaftstheorie 1994)

¹⁴⁹ Vgl. Bertalanffy, L. v. (General system theory 1969), Girmscheid, G. (Forschungsmethodik 2007), S. 176

¹⁵⁰ Vgl. Girmscheid, G. (Forschungsmethodik 2007); Bertalanffy, L. v. (General system theory 1969)

Das **hierarchische Konzept** geht hierbei eine Stufe weiter und integriert neben den Interaktionen der einzelnen Teilsysteme auch noch über- bzw. untergeordnete Teilsysteme.

Bild 36 vereint die Konzepte der Systemtheorie, wobei sich die Teilsysteme Winterdienst, Strassenreinigung, kleiner baulicher Unterhalt und Grünpflege auf operativer Ebene einer prozessorientierten Dimension mit Berücksichtigung der Interaktionen untereinander zuordnen lässt. Die Durchführung der Verwaltung des Werkhofes und die Organisation des Werkhofbetriebes sind der strategischen Ebene zuzuordnen. Diese Prozesse werden innerhalb des Gesamtsystems „Betrieblicher Unterhalt“ der hierarchischen Dimension nach der Systemtheorie zugeordnet.¹⁵¹

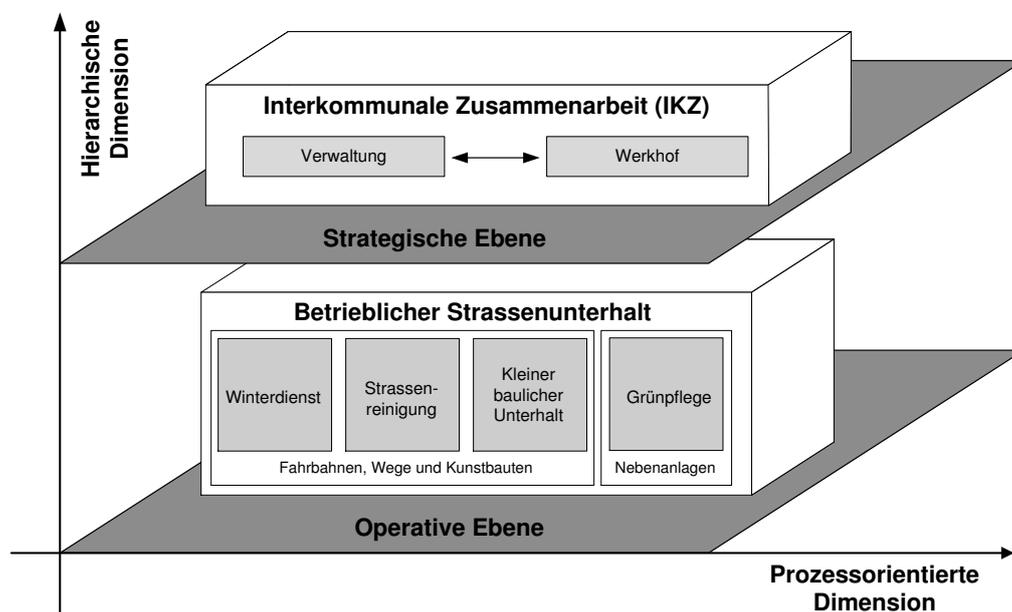


Bild 36: Dimensionen des betrieblichen Unterhalts nach der Systemtheorie

Auf Basis des Sankt Galler Management-Modells von ULRICH (2001)¹⁵² und BLEICHER (1996)¹⁵³ lassen sich drei sogenannte Management- oder Handlungsebenen im betrieblichen Strassenunterhalt unterscheiden (Bild 37):

- Normative Ebene zur Festlegung von Zielen und Anforderungen
- Strategische Ebene zur Planung der Zielumsetzung auf Basis der normativen Ebene
- Operative Ebene zur betrieblichen Zielumsetzung in der Aufgabenerfüllung des betrieblichen Strassenunterhalts

¹⁵¹ Vgl. Girmscheid, G. (Forschungsmethodik 2007), S. 202

¹⁵² Ulrich, H. (Gesammelte Schriften 2001)

¹⁵³ Bleicher, K. (Konzept Integriertes Management 1996)

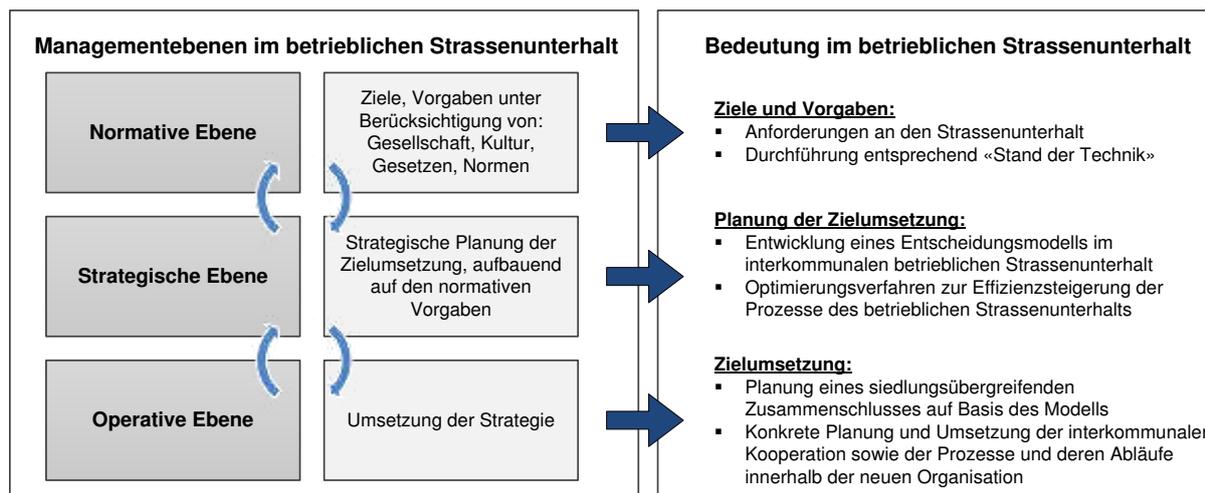


Bild 37: Managementebenen im betrieblichen Strassenunterhalt¹⁵⁴

Der Fokus der vorliegenden Forschungsarbeit liegt auf der strategischen Management- und operativen Prozessebene, wobei auf ersterer strategischen Ebene die Vorgaben der normativen Ebene durch die Exekutive (Verwaltung) umgesetzt werden. Das interkommunale Zusammenarbeitsmodell liefert die Basis für die Entwicklung optimierter Prozesse und Ablaufstrukturen auf operativer Ebene und gibt dabei die Anforderungen hinsichtlich Kosten, Qualität und Nutzen für die Bürger vor.

Auf operativer Ebene erfolgt die Zielumsetzung, wobei die auf strategischer Ebene entwickelten Konzepte realisiert, kontrolliert und überwacht werden. Entscheidend ist dabei, dass es sich um einen dynamischen und iterativen Prozess handelt, der ständige Interaktionen mit der übergeordneten strategischen Ebene erfordert.

4.2.1 Strukturierung des Modells

Im Rahmen einer interkommunalen Zusammenarbeit im betrieblichen Strassenunterhalt gilt es eine Vielzahl an Entscheidungen zu treffen. Es bedarf nicht nur der Optimierung der operativen Prozesse, sondern auch die strategische Wahl eines optimalen Werkhofstandortes spielt eine wesentliche Rolle für den Erfolg einer effizienten Aufgabenerfüllung. Aus diesem Grund werden in der vorliegenden Forschungsarbeit Optimierungsmethoden angewendet, um Entscheidungsprobleme anhand mathematischer, quantitativer Methoden zu lösen. Das Optimierungsmodell hat dabei zum Ziel, ein vereinfachtes Abbild eines realen Problems bzw. Systems zu schaffen.¹⁵⁵

¹⁵⁴ In Anlehnung an Bleicher, K. (Konzept Integriertes Management 1996)

¹⁵⁵ Vgl. Domschke, W., Drexel, A. (Einführung in Operations Research 2007), S.3

Im Folgenden wird zum besseren Verständnis der Strukturierung und Abhandlung des Modells eine Einführung in die Wissensgebiete

- Exkurs Operations Research – Graphentheorie
- Einführung in die Produktions- und Kostentheorie
- Exkurs Transaktionskosten
- Exkurs zum Thema Outsourcing der kommunalen Aufgabe

gegeben. Die notwendige Synthese aus diesen Fachgebieten neben der Thematik zur betrieblichen Leistungsberechnung und des Wissens um Kooperationen bildet den Forschungsgegenstand dieser vorliegenden Arbeit.

4.2.2 Exkurs Operations Research - Graphentheorie

Der Exkurs im Bereich der Graphentheorie soll die Grundzüge für die spätere Modellentwicklung im Rahmen der Werkhofstandort-Analyse und der optimalen Tourenplanung liefern. Zum vertieften Verständnis der vorliegenden Thematik sei in Kürze auf die wesentlichen Aspekte der Graphentheorie eingegangen.

Definition:

Ein Graph $G = (V, E)$ besteht aus einer endlichen Knotenmenge V und einer Kantenmenge E .¹⁵⁶

Ein Strassennetz kann als **Netzwerkmodell** mit einer bestimmten Menge an Knoten und Kanten eines Graphs verstanden werden. Ziel der Anwendung der Graphentheorie im betrieblichen Strassenunterhalt ist es, zum einen die kürzesten Wege in Graphen (im vorliegenden Dissertationsprojekt auf Basis eines vorhandenen siedlungsübergreifenden Strassennetzes) zu finden, um beispielsweise die Routenplanung in der betrieblichen Leistungserbringung zu optimieren. Zum anderen soll ein optimaler Werkhofstandort aufgefunden werden, der minimale Gesamtkosten bedingt.

¹⁵⁶ Arnold, D. (Handbuch Logistik 2008)

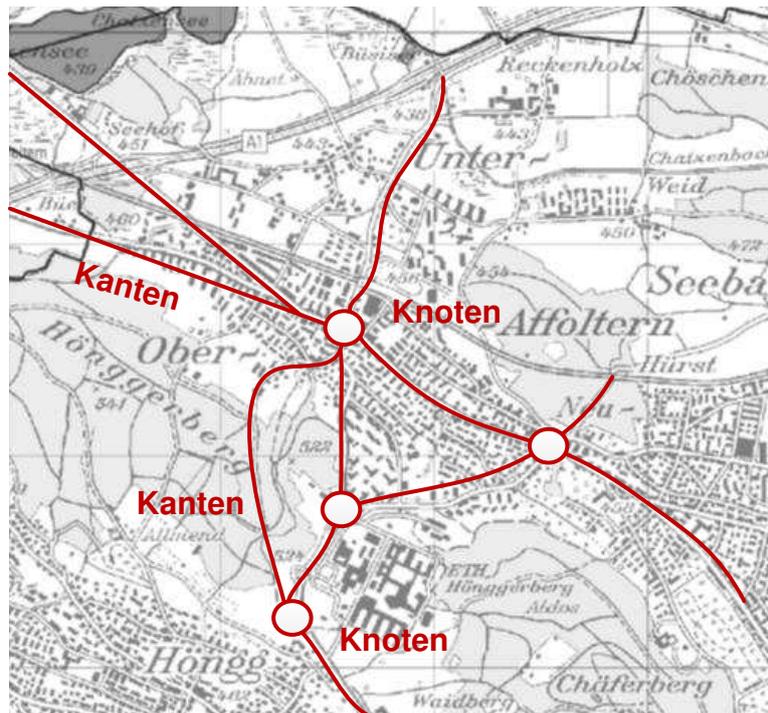


Bild 38: Anwendung der Graphentheorie am Strassennetz

Zur Lösung von Fragen des optimalen Werkhofstandortes und einer dazugehörigen optimalen Routenplanung können je nach Problemkomplexität entweder exakte oder heuristische Verfahren (Heuristiken) zur Anwendung kommen (siehe Bild 39). Erstere Verfahren versuchen in endlich vielen Schritten eine optimale Lösung des Optimierungsproblems zu finden, wobei darauf zu achten ist, den Rechenaufwand je nach Problemgrösse in einem angemessenen Mass zu halten. Zu den exakten Verfahren zählen beispielsweise das „*Branch & Bound-Verfahren*“. Dabei wird das Optimierungsproblem sukzessive in kleinere Aufgaben verzweigt („*branching*“) und anschliessend durch Berechnung von Schranken („*bounding*“) eine Ermittlung einer zulässigen Lösung ermöglicht.¹⁵⁷

Heuristische Verfahren hingegen liefern gute zulässige Lösungen von Optimierungsproblemen, begnügen sich jedoch mit einer hinreichend optimalen Lösung des gestellten Problems. Heuristische Verfahren können in Sukzessiv-Verfahren und Simultanverfahren eingeteilt werden. Im Zuge einer Werkhofstandort-Tourenoptimierung können Sukzessiv-Verfahren dann angewendet werden, wenn beispielsweise zuerst eine Clusterung der Routen und anschliessend eine detaillierte Tourenplanung erfolgt (*Cluster first – Route second*), oder umgekehrt (*Route first – Cluster second*).¹⁵⁸

¹⁵⁷ Vgl. Domschke, W., Drexl, A. (Standorte 1996), S. 25ff.

¹⁵⁸ Vgl. Domschke, W. (Logistik: Rundreisen und Touren 2010)

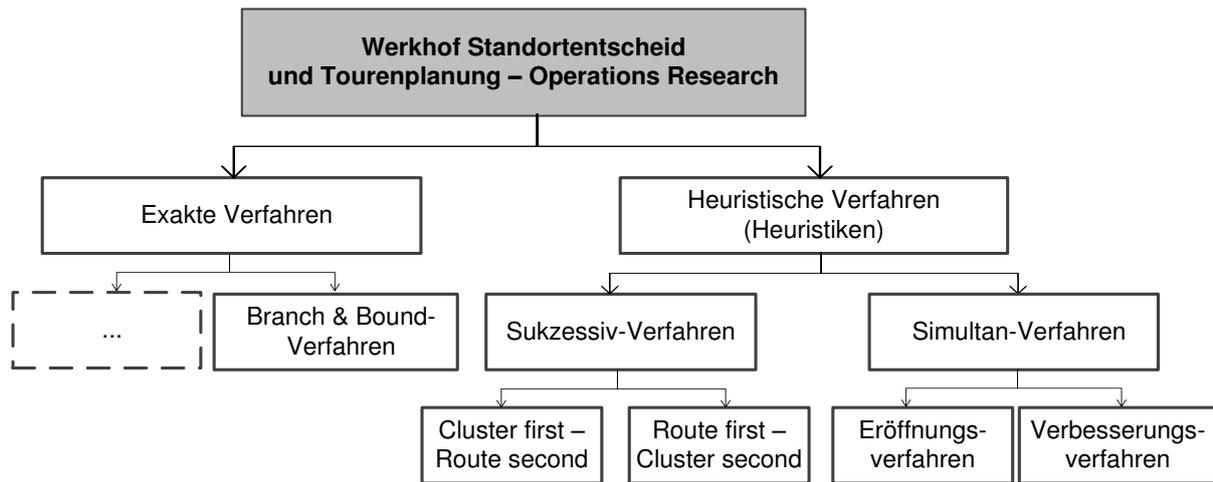


Bild 39: Optimierungsverfahren zur Standortentscheidung und Routenplanung

Eröffnungs- und Verbesserungsverfahren zählen zu den Simultanverfahren zur heuristischen Problemlösung. Während Verbesserungsverfahren sukzessive Verbesserungen durch kleine Veränderungen zulassen und so zu einer zulässigen optimalen Lösung führen, nehmen Eröffnungsverfahren nach und nach Lösungselemente in eine bisherige Teillösung auf, um so eine hinreichend optimale Lösung ausgeben zu können.¹⁵⁹

In der vorliegenden Forschungsarbeit werden heuristische Optimierungsverfahren verwendet, da bei Anwendung eines exakten Optimierungsverfahrens (z. B. *Branch & Bound-Verfahren*) der Rechenaufwand im Entscheidungsprozess zu gross werden und zu einem unverhältnismässig hohen Rechenaufwand führen würde.

Im Zuge einer optimalen Routenplanung sollen minimale Wegstrecken erreicht und mehrfache, unnötige Leerfahrten vermieden werden. Zur Bestimmung kürzester Wege können nach der Graphentheorie zwei grundsätzliche Verfahren unterschieden werden:¹⁶⁰

- Simultane Bestimmung kürzester Entfernungen und Wege zwischen jedem Knotenpaar eines gerichteten Graphen
- Bestimmung kürzester Wege und Entfernungen ausgehend von einem Startpunkt zu allen anderen Knoten des Graphen (Baumalgorithmus)

Nicht zuletzt wegen der einfachen Modellierbarkeit und realitätsnahen Anwendbarkeit wird das so genannte „*Problem des Handlungsreisenden*“ oder „*Travelling Salesman Problem (TSP)*“ der Berechnung zu Grunde gelegt. Weitere Berechnungs- und Optimierungsverfahren werden im Kapitel 7.1 vorgestellt und angewendet.

¹⁵⁹ Vgl. Arnold, D. (Handbuch Logistik 2008)

¹⁶⁰ Vgl. Domschke, W., Drexl, A. (Einführung in Operations Research 2007), S. 71

4.2.3 Exkurs Produktions- und Kostentheorie

Eine wissenschaftliche Auseinandersetzung mit der Thematik der Kosteneffizienz und Kostenbetrachtung im Allgemeinen erfordert fundierte Grundkenntnisse im Bereich der Kostentheorie. Die Produktionstheorie stellt die Basis der Kostentheorie dar. Ausgangspunkt der Produktionstheorie ist die Verwendung von Produktionsfaktoren, die sich, wie in Bild 40 ersichtlich, in dispositive Faktoren, Elementarfaktoren und Zusatzfaktoren einteilen lassen.

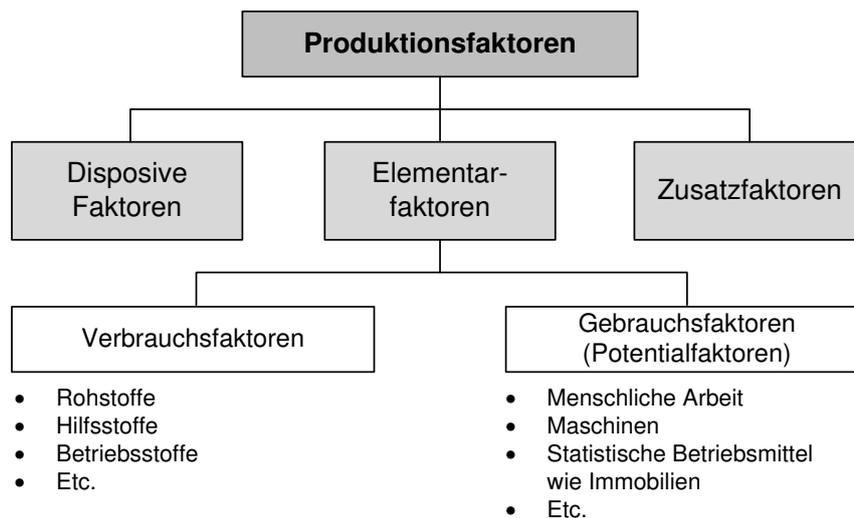


Bild 40: Untergliederung der Produktionsfaktoren

Während die Produktionstheorie vorwiegend Relationen über Input-Output-Beziehungen formuliert, stellt die Kostentheorie einen mit Faktorpreisen bewerteten Input dem mengenmässigen Output gegenüber. Die Aufgabe der Kostentheorie ist folglich:¹⁶¹

- Definition und Systematisierung der Kosteneinflussgrößen und deren Wirkungen auf die Gesamtkosten
- Optimierung der Kosteneinflussgrößen
- Formulierungen von Kostenfunktionen

Unter Kosten wird dabei der „bewertete Verzehr von Gütern und Dienstleistungen zur Erstellung der betrieblichen Leistung einer Periode“¹⁶² verstanden.

Folgend wird eine Einführung in die Kostentheorie unter Berücksichtigung der besonderen Zusammenhänge der Kostenfunktionen der

- Gesamtkosten
- Durchschnitts- oder Einheitskosten und
- Grenzkosten

gegeben.

¹⁶¹ Vgl. Berndt, R., Cansier, A. (Produktion und Absatz 2007)

¹⁶² Berndt, R., Cansier, A. (Produktion und Absatz 2007), S. 58

Bild 41 stellt grafisch die Zusammensetzung der Gesamtkostenfunktion als Summe aus Fixkosten und variablen Kosten dar. Zudem wird in Bezug auf die weitere Gesamtkostenentwicklung auf mögliche Sprungkosten in den Gesamt- und Fixkosten verwiesen, die sich darauf beziehen, dass nach Erreichen einer spezifischen Leistungsgrenze zusätzliche Investitionen notwendig werden, die einen Kostensprung und damit erhöhte Gesamtkosten verursachen.

Im vorliegenden Fall des betrieblichen Unterhalts können Sprungkosten beispielsweise dann beobachtet werden, wenn zusätzliche Inventarbeschaffungen oder Personaleinstellungen aufgrund erhöhter Anforderungen notwendig werden. Die nähere Erläuterung dazu befindet sich in Kapitel 6.4.

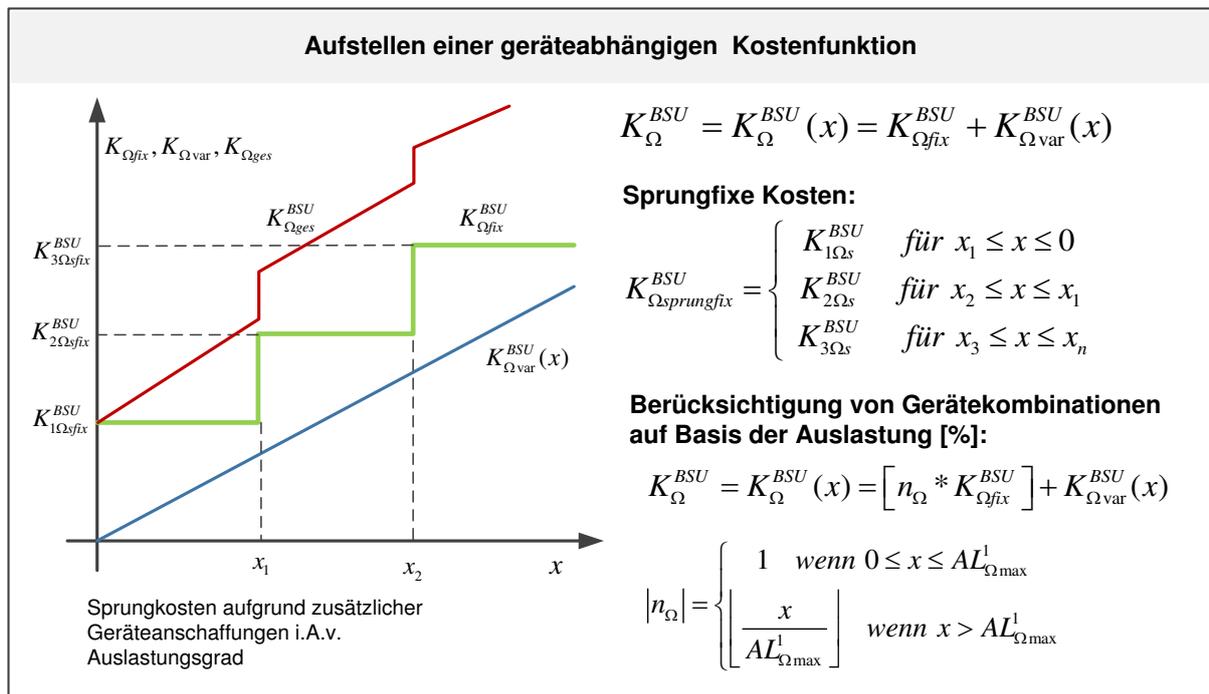


Bild 41: Kostenfunktion – Gesamtkosten

Basierend auf den Grundlagen zur Prozesskostenrechnung nach GIRMSCHIED und MOTZKO (2013) kann die Berechnung der Gesamtkosten des betrieblichen Strassenunterhalts nach folgender Formel erfolgen:¹⁶³

$$K_{\Omega}^{BSU} = K_{\Omega}^{BSU}(x) = K_{\Omega fix}^{BSU} + K_{\Omega var}^{BSU}(x) \quad \text{[CHF]}$$

K_{Ω}^{BSU} Inventar-Gesamtkosten des betrieblichen Strassenunterhalts (BSU)

$K_{\Omega fix}^{BSU}$ Inventar-Fixkosten des betrieblichen Strassenunterhalts

$K_{\Omega var}^{BSU}(x)$ Variabel Inventar-Kosten des betrieblichen Strassenunterhalts abhängig von der zu bewirtschafteten Netzgrösse

¹⁶³ Vgl. Girmscheid, G., Motzko, C. (Kalkulation, Preisbildung und Controlling in der Bauwirtschaft 2013)

Durchschnitts- bzw. Einheitskosten

Zur Ableitung einer Kosten-Leistungsfunktion ist es nicht ausreichend, nur die Gesamtkosten der Unterhaltmassnahmen zu berechnen, sondern vielmehr bedarf es einer detaillierten Durchschnitts- und Grenzkostenbetrachtung, um einen effizienten Unterhalt zu gewährleisten.

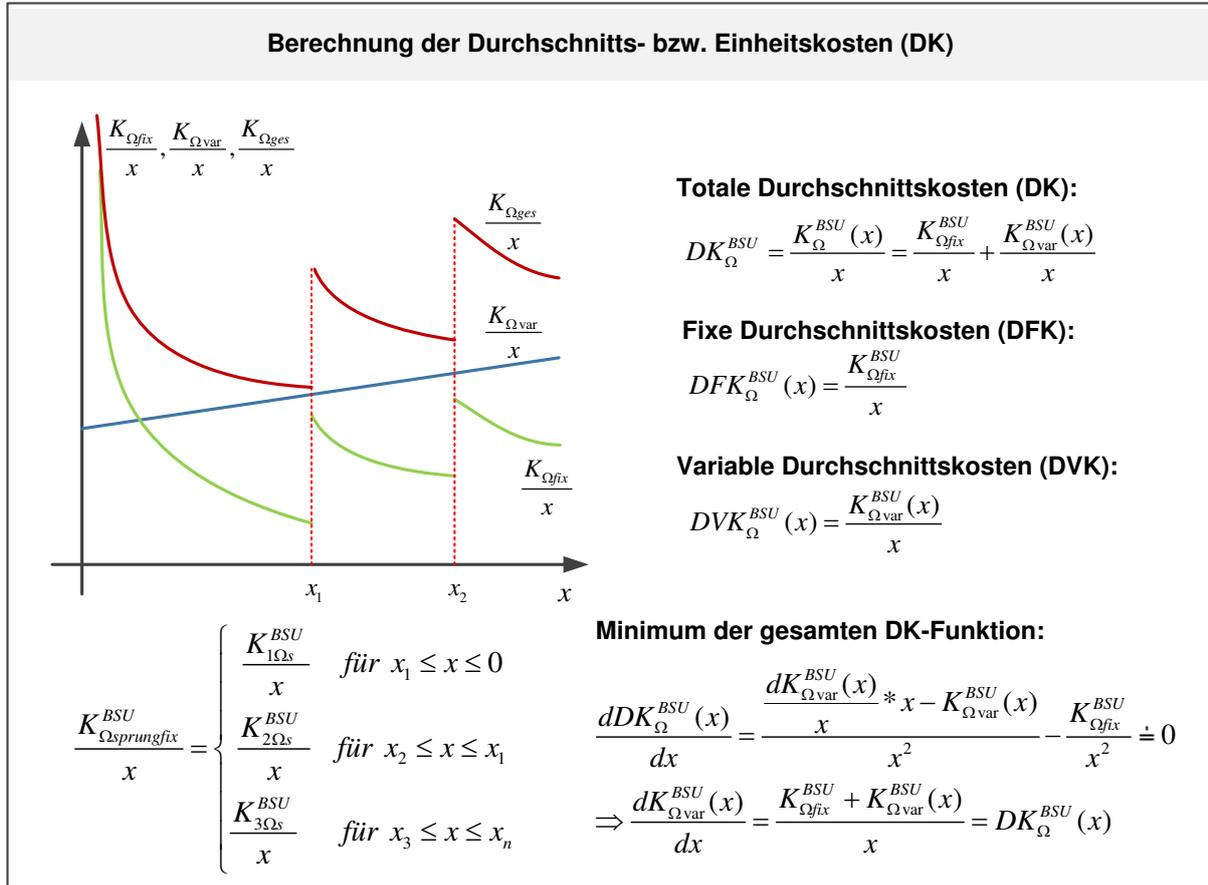


Bild 42: Kostenfunktion - Durchschnittskosten

Wird von Durchschnittskosten (oder durchschnittlichen Gesamtkosten DGK) gesprochen, so werden darunter die Gesamtkosten aus der Summer diverser Leistungsbereiche zur Durchführung des betrieblichen Strassenunterhalts verstanden. Spricht man von Einheitskosten, so sind dies jene gerätespezifischen Kosten, die bezogen auf eine spezifische Ausbringungsmenge (z. B. Kilometer Netzlänge, etc.) entstehen.

Die Berechnung der gerätespezifischen Einheitskosten erfolgt dadurch, dass die zuvor erhaltenen Gesamtkosten durch die Ausbringungsmenge (beispielsweise Kilometer im Strassennetz) dividiert werden. Zur weiteren Interpretation der Kostenfunktionen kann diese Vorgehensweise genauso für die Berechnung der durchschnittlichen fixen und variablen Kosten (fixe und variable Einheitskosten) erfolgen.¹⁶⁴

¹⁶⁴ Vgl. Girmscheid, G., Motzko, C. (Kalkulation, Preisbildung und Controlling in der Bauwirtschaft 2013)

Gerätespezifische Einheitskosten:

$$DK_{\Omega}^{BSU} = \frac{K_{\Omega}^{BSU}(x)}{x} = \frac{K_{\Omega_{fix}^{BSU}}}{x} + \frac{K_{\Omega_{var}^{BSU}}(x)}{x}$$

Gerätespezifische fixe Einheitskosten (DFK)

$$DFK_{\Omega}^{BSU}(x) = \frac{K_{\Omega_{fix}^{BSU}}}{x}$$

Gerätespezifische variable Einheitskosten (DVK)

$$DVK_{\Omega}^{BSU}(x) = \frac{K_{\Omega_{var}^{BSU}}(x)}{x}$$

Bild 43 zeigt schematisch die Berechnung der Grenzkosten.

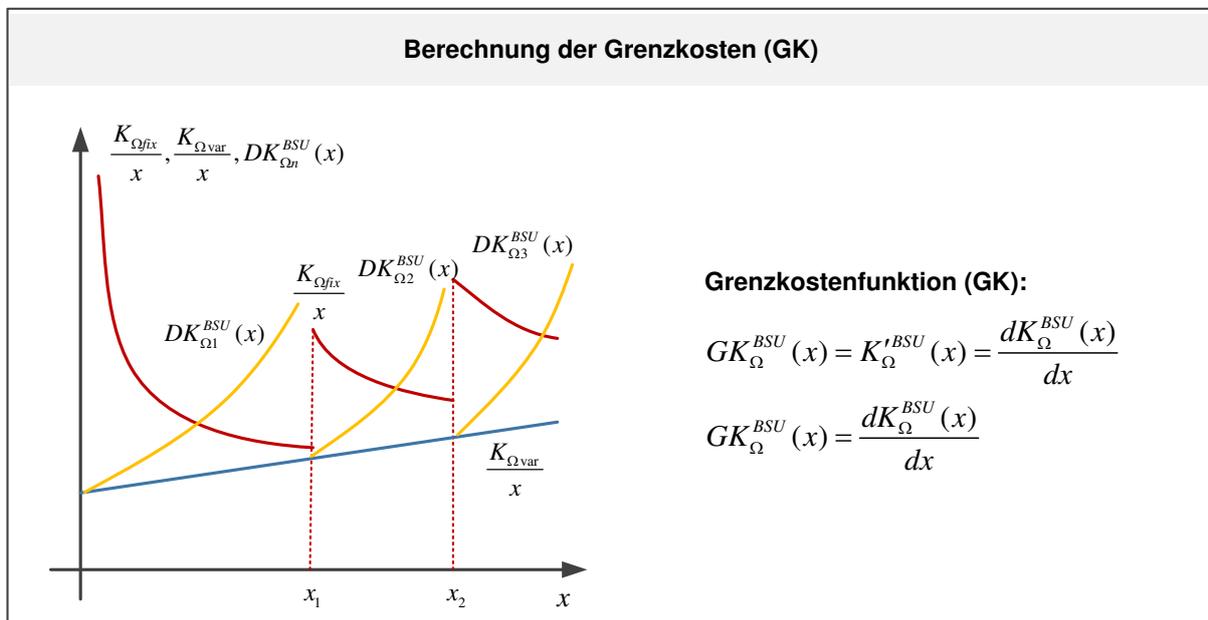


Bild 43: Kostenfunktion - Grenzkosten

Grenzkosten werden als erste Ableitung der Kostenfunktion nach der Leistungsmenge (z. B. Kilometer Netzlänge) verstanden.

$$GK_{\Omega}^{BSU} = K_{\Omega}^{\prime BSU}(x)$$

$$GK_{\Omega}^{BSU} = \frac{dK_{\Omega}^{BSU}}{dx} = \frac{K_{\Omega_{var}^{BSU}}(x)}{dx}$$

Das Minimum der gesamten Einheitskosten-Funktion stellt die Grenzkosten dar:

$$\frac{dDK_{\Omega}^{BSU}(x)}{dx} = \frac{\frac{dK_{\Omega_{var}^{BSU}}(x)}{dx} * x - K_{\Omega_{var}^{BSU}}(x)}{x^2} - \frac{K_{\Omega_{fix}^{BSU}}}{x^2} \stackrel{!}{=} 0$$

$$\Rightarrow \frac{dK_{\Omega_{var}^{BSU}}(x)}{dx} = \frac{K_{\Omega_{fix}^{BSU}} + K_{\Omega_{var}^{BSU}}(x)}{x} = DK_{\Omega}^{BSU}(x)$$

Zusammenhänge der Kostenkurven

Die zuvor erläuterten Kostenfunktionen und deren Beziehung zueinander kann, wie in Bild 44 gezeigt, auch grafisch dargestellt werden. Dabei werden die Zusammenhänge der Kostenkurven in vier Phasen (Phase I bis Phase IV) in Abhängigkeit der Ausbringungsmenge eingeteilt.¹⁶⁵

Phase I wird durch den Wendepunkt der Gesamtkostenkurve respektive durch das Minimum der Grenzkostenkurve dargestellt. Wird von einer ertragsgesetzlichen Kostenfunktion gesprochen, so zeigt sich der Verlauf der Gesamtkostenkurve zunächst degressiv mit steigender Ausbringungsmenge. Zudem kann in Phase I eine Abnahme der durchschnittlichen variablen Kosten (DVK) sowie der durchschnittlichen Gesamtkosten (DGK) beobachtet werden, was auf konstante fixe Kosten zurückzuführen ist.

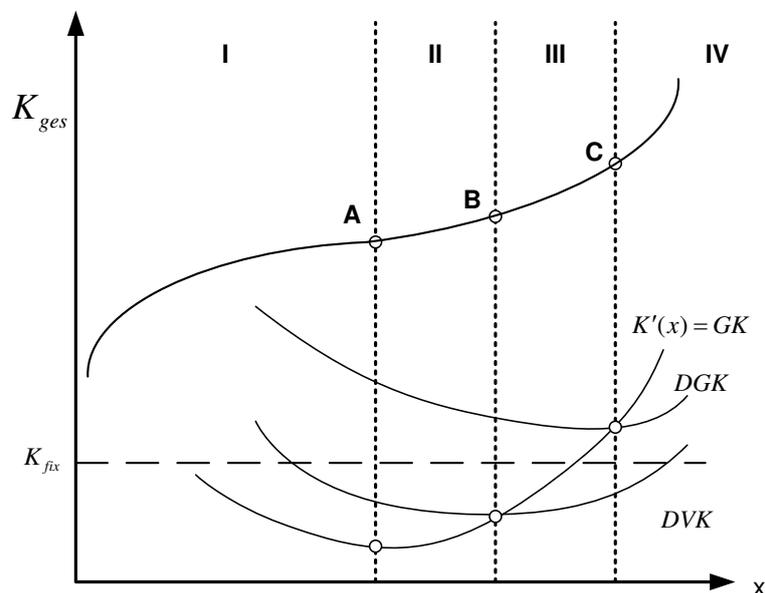


Bild 44: Beziehung zwischen den Kostenkurven¹⁶⁶

Phase II wird durch das Minimum der variablen Durchschnittskosten (DVK) begrenzt, wobei ab Punkt A ein progressiver Anstieg der Gesamtkostenkurve beobachtet werden kann, der sich ebenso in **Phase III** fortsetzt. In dieser Phase befindet sich das Minimum der Kurve der durchschnittlichen Gesamtkosten (DGK).

¹⁶⁵ Auch „Gutenberg’sches Vier-Phasen Schema“ genannt; nach Erich Gutenberg (1897-1984), der die Produktionsfunktion des Typs B zur Untersuchung der mittelbaren Input-Output-Beziehung untersuchte. Das „Gutenberg’sches Vier-Phasen Schema“ untersucht den Zusammenhang zwischen Gesamtertrag, Grenzertrag und Durchschnittsertrag.

¹⁶⁶ In Anlehnung an: Sommerer, G. (Produktions- und Kostentheorie 2001), S. 39

Phase IV ist aus betriebswirtschaftlicher Sicht weniger relevant, da sich theoretisch die diversen Kostenkurven mit steigender Ausbringungsmenge gegen Unendlich bewegen. Für die betriebliche Praxis spielen vorwiegend Phase I und Phase II eine wesentliche Rolle, wobei besonders die in Bild 44 dargestellten Punkt A und Punkt B eine entscheidende Rolle spielen. Punkt B stellt beispielsweise das „Betriebsminimum“ dar.

Bild 45 fasst nochmals die beschriebenen Phasen I bis Phase IV mit ihren Zusammenhängen und Eigenschaften zusammen.

Phase	Gesamtkosten K_{ges}	variable Durchschnittskosten DVK	Gesamtdurchschnittskosten DGK	Grenzkosten $GK = K'(x)$	Endpunkt der Phase
I	degressiv steigend	fallend	fallend	fallend bis Minimum	Wendepunkt $K' = \text{Min.}$
II	progressiv steigend	fallend bis Min.	fallend	steigend $K' < \text{DVK}$	DVK = Min. $\text{DVK} = K'(x)$
III	progressiv steigend	steigend	fallend bis Min.	steigend $K' > \text{DVK}$ $K' < \text{DGK}$	DGK = Min.
IV	progressiv steigend	steigend	steigend	steigend $K' > \text{DVK}$ $K' > \text{DGK}$	

Bild 45: Zusammenhänge der ertragsgesetzlichen Kostenfunktion¹⁶⁷

4.2.4 Exkurs Transaktionskostentheorie

Die Transaktionskostentheorie gehört zu einer der wichtigsten interdisziplinären Theorien der Organisationslehre und leistet damit einen wesentlichen Beitrag zur Identifikation von organisationsrelevanten Eigenschaften von Transaktionen.

Mithilfe der Transaktionskostentheorie ist es möglich, für jeden Transaktionstyp eine mögliche effiziente Koordinationsform zu ermitteln. Unter Transaktion wird die „Übertragung eines Vor- oder Zwischenproduktes bzw. einer Dienstleistung von einer vorgelagerten auf eine nachgelagerte Produktionsstufe“ verstanden.¹⁶⁸ Zu den Transaktionskosten zählen vorwiegend

- Koordinationskosten
- Informationskosten sowie
- Kommunikationskosten.¹⁶⁹

¹⁶⁷ Sommerer, G. (Produktions- und Kostentheorie 2001), S. 40

¹⁶⁸ Dietl in Köhler, R. (Handwörterbuch der Betriebswirtschaft 2007), S. 1750

¹⁶⁹ Vgl. Coase, R. H. (The Nature of the Firm 1937, Picot, A. (Transaktionskostenansatz 1982)

In Bezug auf einen interkommunalen Zusammenschluss eignet sich die Transaktionskostentheorie vor allem dahingehend, dass Kriterien für eine siedlungsübergreifende Kooperation entwickelt werden können, die ihrerseits zur Identifikation kooperationsfähiger Aufgaben beitragen. Von effizienten Transaktionen spricht man dann, wenn jene Organisationsform gewählt wird, die in Summe zu den geringsten Transaktionskosten führt. Die ersten Überlegungen dazu wurden von COASE (1937)¹⁷⁰ unternommen und insbesondere von WILLIAMSON (1975)¹⁷¹ weiterentwickelt.

Die Transaktionskostentheorie basiert auf zwei grundlegenden Verhaltensannahmen:¹⁷²

- **Begrenzte Rationalität**

Unter der Annahme begrenzter Rationalität geht man davon aus, dass jeder Mensch versucht rational zu handeln, ihm dies aufgrund begrenzter Informationsverarbeitung allerdings nur in begrenztem Masse möglich ist.

- **Opportunismus**

Von Opportunismus spricht man hingegen dann, wenn der Mensch das Bestreben hat, den eigenen Nutzen auch auf Kosten anderer zu erhöhen.

Auf Basis zuvor genannter Verhaltensannahmen können zwei Bereiche festgestellt werden, die einen wesentlichen Einfluss auf Transaktionskosten haben. Zum einen ist dies das kostenwirksame Merkmal des institutionellen Arrangements, wozu der Markt, Hybridformen und die Unternehmung (Hierarchie) zählen. Zum anderen zählen zu den kostenwirksamen Transaktionen Charakteristika wie Spezifität, Häufigkeit, Unsicherheit und strategische Relevanz.

Je nach Ausprägung der Transaktionscharakteristika lassen sich „*make or buy*“-Entscheidungen ableiten. Im Allgemeinen lässt sich ableiten, dass bei hoher Ausprägung der Transaktionscharakteristika (hoch spezifisch, häufig und von strategischer Bedeutung) sich die Eigenerstellung vorteilhaftig zeigt. Eine niedrige Ausprägung hingegen deutet auf die Vergabe der Leistung und somit auf Fremdbezug hin.¹⁷³

Bild 46 zeigt die die Bandbreite der maximalen Effizienz basierend auf Transaktionsaktionskosten in Abhängigkeit von der jeweiligen Ausprägung der Unsicherheit bzw. Spezifität.

¹⁷⁰ Coase, R. H. (The Nature of the Firm 1937)

¹⁷¹ Williamson, O. E. (Markets and Hierarchies 1975)

¹⁷² Vgl. Köhler, R. (Handwörterbuch der Betriebswirtschaft 2007); Simon, H. A. (Study of decision-making processes 1976)

¹⁷³ Vgl. Kieser, A., Ebers, M. (Organisationstheorien 2006), S 199-251

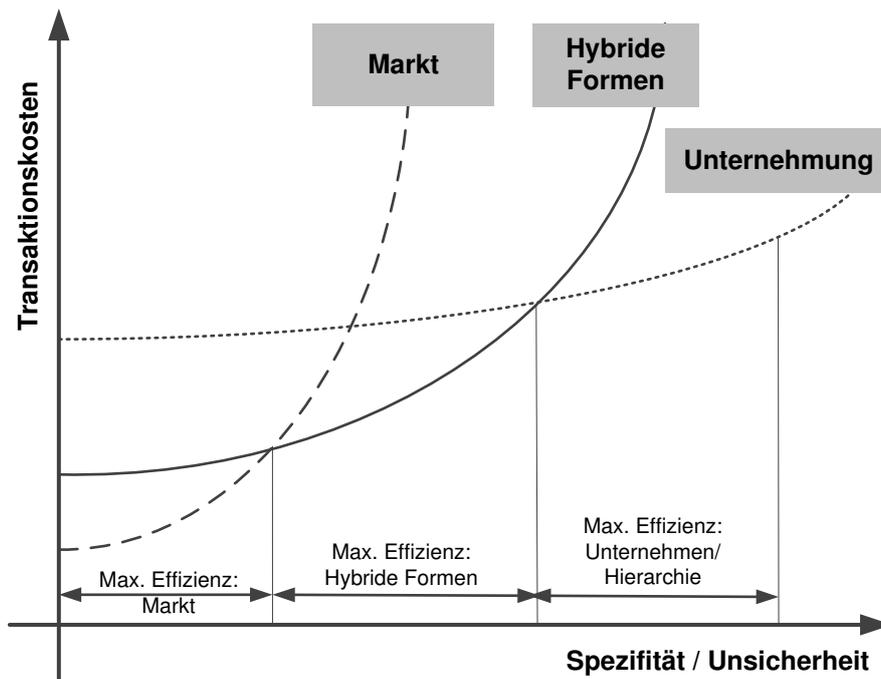


Bild 46: Transaktionskosten in Abhängigkeit des Spezifitätsgrades¹⁷⁴

Auf Basis genannter Annahmen können Kriterien entwickelt werden, die die Kooperationsfähigkeit unter Berücksichtigung der Transaktionskosten für kommunale Leistungsaufgaben beurteilen (nähere Ausführungen dazu in Kapitel 5.1.2.).

4.2.5 Exkurs Outsourcing

Die Frage nach dem richtigen Zeitpunkt, wann eine Leistung der Gemeinde an gemeindeexterne Unternehmen ausgelagert werden soll oder nicht, bedarf einer Vielzahl an Entscheidungen und Überlegungen. Nach GIRMSCHIED (2010) ist die Entscheidung für eine Outsourcingstrategie eine ressourcenstrategische Entscheidung, die anhand folgender Determinanten festgelegt werden kann:¹⁷⁵

- Welches Leistungsbündel, welche Aufgaben soll ausgelagert werden?
- Wie ist die Qualität des verfügbaren Personals, das die Leistung durchführen soll?
- Ist die auszulagernde Leistung überhaupt am Markt verfügbar?
- Welche Auswirkung hat die Auslagerung auf meine Kosten? Welche Auslastungsflexibilität bleibt bestehen?
- Zählt die auszugliedernde Aufgabe zu den Kernaufgaben bzw. Kernkompetenzen?

Neben all diesen Fragestellungen liegen den Zielen des Outsourcing-Gedankens vorwiegend ökonomische Aspekte zugrunde. Dies unter der Prämisse eine langfristige Kostenreduktion in der Aufgabenerfüllung zu erreichen, jedoch unter Beibehaltung des geforderten Leistungsniveaus.

¹⁷⁴ In Anlehnung an Williamson, O. E., ebrary Inc (The mechanisms of governance 1996), S. 108

¹⁷⁵ Vgl. Girmscheid, G. (Strategisches Bauunternehmensmanagement 2010)

Eine Reduktion der Kosten für die Leistungserbringung kann durch Outsourcing dahingehend erreicht werden, dass einerseits ein höherer Spezialisierungsgrad durch Grössenvorteile erreicht werden kann („*Economies of scale*“) und andererseits eine höhere Auslastung des Personals und der Geräte möglich wird („*Economies of scope*“), was zu allgemein günstigeren Gesamtkosten führt. Nähere Ausführungen dazu finden sich in Kapitel 6.2.

Für öffentliche Verwaltungen bedeutet dies, dass neben einer Kostenreduktion vor allem eine Steigerung der Kostensicherheit durch Weitergabe des Kalkulationsrisikos an einen externen Partner erreicht werden kann. Dies hat auch zur Folge, dass langfristig Transaktionskosten minimiert werden können, die jedoch stark von der Komplexität der ausgliedernden Leistung, den damit verbundenen Risiken und Unsicherheiten sowie der Häufigkeit der Durchführung zusammenhängen.

Abschliessend sei auf den Aspekt der Auslastungsflexibilität verwiesen. Eine konsequente Outsourcingstrategie erhöht die strategische Flexibilität in Bezug auf den Ausgleich von Nachfrageschwankungen und kann somit eine maximale Kapazitätsauslastung in der kommunalen Aufgabenerfüllung gewährleisten. Dies betrifft im Besonderen die Dimensionierung des kommunalen Fuhrparks bzw. des Inventarbestandes im Werkhof.¹⁷⁶

Bild 47 zeigt schematisch den Entscheidungsablauf bei Outsourcingstrategien auf. Dabei ist im Besonderen auf die Verfügbarkeit sowie Wirtschaftlichkeit zu achten, die sich je nach Verfügbarkeit am Markt oder als interne Leistung unterschiedlich ausprägt.

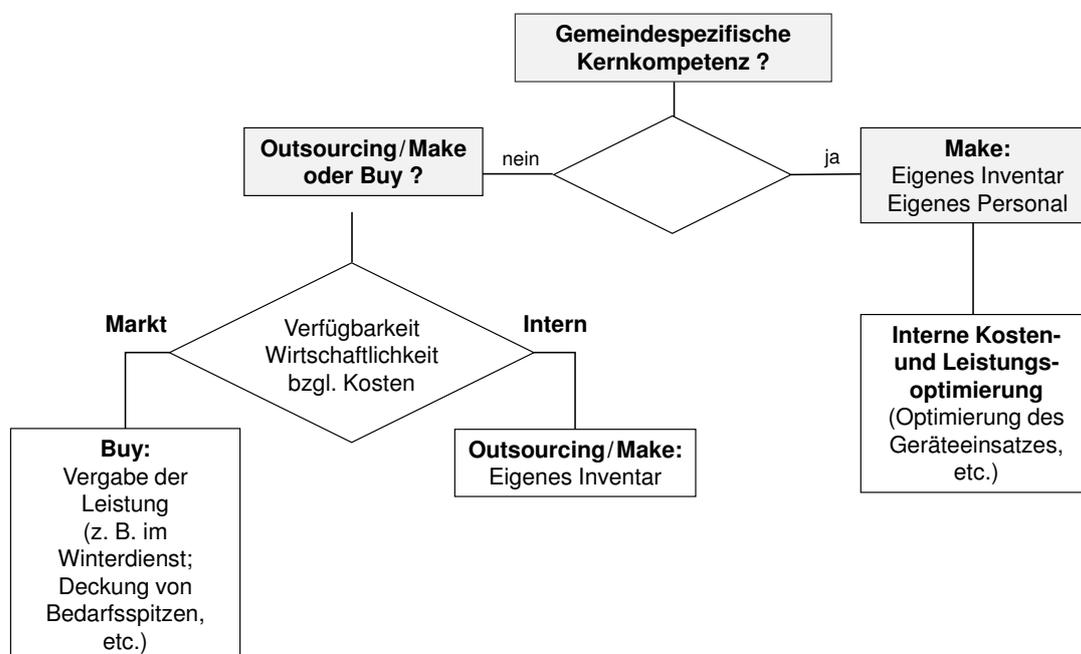


Bild 47: Outsourcing-Strategie - Entscheidungsvorgang¹⁷⁷

¹⁷⁶ Vgl. Girmscheid, G. (Strategisches Bauunternehmensmanagement 2010), S. 333

¹⁷⁷ In Anlehnung an Girmscheid, G. (Strategisches Bauunternehmensmanagement 2010)

5 Einführung in das siedlungsübergreifende Prozessmodell

Das in dieser Forschungsarbeit konzipierte Modell zur siedlungsübergreifenden Zusammenarbeit im betrieblichen Strassenunterhalt wurde unter holistischen Aspekten und der Berücksichtigung aller relevanten Stakeholder entwickelt. Dem Stakeholder-Ansatz folgend, wird dem Modell zugrunde gelegt, dass alle getroffenen Entscheidungen die Interessen aller mit der Aufgabenerfüllung in Verbindung stehenden Anspruchsgruppen berücksichtigt.

Bild 48 zeigt die Stakeholder-Ziele in Bezug auf die Tätigkeiten des betrieblichen Strassenunterhalts, wobei folgende Anspruchsgruppen als Stakeholder identifiziert werden konnten:

- **Gesellschaft:** Die Gesellschaft verfolgt das Ziel, mit möglichst minimalen Kosten einen maximalen Nutzen für sich selbst zu kreieren. Dies erfolgt allerdings nur unter der Prämisse der Gewährleistung eines sicheren Verkehrssystems. Des Weiteren wird ein hoher Qualitätsstandard in den Bereichen des betrieblichen Unterhalts angestrebt, den es gemeinde-spezifisch zu evaluieren gilt.
- **Nutzer:** Die Nutzer der Strassenverkehrsanlage verfolgen primär den hohen Anspruch der Sicherstellung der Verkehrssicherheit und wünschen einen hohen Fahrtkomfort ohne Störeinflüsse. Bezogen auf z. B. Massnahmen des Winterdienstes werden geringe Zeitverluste (beispielsweise durch eine effiziente Schneeräumung etc.) gefordert.
- **Betreiber:** Werden die Stakeholder-Ziele aus Sicht eines Betreibers beleuchtet (z. B. Projektabwicklung als Public Private Partnership), so wird neben der Rechtssicherheit vor allem die Maximierung des Nutzens sowie der Einnahmen angestrebt unter der Voraussicht eines sparsamen Mitteleinsatzes.
- **Umwelt:** Aus umweltpolitischen Gründen wird der Ruf nach einem ressourcenschonenden Mitteleinsatz immer lauter. Neben der Sicherstellung zeitgerechter Hygiene- und Sauberkeitsstandards wird vor allem der Einsatz umweltschonender Ressourcen verlangt. Dies betrifft im Wesentlichen den Aufgabenbereich des Winterdienstes, der mit hohen Salzverbräuchen und Verbräuchen an Taustoffen im Allgemeinen stark die Umwelt belastet.

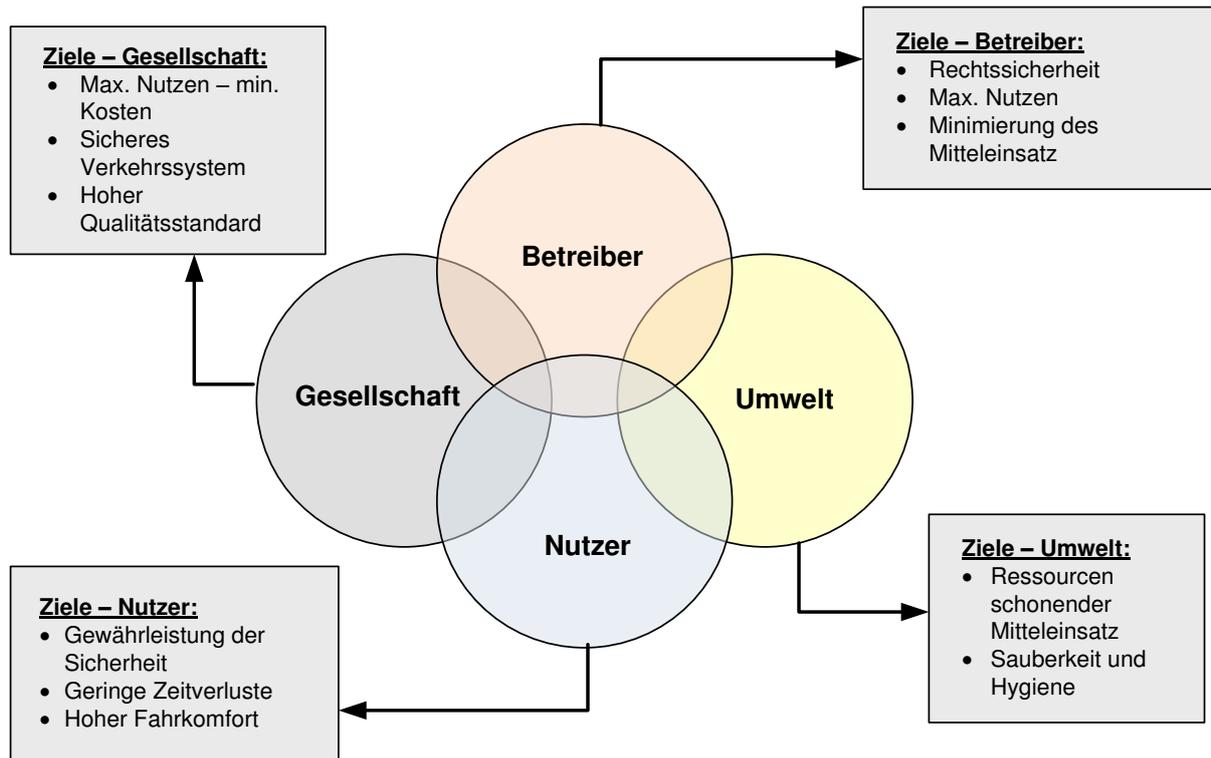


Bild 48: Stakeholder-Ziele im betrieblichen Strassenunterhalt

5.1 Erklärung und Aufbau des Modells

Das Modell einer siedlungsübergreifenden Zusammenarbeit im Bereich des betrieblichen Strassenunterhalts gliedert sich in zwei Teilmodelle, die die Zielerreichung sicherstellen:

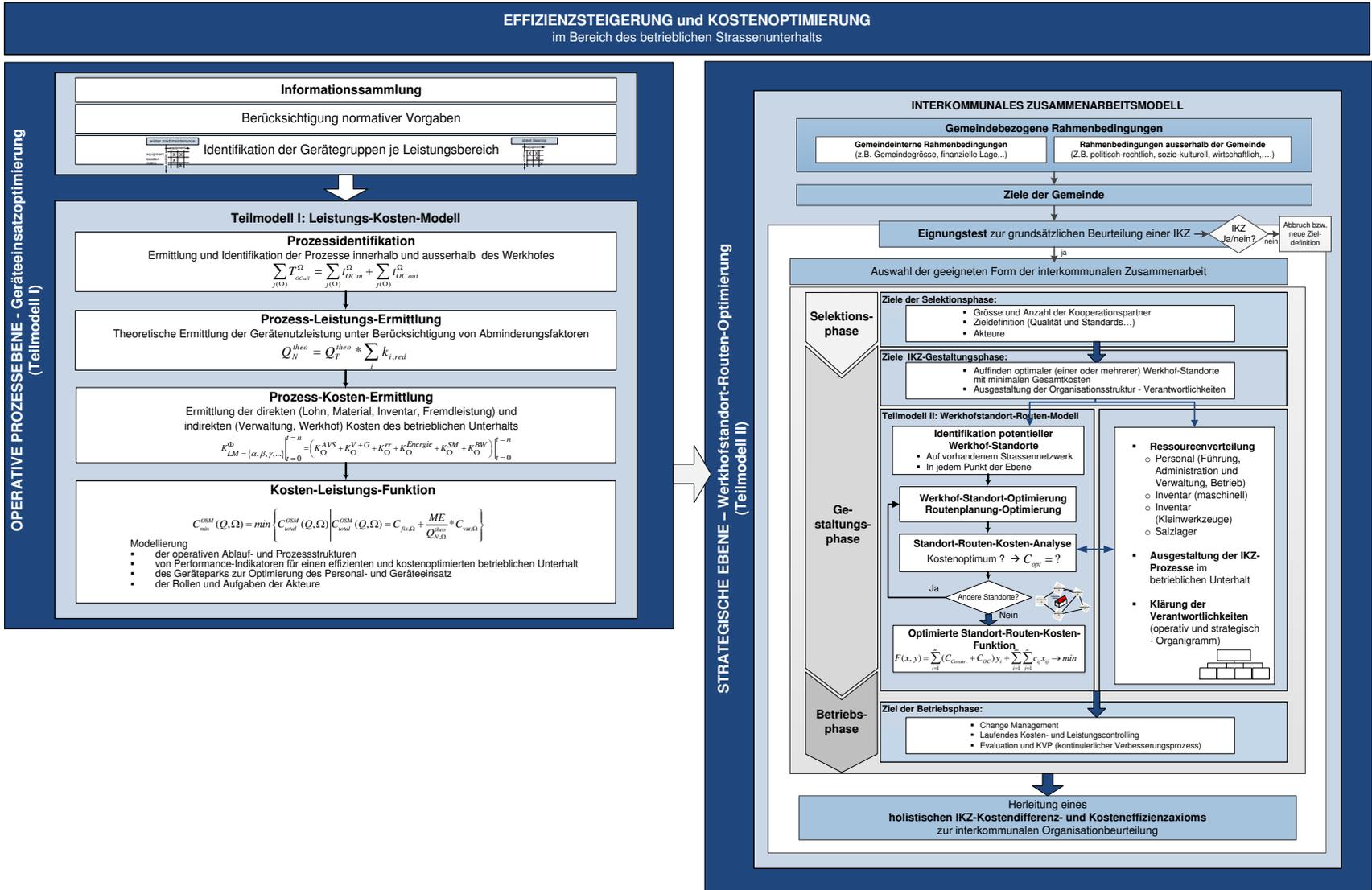
- **Teilmodell I:**
Prozessleistungs-Kosten-Modell zur optimalen Gerätekonfiguration im betrieblichen Strassenunterhalt
- **Teilmodell II:**
Werkhofstandort-Routen-Modell zur Entscheidungsfindung für interkommunale Kooperationen im betrieblichen Strassenunterhalt

Bild 49 zeigt die Ablaufschritte des prozessorientierten interkommunalen Zusammenarbeitsmodells, das eine Modellentwicklung auf operativer Ebene (Teilmodell I) und strategischer Ebene (Teilmodell II) anstrebt.

Die Informationsbeschaffung bildet die Basis der beiden Teilmodelle. Auf normativer Grundlage und auf systemtheoretischen Ansätzen basierend, erfolgt die Abgrenzung der Bereiche des betrieblichen und baulichen Strassenunterhalts.

EFFIZIENZSTEIGERUNG und KOSTENOPTIMIERUNG
im Bereich des betrieblichen Strassenunterhalts

Bild 49: Übersicht IKZ-Prozessmodell (Teilmodell I und Teilmodell II)



Das **Teilmodell I (Prozessleistungs-Kosten-Modell)** auf operativer Ebene fokussiert auf die Entwicklung und Herleitung einer Zielfunktion zur optimalen Geräteausstattung. Auf Basis einer theoriegestützten Systemabgrenzung wird ein holistisches Modell zur Leistungsberechnung entwickelt, das leistungsvermindernde Faktoren identifiziert und in der Berechnung berücksichtigt. Dieses Berechnungsverfahren liefert als Resultat eine Kosten-Leistungs-Funktion für die jeweiligen Leistungsgeräte im betrieblichen Strassenunterhalt, die es erlaubt, den Einsatz von Ressourcen (Personal, Inventar, etc.) optimal zu gestalten, um einerseits eine hohe Auslastung der eingesetzten Geräte zu erreichen und andererseits dem Aspekt der Effizienzsteigerung in der Aufgabenerfüllung gerecht zu werden. Dies geschieht auf Basis der folgenden drei Prozessstufen:

- Prozessidentifikation
- Prozess-Leistungs-Ermittlung
- Prozess-Kosten-Ermittlung

Auf Basis dieser genannten Prozessstufen wird es möglich, die operativen Ablauf- und Prozessstrukturen zu modellieren sowie Indikatoren für einen optimierten betrieblichen Strassenunterhalt festzustellen. Aus dem operativen Leistungs-Kostenmodell können für jedes Leistungsgerät des betrieblichen Unterhalts Leistungsgrenzen mit den jeweiligen Kostenparametern simuliert werden. Auf strategischer Ebene wird gezeigt, wie eine interkommunale Zusammenarbeit erfolgsversprechend umgesetzt und organisiert werden kann. Das interkommunale Zusammenarbeitsmodell fokussiert auf die Ausgestaltung einer interkommunalen Kooperation im betrieblichen Unterhalt und stellt den Gemeinden ein Prozessmodell zur Entscheidungsfindung für eine siedlungsübergreifende Zusammenarbeit zur Verfügung. Auf Basis einer gemeindeübergreifenden Zieldefinition wird als erster Schritt ein Eignungstest für die Gemeinden vorgestellt, der eine grundsätzliche Beurteilung zur Umsetzung einer siedlungsübergreifenden Zusammenarbeit liefert. Des Weiteren werden geeignete Formen der Zusammenarbeit sowie deren Ausgestaltungsmöglichkeiten vorgestellt.

Ein besonderer Schwerpunkt wird im **Teilmodell II (Werkhofstandort-Routen-Modell)** auf die Auswahl eines geeigneten und kostenoptimalen Werkhofstandortes in Verbindung mit einer wegoptimierten Routenplanung zur Minimierung von Leerfahrtkosten gelegt. Auf Basis graphentheoretischer Optimierungsverfahren (Verfahren der kürzesten Wege etc.) sowie der Anwendung von Standortoptimierungsverfahren (Warehouse Location Problem, Standortplanungsverfahren in der Ebene etc.) werden potentielle Werkhofstandorte untersucht mit dem Ziel minimale Gesamtkosten bei der Umsetzung einer IKZ zu erhalten. Es wurde eine Zielfunktion entwickelt, die es ermöglicht, den besten Ort eines siedlungsübergreifenden Werkhofs unter Berücksichtigung von definierten Einschränkungen zu bestimmen.

Die Beurteilung der Vorteilhaftigkeit respektive Wirtschaftlichkeit einer interkommunalen Zusammenarbeit erfolgt in Form einer dynamischen Wirtschaftlichkeitsberechnung. Dazu werden anhand einer NPV-Berechnung die Einnahmen und Ausgaben der Leistungserstellung in Eigenregie jenen Kosten der Durchführung in einer siedlungsübergreifenden Kooperation gegenübergestellt.

Im siedlungsübergreifenden Unterhaltsmodell können die gewünschten Leistungsanforderungen der Gemeinden erfasst und die interkommunale Zusammenarbeit auf Basis dieser Inputdaten simuliert werden. Dabei wurden sowohl betriebliche als auch administrative Sprungkosten je nach Grösse des zu bedienenden Strassennetzes in die Berechnung miteinbezogen.

5.1.1 Aufbau des IKZ-Prozessmodells (Teilmodell I und Teilmodell II)

Das interkommunale Zusammenarbeitsmodell (IKZ-Modell) gliedert sich in **fünf Stufen** wie in Bild 50 ersichtlich. IKZ-Phase A1 bis A3 (IKZPHA1-3) zeigt die ersten notwendigen Schritte im Zuge der Entscheidungsfindung über eine siedlungsübergreifende Kooperation.

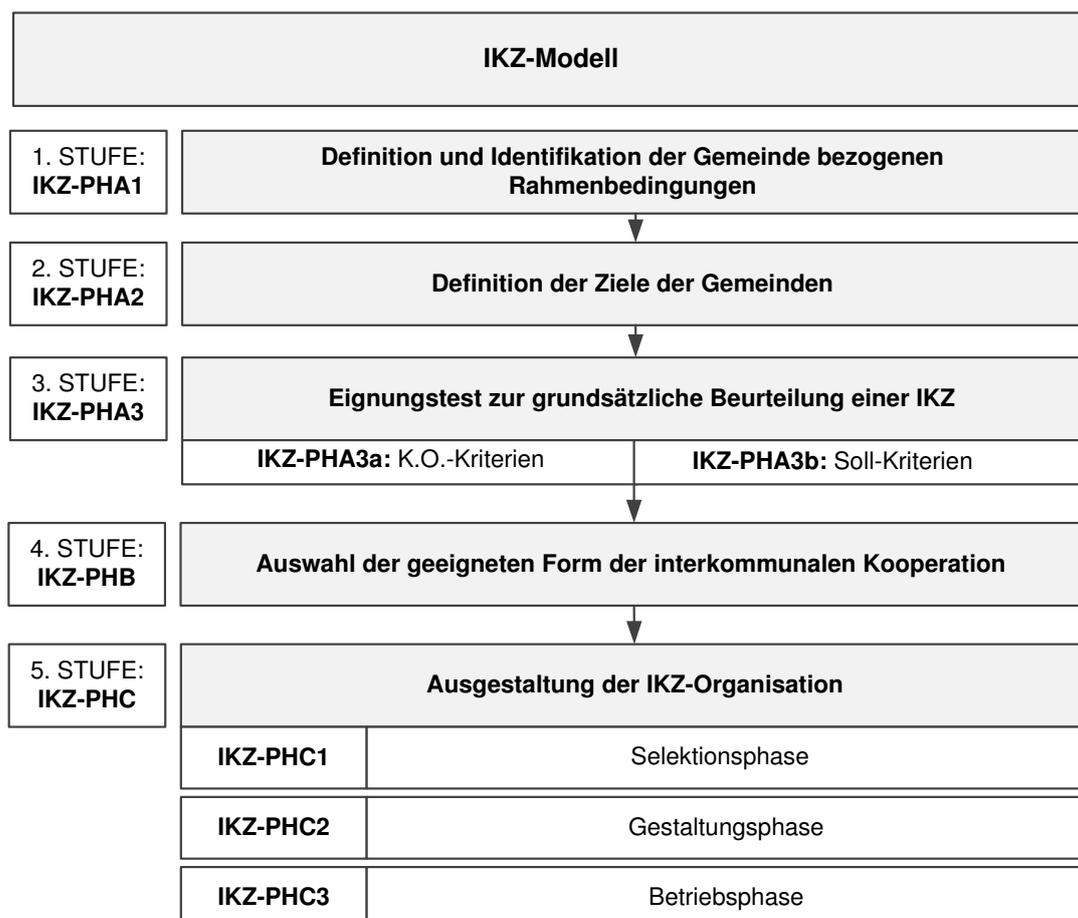


Bild 50: Ablaufstruktur des fünfstufigen IKZ-Modells

In Phase IKZ-Phase 3 gilt es einen Eignungstest zur ersten grundsätzliche Einschätzung der Machbarkeit durchzuführen. Wurde der Eignungstest positiv abgeschlossen, so müssen vertiefte Untersuchungen unternommen werden, um in den weiteren Phasen die geeignete Form der interkommunalen Zusammenarbeit zu finden (IKZ-PHB) und deren Prozesse, Abläufe und Verantwortlichkeiten auszugestalten (IKZ-PHC1-3).

Das **Teilmodell II (Werkhofstandort-Routen-Modell)** findet in der Stufe IKZ-Phase C statt, die die Selektionsphase sowie die Gestaltungsphase der interkommunalen Zusammenarbeit umfasst (siehe Bild 49).

Bild 51 zeigt grafisch in Anlehnung an Bild 50, welche Prozesse auf strategischer Ebene in der kommunalen Entscheidungsfindung notwendig sind.

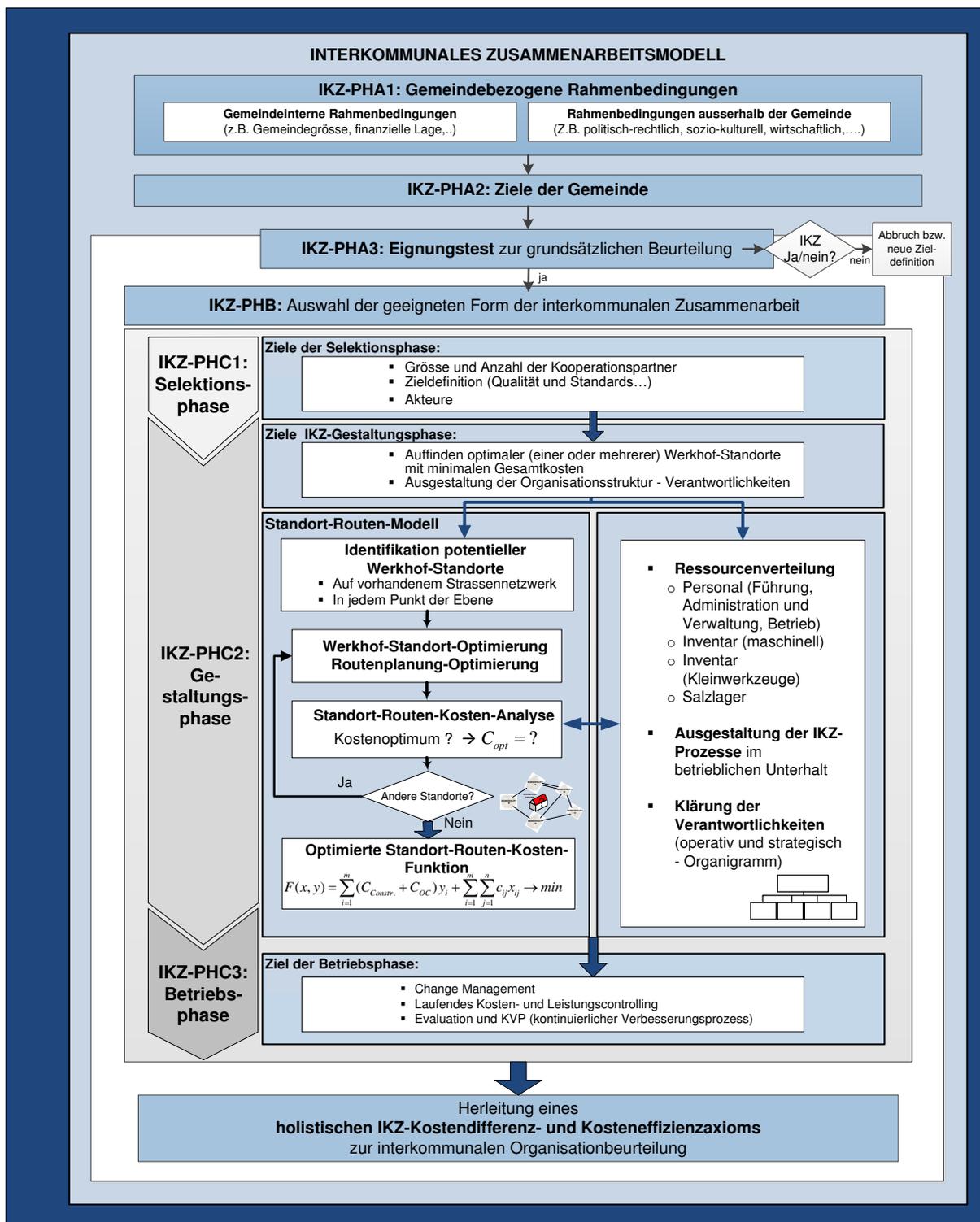


Bild 51: Ablaufschema - Interkommunales Zusammenarbeitsmodell

Im Folgenden wird anhand des fünfstufigen Ablaufprozesses (Bild 50 und Bild 51) das Vorgehen bei der Umsetzung einer möglichen siedlungsübergreifenden Kooperation erläutert.

IKZ-Phase 1: Definition der gemeindebezogene Rahmenbedingungen

Ob eine kommunale Aufgabe in Eigenregie oder in Kooperation abgewickelt werden soll, hängt nicht nur von gemeindeinternen Faktoren ab, sondern auch von Einflüssen, die aus dem kommunalen und kantonalen Umfeld resultieren. Folglich kann zwischen

- gemeindeinternen Rahmenbedingungen und
- gemeindeexternen Rahmenbedingungen

unterschieden werden.

Entscheidend für kommunale Entscheidungsträger ist es, sich bereits frühzeitig einen Überblick über beide einwirkenden Faktoren zu verschaffen, da sie eine wesentliche Grundlage zur Entscheidungsfindung bilden. Insbesondere gemeindeexterne Faktoren müssen kurz- und mittelfristig als gegeben betrachtet werden und beeinflussen daher entscheidend den weiteren Fortgang möglicher Kooperationsgespräche.¹⁷⁸

Dem systemtheoretischen Grundsatz folgend ist eine IKZ umgeben von Einflussfaktoren, die von aussen einwirken und Systemgrenzen bilden. Diese werden als **gemeindeexterne Rahmenbedingungen** bezeichnet. Folgende Rahmenbedingungen, die von ausserhalb auf eine Gemeinde einwirken, können direkt oder indirekt einen Einfluss auf eine IKZ haben:¹⁷⁹

- Politisch-rechtliche Rahmenbedingungen
- Sozio-kulturelle Rahmenbedingungen
- Wirtschaftliche Rahmenbedingungen
- Technologische Rahmenbedingungen
- Geografische Rahmenbedingungen

Bild 52 stellt schematisch die Interaktionen zwischen den einzelnen Rahmenbedingungen des regionalen Umfeldes in Zusammenhang mit den Leistungsbereichen des betrieblichen Strassenunterhalts.

¹⁷⁸ Vgl. Steiner, R. (IKZ und Gemeindezusammenschlüsse in der Schweiz 2002), S. 239ff.

¹⁷⁹ Vgl. Lummerstorfer, A.-J. (IKZ 2006), S. 101; Thom, N., Ritz, A. (Public Management 2008), S.44

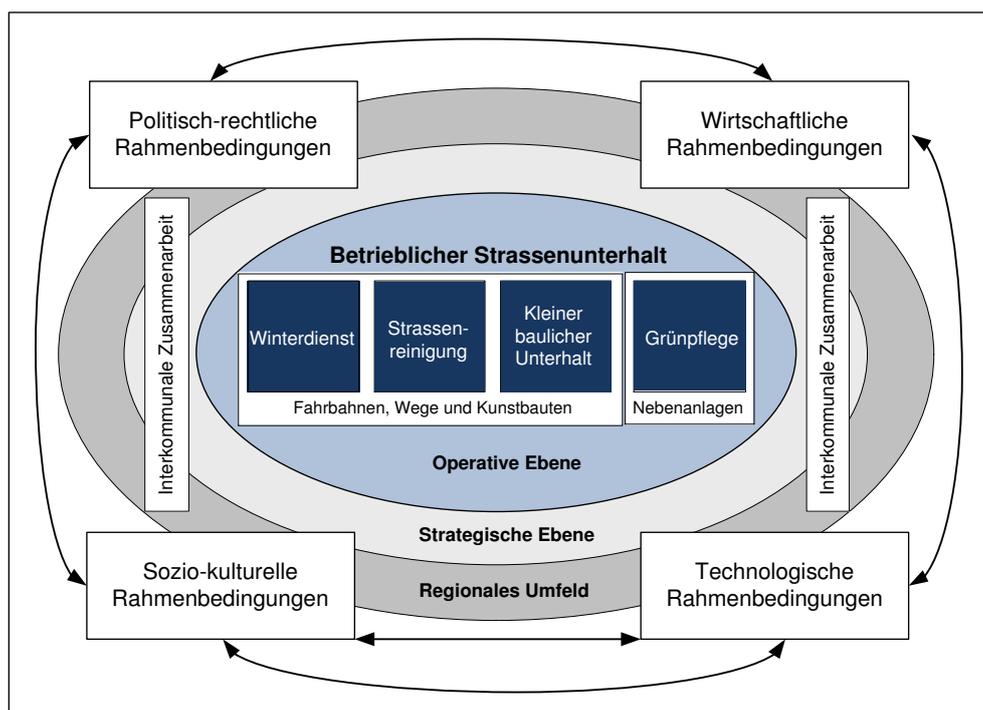


Bild 52: Interaktion der Umfeldbezogenen Rahmenbedingungen einer IKZ

Politisch-rechtliche externe Rahmenbedingungen haben einen wesentlichen Einfluss auf die erfolgreiche Umsetzung einer IKZ. So sind politische Akteure wesentliche Treiber im Zustandekommen und Ausgestalten einer interkommunalen bzw. interregionalen Kooperation. Eine fehlende Unterstützung von Seiten der Politik kann schnell zu einem Ende der Kooperationsverhandlungen führen. Eine laufende politische Unterstützung ist somit ein wesentlicher Erfolgsfaktor, der über das Gelingen einer IKZ entscheidet.¹⁸⁰ Ein weiterer Faktor im politisch-rechtlichen Bereich stellt der Finanzausgleich zwischen den Gemeinden dar. In der Schweiz werden nach durch Steuern und Gebühren 70% aller Gemeindeeinnahmen eingehoben. Aus diesem Grund wird ersichtlich, dass ebenso die Steuerpolitik und der interkommunale wie auch interkantonale Steuerausgleich einen wesentlich Einfluss auf eine Ausgestaltung einer IKZ haben. Oftmals wird diskutiert, ob Finanzausgleiche zu einer Stärkung der Gemeindeautonomie beitragen und damit die Umsetzung einer IKZ fördern. STEINER (2002) stellt jedoch fest, dass es keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Stellung im Finanzausgleich und der Veränderung durch eine IKZ gäbe. Jedoch wird postuliert, dass sich eine IKZ durchaus als „Strategie“ verstehen lässt und in Krisenzeiten zu einer möglichen „stärkeren“ Position der kooperierenden Gemeinden führen kann.¹⁸¹

¹⁸⁰ Vgl. Greskowiak, D. (Interkommunale Zusammenarbeit 2004), S. 29

¹⁸¹ Vgl. Steiner, R. (IKZ und Gemeindezusammenschlüsse in der Schweiz 2002), S. 325

Sozio-kulturelle externe Rahmenbedingungen umfassen das Gebiet der menschlichen und gesellschaftlichen Werte und Normen. Eine Veränderung dieses Systems bedingt zumeist auch Änderungen in der Grundhaltung der Entscheidungsträger und hat ebenso Auswirkung auf die Ausgestaltung und den Leistungsumfang einer IKZ. So kann beispielsweise beobachtet werden, dass die Qualitätsansprüche der Bürger durch eine IKZ gegenüber der Gemeinde stark steigen und sich daher ein höherer Anspruch an die Leistungserbringung bemerkbar macht.¹⁸²

Wirtschaftliche externe Rahmenbedingungen sind von überaus wichtiger Bedeutung für die Bildung einer IKZ, jedoch üben sie zumeist nur indirekten Einfluss auf solche auf. Oftmals ist in der kommunalen Praxis ein starker ökonomischer Druck der Grund, warum sich Gemeinden gefordert fühlen, eine Kooperation mit einer benachbarten Gemeinde bzw. Region einzugehen. Dies kann einerseits aus Gründen der Effizienz passieren, die eine Kostensenkung verlangen oder andererseits aus Gründen der Effektivität zur Erreichung einer besseren Leistungserbringung innerhalb der kommunalen Aufgaben.¹⁸³ Somit lässt sich festhalten, dass je nach finanzieller Situation einer Gemeinde die Forcierung zur Umsetzung einer IKZ unterschiedlich stark ausfällt. BALLING (1998) stellt diesbezüglich fest, dass vor allem eine Knappheit an Ressourcen zu einer erhöhten Kooperationsbereitschaft führt, um mithilfe einer IKZ diesem Umstand besser entgegenwirken zu können.¹⁸⁴

Unter **technologischen externen Rahmenbedingungen** versteht man das Bestreben einer Gemeinde die Aufgabenerfüllung mit möglichst technologisch fortschrittlichen Geräten und Equipment durchzuführen. Da interkommunale Zusammenschlüsse bzw. Kooperationen meist einem spezifischen Bereich der kommunalen Leistungserbringung zuzuordnen sind, werden oftmals Spezialgeräte zur Aufgabenerfüllung benötigt.

Geografische Rahmenbedingungen berücksichtigen sowohl klimatische als auch topografische Gegebenheiten der jeweiligen Gemeinden. So haben die genannten Bedingungen einen wesentlichen Einfluss auf den Leistungsumfang der jeweiligen Bereiche im betrieblichen Unterhalt (beispielsweise Leistungsumfang im Winterdienst in höheren Lagen etc.). Zu den geografischen Rahmenbedingungen zählt zudem die Auswahl des Werkhofstandortes, welcher ebenso wesentlich durch die Topografie der Gemeinden beeinflusst wird. Zudem spielt die Lage der Gemeinden untereinander eine Rolle bei der Auswahl eines oder mehrerer Werkhofstandorte.

¹⁸² Vgl. Wittkämpfer in Bellers, J. (Interkommunale Zusammenarbeit 1997), S. 400-411; Strehl in: Holzinger, G., et al. (Österreichische Verwaltungslehre 2001)

¹⁸³ Vgl. Lummerstorfer, A.-J. (IKZ 2006), S. 2; Naschold, F., et al. (Kommunale Spitzeninnovationen 1998), S.146

¹⁸⁴ Vgl. Balling, R. (Kooperation: Strategische Allianzen, Netzwerke, Joint Ventures 1998), S. 94ff.

Neben den externen Einflüssen sind zudem die **gemeindeinternen Rahmenbedingungen** jeder kooperationswilligen Gemeinde zu prüfen. Diese lassen sich, ebenso wie die vorherig genannten externen Faktoren, in die Kategorien

- Politisch-rechtlich interne Rahmenbedingungen
- Sozio-kulturell interne Rahmenbedingungen
- Wirtschaftlich interne Rahmenbedingungen
- Technologisch interne Rahmenbedingungen

einteilen.

Die **politisch-rechtlichen internen Rahmenbedingungen** werden im weiteren Sinne als Angaben zur Charakterisierung einer Gemeinde betrachtet. Dazu zählen beispielsweise die Einwohnerzahl und Einwohnerdichte sowie die Siedlungs- und Organisationsstruktur der Gemeinde. Diese Faktoren bilden eine wesentliche Grundlage im Entscheidungsprozess über eine interkommunale Zusammenarbeit.

Zu den **sozio-kulturellen Rahmenbedingungen** zählen speziell im Bereich des betrieblichen Strassenwesens die Qualitäts- und Nutzungsanforderungen der Strassennutzer und Bürger. Aber nicht nur die Anforderungen an die Qualität sind gestiegen, sondern auch die „Erwartungen an die Rechtmässigkeit, Effektivität und Effizienz der Kommunalverwaltung“¹⁸⁵ wie STEINER (2002) treffend feststellt.

Wirtschaftlich interne Rahmenbedingungen einer Gemeinde schliessen vorwiegend die finanzielle Situation der Gemeinde ein. Im weiteren Sinne kann ebenfalls über die Effektivität bzw. Effizienz einer Gemeinde Auskunft gegeben werden.

Technologisch interne Rahmenbedingungen verweisen auf die Charakteristik der vorhandenen Ressourcen wie z. B. verwendeten Maschinen, Geräte, etc. Auch personelle Faktoren im Hinblick auf die Spezialisierung von Mitarbeitern in der Leistungserbringung werden hier mitberücksichtigt.

IKZ-Phase A2: Definition der Ziele

Die zweite Stufe im fünfstufigen IKZ-Modell beschäftigt sich mit der Definition der gemeindespezifischen Ziele. Im Zuge der Zieldefinition muss festgelegt werden, welche Ziele sowohl auf strategischer wie auch auf politischer Ebene erreicht werden wollen. Die primäre Aufgabe von Zielen ist es, den jeweiligen Akteuren eine Richtung in Bezug auf ihr Handeln vorzugeben und sich bereits frühzeitig über deren Wünsche und Bedürfnisse Klarheit zu verschaffen. In einem ersten Schritt sollten systematisch Oberziele definiert werden, die es in weiterer Folge in umsetzbare operable Unterziele zu unterteilen gilt. Nach positiver Zieldefinition aller Beteiligten wird an dieser Stelle auf die Beurteilung der Kooperationsfähigkeit kommunaler Aufgaben eingegangen.

¹⁸⁵ Steiner, R. (IKZ und Gemeindegemeinschaften in der Schweiz 2002), S. 75; Ladner, A. (Gemeindereformen zwischen Handlungsfähigkeit und Legimitation 2000), S. 10ff.

5.1.2 Beurteilungskriterien kooperationsfähiger Aufgaben

Kommunale Entscheidungsträger müssen im Zuge eines interkommunalen Zusammenschlusses in der Lage sein, jene Aufgaben zu identifizieren, die sich als kooperationsfähig erweisen.

Ziel dieses Kapitel ist es, anhand systematischer betriebswirtschaftlicher Grundlagen, Kriterien zu entwickeln, die es den Entscheidungsträgern erleichtern, die Kooperationsfähigkeit einer kommunalen Aufgabe zu beurteilen. Die Frage, ob sich eine kommunale Leistung als kooperationsfähig erweist, kann auf Basis der Transaktionskostentheorie (Einführung dazu in Kapitel 4.2.1) beurteilt werden.

Im Folgenden wird unter Verwendung der „**Analytic hierarchy process**“ (**AHP**)-**Methode** nach SAATY und VARGAS (1987)¹⁸⁶ die Eignung zur Kooperation der Leistungsbereiche des betrieblichen Strassenunterhalts unter Berücksichtigung der Charakteristika der Transaktionstheorie nachgewiesen.

Ziel des Entscheidungsproblems ist es, mit Hilfe der AHP-Methode die optimale Form der Leistungserbringung zu identifizieren. Als Alternativen werden hierbei die Formen

- Eigenleistung,
- Kooperation und
- Fremdbezug

in Betracht gezogen.

Die Beurteilung der Kooperationsfähigkeit der Bereiche des betrieblichen Strassenunterhalts beruht auf den Grundlagen der Transaktionskostentheorie (vgl. dazu Kapitel 4.2.4).

Bild 53 zeigt die zur Bewertung verwendete hierarchische Struktur unter Anwendung der AHP-Methode. Dabei werden die Transaktionscharakteristika Spezifität, Häufigkeit, Strategische Relevanz und Synergiepotential als Hauptbeurteilungskriterien zur Erreichung des Oberzieles „Optimale Form der Aufgabenerfüllung“ herangezogen. Zur Lösung des Entscheidungsproblems wird im ersten Schritt das Oberziel definiert, das in weiterer Folge zur Identifikation und Definition von Entscheidungskriterien führt. Ebenso müssen zur Zielerreichung Alternativen definiert werden (Bild 53).

Alternative Formen zur Erfüllung kommunaler Aufgaben im Bereich des betrieblichen Unterhalts wären die Formen Eigenerstellung, Kooperation und Fremdleistung. Mithilfe der AHP-Methode soll nun wissenschaftlich nachgewiesen werden, ob welche Alternative zur Aufgabenerfüllung sich als optimal erweisen könnte.

¹⁸⁶ Saaty, R. W., Vargas, L. G. (Analytic hierarchy process 1987)

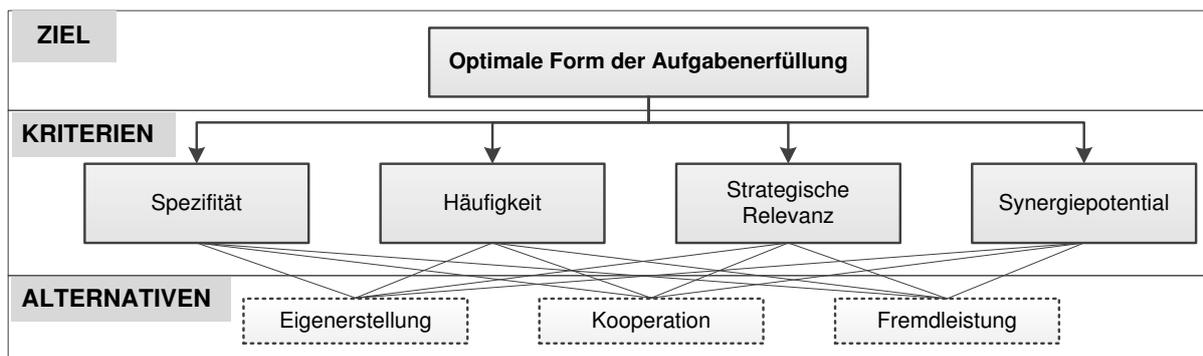


Bild 53: Hierarchische Struktur - AHP

Vorgehensweise zur Beurteilung der Kooperationsfähigkeit

Im ersten Schritt wird eine Gewichtung der Beurteilungskriterien relativ zueinander vorgenommen. Tabelle 3 zeigt die Möglichkeiten zur Gewichtung der Beurteilungskriterien. Diese können sich auf einer Skala von 1 bis 9 bewegen, wobei $g_{ij}^{rel} = 1$ bedeutet, dass die Kriterien in einem Verhältnis von 1:1 zueinander beurteilt wurden und somit gleichsam bedeutend sind.

Tabelle 3: Möglichkeiten zur Gewichtung der Beurteilungskriterien

Gewichtung	Definition	Erläuterung
1	Gleiche Bedeutung	Die verglichenen Kriterien haben dieselbe Bedeutung bei der Erreichung des Oberzieles.
3	Schwache Präferenz	Erfahrungen/Berechnungen/Einschätzungen/... deuten auf eine schwache Präferenz eines Kriteriums im Vergleich zum anderen.
5	Bedeutende Präferenz	Erfahrungen/Berechnungen/Einschätzungen/... deuten auf eine bedeutende Präferenz eines Kriteriums im Vergleich zum anderen.
7	Starke Präferenz	Erfahrungen/Berechnungen/Einschätzungen/... zeigen sehr deutlich eine starke Präferenz und hohe Bedeutung eines Kriteriums im Vergleich zum anderen.
9	Absolute Präferenz	Ein Kriterium ist absolut dominierend im Vergleich zum anderen.

Bild 54 zeigt die Gegenüberstellung und relative Gewichtung der in Bild 53 definierten Beurteilungskriterien. Entscheidend dabei ist, dass die Gewichtung paarweise und als relative Beziehung zueinander vorgenommen wird.

Spezifität : Häufigkeit	→ $g_{SH}^{rel} = 3$
Spezifität : Strategische Relevanz	→ $g_{SSR}^{rel} = 1/2$
Spezifität : Synergiepotential	→ $g_{SSP}^{rel} = 1$
Häufigkeit : Strategische Relevanz	→ $g_{HSR}^{rel} = 1/3$
Häufigkeit : Synergiepotential	→ $g_{HSP}^{rel} = 1/4$
Strategische Relevanz : Synergiepotential	→ $g_{SRSP}^{rel} = 1/3$

Bild 54: Relative Gewichtung g_{ij}^{rel} der Beurteilungskriterien

Anhand dieser ersten Berechnungsstufe können zwar relative Gewichtungsfaktoren als Vergleich der einzelnen Beurteilungskriterien zueinander ermittelt werden, jedoch kann damit noch keine Gewichtung als absolutes Ergebnis errechnet werden. Dies wird erst durch die Berechnung des Eigenvektors der Matrix möglich. Nachdem die relative Gewichtung der Beurteilungskriterien vorgenommen wurde, kann die Matrix

$$\mathbf{G}^{rel} = \left(g_{jk}^{rel} \right) = \begin{pmatrix} 1 & g_{12}^{rel} & g_{13}^{rel} & \dots \\ g_{21}^{rel} = 1/g_{12}^{rel} & 1 & g_{23}^{rel} & \dots \\ g_{31}^{rel} = 1/g_{13}^{rel} & g_{23}^{rel} = 1/g_{23}^{rel} & 1 & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \end{pmatrix}$$

gebildet und die Eigenwerte mit dem zugehörigen Eigenvektoren berechnet werden.

$$\mathbf{G}^{rel} = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 1/2 & 1 \\ 1/3 & 1 & 1/3 & 1/4 \\ 2 & 3 & 1 & 1/3 \\ 1 & 4 & 3 & 1 \end{pmatrix}$$

Die Eigenwerte der Matrix \mathbf{G}^{rel} sind lassen sich wie folgt berechnen:

$$\lambda = \begin{pmatrix} 4.2913 \\ -0.1774 + 1.1140i \\ -0.1774 - 1.1140i \\ 0.0636 \end{pmatrix}$$

Der grösste Wert des Vektors λ entspricht dabei dem gesuchten Eigenwert: $\lambda = 4.2913$. Der zum Eigenwert gehörende Eigenvektor berechnet sich aus:

$$\mathbf{x} = \begin{pmatrix} 0.4360 \\ 0.1493 \\ 0.4768 \\ 0.7485 \end{pmatrix}$$

Um die absoluten Gewichtungsfaktoren g_i^{abs} der Bewertungskriterien zu erhalten, muss der Eigenvektor normiert werden, indem die Summe aller Vektorkomponenten gleich eins gesetzt wird. Als Plausibilitätsgründen gilt es zu prüfen, ob die Summe der Gewichtungen 100% ergibt.

$$\mathbf{g}^{abs} = \begin{pmatrix} 0.4360 \\ 1.8106 \\ 0.1493 \\ 1.8106 \\ 0.4768 \\ 1.8106 \\ 0.7485 \\ 1.8106 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.25 \\ 0.08 \\ 0.26 \\ 0.41 \end{pmatrix}$$

Bild 55 fasst die Ergebnisse der absoluten Gewichtungsfaktoren der Beurteilungskriterien aus der ersten Stufe des AHP-Verfahrens zusammen.

Spezifität	$\rightarrow g_S^{abs} = 0.25$	$\rightarrow 25\%$
Häufigkeit	$\rightarrow g_H^{abs} = 0.08$	$\rightarrow 8\%$
Strategische Relevanz	$\rightarrow g_{SR}^{abs} = 0.26$	$\rightarrow 26\%$
Synergiepotential	$\rightarrow g_{SP}^{abs} = 0.41$	$\rightarrow 41\%$

Bild 55: Absolute Gewichtungsfaktoren der Beurteilungskriterien

Für die weitere Berechnung zur Erreichung des Oberziels ist es notwendig, die verschiedenen Handlungsoptionen gegenüberzustellen und in Bezug auf die Beurteilungskriterien zu bewerten. Dies kann einerseits auf Basis einer vorhandenen Datenbasis (z. B. bei Vorhandensein des Kriteriums „Kosten“ oder „Leistung“) erfolgen oder wiederum – wie im ersten Berechnungsschritt – durch Bestimmung von Vergleichsfaktoren aus einer paarweisen Gegenüberstellung der vorhandenen Alternativen. Letzteres Verfahren ist dann zu wählen, wenn keine Daten zur Beurteilung herangezogen werden können.

In vorliegendem Berechnungsbeispiel kann für die Beurteilungskriterien sowie für die zur Auswahl stehenden Alternativen keine Datenbasis zur Verfügung gestellt werden. Aus diesem Grund muss die Berechnung analog zum ersten Schritt durch paarweise Gewichtung der Alternativen Eigenerstellung, Kooperation und Fremdbezug erfolgen.

Hierbei werden jeweils zwei Alternativen gegenübergestellt und die Unterschiede hinsichtlich der Beurteilungskriterien Spezifität, Häufigkeit, Strategische Relevanz und Synergiepotential relativ zueinander dargestellt.

Beurteilungskriterium SPEZIFITÄT

Das Beurteilungskriterium Spezifität zählt zu einem der wichtigsten Faktoren zur Entscheidung über Eigenerstellung oder Fremdbezug. THOM und RITZ (2008) verstehen darunter „die exklusive Bereitstellung, Gestaltung und den besonderen Einsatz von Ressourcen“¹⁸⁷. PROELLER und SCHEDLER (2003) sehen Spezifität als eine „exklusive Ausrichtung und zur Verfügung Stellung von Ressourcen für eine bestimmte Leistung“¹⁸⁸.

Auf Basis der Transaktionskostentheorie wurde abgeleitet, dass Kooperationen dann vorteilhaft sind, wenn das Beurteilungskriterium Spezifität eine mittlere Ausprägung aufweist. Folglich ist bei sehr spezifischen kommunalen Aufgaben die Eigenerstellung zu bevorzugen, während bei einer nur wenig spezifischen Aufgaben eine Fremdvergabe in Betracht gezogen werden kann.

Beurteilungskriterium SPEZIFITÄT	
Eigenerstellung : Kooperation	$\rightarrow v_{S,EK}^{rel} = 1/5$
Eigenerstellung : Fremdbezug	$\rightarrow v_{S,EF}^{rel} = 1/7$
Kooperation : Fremdbezug	$\rightarrow v_{S,KF}^{rel} = 1/2$

Bild 56: Relative Gewichtung der Alternativen in Bezug das Beurteilungskriterium Spezifität

Bild 56 zeigt die relative Gewichtung der Alternativen Eigenerstellung, Kooperation und Fremdbezug zueinander. Die Grundannahme des AHP-Verfahrens setzt voraus, dass positive Einflüsse mit hohen Koeffizienten beurteilt werden.

Da eine Kooperation im Vergleich zur Eigenerstellung eine geringere Spezifität der kommunalen Leistung bedingt, wird die Alternative Kooperation höher bewertet als die Alternative Eigenerstellung. Daraus folgend werden Leistungen mit niedriger Spezifität als vorteilhafter und flexibler als Leistungen mit einer hohen Ausprägung an Spezifität angesehen. Auf Basis der vorgenommenen Gewichtungen kann nun die Matrix G_S^{rel} erstellt und deren Eigenwerte und zugehörige Eigenvektoren berechnet werden.

$$G_S^{rel} = \begin{pmatrix} 1 & 1/5 & 1/7 \\ 5 & 1 & 1/2 \\ 7 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\lambda = \begin{pmatrix} 3.0142 \\ -0.0071 + 0.2064i \\ -0.0071 - 0.2064i \end{pmatrix} \rightarrow \mathbf{x}_S = \begin{pmatrix} 0.1099 \\ 0.4877 \\ 0.8661 \end{pmatrix}$$

Der gesuchte Eigenwert ist der grösste Wert des Vektors λ , d.h. $\lambda = 3.0142$.

¹⁸⁷ Thom, N., Ritz, A. (Public Management 2008), S. 223

¹⁸⁸ Proeller, I., Schedler, K. (New Public Management 2003), S. 179

Durch Normierung des berechneten Eigenvektors erhält man die absoluten Vergleichsfaktoren $v_{S,i}^{abs}$ des Bewertungskriteriums Spezifität.

$$\mathbf{v}_S^{abs} = \begin{pmatrix} 0.075 \\ 0.33 \\ 0.59 \end{pmatrix}$$

Beurteilungskriterium HÄUFIGKEIT

Von Häufigkeit in Bezug auf die Transaktionskostentheorie spricht man dann, wenn eine kommunale Aufgabe durch eine Anzahl an Wiederholungen von Transaktionen einer Leistung mit der Gemeinde selbst oder dem Bürger stattfindet. Wie in Kapitel 2.1.2 dargestellt, können Aufgaben im Bereich des betrieblichen Unterhalts in Routine- und Ad hoc-Aufgaben eingeteilt werden.¹⁸⁹

Bei einer häufigen und oftmaligen Leistungserbringung spricht man von Routineaufgaben. Da Aufgaben, die wiederholt stattfinden und erhöhte Transaktionen mit sich bringen, zu einer Degression an Koordinationskosten¹⁹⁰ führen und somit aufgrund steigender Erfahrung Kostensenkungen bei den Interaktionsprozessen ermöglichen, kann folglich bei einer mittleren bis hohen Ausprägung des Beurteilungskriteriums Häufigkeit die Alternative Kooperation in Betracht gezogen werden.¹⁹¹

Bild 57 zeigt die relative Gewichtung der Alternativen Eigenerstellung, Kooperation und Fremdbezug zueinander. Ist die Ausprägung des Beurteilungskriteriums Häufigkeit mittel bis hoch, so sollte eine Kooperation bzw. auch eine Vergabe der Leistung an Dritte angedacht werden.

Beurteilungskriterium HÄUFIGKEIT	
Eigenerstellung : Kooperation	→ $v_{H,EK}^{rel} = 1/2$
Eigenerstellung : Fremdbezug	→ $v_{H,EF}^{rel} = 1/3$
Kooperation : Fremdbezug	→ $v_{H,KF}^{rel} = 1$

Bild 57: Relative Gewichtung der Alternativen in Bezug das Beurteilungskriterium Häufigkeit

Auf Basis der vorgenommenen Gewichtungen in Bezug auf das Kriterium Häufigkeit kann nun die Matrix G_H^{rel} erstellt und deren Eigenwerte und zugehörige Eigenvektoren berechnet werden.

¹⁸⁹ Vgl. Jost, P.-J., Alewell, D. (Transaktionskostenansatz in der BWL 2001), S. 328; Dreyer, J. (Prozessmodell zur Gestaltung einer PPP 2008), S. 234

¹⁹⁰ Vgl. Rössl, D. (Gestaltung komplexer Austauschbeziehungen 1994), S. 256

¹⁹¹ Vgl. Balling, R. (Kooperation: Strategische Allianzen, Netzwerke, Joint Ventures 1998), S.96; Lummerstorfer, A.-J. (IKZ 2006), S. 123

$$G_H^{rel} = \begin{pmatrix} 1 & 1/2 & 1/3 \\ 2 & 1 & 1 \\ 3 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\lambda = \begin{pmatrix} 3.0183 \\ -0.0091 + 0.2348i \\ -0.0091 - 0.2348i \end{pmatrix} \rightarrow \mathbf{x}_H = \begin{pmatrix} 0.2762 \\ 0.6323 \\ 0.7238 \end{pmatrix} \rightarrow \mathbf{v}_H^{abs} = \begin{pmatrix} 0.17 \\ 0.39 \\ 0.44 \end{pmatrix}$$

Durch Berechnung der Eigenvektoren und zugehörigen Eigenwerte sowie Normierung des Eigenvektors erhält man den absoluten Vergleichsfaktor v_H^{abs} des Beurteilungskriteriums Häufigkeit.

Beurteilungskriterium STRATEGISCHE RELEVANZ

Neben den Kriterien Spezifität und Häufigkeit spielt vor allem die strategische Relevanz der kommunalen Aufgabe eine wesentliche Rolle bei der Entscheidung über die öffentliche Aufgabenerfüllung. Die strategische Relevanz basiert auf den Zielsetzungen der Politik und ist sehr stark von diesen abhängig.

THOM und RITZ (2008) sind der Meinung, dass die Bestimmung der strategischen Relevanz der Kommunalaufgaben „anhand der Zieldefinition, der Verknüpfung von Zielen mit Leistungen und der Steuerbarkeit des betroffenen Leistungserstellungsprozesses“¹⁹² erfolgen müsse. Im Zuge der Beurteilung der Kooperationsfähigkeit einer Aufgabe unter Berücksichtigung der strategischen Relevanz muss beachtet werden, dass jene Aufgaben, die von hoher strategischer Relevanz für die Gemeinde bzw. den öffentlichen Sektor sind, eher in Eigenerstellung durchgeführt werden sollen. Sind die zu erledigenden Aufgaben von nur geringer Bedeutung für die politischen Ziele der Gemeinde, so kann diese auch in Kooperation erstellt oder als Fremdleistung vergeben werden. Zusammenfassend kann festgestellt werden, „dass alles, was nicht zur Kernkompetenz gehört, ausgelagert oder in Kooperation“¹⁹³ durchgeführt werden kann.

Bild 58 zeigt die relative Gewichtung der Alternativen Eigenerstellung, Kooperation und Fremdbezug in Bezug auf das Beurteilungskriterium der strategischen Relevanz zueinander.

¹⁹² Thom, N., Ritz, A. (Public Management 2008), S.223

¹⁹³ Grömig, E. (Die industrialisierte Kommunalverwaltung 2004), S. 13

Beurteilungskriterium STRATEGISCHE RELEVANZ	
Eigenerstellung : Kooperation	→ $v_{SR,EK}^{rel} = 2$
Eigenerstellung : Fremdbezug	→ $v_{SR,EF}^{rel} = 3$
Kooperation : Fremdbezug	→ $v_{SR,KF}^{rel} = 2$

Bild 58: Relative Gewichtung der Alternativen - Beurteilungskriterium Strategische Relevanz

Für die Matrix G_{SR}^{rel} können nun die Eigenwerte und Eigenvektoren erstellt werden, um durch eine anschließende Normierung des berechneten Eigenvektors die absoluten Vergleichsfaktoren v_{SR}^{abs} des Bewertungskriteriums strategische Relevanz zu erhalten.

$$G_{SR}^{rel} = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 1/2 & 1 & 2 \\ 1/3 & 1/2 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\lambda = \begin{pmatrix} 3.0092 \\ -0.0046 + 0.1663i \\ -0.0046 - 0.1663i \end{pmatrix} \rightarrow \mathbf{x}_{SR} = \begin{pmatrix} 0.8468 \\ 0.4660 \\ 0.2565 \end{pmatrix} \rightarrow \mathbf{v}_{SR}^{abs} = \begin{pmatrix} 0.54 \\ 0.30 \\ 0.16 \end{pmatrix}$$

Beurteilungskriterium SYNERGIEPOTENTIAL

Ein wesentliches Element zur Beurteilung der Kooperationsfähigkeit einer kommunalen Aufgabe ist die Möglichkeit des Ausschöpfens von Synergiepotentialen.

Ein Beitrag der KGSt¹⁹⁴ beispielsweise hat eine Reihe an Synergiepotentialen im Zuge einer interkommunalen Zusammenarbeit herausgearbeitet, die es zu nutzen gilt. Dazu zählen zum Beispiel die höhere Spezialisierung durch Bündelung der Aufgaben, die gemeinsame Beschaffung und Tätigung von Investitionen, der Bedarf an Spezialgeräten, Reduzierung von Stückkosten etc.¹⁹⁵

Im vorliegenden Fall wird für Leistungen im Bereich des betrieblichen Strassenunterhalts das Synergiepotential bei Kooperationen höher bewertet als jenes im Falle einer Eigenerstellung. Bild 59 zeigt die vorgenommenen relativen Gewichtungen in Bezug auf das Beurteilungskriterium Synergiepotential.

¹⁹⁴ Kommunale Gemeinschaftsstelle für Verwaltungsmanagement

¹⁹⁵ Vgl. Greskowiak, D. (Interkommunale Zusammenarbeit 2004), S. 65ff.

Beurteilungskriterium SYNERGIEPOTENTIAL	
Eigenerstellung : Kooperation	$\rightarrow v_{SP,EK}^{rel} = 1/7$
Eigenerstellung : Fremdbezug	$\rightarrow v_{SP,EF}^{rel} = 1/3$
Kooperation : Fremdbezug	$\rightarrow v_{SP,KF}^{rel} = 2$

Bild 59: Relative Gewichtung der Alternativen - Beurteilungskriterium Synergiepotential

Analog zu den vorherigen Beurteilungskriterien werden auf Basis der Matrix G_{SP}^{rel} die absoluten Vergleichsfaktoren v_{SP}^{abs} des Bewertungskriteriums Synergiepotential berechnet.

$$G_{SP}^{rel} = \begin{pmatrix} 1 & 1/7 & 1/3 \\ 7 & 1 & 2 \\ 3 & 1/2 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\lambda = \begin{pmatrix} 3.0026 \\ -0.0013 + 0.0890i \\ -0.0013 - 0.0890i \end{pmatrix} \rightarrow \mathbf{x}_{SP} = \begin{pmatrix} -0.1346 \\ -0.8951 \\ -0.4251 \end{pmatrix} \rightarrow \mathbf{v}_{SP}^{abs} = \begin{pmatrix} 0.09 \\ 0.62 \\ 0.29 \end{pmatrix}$$

5.1.2.1 Entscheidungsfindung

Als letzten Schritt zur Entscheidungsfindung werden nun die im ersten Schritt berechneten Gewichtungsfaktoren g_{ij}^{abs} sowie die im darauffolgenden Verfahren erhaltenen Vergleichsfaktoren v_{ij}^{abs} der Beurteilungskriterien in Bezug auf die jeweiligen Alternativen bewertet. Daraus ergibt sich eine Gesamtbewertung b_i^{ges} je Alternative, die letztlich zur Entscheidung über die optimale Form der Aufgabenerfüllung (Eigenerstellung, Kooperation oder Fremdbezug) herangezogen wird.

$$b_i^{gesamt} = \sum_j g_j^{abs} \cdot v_{j,i}^{abs}$$

Für die Alternative **EIGENERSTELLUNG** ergibt sich:

$$\begin{aligned} b_E^{gesamt} &= g_S^{abs} \cdot v_{S,E}^{abs} + g_H^{abs} \cdot v_{H,E}^{abs} + g_{SR}^{abs} \cdot v_{SR,E}^{abs} + g_{SP}^{abs} \cdot v_{SP,E}^{abs} \\ &= 0.25 \cdot 0.08 + 0.08 \cdot 0.17 + 0.26 \cdot 0.54 + 0.41 \cdot 0.09 = \\ &= 0.21 \end{aligned}$$

Für die Alternative **KOOPERATION** ergibt sich:

$$\begin{aligned} b_K^{gesamt} &= g_S^{abs} \cdot v_{S,K}^{abs} + g_H^{abs} \cdot v_{H,K}^{abs} + g_{SR}^{abs} \cdot v_{SR,K}^{abs} + g_{SP}^{abs} \cdot v_{SP,K}^{abs} \\ &= 0.25 \cdot 0.33 + 0.08 \cdot 0.39 + 0.26 \cdot 0.30 + 0.41 \cdot 0.62 = \\ &= 0.45 \end{aligned}$$

Für die Alternative **FREMDBEZUG** ergibt sich:

$$\begin{aligned} b_F^{gesamt} &= g_S^{abs} \cdot v_{S,F}^{abs} + g_H^{abs} \cdot v_{H,F}^{abs} + g_{SR}^{abs} \cdot v_{SR,F}^{abs} + g_{SP}^{abs} \cdot v_{SP,F}^{abs} \\ &= 0.25 \cdot 0.59 + 0.08 \cdot 0.44 + 0.26 \cdot 0.16 + 0.41 \cdot 0.29 = \\ &= 0.34 \end{aligned}$$

Die optimale Form der Aufgabenerfüllung ergibt sich aus:

$$b_{opt}^{gesamt} = \max \left\{ b_i^{gesamt} \Big|_{i=1}^n \right\}$$

$$b_{opt}^{gesamt} = \left\{ b_{opt}^{gesamt} \Big| b_{opt}^{gesamt} = \max \left\{ b_i^{gesamt} \Big|_{i=1}^n \right\} \right\}$$

Zusammenfassung – GESAMTBEWERTUNG			
EIGENERSTELLUNG	→	$b_E^{ges} = 0.21$	→ 21%
KOOPERATION	→	$b_K^{ges} = 0.45$	→ 45%
FREMDBEZUG	→	$b_K^{ges} = 0.34$	→ 34%

Bild 60: Gesamtbewertung der Alternativen zur Aufgabenerfüllung

Bild 60 zeigt die Zusammenfassung der Gesamtbewertungen der möglichen Alternativen zur Aufgabenerfüllung. In der vorliegenden Berechnung erreicht die Alternative KOOPERATION die höchste Gesamtbewertung b_i^{gesamt} .

Die Alternative Kooperation erreicht in vorliegendem Berechnungsbeispiel den höchsten Wert und erfüllt somit die Bewertungskriterien basierend auf der Transaktionskostentheorie am besten.

Wie sich in den vorherigen Kapiteln bereits zeigte, sind die Aufgaben und Leistungsbereiche des betrieblichen Strassenunterhalts vielfältig und komplex. Aus diesem Grund ist es sinnvoll, die Beurteilung der Kooperationsfähigkeit einer öffentlichen Aufgabe je Leistungsbereich zu bewerten.

5.1.3 IKZ-Eignungstest

Der erste Schritt zur Überprüfung einer interkommunalen Kooperation ist es, die Eignung der Gemeinden hinsichtlich der gemeinsamen Aufgabenerfüllung zu untersuchen. Mit Hilfe eines Eignungstests soll den kommunalen Entscheidungsträgern bereits in einem sehr frühen Planungsstadium aufgezeigt werden, ob es sinnvoll und wirtschaftlich ist, eine interkommunale Kooperation mit benachbarten Gemeinden anzustreben.

Die Phase IKZ-PHA3 besteht aus zwei Unterstufen:

- IKZ-Phase 3a: Definition von K.O.-Kriterien
- IKZ-Phase 3b: Definition von IKZ-Soll-Kriterien

Die Stufe IKZ-Phase 3a hat zum Ziel, alle Kriterien zu erfassen, die unabdingbar sind und bei einer interkommunalen Kooperation vollständig erfüllt sein müssen. Diese sogenannten K.O.-Kriterien¹⁹⁶ (oder Muss-Kriterien) entscheiden wesentlich über die Eignung einer siedlungsübergreifenden Zusammenarbeit. Folgende Kategorisierung der K.O.-Kriterien ist im Eignungstest zu berücksichtigen:

- **Politische-rechtliche K.O.-Kriterien:** z. B. gemeindespezifische bzw. kantonale gesetzliche Grundlagen, Beschaffungsrecht, Finanzausgleich, etc.
- **Wirtschaftliche K.O.-Kriterien:** z. B. Vergütung innerhalb des Zusammenschlusses, Regelung bei Neuinvestitionen, Transaktionskosten, Klarheit über den geforderten Qualitätsstandard und Leistungsumfang, etc.
- **Geografische K.O.-Kriterien:** z. B. Lage der Gemeinden zueinander, Topografie der Gemeinden, Einwohnerdichte bzw. Ausdehnung des Gemeindegebietes, etc.
- **Sozio-kulturelle K.O.-Kriterien:** z. B. Akzeptanz der Bevölkerung, Mitarbeit der Verwaltung und Entscheidungsträger, Autonomiebewusstsein der Gemeinde, etc.

K.O.-Kriterien können aufgrund politischer, rechtlicher, wirtschaftlicher und sozio-kultureller Rahmenbedingungen sehr vielfältig ausgeprägt sein und bedürfen deshalb einer gemeindespezifischen und gemeindeinternen Betrachtung.

Bild 61 gibt einen Überblick über die Phasen IKZ-Phase A3a und IKZ-Phase A3b und zeigt mögliche Bewertungsprozentsätze zur Beurteilung der Kriterien auf. Wird in der Phase IKZ-Phase A3a ein K.O.-Kriterium negativ beurteilt, so bedarf es weiterer Diskussionen im Expertengremium bzw. sollte die Diskussion zu keiner positiven Bewertung führen, so sind die Kooperationsverhandlungen abubrechen.

¹⁹⁶ Vgl. Girmscheid, G. (Projektentwicklung in der Bauwirtschaft 2010b)

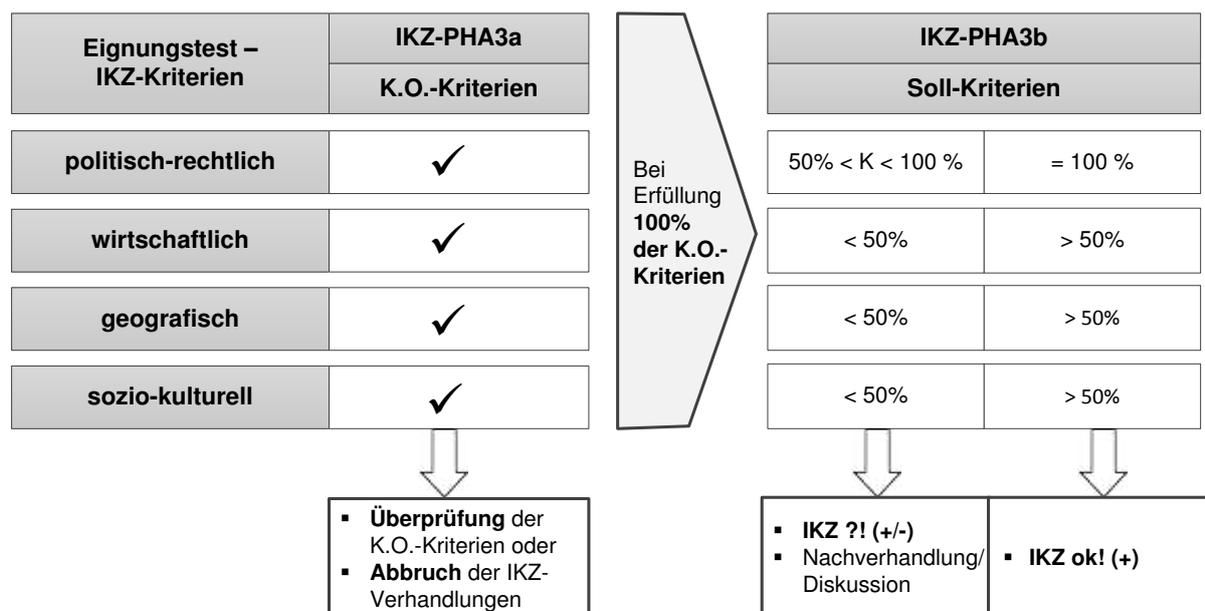


Bild 61: Eignungstest - Bewertung der IKZ-Kriterien

Wurden alle K.O.-Kriterien der Phase IKZ-Phase A3a positiv beurteilt, kann in die zweite Stufe (IKZ-PHA3b), der Beurteilung und Bewertung der **Soll-Kriterien**, übergegangen werden. Soll-Kriterien müssen gemeindespezifisch in den Kategorien politisch-rechtlich, wirtschaftlich und sozio-kulturell festgelegt und anschliessend bewertet werden. Grundsätzlich ist die IKZ-Eignung umso wahrscheinlicher, je mehr Soll-Kriterien als positiv und somit mit einem höheren Prozentsatz bewertet werden. Um eine vollständige Eignung der IKZ nachzuweisen, bedarf es einer 100% positiven Bewertung des IKZ-Kriteriums politisch-rechtlich und eine mind. 50% positive Bewertung der restlichen IKZ-Kriterien. Die genannten Prozentsätze müssen jedoch gemeindespezifisch überprüft und je nach Kooperationsgemeinden angepasst werden.

Der IKZ-Eignungstest ermöglicht eine erste Einschätzung über die grundsätzliche Eignung einer interkommunalen Zusammenarbeit und liefert den kommunalen Entscheidungsträgern eine Grundlage zur ersten Beurteilung eines siedlungsübergreifenden Zusammenschlusses.

Des Weiteren gilt es zu untersuchen, inwiefern sich die Aufgaben des betrieblichen Unterhalts als kooperationsfähig erweisen und welche Beurteilungskriterien zur besseren Einschätzung herangezogen werden können.

5.1.4 Ausgestaltung der IKZ-Organisation

Die Ausgestaltung der IKZ-Organisation kann dann erfolgen, wenn

- der Eignungstest (IKZ-Phase A3) zur ersten Einschätzung der IKZ-Eignung positiv bestanden wurde,
- eine IKZ-Organisationsform (IKZ-Phase B) ausgewählt wurde und,
- bereits frühzeitig ein interkommunales Change Management etabliert wurde, das die Kooperationspartner sowie Bürger auf eine Veränderung der bestehenden Strukturen vorbereitet.

Wurden die genannten Punkte positiv erfüllt, so gilt es die IKZ-Organisation auszugestalten. Dazu müssen folgende Sub-Phasen (Bild 62) durchlaufen werden:

- IKZ-Phase C1: Selektionsphase
- IKZ-Phase C2: Gestaltungsphase
- IKZ-Phase C3: Betriebsphase

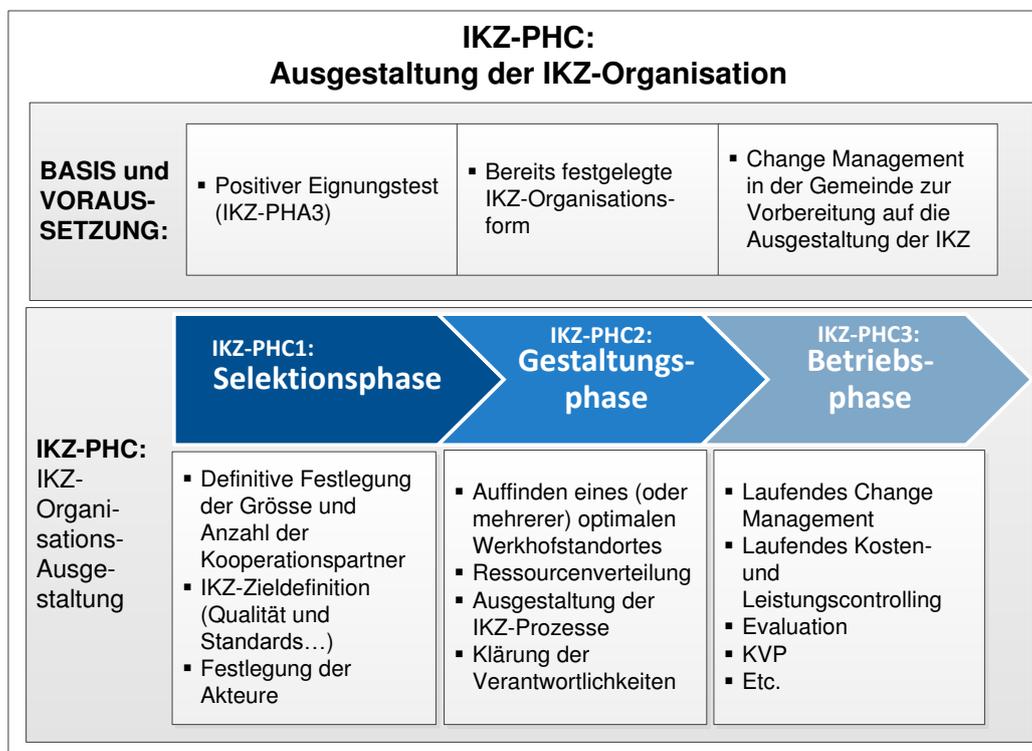


Bild 62: IKZ-PHC - Ausgestaltung der IKZ-Organisation

Die **IKZ-Selektionsphase** (IKZ-Phase C1) hat zum Ziel, den Abschluss der Kooperations-verhandlungen herbeizuführen, indem definitive Entscheidungen hinsichtlich der Grösse und Anzahl der Kooperationspartner getroffen werden.

Zudem muss die IKZ-Zieldefinition festgelegt werden, die insbesondere folgende Punkte beinhalten muss:

- Auflistung der Netzgrößen der beteiligten Gemeinden (mit Unterteilung der Strassenkategorien, Trottoirs, Plätze, Haltestellen, etc.)
- Beschreibung des geforderten Leistungsumfangs (gemeindespezifischer Massnahmenkatalog) der betrieblichen Unterhaltsmassnahmen
- Beschreibung des geforderten Qualitätsstandards:
 - Strassenreinigung: Festlegung der Reinigungshäufigkeiten unterteilt in Zonen (z. B. Altstadtbereich, Quartier etc.) sowie Leistungsbeschreibung für Handreinigung (z. B. Treppen, Robidog, Haltestellen, Parkanlagen, etc.)
 - Winterdienst: Festlegung der Dringlichkeitsstufen samt Winterdienststandard für alle Strassenabschnitte
 - Grünpflege: Grünpflegekonzept mit detailliertem Leistungsbeschrieb (für z. B. Bankette, Parkplätze, Kreisverkehre, etc.)
- Festlegung der Akteure – Zusammensetzung des Projektteams:
 - Wer übernimmt die Federführung/Projektleitung in der Umsetzung der siedlungsübergreifenden Zusammenarbeit (Befugnisse)?
 - Wer ist Ansprechpartner der jeweiligen Gemeinde?
 - Wie erfolgt die Weitergabe der Informationen an die Gemeindeversammlung bzw. an den Gemeinderat?

Die **IKZ-Gestaltungsphase** (IKZ-PHC2) baut auf die IKZ-Selektionsphase (IKZ-PHC1) auf.

Die Gestaltungsphase einer IKZ gibt den beteiligten Gemeinden die Möglichkeit, die IKZ-Prozesse zu strukturieren, die Bereitschaft zur Leistungsabgabe bzw. -übernahme zu diskutieren sowie den Ressourcen-, Kosten- bzw. Nutzensausgleich festzulegen. Laut LUMMERSTORFER (2006) stellt die gemeinsame Bereitstellung von Ressourcen sowie klare Regelungen in Bezug auf Finanzierungen (Verteilung der Finanzierungslasten) einen wesentlichen Erfolgsfaktor zum Gelingen einer IKZ dar, um Spannungen innerhalb der Kooperationspartner zu vermeiden und eine Win-Win-Situation für alle beteiligten Gemeinden darzustellen.¹⁹⁷

¹⁹⁷ Vgl. Lummerstorfer, A.-J. (IKZ 2006), S. 86

Zur Ausgestaltung einer möglichen siedlungsübergreifenden Kooperation sind in Bild 63 einerseits Support- und Hauptprozesse auf operativer Ebene sowie andererseits Managementprozesse auf strategischer Ebene dargestellt.

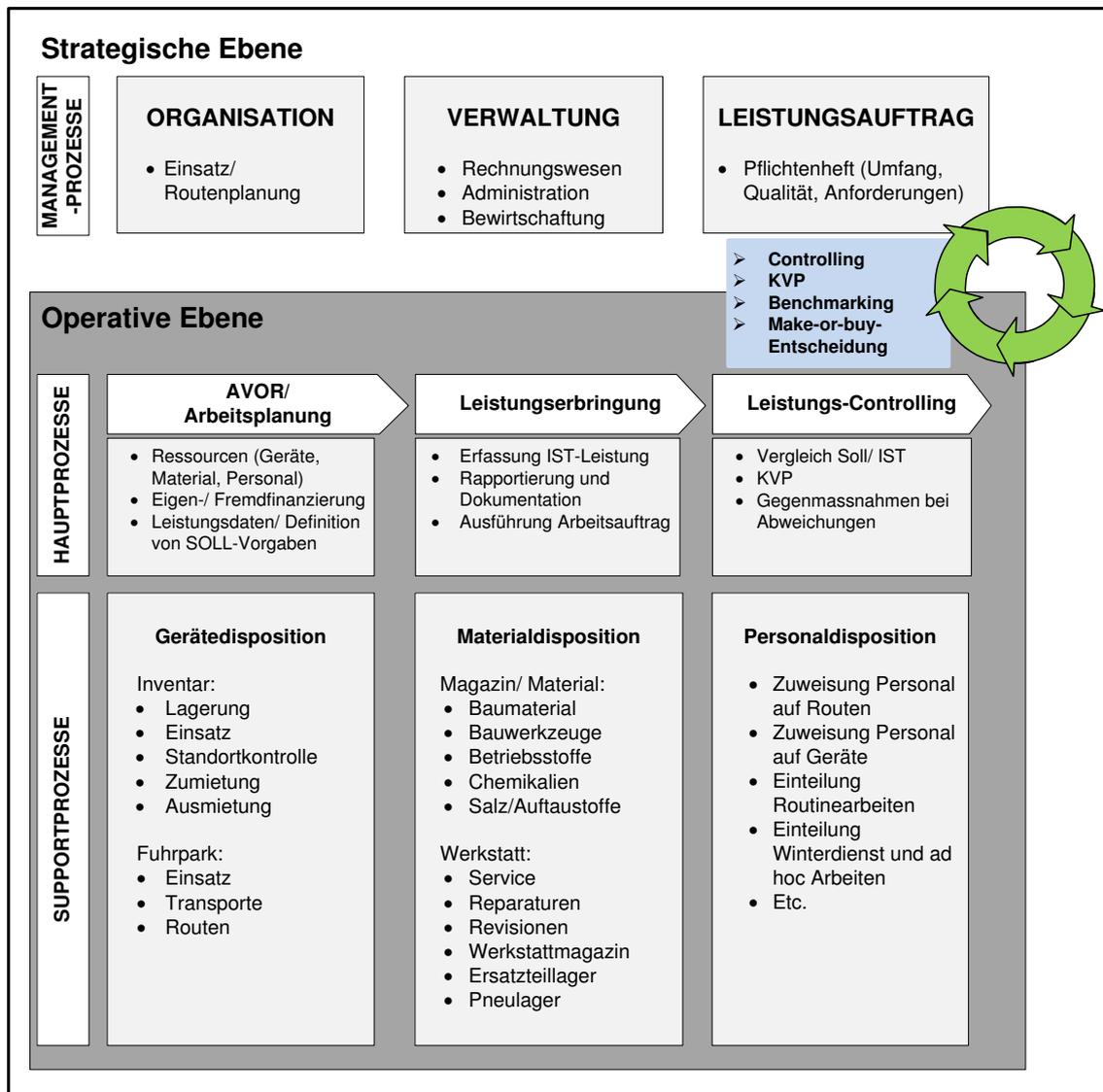


Bild 63: Management-, Haupt- und Supportprozesse im betrieblichen Unterhalt¹⁹⁸

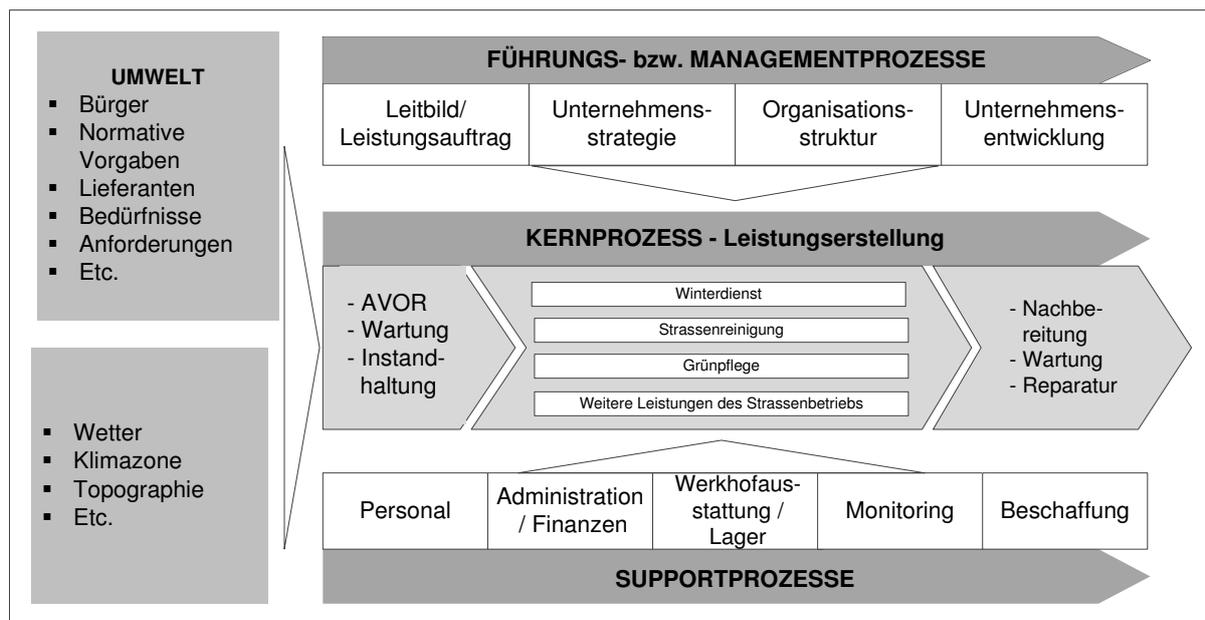
Nach GIRMSCHIED (2010) können die Prozesse des Strassenbetriebs in

- Führungs- bzw. Managementprozesse
- Kernprozesse und
- Supportprozesse

eingeteilt werden (Bild 64).¹⁹⁹

¹⁹⁸ Vgl. in Anlehnung an Bundesministerium für Verkehr Bau- und Stadtentwicklung (Massnahmenkatalog Strassenbetriebsdienst MK1 2006)

¹⁹⁹ Vgl. Girmscheid, G. (Strategisches Bauunternehmensmanagement 2010)

Bild 64: Prozesslandschaft im betrieblichen Strassenunterhalt²⁰⁰

Die **Führungs- bzw. Managementprozesse** bilden die strategische Ebene des Werkhofes. Zu den Führungs- bzw. Managementprozessen zählen als Kerngebiete die Bereiche der Erstellung eines Leitbildes unter Berücksichtigung des jeweiligen Leistungsauftrages, die Bildung einer Unternehmensstrategie, die Wahl der geeigneten Organisationsstruktur sowie die (Weiter-)Entwicklung des Werkhofbetriebes bzw. der Unternehmung im Allgemeinen.

Alle getroffenen Entscheidungen auf strategischer Ebene haben einen wesentlichen Einfluss auf die **Kern- bzw. Hauptprozesse**, die die eigentliche Leistungserstellung darstellen. Die **Hauptprozesse** setzen sich im Wesentlichen aus den Prozessen der AVOR (Arbeitsvorbereitung) und Arbeitsplanung, dem Leistungserbringungsprozess sowie dem zugehörige Leistungscontrolling zur fortlaufenden Überprüfung der Zielvorgaben und des Leistungsauftrages zusammen. Die AVOR, die die Ressourcenplanung zur Erreichung der Soll-Vorgaben im Unterhalt durchführt, stellt dabei ein notwendiges Instrument zur erfolgreichen Leistungserbringung dar. Die Leistungserbringung per se hat zum Ziel, die in der AVOR definierten Soll-Vorgaben umzusetzen und deren Fortschritt zu rapportieren und zu dokumentieren. Erst mit Hilfe einer systematischen Erfassung der erreichten Ist-Leistung kann auf Abweichungen in der Leistungserbringung eingegangen werden. Zur Erkennung dieser Abweichungen bedarf es zudem eines klar strukturierten Controllings, das die Ist-Werte den Soll-Werten gegenüberstellt und Handlungsempfehlungen gemeinsam mit den Entscheidungsträgern ausarbeitet.²⁰¹

²⁰⁰ In Anlehnung an Girmscheid, G. (Strategisches Bauunternehmensmanagement 2010) – Prozesse im Bauunternehmen

²⁰¹ Vgl. Girmscheid, G. (Strategisches Bauunternehmensmanagement 2010)

In einem kontinuierlichen Controlling-Prozess gilt es die Einhaltung dieser Pflichten und Anforderungen zu überwachen und gegebenenfalls Optimierungsmassnahmen im Zuge von KVP-Massnahmen (Kontinuierlicher Verbesserungsprozess) vorzunehmen. Wichtig ist, dass ein ständiger Austausch zwischen den Ebenen der Strategie und der operativen Prozesse erfolgt, sodass schnell auf Veränderungen reagiert werden kann bzw. aus organisatorischer Sicht Verbesserungs- bzw. Veränderungsmassnahmen eingeleitet werden können.

Die Kernprozesse als Aufgabenerfüllungsprozesse bilden die operative Ebene der Unternehmung. Um deren Umsetzung zu gewährleisten, bedarf es einer Vielzahl an Unterstützungs- bzw. **Supportprozessen**.²⁰²

Zu den Supportprozessen des Werkhofes zählen massgeblich

- das Personal
- die Administration sowie die Verwaltung der Finanzen
- die Werkhofausstattung (Werkstätten usw.) mitsamt der dazugehörigen Lagerflächen
- das Controlling der Prozesse samt Berichtswesen (Monitoring), sowie
- die Beschaffung.

Eingebettet werden die Prozesse Führungs-, Kern- und Supportprozesse in ihre **Umwelt** bzw. ihr Umfeld, welche beispielsweise aus den jeweiligen Bedürfnissen der Bürger (entsprechend den Kundenanforderungen), den Anforderungen der Besteller sowie etwaiger Lieferanten entsteht. In diesem Zusammenhang wird von der normativen Ebene gesprochen, die zusammen mit den Einflüssen des Umfeldes die Rahmenbedingungen für den Prozessablauf bilden.

Organisationsprinzipien einer IKZ

Die Ausgestaltung einer interkommunalen Kooperation mit langfristigem Nutzen verlangt zur erfolgreichen Umsetzung eine formale Regelung der Organisationsaufgaben, des Organisationszwecks und im Besonderen eine Regelung über die Verantwortlichkeiten innerhalb einer Kooperation. Bei zunehmender Grösse von Verwaltungseinheiten bzw. Unternehmen im Allgemeinen wird von LAWRENCE und LORSCH (1967)²⁰³ eine funktionale Spezialisierung der Aufgabengebiete je nach Anforderungen aus dem Umfeld propagiert. Wichtig für die Umsetzung einer interkommunalen Kooperation ist die Klarheit über die Kooperations- und Umsetzungsziele. Um diese zu erreichen, bedarf es einer konsequenten und zielorientierten Prozessverantwortung und Prozessorganisation, die sich aufgrund von Strukturierungen von komplexen Aufgaben ergibt. Trotz Spezialisierungsbestrebungen darf jedoch nicht auf die Nutzung von Synergien innerhalb der Aufgabenbereiche verzichtet werden. Synergien entstehen vorwiegend

²⁰² Vgl. Girmscheid, G. (Strategisches Bauunternehmensmanagement 2010)

²⁰³ Vgl. Lawrence, P. R., Lorsch, J. W. (Organization and environment managing differentiation and integration 1967); Girmscheid, G. (Strategisches Bauunternehmensmanagement 2010)

aufgrund der Überschneidungen der kommunalen Aufgabenbereiche. (Beispiel: Inventarnutzung eines Kommunalgerätes, das sowohl für den kommunalen Winterdienst als auch für die Strassenreinigung durch An- und Abbau unterschiedlicher Werkzeuge geeignet ist).

Bild 65 zeigt die Gliederung der Organisation,- Koordinations- und Arbeitsteilungsprozesse innerhalb einer IKZ. Wichtig ist, dass die zu erfüllende kommunale Aufgabe in einen Kompetenz- bzw. Arbeitsbereich eingeteilt wird, der sich durch klare und stringente Informationsflüsse auszeichnet. Wurde erstmals ein Aufgabenkomplex definiert, so erfolgt im zweiten Schritt eine Arbeitsteilung hinsichtlich der vorhandenen Spezialisierungen.

Besonders hervorzuheben ist dabei das hohe Fachwissen in den einzelnen Aufgabenbereichen. Um den Prinzipien des NPM gerecht zu werden und eine output-orientierte Aufgabenbewältigung zu erreichen, bedarf es einer systematischen Koordination der Schnittstellen. Als letzter Schritt erfolgt die Konfiguration einer Aufbaustruktur zur Erreichung der gesetzten Kooperations- und Umsetzungsziele.²⁰⁴

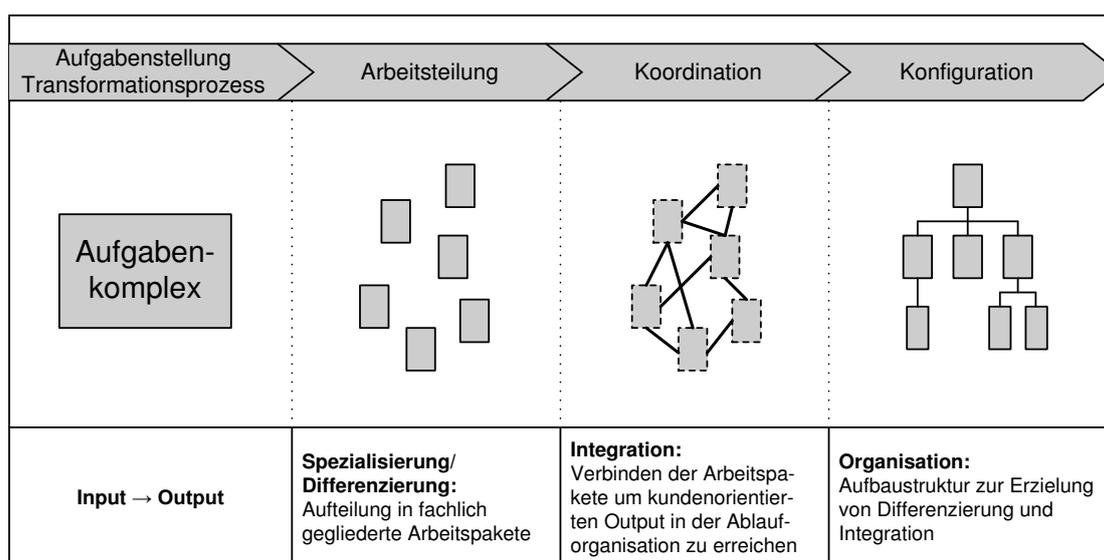


Bild 65: Organisation-, Koordinations- und Arbeitsteilungsprozess innerhalb der IKZ²⁰⁵

Die Ressortverantwortlichen bzw. kommunalen Entscheidungsträger müssen sich darüber im Klaren sein, dass eine perfekte Organisation ein **laufendes Veränderungsmanagement** erfahren muss und eine **ständige Organisationsaufgabe** bedeutet. **Chancen und Effizienzvorteile durch eine siedlungsübergreifende Kooperation können nur dann erreicht werden, wenn die eingesetzten Ressourcen fortwährend optimiert werden, um einen langfristigen Nutzen für die Bürger zu stiften und den Organisationserfolg zu sichern.**

²⁰⁴ Vgl. Girmscheid, G. (Strategisches Bauunternehmensmanagement 2010), S. 374

²⁰⁵ Girmscheid, G. (Strategisches Bauunternehmensmanagement 2010), S. 376

5.2 Grundlagen der interkommunalen Zusammenarbeit (IKZ)

Schweizer Gemeinden sind vermehrt auf der Suche nach einer Effizienzsteigerung in der öffentlichen Aufgabenerfüllung. Kleine und mittelgrosse Kommunen sind heute angehalten, immer komplexere und umfangreichere Aufgaben zu erfüllen als noch vor wenigen Jahren, wobei gleichzeitig das Anspruchsniveau gestiegen ist und eine höhere Professionalität und Spezialisierung gefordert wird.²⁰⁶

Dies hat zur Folge, dass gerade einwohnerschwache Gemeinden immer öfters an ihre Leistungsgrenzen stossen und somit grosser Handlungsbedarf in Bezug auf eine gemeindeübergreifende Kooperation gegeben ist.

Das folgende Kapitel konkretisiert den Begriff einer „Interkommunalen Kooperation“, beleuchtet mögliche Kooperationsgründe und geht in weiterer Folge auf mögliche Formen einer interkommunalen Zusammenarbeit ein.

Begriffsdefinition

Unter **interkommunaler Zusammenarbeit** (kurz IKZ genannt) versteht STEINER (2002) die Erfüllung einer öffentlichen Gemeindeaufgabe durch eine einzelne Gemeinde, gemeinsam durch zwei oder mehr Gemeinden oder durch eine dritte juristische Person. Die Aufgabenerfüllung muss dabei mindestens zwei Gemeinden gleichzeitig dienen, wobei sich die beteiligten Gemeinden direkt („leistend“) oder indirekt („ordnend“) beteiligen können.²⁰⁷

5.2.1 Vor- und Nachteile einer IKZ

Die Abwägung der Vor- und Nachteile einer interkommunalen Kooperation wird häufig in der einschlägigen Literatur diskutiert.²⁰⁸

Die Vor- und Nachteile einer interkommunalen Kooperation sind vielfältig. Da die interkommunale Aufgabenerfüllung möglichst wirtschaftlich und mit sparsamen Mitteleinsatz erfolgen soll, stehen primär vor allem betriebswirtschaftliche Gesichtspunkte im Fokus.

- Viele Schweizer Gemeinden weisen eine suboptimale Grösse auf, um die öffentliche Aufgabenerfüllung effizient gestalten zu können. Eine IKZ hat dabei den Vorteil, ein verbessertes Kosten-Nutzen-Verhältnis für die Gemeinde herzustellen und so eine Ausweitung des Leistungsprogrammes hinsichtlich des Transfers von finanziellen, materiellen, personellen und auch technischen Ressourcen²⁰⁹ zu erreichen. Bedeutend ist dabei beispielsweise die Aufteilung des finanziellen Risikos bei Tätigung gemeinsamer Investitionen.

²⁰⁶ Ladner, A., Steiner, R. (Gemeindereformen im Kanton Zürich 2001)

²⁰⁷ Vgl. auch Arn, D., Friederich, U. (Gemeindeverbindungen in der Agglomeration 1994)

²⁰⁸ Vgl. dazu Ladner, A. (Gemeindereformen zwischen Handlungsfähigkeit und Legimitation 2000); Lummerstorfer, A.-J. (IKZ 2006)

²⁰⁹ Perlitz, Seger in Zentes, J. (Kooperationen, Allianzen und Netzwerke 2005), S. 522

- Ebenso kann durch eine gemeindeübergreifende Zusammenarbeit eine Spezialisierung in der Erfüllung der öffentlichen Aufgabe erreicht werden, was eine professionelle Ausgestaltung der Arbeiten möglich macht.
- Eine interkommunale Zusammenarbeit ermöglicht es, vorhandene Kapazitäten besser zu nutzen, und so Kosteneinsparungen durch Skalen- und Verbundeffekte zu erzielen. Bedeutend ist auch, dass durch eine gemeinsame Aufgabenerfüllung „Doppelgleisigkeiten“ vermieden werden können und dadurch ein Freiwerden neuer Kapazitäten bzw. Ressourcen möglich wird.
- Bei einer gemeindeübergreifenden Aufgabenerfüllung kann zudem ein Wissenstransfer zwischen den Gemeinden beobachtet werden. Durch die Möglichkeit des gegenseitigen Lernens ist es möglich, Know-Hows vom Kooperationspartner zu übernehmen und eigenes Wissen weiterzugeben, um dadurch neue Kompetenzen aufbauen zu können und von Synergieeffekten zu profitieren.²¹⁰
- Kommunale Aufgaben sind sehr vielfältig, weshalb es auch einer genauen und individuellen Prüfung der Kooperationsfähigkeit der Aufgabe bedarf. Vorteilhaft an einer IKZ ist, dass der Perimeter zur Erfüllung der Aufgabe flexibel gestaltet werden kann, weshalb einer Gemeinde auch die Möglichkeit geboten wird, für unterschiedliche Aufgabenbereiche unterschiedliche Kooperationen und Partnerschaften einzugehen. LADNER (2000) spricht hierbei von einer „massgeschneiderten“ Kooperation zur öffentlichen Aufgabenerfüllung.

Tabelle 4 fasst die eben genannten Gründe zur Vorteilhaftigkeit einer interkommunalen Kooperation nochmals in einer tabellarischen Darstellung mit den wesentlichsten Inhalten zusammen.

²¹⁰ Vgl. Krebs, J. (Gestaltung von Synergien 1996)

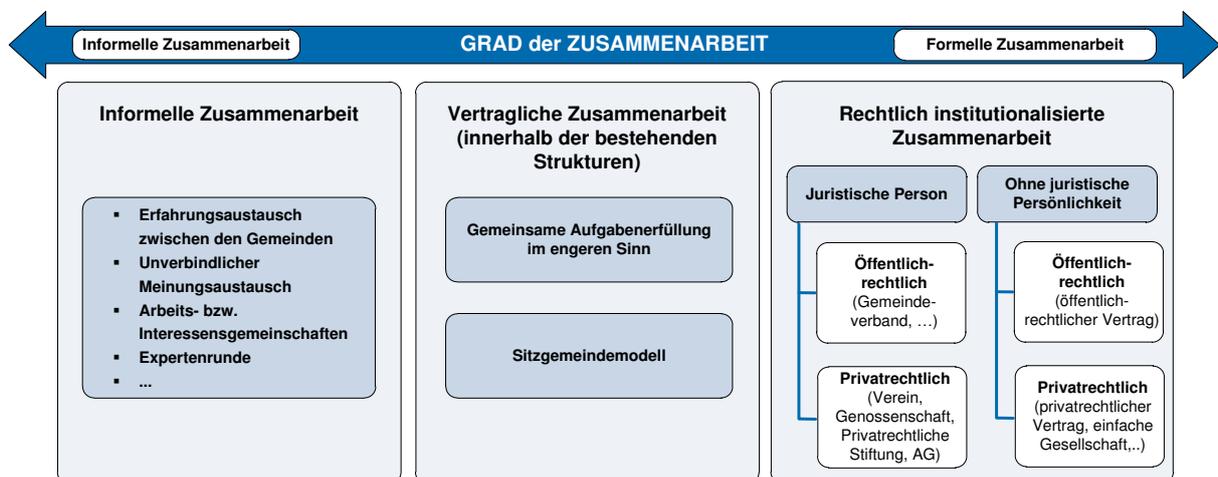
Tabelle 4: Gründe zur Vorteilhaftigkeit einer interkommunalen Zusammenarbeit

Gründe zur Vorteilhaftigkeit einer interkommunalen Zusammenarbeit	
Ausweitung des Leistungsprogramms	Transfer von finanziellen, materiellen, personellen und technischen Ressourcen
Wissensübertragung innerhalb der IKZ	Know-How-Transfer und Aufbau neuer Kompetenzen
Kostensparung durch Skalen- und Verbundeffekten	Erhöhte Auslastung der vorhandenen Kapazitäten
Spezialisierungseffekte	Verbesserung der Leistungserstellung
Gemeinsame Investitionen	Aufteilung des finanziellen Risikos
Vermeidung von Redundanzen	Vermeidung «Doppelgleisigkeiten» in der Aufgabenerfüllung → Freiwerden neuer Kapazitäten
Synergieeffekte	«Machtposition» durch gemeinsamen Auftritt

5.2.2 Kommunale Kooperationsformen

Für welche Art der Kooperationsform sich eine Gemeinde entscheidet, bildet einen wesentlichen Erfolgsfaktor für das Gelingen einer IKZ. Entscheidend ist, dass jede Zusammenarbeitssituation als Einzelfall betrachtet und dementsprechend hinsichtlich der optimalen und gemeindespezifischen Organisationsform analysiert werden muss.

Entscheidend für die Klassifizierung ist der Grad der Zusammenarbeit. Dieser kann von informell bis hin zu formell als rechtlich institutionalisierte Zusammenarbeit reichen. Bild 66 zeigt grafisch mögliche Formen der Zusammenarbeit auf.

Bild 66: Grad der interkommunalen Zusammenarbeit²¹¹

²¹¹ Eigene Darstellung; in Anlehnung an Dreyer, J. (Prozessmodell zur Gestaltung einer PPP 2008); Girmscheid, G. (Projektentwicklung in der Bauwirtschaft 2010b)

Unter einer **informellen Zusammenarbeit** wird ein interkommunaler Austausch verstanden, der jedoch nicht auf vertraglicher Basis stattfindet, sondern einen reinen Erfahrungs- bzw. Wissensaustausch zwischen den Gemeinden darstellt. Die Zusammenarbeit erfolgt dabei in einer unverbindlichen Art, wobei im Rahmen von Expertenrunden, Arbeits- bzw. Interessensgemeinschaften Meinungen bzw. Erfahrungen zu einem bestimmten Thema ausgetauscht werden können.

Unter einer **gemeinsamen Aufgabenerfüllung** (Bild 67) versteht man eine Zusammenarbeit von Gemeinden in einem bestimmten Aufgabengebiet, wobei die bestehenden Gemeindestrukturen erhalten bleiben und die beteiligten Gemeinden gleichberechtigt ihre Aufgaben erfüllen. Die jeweiligen Gemeinden sind meist auf vertraglicher Basis miteinander verbunden, wobei die Gesellschaft zumeist keine eigene Rechtspersönlichkeit besitzt.²¹²

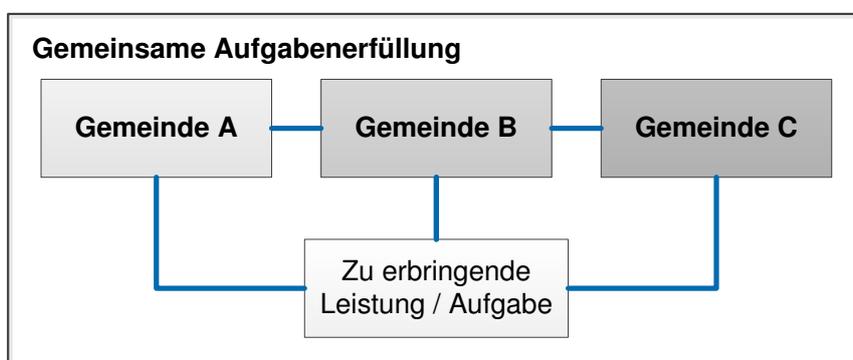


Bild 67: Gemeinsame Aufgabenerfüllung²¹³

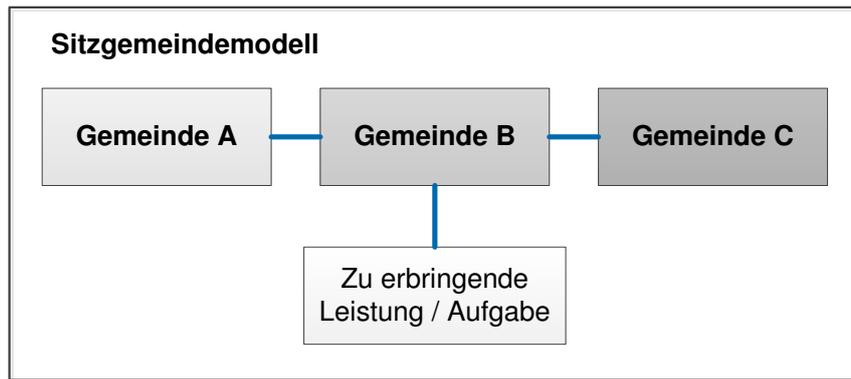
Eine gemeinsame Aufgabenerfüllung ist meist dann sinnvoll, wenn es sich um Aufgabengebiete handelt, deren Bereiche nur wenig kapitalintensive Koordination bzw. Kontrolle erfordern.

Von einer **Sitzgemeinde** (Bild 68) spricht man dann, wenn eine Gemeinde nicht nur für die eigene Aufgabenerfüllung, sondern auch für jene von kooperierenden Gemeinden zuständig ist. Vertraglich wird dies durch einen Anschlussvertrag geregelt, wobei unter den Gemeinden eine Hierarchie in der Aufgabenerfüllung besteht. Die Vorteilhaftigkeit eines Sitzgemeindemodells zeigt sich darin, dass es bedürfnisgerecht ausformuliert werden kann und nur sehr geringen administrativen Aufwand erfordert. Als Nachteil kann gesehen werden, dass die Anschlussgemeinden nur über ein eingeschränktes Kontroll- bzw. Mitspracherecht verfügen. Ein Sitzgemeindemodell kommt meist dann zum Einsatz, wenn es sich um operative Tätigkeiten handelt, deren Leistungsbereich klar abgrenzbar ist.²¹⁴

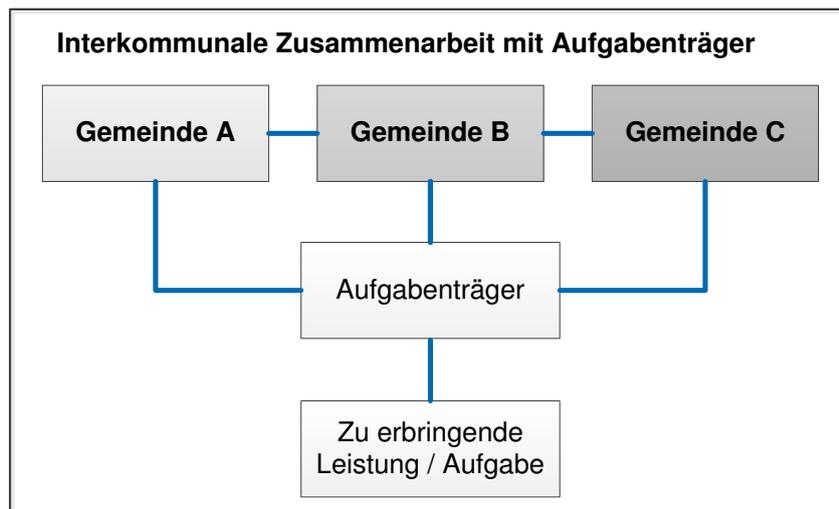
²¹² Vgl. Steiner, R. (IKZ und Gemeindezusammenschlüsse in der Schweiz 2002), S. 95

²¹³ Vgl. Steiner, R. (IKZ und Gemeindezusammenschlüsse in der Schweiz 2002), S. 92

²¹⁴ Vgl. Steiner, R. (IKZ und Gemeindezusammenschlüsse in der Schweiz 2002), S. 94

Bild 68: Sitzgemeindemodell²¹⁵

Bei einer interkommunalen Zusammenarbeit, die als Aufgabenträger eine **juristische Person** (Bild 69) installiert, wird nach STEINER (2002) ein neues Rechtssubjekt geschaffen „mit eigenem Willen, eigenen Rechten und eigenen Pflichten“²¹⁶. Die Gemeinden sind bei Anwendung dieser Form der Zusammenarbeit nur mehr mittelbar an der kommunalen Aufgabenerfüllung beteiligt, indem sie Vertreter in den Organen bestellen.

Bild 69: Interkommunaler Zusammenschluss als juristische Person²¹⁷

Wie in Bild 69 ersichtlich, kann bei einer interkommunalen Zusammenarbeit zwischen privatrechtlich und öffentlich-rechtlich konstituierten juristischen Personen unterschieden werden.²¹⁸

²¹⁵ Vgl. Steiner, R. (IKZ und Gemeindezusammenschlüsse in der Schweiz 2002), S. 92

²¹⁶ Steiner, R. (IKZ und Gemeindezusammenschlüsse in der Schweiz 2002), S. 95

²¹⁷ Vgl. Steiner, R. (IKZ und Gemeindezusammenschlüsse in der Schweiz 2002), 92

²¹⁸ Vgl. Iff, A. (Interkantonale und interkommunale Zusammenarbeit 2011)

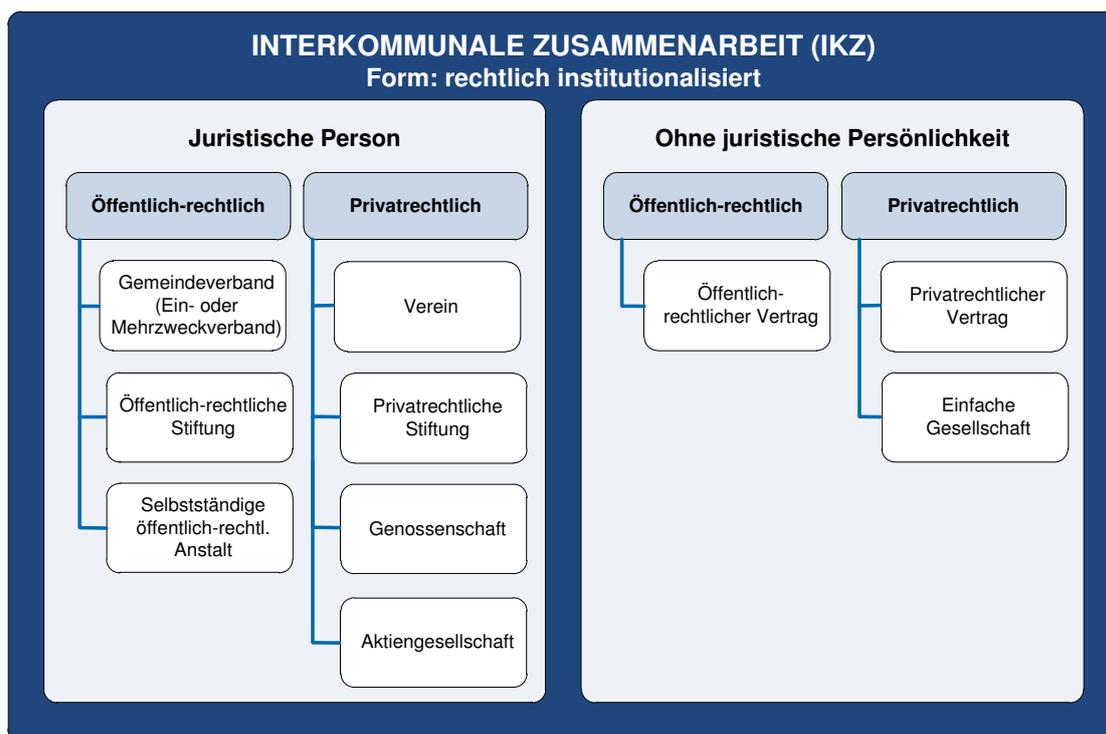


Bild 70: Rechtlich institutionalisierte Formen der Gemeindezusammenarbeit²¹⁹

Dazu zählen:²²⁰

- Ausgestaltung als Juristische Person
 - des Privatrechts wie Vereine, Stiftungen, Aktiengesellschaften und Genossenschaften
 - des öffentlichen Rechts wie Zweckverbände etc. (Regelungen dazu im kantonalen oder kommunalen Recht)
- Ausgestaltung als Körperschaften als „Rechtspersönlichkeit ausgestattete Verbindung von natürlichen und juristischen Personen“²²¹

Der **Zweckverband** stellt die in der Schweiz am häufigsten verwendete Form der interkommunalen Zusammenarbeit dar. Dies wird vorwiegend dem Grund geschuldet, dass ein Gemeindeverband demokratisches Mitspracherecht vorweisen kann und es ein exekutives wie auch legislatives Organ innerhalb des Zweckverbandes von den Gemeinden zu besetzen gibt. Zudem steht der Zweckverband unter der staatlichen Aufsicht und kann wie die politischen Gemeinden selbst hoheitlich auftreten.²²²

²¹⁹ Vgl. Steiner, R. (IKZ und Gemeindezusammenschlüsse in der Schweiz 2002), S. 93; Friedrich, U., et al. (Neubildung politischer Gemeinden im Kanton Schaffhausen 1998)

²²⁰ Vgl. Iff, A. (Interkantonale und interkommunale Zusammenarbeit 2011), S. 115; Steiner, R. (IKZ und Gemeindezusammenschlüsse in der Schweiz 2002), S. 93

²²¹ Vgl. Steiner, R. (IKZ und Gemeindezusammenschlüsse in der Schweiz 2002), S.96

²²² Vgl. Steiner, R. (IKZ und Gemeindezusammenschlüsse in der Schweiz 2002)

5.2.3 Erfolgsfaktoren einer IKZ

Die Umsetzung einer interkommunalen Kooperation im betrieblichen Strassenunterhalt ist eine sehr komplexe Aufgabe, die von den Beteiligten ein hohes Mass an Kooperations-bereitschaft und das Bewusstsein über die notwendige Entscheidungs- und Steuerungskompetenz verlangt. Zur einfacheren Lenkung dieser vielfältigen Aufgabe werden im Folgenden Erfolgsfaktoren im Sinne von Gestaltungsempfehlungen für den interkommunalen Zusammenschluss und deren Beteiligten aufgezeigt. Diese Erfolgsfaktoren sollen es ermöglichen, die notwendigen Aufgaben strukturiert zu lösen und so systematische und fundierte Entscheidungsgrundlagen den Beteiligten bieten zu können.

Wie eingangs erwähnt, stellt die Kooperationskompetenz der beteiligten Gemeinden einen überaus wichtigen Erfolgsfaktor für die positive Umsetzung einer siedlungsübergreifenden Zusammenarbeit und Kooperation im Allgemeinen dar.²²³

Ein interkommunaler Zusammenschluss erfordert einen Wandel innerhalb des bestehenden Gemeindegefüges und daher eine grosse Bereitschaft und Befürwortung seitens der Bevölkerung und Politik. Um diesem Umstand gerecht zu werden und den Wandel in die gewünschte Richtung zu treiben, ist ein strukturiertes Veränderungsmanagement (engl. Change Management) notwendig, das sowohl die Beteiligten als auch die Bevölkerung miteinbezieht, sie entsprechend informiert und zu Befürwortern des Vorhabens werden lässt.

Wie REISS (1997) formuliert, ist es Ziel des Change Managements deren Instrumente zu nutzen und so die IKZ als neues Konzept der Zusammenführung aus den vorhandenen Organisationen und täglichen Arbeitsabläufen der Kooperationsgemeinden zu verstehen.²²⁴ Neuerungen in der bestehenden Struktur bringen ebenso Widerstände der Bevölkerung mit sich.

Nach THOM und RITZ (2008) resultiert dieser Widerstand aus folgenden Gegebenheiten:²²⁵

- Personen bzw. Personengruppen erzeugen Widerstand
- Die Umsetzungsart bzw. Art der Initiierung führt zu Widerständen
- Der Zeitpunkt der Umsetzung wurde unpassend gewählt bzw. die Beteiligten fühlen sich nicht „bereit“ zu Neuerungen (Situationsabhängigkeit der Gemeinde)
- Die Inhalte der Massnahmen erzeugen Widerstand

Wichtig für die Umsetzung einer interkommunalen Zusammenarbeit ist, dass effektives Veränderungsmanagement geleistet wird, das die Hindernisse überwindet und so zu einem Abbau des Widerstands bei Projektgegnern führt.

²²³ Vgl. Von der Oelsnitz in Zentes, J. (Kooperationen, Allianzen und Netzwerke 2005)

²²⁴ Vgl. Reiss, M. (Change Management 1997), S.92; Lummerstorfer, A.-J. (IKZ 2006), S.79

²²⁵ Vgl. Thom, N., Ritz, A. (Public Management 2008), S. 95ff.

Grundsätzlich können nach REISS (1997) fünf Arten von Defiziten identifiziert werden, die zu Widerständen führen können:²²⁶

- **Wissensdefizite:** „Nicht-Kennen“ von Zielen, Informationen, Prozessabläufen etc.
- **Fähigkeitsdefizite:** „Nicht-Können“; Fähigkeiten fehlen für die Umsetzung; Mangel an Qualifikation
- **Willensdefizite:** „Nicht-Wollen“; dem Betroffenen fehlt die Motivation zur Veränderung bzw. „das entscheidende Argument“ zur Wertneuorientierung
- **Entfaltungsdefizite:** „Nicht-Dürfen“; den Beteiligten fehlt die Entfaltungsmöglichkeit; neue Führungsstrukturen werden benötigt
- **Systemdefizite:** nicht vorhandene Ressourcen wie z. B. zu wenig Geld und Zeit, keine Räumlichkeiten, etc. können den Wandlungsprozess hemmen und zu Arbeitsverdruss führen

Laut THOM und RITZ (2008) ist es daher die Aufgabe des Management des Wandels (Veränderungsmanagement), *„ein Reformprogramm so einzuführen, dass die Betroffenen zielgruppengerecht informiert und für die Neuerungen qualifiziert sind, die Mitarbeitenden sich mit den Reformzielen identifizieren können und diese von einem reformunterstützenden Klima und dafür bereitgestellten Ressourcen getragen werden“*²²⁷.

Zusammengefasst sei angemerkt, dass für das Gelingen einer interkommunalen Zusammenarbeit die Akzeptanz der Beteiligten und Bürger einen wesentlich Beitrag zum Projekterfolg bzw. Projektmisserfolg liefert. Für alle Beteiligten des Zusammenschlusses – Politiker, Bürger und Kooperationspartner – ist es wichtig, den Sinn und Zweck eines interkommunalen Zusammenschlusses zu erkennen und diesen als Chance für die Gemeinde wahrzunehmen.

²²⁶ Vgl. Reiss, M. (Change Management 1997)

²²⁷ Thom, N., Ritz, A. (Public Management 2008), S. 99

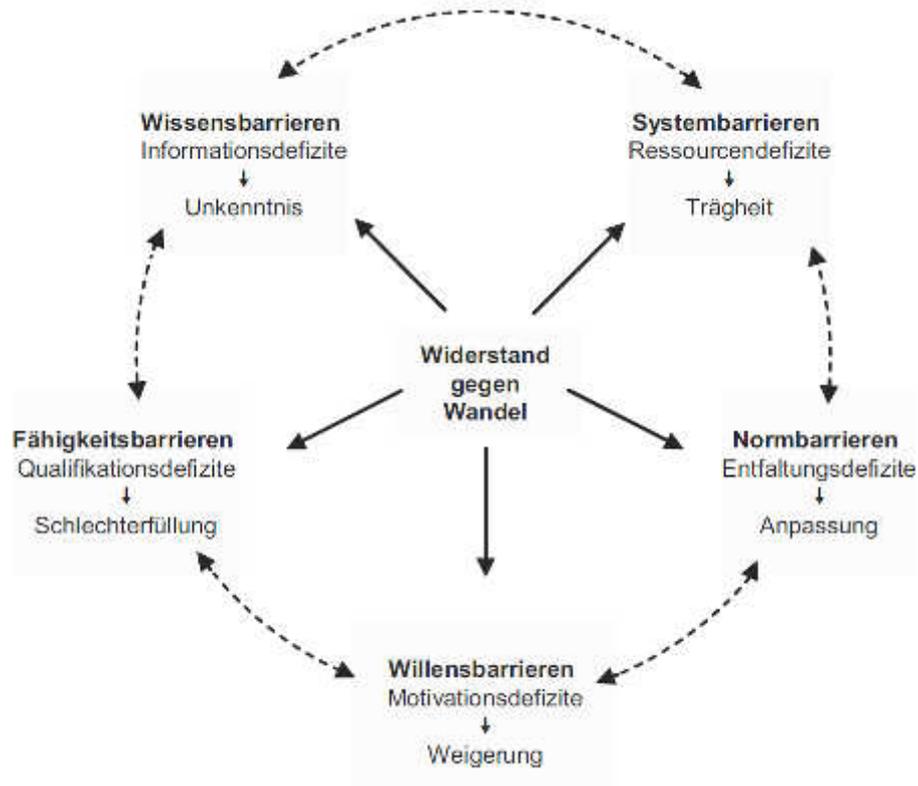


Bild 71: Change Management - Arten von Defiziten²²⁸

Eine Entscheidung über einen interkommunalen Zusammenschluss im betrieblichen Strassenunterhalt erfordert von den kommunalen Entscheidungsträgern eine Vielzahl an Informationen und Wissen.

Nach THOM und RITZ (2008) verlaufen Veränderungsprozesse auf zwei Ebenen, nämlich der politischen und betrieblichen Steuerung, ab. Auf politischer Ebene erfolgt die Formulierung politischer und strategischer Ziele zur Maximierung des Gemeinwohls der Bürger.²²⁹ Auf Ebene der betrieblichen Steuerung erfolgt die konkrete Umsetzung jener Ziele, die auf politischer und strategischer Ebene festgelegt wurden. Daraus resultiert eine Ebene der Leistungen und Wirkungen wie sie in Bild 72 schematisch dargestellt wird.

²²⁸ Thom, N., Ritz, A. (Public Management 2008), S. 98

²²⁹ Vgl. Bräunig, D. (Öffentliche Verwaltung und Ressourcenbewirtschaftung 2000), S.74

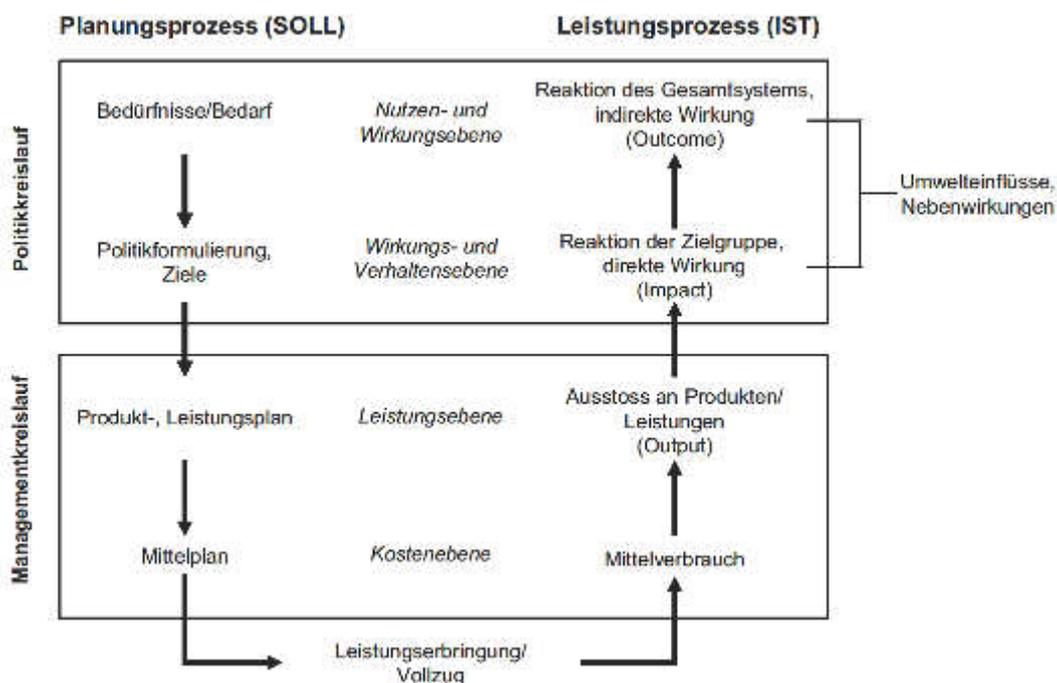


Bild 72: Steuerungskreislauf - Ebenen der Leistungen und Wirkungen²³⁰

Auf der Ebene der Leistungen und Wirkungen spielt hauptsächlich der Bürger als Leistungsempfänger eine wesentliche Rolle. Nach dem Prinzip „value for money“ gilt es *„qualitativ hochwertige Dienstleistungen zur Zufriedenheit der Bürger zu erstellen sowie in der Hoheitsverwaltung Massnahmen zu ergreifen, die ein optimales Funktionieren des gesellschaftlichen Zusammenlebens sicherstellen, d.h. die bestmöglichen Wirkungen entfalten“*²³¹.

Nach SCHEDLER und PROELLER (2009) versteht man unter **Wirkung** das durch eine Leistungserbringung resultierende mittelbare Ergebnis. Dabei erfolgt die Leistungserbringung direkt an die jeweiligen Leistungsempfänger, in deren Umfeld bestimmte Wirkungen durch die gesetzten Massnahmen ausgelöst werden. Die Leistungen an sich werden als direkte Ergebnisse des Verwaltungshandelns wahrgenommen, wobei die Beurteilung aus Sicht der externen Leistungsempfänger erfolgt. Die Ebene der Leistungen und Wirkungen widerspiegelt folglich die sogenannte **„Outputorientierung“**.

²³⁰ Thom, N., Ritz, A. (Public Management 2008), S.50

²³¹ Thom, N., Ritz, A. (Public Management 2008), S.49

Grundlage einer jeden Entscheidung bildet die Erkenntnis über den Bedarf einer Kooperation. Dieser „Bedarf“ kann sich dahingehend äussern, dass

- eine Leistungsverbesserung angestrebt werden soll durch verbesserten Ressourcenzugang innerhalb der Kooperation.
- eine Qualitätssteigerung bzw. Beibehaltung des geforderten Qualitätsstandards erreicht werden soll durch Aufbau neuer Kompetenzen und Spezialisierung des Geräteparks und Personals.
- eine Kostenersparnis erzielt werden soll indem Skaleneffekte aufgrund höherer Kapazitätsauslastungen erreicht werden, Investitionen innerhalb der Kooperation getätigt sowie Transaktionskosten verringert werden können.
- der Teamgedanke im Vordergrund steht und somit das Konkurrenzdenken und „Denken in Gemeindegrenzen“ in den Hintergrund rückt.

Im Folgenden wird anhand des fünfstufigen Ablaufprozesses (Bild 50 und Bild 51) das Vorgehen bei der Umsetzung einer siedlungsübergreifenden Kooperation erläutert.

6 Operatives Prozessmodell – Geräteeinsatzoptimierung

Die Planung von Prozessabläufen im betrieblichen Strassenunterhalt ist eine komplexe Aufgabe und bedarf einer Vielzahl an Vorbereitungen und Massnahmen, um eine effiziente Aufgabenerfüllung in der Gemeinde bzw. innerhalb der Gemeindekooperation zu gewährleisten. Die Entwicklung des Teilmodells I „Prozessleistungs- und Kostenmodell“ auf operativer Ebene bildet den ersten Schritt in der Gestaltung des Prozessmodells und wird in weiterer Folge erarbeitet und erläutert. Bild 73 zeigt die Einordnung des Modells in die Forschungsarbeit.

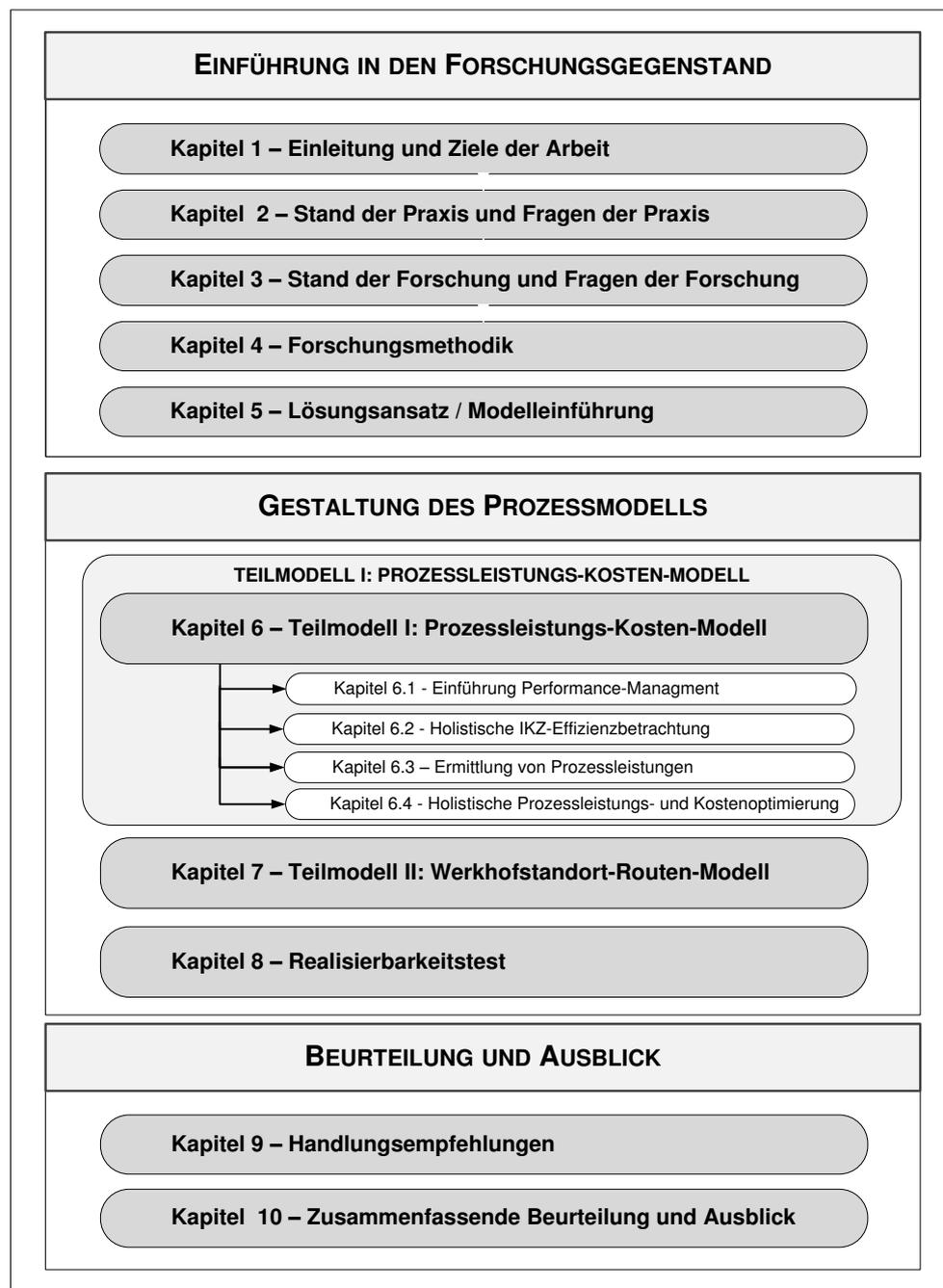


Bild 73: Einordnung des Teilmodells I in die Forschungsarbeit

Ziel des Prozessleistungs- und Kostenmodell zur operativen Umsetzung der Prozesse des betrieblichen Strassenunterhalts (Teilmodell I) ist es

- ein Prozessmodell zur Leistungsberechnung unter Berücksichtigung von leistungsvermindernden Faktoren zu entwickeln basierend auf den Grundlagen von GIRMSCHIED (2010a)²³²,
- eine Kosten-Leistungsfunktion zu entwickeln auf Basis derer eine optimale Geräteauswahl sowie eine kostengünstige Bildung von Geräteclustern erfolgen kann,
- den kommunalen Entscheidungsträgern eine Entscheidungsgrundlage für die Bereitstellung von Leistungsgeräten (Aufzeigen von Leistungsgrenzen) in der öffentlichen Aufgabenerfüllung zur effizienteren Gestaltung der Prozesse zu bieten.

Eine Optimierung der Abläufe kann allerdings nur dann erfolgen, wenn vorab Informationen über die notwendigen Prozesse der zu erreichenden Leistung vorhanden sind. Zudem muss Klarheit über die zugehörige Kostenstruktur in den betrieblichen Leistungsbereichen herrschen. Somit ist es unabdingbar sich systematisch die notwendigen Prozesse, Prozessleistungen und –kosten für den jeweiligen Bedarf zu ermitteln.

Um den genannten Anforderungen gerecht zu werden, wurde ein dreistufiges Prozessleistungs- und Kostenmodell (Bild 74) entwickelt, das sich aus einer

- Prozess-Ermittlung und Identifikation
- Prozess-Leistungs-Ermittlung sowie
- Prozess-Kosten-Ermittlung

zusammensetzt.

Darauf aufbauend wird eine Kosten-Leistungsfunktion entwickelt, die einerseits Performance Indikatoren in den verschiedenen Leistungsbereichen für einen effizienten und kostenoptimierten betrieblichen Unterhalt liefert und andererseits daraus operative Ablauf- und Prozessstrukturen unter Berücksichtigung der Rollen und Aufgaben der Akteure abbildet.

²³² Vgl. Girmscheid, G. (Leistungsermittlungshandbuch 2010a)

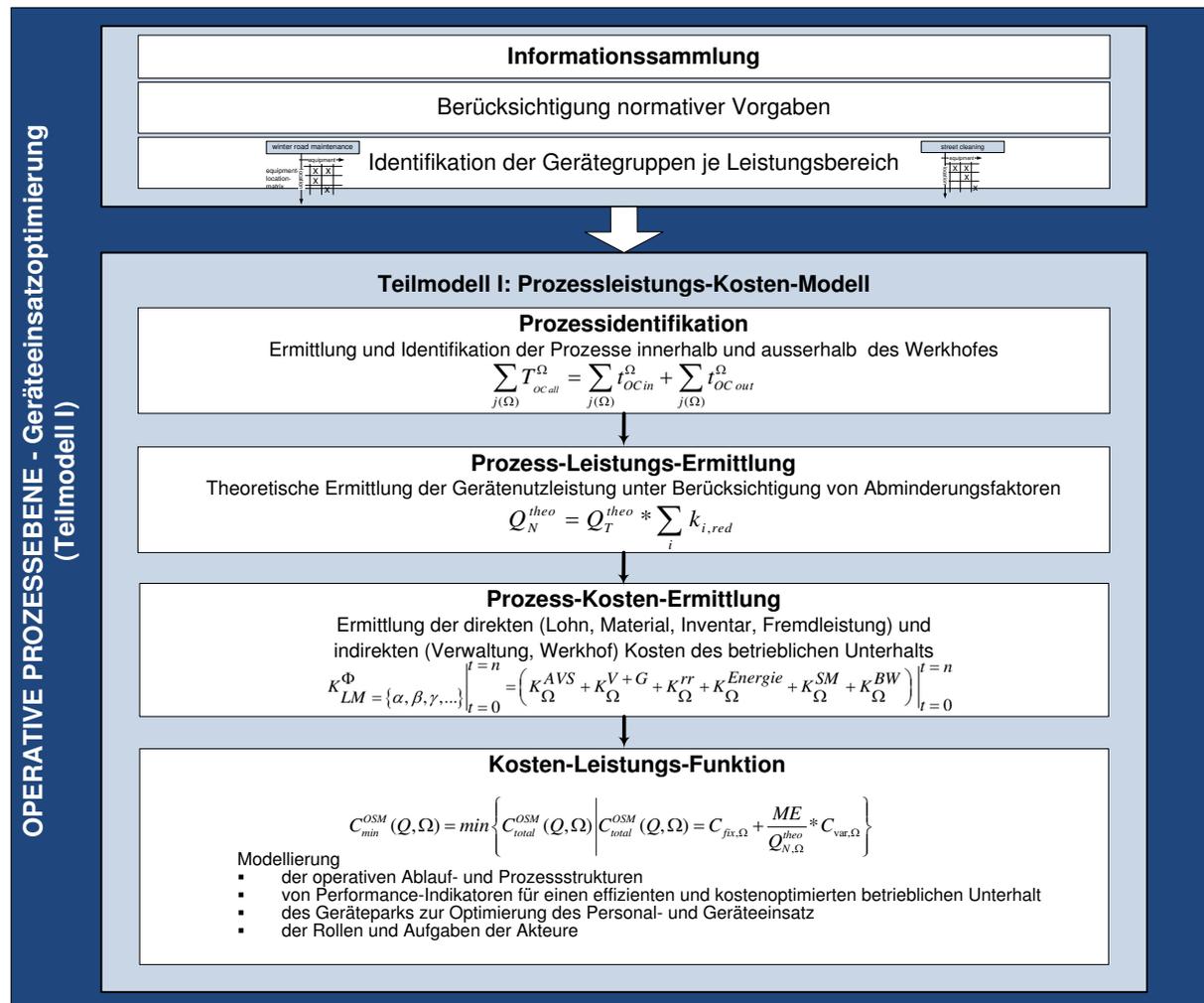


Bild 74: Teilmodell I – Prozessleistungs-Kosten-Modell

6.1 Einführung in das Performance Management

In Zeiten immer grösser werdender Ressourcenknappheit und der Beschränkung öffentlicher Mittel wird der Leistungsmessung eine immer wichtigere Rolle beigemessen. Dabei stehen nicht nur klassische finanzwirtschaftliche Kennzahlen im Vordergrund, sondern auch jene Grössen, die nicht direkt anhand monetärer Grössen bewertbar sind (z. B. Wettbewerbsvorteile, Erfolgspotentiale durch Gemeindezusammenschlüsse usw.)

Im Zuge der Bestrebungen des *New Public Managements*²³³ steigt auch im öffentlichen Sektor die Nachfrage nach einer systematischen und zielorientierten Leistungsmessung zur besseren Organisationsbeurteilung innerhalb der einzelnen Verwaltungsbereiche. Dadurch wird deutlich, dass es eine Tendenz zu leistungsorientierten Ansätzen gibt, die sich in Zukunft von der klassischen, kommunalen Leistungsrechnung unterscheiden sollen.

²³³ Nähere Ausführungen dazu in Kapitel 1.4 "Schweizer Gemeinden und das New Public Management NPM"

Das vorliegende Dissertationsprojekt hat sich zum Ziel gesetzt, eine systematische Leistungsberechnung und Leistungsmessung zur besseren Steuerung der Prozesse innerhalb der Kommunen im Bereich des betrieblichen Strassenunterhalts zu entwickeln. Denn nur mit einer detaillierten Leistungsberechnung wird es möglich, einen optimalen Auslastungsgrad bezogen auf die gemeindespezifischen Anforderungen zu ermitteln und daraus Leistungs- bzw. Effizienzverbesserungspotentiale abzuleiten.

Im Folgenden wird auf die unterschiedlichen Facetten des Leistungsbegriffes eingegangen zum besseren Verständnis der Komplexität der Thematik.

6.1.1 Leistungsbegriff

Beim Versuch den Begriff der „*Leistung*“ allgemeingültig zu formulieren, erkennt man, dass es sich dabei um ein interdisziplinäres Feld handelt. So sprechen nicht nur Techniker und Ökonomen über Leistungen, sondern auch auf juristischem und physikalischem Gebiet wird man schnell fündig.

In dieser Arbeit soll vorwiegend auf den Leistungsbegriff aus technischer und betriebswirtschaftlicher Sicht eingegangen werden. Dabei wird der Begriff der Leistung aus einerseits monetärer (betriebswirtschaftlicher) Sicht beleuchtet und andererseits als nicht-monetäre Kennzahl (technischer Leistungskennwert von Unterhaltungsgeräten) analysiert.

6.1.2 Performance – Begriffliche Grundlagen

Der Begriff der „*Performance*“ oder „*Leistung*“ ist in aller Munde ohne dass dabei die genaue Definition klar wird. Selbst in der einschlägigen, internationalen Literatur lässt sich keine eindeutige Definition von „*Performance*“ finden.

Bild 75 zeigt die Einordnung des Begriffes *Performance* in Zusammenhang mit den weiteren Ebenen des *Performance Measurements* und des *Performance Managements*. Dabei bildet der Performance-Begriff die Grundlage für die weitere Konzeption eines Performance-Management-Modells.

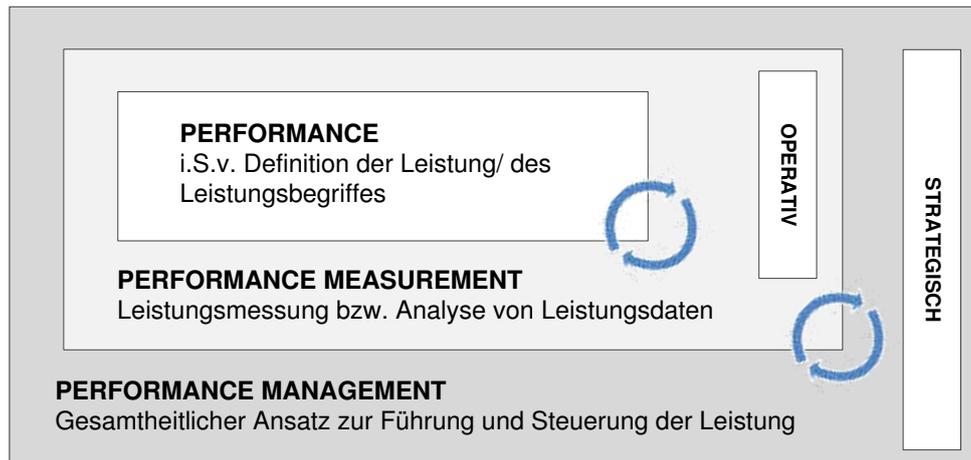


Bild 75: Einordnung der Performance-Begriffe – Übersicht

Der Ursprung des Performance-Begriffes liegt im anglo-amerikanischen Raum und ist in seiner Übersetzung sehr vielschichtig. So kann unter dem Englischen „*Performance*“ vereinfacht übersetzt „*Leistung*“ verstanden werden. Dies trägt der Vollständigkeit jedoch nicht Rechnung, da hauptsächlich das inhaltliche Verständnis zahlreiche Facetten dieses Begriffes aufzeigt. So ist es durch reine Übersetzung des Begriffes möglich, unter Performance „Ergebnis“, „Effizienz und Effektivität“, „Erfüllung“, „Eigenschaft“ usw. zu verstehen.

Grundsätzlich versteht sich der Performance-Begriff als mehrheitlich zukunftsorientiert und auch vorwiegend weniger stark auf finanzielle Aspekte abzielend. Anhand eines einzelnen Begriffs wird es somit möglich, sowohl finanzwirtschaftliche Kennzahlen wie auch nicht-monetäre Werte als Leistungsbegriff zu definieren. Aus diesem Trend der „mehrdimensionalen Abbildung“ einer Leistung wird deutlich, warum sich der Begriff der Performance immer mehr in der betriebswirtschaftlichen Literatur verankerte.

Tabelle 5 zeigt die Vielfalt an Definitionen zum besseren Verständnis des Performance-Begriffes.

Tabelle 5: Übersicht der Begriffsdefinitionen zur Performance

Bezugsquelle	Performance - Begriffsdefinition
Lebas / Euske (2002)	<i>„...performance is the sum of all processes that will lead managers to taking appropriate actions in the present that will create a performing organization in the future.“²³⁴</i>
Lebas (1995)	<i>“...performance is about deploying and managing well the components of the causal model(s) that lead to the timely attainment of stated objectives within constraints specific to the firm and to the situation. Performance is therefore case specific and decision-maker specific.“²³⁵</i>
Wettstein (2002)	<i>“Performance kann aufgefasst werden als Grad der Zufriedenheit der relevanten Anspruchsgruppen (degree of stakeholder satisfaction).“²³⁶</i>
Gilles (2005)	<i>„Unter Performance wird das Ausmass der durch die zugrunde liegenden Ziele determinierten Effektivität und/oder Effizienz einer Handlung verstanden. Die jeweils relevanten Ziele konkretisieren dabei Zwecke, Mittel und Nebenfolgen der Handlung“²³⁷</i>
Krause (2005)	<i>„Performance bezeichnet den Grad der Zielerreichung oder der potenziell möglichen Leistung bezüglich der für die relevanten Stakeholder wichtigen Merkmale einer Organisation. Performance wird deshalb er durch ein multidimensionales Set von Kriterien präzisiert.“²³⁸</i>
EFQM (2003)	<i>„Performance is the level of attainment achieved by an individual, team, organisation or process.“²³⁹</i>

Lebas/Euske²⁴⁰ verwenden zur vertieften Beschreibung der *Performance* einen Performance-Baum (*“Performance tree”*), der die Stufen

- Ergebnis (outcome/output)
- Prozesse (processes)
- Grundlagen (foundations)

detailliert anhand von Indikatoren abbildet.

Die Wurzeln und die Erde des Leistungsbaumes bilden die Grundlagen der Performance und stellen die „Nährstoffe“ – im weiteren Sinne auch die Qualität der Prozesse – wie Informationsverarbeitung, Kunden- und Lieferantenpflege, Investitionspolitik, Marktkenntnisse etc. dar.

²³⁴ Lebas/Euske in Neely, A. D. (Business performance measurement 2002), S.68

²³⁵ Lebas, M. J. (Performance Measurement 1995), S. 29

²³⁶ Wettstein, T. (Gesamtheitliches Performance Measurement 2002), S.17

²³⁷ Gilles, R. (Performance Measurement mittels DEA 2005), S.20

²³⁸ Krause, O. (Performance Management 2006), S.20

²³⁹ European Foundation for Quality Management (Brussels) (EFQM-Modell 2003)

²⁴⁰ Lebas/Euske in Neely, A. D. (Business performance measurement 2002)

Auf Basis dieser Faktoren kann eine Prozessleistung massgeblich bestimmt werden. Der Stamm bietet durch effiziente und effektive Prozesse die Voraussetzung für die „Früchte des Baumes“²⁴¹, die sich in der Baumkrone zeigen. Dazu zählen letztlich nicht nur der Preis und die Qualität einer Leistungserstellung, sondern auch deren Innovationsgrad der Problemlösungen, die Liefertreue oder die vorzufindenden Arbeitsbedingungen.

Übertragen auf den betrieblichen Strassenunterhalt stellen die Wurzeln als Grundlage des Erfolges beispielsweise die Kompetenz der Mitarbeiter, die jeweilige Organisationsstruktur, den Fuhrpark sowie auch die vorhandene Kommunikationsstruktur innerhalb der Organisation dar. Der Stamm zur Abbildung der Prozesse zeigt die Organisations- bzw. Einsatzabläufe innerhalb des betrieblichen Strassenunterhalts (z. B. Einsatz von Ressourcen im Winterdienst, optimierter Geräteeinsatz in der Strassenreinigung etc.) auf. Die Krone mit den „Früchten der Arbeit“²⁴² kann beispielsweise als erreichtes Service Level in der Strassenreinigung bzw. als definierter und festgelegter Winterdienststandard verstanden werden.

6.1.3 Performance Measurement

Nach der Einleitung in den Begriff der *Performance* erfolgt nun die Erweiterung hinsichtlich der Leistungsmessung zum *Performance Measurement* (oder der Leistungsmessung). Um vorhandene Prozesse und Strukturen innerhalb einer Organisation besser zu bewerten und beurteilen zu können, bedarf es einer zielorientierten und systematischen Messung der erreichten Ergebnisse. Das Performance Measurement ist als Teilaspekt des Performance Management zu sehen (siehe auch Einordnung des Begriffes nach Bild 75).

Ziel eines Performance Measurements ist es, Kennzahlen bzw. Indikatoren unterschiedlicher Herkunft (z. B. Zeit, Kosten, Qualität, Bürgerzufriedenheit,...) zu verknüpfen und zur Beurteilung der Effektivität und Effizienz einer Unternehmung zusammenzufassen.

Tabelle 6 zeigt den Überblick über die Begriffsdefinitionen des Performance Measurement.

²⁴¹ Vgl. Hilgers, D. (Performance Management 2008)

²⁴² Vgl. Lebas/Euske in Neely, A. D. (Business performance measurement 2002); Hilgers, D. (Performance Management 2008)

Tabelle 6: Übersicht – Begriff Performance Measurement

Bezugsquelle	Performance Measurement - Begriffsdefinition
Klingenbiel (1997)	<i>„Generelle Zielsetzung des Performance Measurement ist eine Verbesserung der ebenenspezifischen Leistung einer Organisation.“²⁴³</i>
Neely (1995)	<i>„Performance Measurement can be defined as the process of quantifying the efficiency and effectiveness of action“²⁴⁴</i>
Gilles (2005)	<i>„Das Performance Measurement beinhaltet die Festlegung von Massgrößen zur Quantifizierung der relevanten Ziele, die Erhebung der Massgrössenausprägungen sowie eine hierauf aufbauende Beurteilung der Performance.“²⁴⁵</i>
Gabler Wirtschaftslexikon (2010)	<i>„Prozess zur Identifizierung und Quantifizierung von Leistungsindikatoren (Kennzahlen), die eine Aussage über das Maß der Zielerreichung bez. Qualität, Zeit und Kosten ermöglichen (Performance). Die Leistung ganzer Unternehmen, von Geschäftsbereichen, Abteilungen u.Ä. muss aus verschiedenen Perspektiven gemessen werden.“²⁴⁶</i>
Berliner / Brimson (1988):	<i>“Performance measurement is a key factor in ensuring the successful implemetation of a company’s strategy.“²⁴⁷</i>

Zur erfolgreichen *Performance-Messung* innerhalb einer Organisation bzw. eines Unternehmens ist es notwendig, Messgrößen zur Beurteilung der Leistung zu definieren. Entscheidend ist dabei, dass sowohl operative als auch strategische Zielformulierungen in die Auswahl geeigneter Messgrößen miteinbezogen werden. Im Besonderen sollte auch auf die Auswahl relevanter nicht-monetärer Größen (beispielsweise jene der Bürgerzufriedenheit) geachtet werden.

6.1.3.1 Definition von Kennzahlen und Indikatoren

Die Hauptaufgabe des *Performance Measurements* liegt darin, Messgrößen zu quantifizieren, diese zu verknüpfen und daraus ein *Performance Measurement-* bzw. *Performance Management* Modell als Basis zur Organisationsbeurteilung und –bewertung zu installieren.

In der Literatur haben sich neben dem klassischen Kennzahlen-Begriff vor allem Definitionen aus dem anglo-amerikanischen Raum etabliert. So werden oftmals synonym zum Begriff der Kennzahl die Begriffe *Performance Measure*, *Performance Indicator* (PI) oder *Key Performance Indicator* (KPI) genannt. Zur klaren Strukturierungen der Begrifflichkeiten in dieser Forschungsarbeit wird folgend auf die Begriffsdefinitionen eingegangen.

²⁴³ Klingenbiel N. (Performance Measurement-Systeme 1997), S. 642

²⁴⁴ Neely, A. D. (Getting the measure of your business 2002)

²⁴⁵ Gilles, R. (Performance Measurement mittels DEA 2005), S. 21

²⁴⁶ Roberts, L. (Gabler Wirtschaftslexikon 2010)

²⁴⁷ Berliner, C. (Cost management for today’s advanced manufacturing the CAM-I conceptual design 1988)

GIRMSCHIED (2010)²⁴⁸ und KRÖNERT (2010)²⁴⁹ entwickelten ein Anforderungs-Engineering-Prozessmodell, das zur Zielerreichungsprüfung für Projektsteuerer, Architekten sowie TU- und Systemanbieter in der Baubranche herangezogen werden kann.

Kennzahlen sind eine „Zusammenfassung von quantitativen, d.h. in Zahlen ausdrückbaren Informationen für den innerbetrieblichen (betriebsindividuelle Kennzahlen) und zwischenbetrieblichen (Branchen-Kennzahlen) Vergleich“²⁵⁰. Eine Besonderheit von Kennzahlen ist es, dass sie eine direkte Verbindung zum Untersuchungsgegenstand herstellen und direkt über diesen Auskunft geben.

Im Gegensatz dazu sind **Indikatoren** „Ersatzgrößen, deren Ausprägung oder Veränderung den Schluss auf die Ausprägung und Veränderung einer anderen, als wichtig erachteten Größe zulassen oder mit dieser korrelieren“²⁵¹.

Während mithilfe einer einzelnen Kennzahl oftmals keine globale Aussage über eine Organisation und Unternehmung getroffen werden kann, kann auf Basis eines Indikatoren-Systems eine Vielzahl an unternehmensrelevanten Aspekten (u.a. auch die Strategie) abgedeckt werden.

Aus oben genannten Definitionen wird ersichtlich, dass die Anwendung von Indikatoren vor allem dann vorteilhaft ist, wenn man die Multidimensionalität bzw. Vielschichtigkeit einer Leistung hervorheben möchte.²⁵² In der vorliegenden Forschungsarbeit wird folgend im Sinne der Abbildung einer Multidimensionalität des Leistungsbegriffes der Begriff des **Performance Indikators** (kurz: PI) verwendet.

Zur Gewährleistung einer strukturierten Leistungsmessung ist es notwendig, die wesentlichen Eigenschaften eines Performance Indikators zu erfassen, um daraus ein Modell der jeweiligen Unternehmung oder Organisation abbilden zu können. Auf Basis der in Tabelle 6 erläuterten Definitionen wird die Relevanz geeigneter Kennzahlen bzw. Indikatoren zur Prozess- bzw. Organisationsbeurteilung deutlich.

Bild 76 zeigt die umfangreichen Anforderungen an ein Performance Measurement bzw. an Performance Indikatoren. Besonders der Anforderungsgruppe „Pragmatische Anforderungen“ mit den Anforderungsgruppen

- Zeitbedarf
- Umsetzbarkeit
- Ergebnisqualität
- Ergebnisakzeptanz

ist im Leistungsbereich des betrieblichen Unterhalts besondere Bedeutung beizumessen.

²⁴⁸ Girmscheid, G. (Anforderungs-Engineering-Prozessmodell (AEP) 2010)

²⁴⁹ Krönert, N. (Anforderungs-Engineering im Bauwesen 2010)

²⁵⁰ Roberts, L. (Gabler Wirtschaftslexikon 2010)

²⁵¹ Hilgers, D. (Performance Management 2008); im weiteren Sinne auch Gladen, W. (Performance measurement 2011)

²⁵² Vgl. auch Hilgers, D. (Performance Management 2008); Krause, O. (Performance Management 2006);

Anforderungskategorie	Anforderungsgruppe	Einzelanforderung
Problemtypbezogene Anforderungen		Fähigkeit zum Vergleich einer Menge an Handlungsalternativen
		Fähigkeit zur Performancemessung bei mehrfacher Zielsetzung
		Fähigkeit zur Performancemessung ohne a priori Zielgewichtung
Performance Measurement bezogene Anforderungen	Messung der Zielausprägungen	Eignung zur Verarbeitung von Daten eines beliebigen Informationsgrads
		Eignung zur Verarbeitung von Daten eines beliebigen Schärfenausmasses
		Eignung zur Verarbeitung von Daten einer beliebigen informationellen Basis
		Eignung zur Verarbeitung beschränkter und unbeschränkter sowie stetiger und diskreter Daten
	Beurteilung der Performance-dimensionen	Eignung zur Messung partieller und totaler Effektivität
		Eignung zur Messung partieller und totaler Effizienz
	Hoher Informationsgehalt	Eignung zur Aufdeckung individueller Stärken und Schwächen
		Eignung zur Ableitung von Handlungsempfehlungen
	Pragmatische Anforderungen	Zeitbedarf
Geringe Quantität benötigter Daten		
Umsetzbarkeit		Konzeptionelle Unterstützung
		Technische Unterstützung
Ergebnisqualität		Sensitivität der Ergebnisse
		Stabilität der Ergebnisse
Ergebnisakzeptanz		Interpretierbarkeit der Ergebnisse
		Hoher Bekanntheitsgrad der Methoden

Bild 76: Anforderungen an Performance Measurement Methoden und Indikatoren²⁵³²⁵³ Hilgers, D. (Performance Management 2008)

Auf Basis einer Ursachen-Wirkungsbeziehung lassen sich unterschiedliche Ebenen des Performance Measurements ableiten, welche den Stakeholder-Nutzen in den Vordergrund stellen und dabei einen notwendigen Rückbezug auf die vorrangigen Ebenen der Performance darstellen. Dabei verdeutlichen **Performance-Randbedingungen** die Strukturen des Umfeldes und bestimmen wesentlich die endgültige Performance. Sie können als Quelle der Performance gesehen werden.²⁵⁴

So können unter Randbedingungen zum Beispiel das Rechtssystem des jeweiligen Staates, die Gesellschaftsstrukturen, die vorhandene Infrastruktur, der spezifische Qualitätsanspruch der jeweiligen Gemeinde usw. gezählt werden.

Zur Ermittlung der erreichten Performance ist es notwendig, die vorhandenen **Prozesse** strukturiert darzustellen und leistungsbezogen abzugrenzen. In der vorliegenden Arbeit wird auf Basis systemtheoretischer Überlegungen von folgenden Leistungsbereichen des betrieblichen Strassenunterhalts ausgegangen:²⁵⁵

- Strassenreinigung
- Winterdienst
- Grünpflege
- Kleiner baulicher Unterhalt

Der Schwerpunkt in der vorliegenden Forschungsarbeit liegt auf den beiden erstgenannten Leistungsbereichen der Strassenreinigung und des Winterdienstes aufgrund der Komplexität der Tätigkeiten. Auf die Prozessstruktur der Leistungsbereiche wurde bereits näher in Kapitel 5.1.4 eingegangen.

Nach näherer Einführung in die Thematik des *Performance Measurements* wird deutlich, dass es sich um eine vielschichtige und komplexe Thematik handelt, weshalb zur besseren Abbildung ein Pool an Performance Indikatoren notwendig wird. Wichtig ist jedoch, dass Performance Indikatoren im weiteren Sinne lediglich Surrogate darstellen, die die Erreichung des Leistungs-Solls und damit des Leistungsziels fördern sollen.

Eine gute und effiziente Performance wird jedoch nicht nur aufgrund eines Messvorganges erreicht. Es bedarf vielmehr einer aktiven Führung und Organisation zur Umsetzung der gewünschten und definierten Leistungsziele. Der folgende Abschnitt befasst sich daher mit der Thematik des *Performance Managements* und zeigt die Notwendigkeit einer ganzheitlichen – und nicht nur technisch-operationellen – Leistungsmessung auf.

²⁵⁴ Krause, O. (Performance Management 2006)

²⁵⁵ Auf die Prozesse der Technischen Dienste sowie jene der Beleuchtung als Leistungsbereiche des betrieblichen Unterhalts wird in der vorliegenden Forschungsarbeit nur am Rande eingegangen.

6.1.4 Performance Management

Wie einleitend erwähnt, beschränkt sich das *Performance Management* nicht nur auf die alleinige Leistungsmessung, sondern erweitert diesen Aspekt um die aktive und zielorientierte Führung und Umsetzung von Unternehmenszielen. Bild 75 zeigt die Einordnung innerhalb der Performance-Begrifflichkeiten.

Tabelle 7 gibt einen Überblick über mögliche Definitionen des Performance Managements.

Tabelle 7: Übersicht – Begriff Performance Management

Bezugsquelle	Performance Management – Begriffsdefinition
Lebas (1995)	„ Performance management precedes and follows performance measurement, in a virtuous spiral and performance management creates the context for measurement“ ²⁵⁶
Lebas / Euske (2002)	“ Performance management is the process of creating alignment.“ ²⁵⁷
Krause (2005)	“ Performance Management umfasst alle Aktivitäten, die unter ständiger Aktualisierung der Fach- und Sozialkompetenz der Akteure auf die Optimierung des Stakeholder-Nutzens gerichtet sind und dabei gleichzeitig den finanziellen, materiellen, zeitlichen, emotionalen und sozialen Aufwand minimieren.“ ²⁵⁸
Schedler (2005)	„ Leistungsmanagement beschäftigt sich primär mit der aktiven Führung von Leistung. Im Fokus des Leistungsmanagements steht daher die Realisierung einer vorgegebenen Strategie und die diesbezügliche Führung des Verhaltens und der Resultate von Unternehmen und Unternehmensteilen.“ ²⁵⁹

Das *Performance Measurement* ist somit als Teilaspekt des *Performance Managements* zu sehen, wobei als erster Schritt die notwendige Strategie des Unternehmens hinsichtlich der Ziele klar kommuniziert werden muss. Das Modell des *Performance Managements* ist als kybernetisches Modell zu verstehen und beinhaltet folgende Stufen:²⁶⁰

- **Definition einer Unternehmensstrategie** und die damit verbundene Festlegung von gewünschten Leistungszielen
- **Aufstellen der jeweiligen Leistungsziele** je operativer Einheit sowie Verteilung von Ressourcen innerhalb des Leistungsbereiches
- **Definition von Performance Indikatoren** für den jeweiligen Leistungsbereich

²⁵⁶ Lebas, M. J. (Performance Measurement 1995), S.34

²⁵⁷ Lebas/Euske in Neely, A. D. (Business performance measurement 2002), S.78

²⁵⁸ Krause, O. (Performance Management 2006), S. 39

²⁵⁹ Schedler, B. (Leistungsmessung in multinationalen Unternehmen 2005), S.26

²⁶⁰ In Anlehnung an Schedler, B. (Leistungsmessung in multinationalen Unternehmen 2005), S. 28

- Performance Measurement der erbrachten IST-Leistung und Ableitung von definierten Performance Indikatoren für den jeweiligen Leistungsbereich
- Analyse und Interpretation der Performance Indikatoren
- Setzen von Massnahmen bei Nichterreicherung des geforderten Leistungszieles bzw. Berücksichtigung von Erkenntnissen und Erfahrungen aus den Performance Indikatoren für zukünftige Handlungen (**Kontinuierlicher Verbesserungsprozess KVP**)²⁶¹

Zur Umsetzung oben genannter Stufen bedarf es eines *Performance-Management-Systems* mit dessen Hilfe es möglich wird, sich klar von kennzahlenbasierten Systemen bzw. *Performance-Measurement-Systemen* zu differenzieren und so ein ganzheitliches Modell im Bereich des betrieblichen Strassenunterhalts zu schaffen.

KRAUSE (2006) definiert den Begriff des Performance Management-Systems folgendermassen:

*„Ein Performance Management System (PMS) ist ein Indikatoren basiertes Management-System zur Unterstützung der Aufgaben bei der Optimierung des Stakeholder-Nutzens einer Organisation. Daher müssen effektive PMS den Zusammenhang zwischen Performance-Zielen, Indikatoren für die Zielerreichung, erfolgskritische Wertschöpfungsaktivitäten und Massnahmen zur Verbesserung der Performance über alle Ebenen und entlang der gesamten Wertschöpfungskette einer Organisation abbilden.“*²⁶²

Auf Basis dieser Begriffsdefinition wurde ein Leistungs- oder Performance-Würfel entwickelt, der grafisch die Mehrdimensionalität der Leistung im betrieblichen Unterhalt darstellt und den Anforderungen von Performance-Indikatoren gerecht wird.

Performance-Würfel

Zur besseren Darstellung der Mehrdimensionalität des Performance-Begriffes wird an dieser Stelle die Entwicklung eines Performance-Würfel (Bild 77) vorgestellt, der die unterschiedlichen Aspekt hinsichtlich der Performance-Dimensionen²⁶³

- Leistungsart
- Zeit
- Unternehmensebene

darstellen soll.

²⁶¹ Vgl. Girmscheid, G. (Strategisches Bauunternehmensmanagement 2010)

²⁶² Krause, O. (Performance Management 2006), S. 54

²⁶³ In Anlehnung an Schedler, B. (Leistungsmessung in multinationalen Unternehmen 2005), S. 15

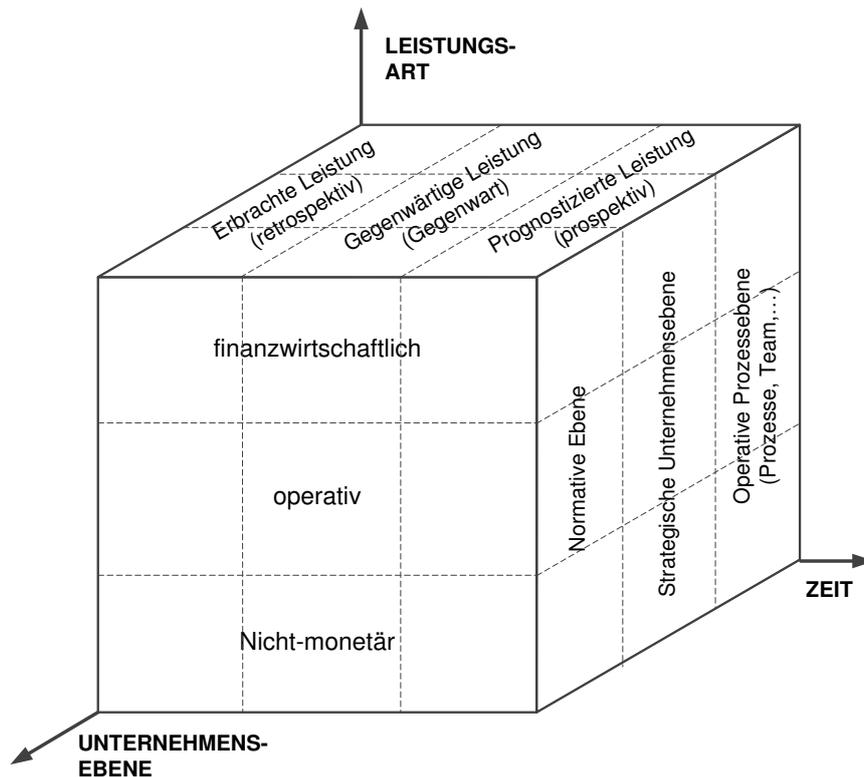


Bild 77: Performance-Würfel

Dimension Leistungsart

Ähnlich wie in der Unternehmensführung wird anhand des Performance-Würfels zwischen harten und weichen Faktoren zur Abbildung des Erfolges eines Unternehmens unterschieden.²⁶⁴ Diesen Aspekt greift die **Dimension der Leistungsart** auf. So wird von **finanzwirtschaftlicher** Performance gesprochen, wenn die monetäre Leistung eines Unternehmens hinsichtlich finanzieller Performance-Indikatoren bzw. finanzieller Kennzahlen beurteilt und begutachtet werden soll. Zu den finanziellen Indikatoren/Kennzahlen²⁶⁵ der Performance zählen beispielsweise Finanzkennzahlen wie der Umsatz, Gewinn, Cash Flow, ROI etc. Auch wenn die finanzielle Leistung eines Unternehmens häufig im Mittelpunkt der Betrachtung steht, so ist es zur Sicherung eines langfristigen Erfolges auch notwendig, nicht-monetäre Kennzahlen beizuziehen.

Bei der **operativen** Leistungsart bilden die Tätigkeiten und Prozesse, die in der Unternehmung ausgeführt werden, den Schwerpunkt. Dazu zählen beispielsweise Performance-Indikatoren wie geleistete Arbeitsstunden, Betriebsstunden der eingesetzten Geräte oder in Bezug auf den betrieblichen Strassenunterhalt zum Beispiel gereinigte Kilometer Strassen.

²⁶⁴ Vgl. Roberts, L. (Gabler Wirtschaftslexikon 2010)

²⁶⁵ Zur Begriffsdefinition bzw. begrifflichen Abgrenzung von Indikatoren und Kennzahlen siehe Kapitel 6.1.3

Die **nicht-monetäre** Dimension der Leistungsart zeigt jene Faktoren auf, die nicht direkt anhand der Dimensionen Zeit oder Geld bewertet werden können. Vielmehr zählen dazu Faktoren, die die sozialen Komponenten oder auch „soft facts“ einer Unternehmung darstellen. Die Bezeichnung „weicher Faktor“ resultiert im Wesentlichen daraus, dass ein nicht-monetärer Performance-Indikator oftmals gar nicht oder nur anhand von Hilfsindikatoren als Kennzahl darstellbar ist.²⁶⁶ Die Ermittlung dieses Faktors bildet zumeist den Schwerpunkt innovativer Performance-Measurement bzw. Management-Systeme. So muss am Beispiel des betrieblichen Strassenunterhalts abgebildet werden können, wie sich die Kundenzufriedenheit der Bürger zum Beispiel im Bereich der Strassenreinigung als Kennzahl darstellen bzw. wie sich die Qualität der Strassenreinigung oder des Winterdienstes aus Bürgersicht in einem zu bewertenden System aufzeigen lässt.

Dimension Zeit

Die Dimension Zeit des Leistungswürfels stellt den Zeitpunkt der Leistungserbringung dar und unterteilt sich in

- vergangene Leistung
- gegenwärtige Leistung und
- zukünftige Leistung.

Die Erhebung einer vergangenen Leistung orientiert sich sehr stark an den Ergebnissen einer Bilanz, aus Kennzahlen des Rechnungswesens oder auch aus der Erhebung von Performance Indikatoren aus vergangenen Leistungserbringungen. Dazu können allerdings auch geleistete Geräte-Einsatzstunden, Betriebsstunden, Personalstunden etc. zählen.

Schwieriger wird es bei der Abgrenzung zur gegenwärtigen Leistung, da diese oftmals in (naher) Vergangenheit liegt, nachdem Daten bzw. Indikatoren erhoben wurden. In dieser Forschungsarbeit wird dann von einer gegenwärtigen Leistung gesprochen, wenn die Leistungserbringung maximal ein Monat in der Vergangenheit liegt. Dies kommt vor allem dann zu tragen, wenn eine Umstellung im Verfahren (z. B. Umstellung im Streuverhalten, Verwendung eines anderen Streustoffes, etc.) anhand von Performance-Indikatoren bewertet und beurteilt werden soll.

Wichtig und vor allem im Hinblick auf die Konzeption eines Performance Management Modells im Bereich des betrieblichen Strassenunterhalts bedeutsam, ist die Bewertung einer zukünftigen Leistung. Eine Aussage dazu ist gerade in Bezug auf die Weiterentwicklung des Unternehmens und den jeweiligen Leistungsebenen sowie auf das Ausschöpfen von Optimierungspotentialen in den Prozessabläufen sinnvoll. Trotz des subjektiven und oftmals hypothetischen Charakters ist es sinnvoll, bereits frühzeitig Veränderungen abzuschätzen und zukunftssträchtige Potentiale auszuschöpfen.

²⁶⁶ Roberts, L. (Gabler Wirtschaftslexikon 2010)

Folgend wird auf die Leistungsmessung im betrieblichen Strassenunterhalt eingegangen und ein Modell zur besseren Berechnung und Bewertung der betrieblichen Effizienz eingegangen. Mit folgendem Modell soll den Gemeinden ein Hilfsmittel geboten werden, mit welchem eine schnelle und effiziente Leistungsberechnung, sowie eine optimale Bereitstellung von Unterhaltsgeräten möglich wird.

6.2 Holistische IKZ-Effizienzberechnung

Im folgenden Kapitel soll eine theoretische Einführung in eine holistische Kosten- und Effizienzbetrachtung erfolgen auf Basis derer Effizienzabschätzungen und Effizienzbeurteilung einer siedlungsübergreifenden Zusammenarbeit vollzogen werden können. Auf Basis dieses Kapitels soll den Gemeinden eine Entscheidungsgrundlage bei der Umsetzung einer interkommunalen Kooperation geboten werden. Die Gemeinden sollen auf Basis dieser Forschungsarbeit in der Lage sein, Grössen- und Verbundvorteile zu erkennen, Aufgabenerfüllungsvarianten objektiv und sachlich zu bewerten und diese Kenntnisse sinnvoll im Sinne ihrer Bürger und ihrer Gemeindebudgets zu nutzen.

6.2.1 Grundlagen der Effizienzanalyse

In Zeiten immer grösser werdender Ressourcenknappheit agieren Gemeinden und Organisationen oftmals unter Leistungsdruck. Zudem stellen auch Kunden – in dieser Forschungsarbeit die Bürger einer Gemeinde – immer höhere Anforderungen an den betrieblichen Strassenunterhalt. Um eine effiziente Ausführung des betrieblichen Strassenunterhalts zu gewährleisten, sind Kommunen und Städte bestrebt, Potenziale zur Produktivitätssteigerung auszuschöpfen. Von zentraler Bedeutung ist dabei die Messung und Beurteilung einer Leistungsfähigkeit bzw. das Wissen um die Effizienz des Dienstleistungsbetriebes im Allgemeinen.

6.2.1.1 Einführung in die Effizienzanalyse

In Kapitel 6.1 wurde bereits das *Performance Management* als eine Methode zur Leistungsmessung und Leistungssteuerung von monetären wie auch nicht-monetären Faktoren vorgestellt. Im folgenden Kapitel soll nun eine Methode zur Effizienzanalyse aufgezeigt werden, die es ermöglicht, mehrere Einzelkennzahlen auf Basis ihrer Input- bzw. Outputfaktoren zu aggregieren, um so eine mehrdimensionale Aussage über die Gesamtperformance der Unternehmung zu ermöglichen.²⁶⁷

Die Basis für eine Effizienzbetrachtung liefert im weiten Sinne die **Produktionstheorie**.

Unter **Produktion** versteht man einen Prozess der zielgerichteten Kombination von Produktionsfaktoren (Input) und deren Transformation in Produkte (Erzeugnisse, Output).²⁶⁸

²⁶⁷ Vgl. Scheel, H. (Effizienzmasse der Data Envelopment Analysis 2000), S. 2ff.

²⁶⁸ Vgl. Gabler Verlag (Herausgeber), Gabler Wirtschaftslexikon, Stichwort: Produktion, online im Internet: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/13462/produktion-v7.html>

Bild 78 gibt einen Überblick über ein Produktionssystem, das durch Umwandlung von Inputfaktoren innerhalb eines Transformationsprozesses, Outputfaktoren produziert. Der Transformationsprozess stellt dabei den Leistungserstellungsprozess dar, wobei dieser durch eine Vielzahl an Umwelteinflüssen (politisches Umfeld, rechtliches Umfeld, technisches Umfeld etc...) geprägt wird.

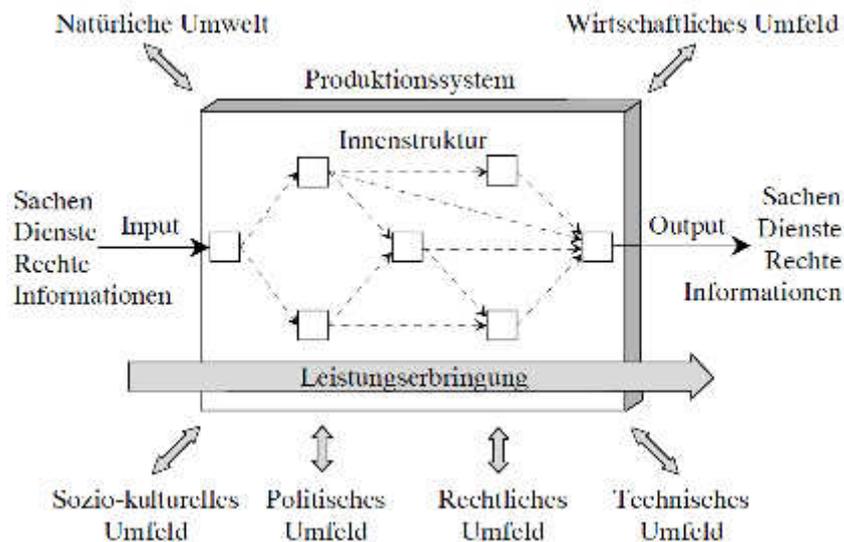


Bild 78: Produktionssystem²⁶⁹

Produktionstheoretisch sieht eine Definition der Begriffe Input und Output folgendermassen aus:

„**Input** sind die für die Transformation zu Beginn oder während des ablaufenden Prozesses von aussen zugeführten und damit dem System zur Verfügung stehenden Objekte, die in der Regel dadurch eine Durchführung des Prozesses erst ermöglichen.

Output sind die aus der Transformation resultierenden und nach aussen abgegebenen Objekte, die entweder unmittelbar den Verfügungsbereich des Systems verlassen oder am Ende des Prozesses zur Verfügung stehen.“²⁷⁰

Die klassische Produktionsfunktion nach GUTENBERG²⁷¹, die die Zusammenhänge zwischen dem Input (x) als unabhängige Variablen, sowie dem Output (y) als abhängige Variable zeigt, lässt sich in der Form von $y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ darstellen.

Mit Hilfe einer Effizienzanalyse soll erreicht werden, dass Entscheidungsträger einer Organisation in der Lage sind, bei zukünftigen Entscheidungen aufgezeigte Schwächen zu reduzieren.²⁷²

²⁶⁹ Dyckhoff, H. (Produktionstheorie 2006), S. 5

²⁷⁰ Dyckhoff, H. (Betriebliche Produktion 1994) S. 11

²⁷¹ Gutenberg, E. (Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre 1951). S. 238

²⁷² Vgl. Kleine, A. (DEA-Effizienz 2002), S. 5

Ziel einer Effizienzanalyse ist es, Optimierungspotentiale zu erkennen und dadurch eine Verbesserung der Effizienz innerhalb der Organisation anzustreben.

Folgende Funktionen und damit verbundene Ziele liegen einer Effizienzanalyse zugrunde:²⁷³

- Verbesserung der Arbeitsabläufe innerhalb einer Organisation
- Straffung der Organisation einer Unternehmung
- Definition von Zielgrößen (Performance Indikatoren) und Aufzeigen von Benchmarks
- Neustrukturierung von Geschäftsbereichen (z. B. Ausnutzung von Grössenvorteilen)
- Entscheidungshilfe bei Investitionsentscheidungen bzw. Budgetverteilungsmassnahmen

Im folgenden Kapitel soll zur besseren Verständlichkeit eine Abgrenzung der Begriffe Effektivität und Effizienz vorgenommen werden.

6.2.2 Effektivität und Effizienz – begriffliche Abgrenzung

In der Literatur werden die Begriffe der Effektivität und Effizienz oftmals synonym bzw. ohne Abgrenzung zueinander verwendet. Im Allgemeinen wird mit Hilfe dieser Begriffe beschrieben, dass eine Aktivität „wirtschaftlich“ oder im Vergleich mit anderen Aktivitäten „besser“ ist.

In der vorliegenden Forschungsarbeit wird unter **Effektivität** ein „Grad zur Zielerreichung“ im Hinblick auf strategisch festgesetzte Unternehmensziele verstanden. Damit wird dem Englischen „*to do the right things*“ Rechnung getragen, woraus sich ableiten lässt, dass die Ausrichtung des Begriffes der Effektivität auf eine strategische Ebene abzielt.²⁷⁴

Im Gegensatz dazu wird unter **Effizienz** das „Verhältnis von tatsächlich erreichten Outputs zu den tatsächlich verwendeten Inputs“ verstanden. Im Sinne von „*to do the things right*“ zielt die Ausrichtung auf die operative Ebene ab. Zudem impliziert der Begriff der Effizienz das ökonomische Prinzip, wobei mit einem möglichst sparsamen Mitteleinsatz die angestrebten Ziele erreicht werden sollen.²⁷⁵

Die Kenntnis über Effektivitäts- und Effizienzkriterien ist entscheidend, um eine systematische Evaluation bei der Bewertung von organisatorischen Gestaltungsalternativen durchführen zu können.²⁷⁶

²⁷³ Vgl. Scheel, H. (Effizienzmasse der Data Envelopment Analysis 2000), S. 15

²⁷⁴ Vgl. Drucker, P. F. (Management tasks, responsibilities, practices 1974), S.45; Hilgers, D. (Performance Management 2008), S. 34

²⁷⁵ Vgl. Dyckhoff, H. (Produktionstheorie 2006); Oftmals erfolgt die Verwendung von Produktivität und Effizienz synonym, wenn das Verhältnis von Output zu Input dargestellt werden soll.

²⁷⁶ Vgl. Thom, N., Ritz, A. (Public Management 2008), S.218

Dabei bezeichnet THOM und RITZ (2008) das Kriterium der Effektivität als „die grundsätzliche Eignung einer organisatorischen Lösung zur Erreichung der Sachziele einer öffentlichen Institution“ während er unter Effizienz „die Leistungswirksamkeit bzw. das Erfolgsniveau einer organisatorischen Lösung in Bezug auf die Formalziele dieser Institution“ versteht.²⁷⁷

6.2.3 Skalenerträge

Bei interkommunalen Kooperationen stellt sich immer wieder die Frage nach dem Vorhandensein von Skalenerträgen. Werden alle Inputs proportional verändert, so spricht man von:²⁷⁸

- **Zunehmenden Skalenerträgen** (*increasing returns to scale IRS*), wenn sich die Outputmenge überproportional verändert
 $f(\varepsilon * x) > \varepsilon * f(x)$
- **Konstanten Skalenerträgen** (*constant returns to scale CRS*) bei einer proportionalen Veränderung der Outputmenge
 $f(\varepsilon * x) = \varepsilon * f(x)$
- **Abnehmenden Skalenerträgen** (*decreasing returns to scale DRS*), wenn sich die Outputmenge unterproportional verändert
 $f(\varepsilon * x) < \varepsilon * f(x)$

In der Produktionstheorie wird von **Skalenelastizität** gesprochen, die das Verhältnis der relativen Änderung der Outputmenge zur Inputmenge bei einem konstanten Einsatzverhältnis angibt. Dabei wird die Skalenelastizität der Faktoren K (Kapital) und L (Arbeit oder Lohn) definiert als:²⁷⁹

$$\varepsilon_{xb} = \frac{\frac{dx}{x}}{\frac{db}{b}} = \frac{\frac{dx}{x}}{\frac{db}{b}} = \frac{\frac{\partial F(bK, bL)}{\partial b}}{\frac{x}{b}} \Big|_{b=1}$$

Es gilt:

$$\varepsilon_{xb} \left\{ \begin{array}{l} > 1 \quad \text{zunehmende} \\ = 1 \quad \text{für konstante} \\ < 1 \quad \text{abnehmende} \end{array} \right\} \text{Skalenerträge}$$

²⁷⁷ Thom, N., Ritz, A. (Public Management 2008), S.218

²⁷⁸ Vgl. Peters, M. L. (Vertrauen in Wertschöpfungspartnerschaften 2008), S. 700; Breyer, F. (Mikroökonomik eine Einführung 2005), S.9

²⁷⁹ Breyer, F. (Mikroökonomik eine Einführung 2005), S.25

6.2.3.1 Economies of Scale (Grössenvorteile) und Economies of Scope (Verbundvorteile)

Die Vorteile einer siedlungsübergreifenden Zusammenarbeit sind im Wesentlichen aus mikroökonomischen Überlegungen auf **Grössenvorteile** in der Aufgabenerfüllung zurückzuführen. Der Begriff der *economies of scale*²⁸⁰ stammt aus dem anglo-amerikanischen Raum der 1950er Jahre und bezeichnet die bei steigender Ausbringungsmenge sinkenden Stückkosten eines industriellen Produktes.²⁸¹

Wird von Grössenvorteilen in Bezug auf eine siedlungsübergreifende Zusammenarbeit gesprochen, so sind damit im Sonderfall zunehmende Skalenerträge oder sogenannte „*economies of scale*“ gemeint.

Der Begriff **Grössenvorteile** ist eine allgemeinere Formulierung, da im Gegensatz zu Skalenerträgen auch Inputproportionen variabel sind (bei Skalenerträgen sind die Inputvariationen bei Steigerung des Outputs konstant!).²⁸² Grössenvorteile sind somit dann vorherrschend, wenn der Output einer Einheit zunimmt und so die durchschnittlichen Gesamtkosten eines Unternehmens oder einer Organisation sinken. Es ist zu beachten, dass in der Volkswirtschaft und Betriebswirtschaft von unterschiedlichen Definitionen ausgegangen wird. Während die Volkswirtschaft *economies of scale* im engeren Sinne als proportionale Erhöhung aller Produktionsfaktoren sieht, die zu sinkenden Stückkosten führen, sieht die Betriebswirtschaft den Begriff im weiteren Sinne als Senkung der Stückkosten; dies jedoch auch dann, wenn das Verhältnis der eingesetzten Produktionsfaktoren bei Erhöhung der Ausbringungsmenge nicht konstant gehalten wird.

Neben den „*economies of scale*“ können ebenso „*diseconomies of scale*“, sogenannte **Grössennachteile**, auftreten, die bei einer Verdoppelung des Outputs eine beinahe Verdoppelung der Kosten mit sich bringen.

Werden Grössenvorteile aus Unternehmenssicht bzw. aus Sicht der Gemeindekooperation gesehen, so können mehrere **Gründe** für dessen Ausprägung genannt werden:²⁸³

- **Fixkostendegression:**

Grössenvorteile bei einem IKZ beziehen sich vorwiegend auf die Stückkosten, die bei Erhöhung der Auslastung (z. B. Vergrößerung der Netzgrösse) sinken. Dies wird dadurch erreicht, dass sich Fixkosten auf eine höhere Ausbringungsmenge (zu unterhaltende Netzgrösse) verteilen.

²⁸⁰ Es existieren eine unterschiedliche Begrifflichkeiten im deutsch- sowie englisch sprachigen Raum, die den Begriff *economies of scale* ausdrücken. Synonyme sind beispielsweise Grössenvorteile, Grösseneffekte, steigende Skalenerträge, *increasing returns to scale*, *economies of mass*, *economies of large scale production* etc.

²⁸¹ Vgl. Kern, W. (Handwörterbuch der Produktionswirtschaft 1979), S. 950

²⁸² Vgl. Pindyck, R. S., Rubinfeld, D. L. (Mikroökonomie 2009), S. 329

²⁸³ Vgl. Pindyck, R. S., Rubinfeld, D. L. (Mikroökonomie 2009), S. 329; Ihde, G. B. (Größenersparnisse der Distribution 1976), S. 35

Die Durchschnittskosten werden somit umso niedriger, je höher die Auslastung der Ressourcen ist.

- **Senkung der Transport- und Standortkosten:**

Kostensenkungen innerhalb einer IKZ können durch eine Zentralisierung der Lagerhaltung bzw. durch eine gemeinschaftliche Nutzung eines Werkhofes erreicht werden. Zudem können durch eine optimale Werkhof-Standortauswahl geringere Transportkosten erzielt werden und die Bürgerzufriedenheit durch schnellere Reaktionszeiten im Einsatzfall erhöht werden.

- **Effizienzgewinne:**

Ein weiterer Vorteil einer IKZ ist die mögliche Spezialisierung der Mitarbeiter und Maschinen auf die jeweiligen Leistungsbereiche, was eine effizientere Durchführung der Arbeiten möglich macht und die Produktivität steigert.

- **Lerneffekte:**

Aufgrund der Spezialisierung und der Strukturierung der Prozesse innerhalb der IKZ kann ein hoher Lerneffekt erzielt werden, der ebenfalls zu Effizienzgewinnen (z. B. durch schnellere und geübtere Durchführung von Arbeiten) führen kann.

Zusätzlich zum Begriff der *economies of scale* wurden im Zuge von Umstrukturierungen im Luftfahrtbereich und der Schienenverkehrsbranche neue wissenschaftliche Untersuchungen im Bereich der Kostendegression in Transportnetzwerken durchgeführt. Diese Bestrebungen führten letztlich zu einer Differenzierung der Ursachen für *economies of scale*, die vorwiegend den Arbeiten von PENROSE (1959)²⁸⁴ in den 1950er Jahren und von CAVES, et al. (1984)²⁸⁵ Mitte der 1980er Jahre zuzuschreiben sind.

CAVES, et al. (1984) definiert den Begriff **economies of density** als jene Kostenvorteile, die durch eine höhere Auslastung eines bestehenden Netzwerkes erzielt werden können. Im Gegensatz dazu für PENROSE (1959) den Begriff der **economies of size** ein, die dann vorherrschend sind, wenn eine Vergrößerung des Netzwerkes sinkende Stückkosten bedingt. Während sich *economies of size* folglich auf veränderte Betriebsgrößen (z. B. Netzgrößen) beziehen, zielen *economies of density* auf die Dichte eines Netzwerkes (Auslastung) ab (siehe dazu auch Bild 79).

Ein weiterer Begriff im Zuge von Effizienzbetrachtungen stellt jener der „*economies of scope*“ dar. Wird im Zuge der Zusammenarbeit von „*economies of scope*“²⁸⁶, also **Breiten- oder Verbundvorteilen** gesprochen, so ist damit die Erweiterung der Leistungstiefe bzw. eine durch Kooperation erreichte Vielfalt in der

²⁸⁴ Vgl. Penrose, E. T. (The theory of the growth of the firm 1959); S. 89ff.; Der Begriff *economies of size* wurde in seiner Arbeit synonym zu *economies of scale* verwendet.

²⁸⁵ Caves, D. W., et al. (Economies of density versus economies of scale 1984); S. 472

²⁸⁶ Economies of Scope werden synonym für Verbundvorteile, Bündelungsvorteile, Verbundeffekt, Synergieeffekt etc. verwendet; vgl. Arnold, V. (Vorteile der Verbundproduktion 1985), S. 270; Knieps, G. (Wettbewerbsökonomie 2001), S. 22

Leistungserbringung gemeint. Der Begriff wurde von WILLIG (1979)²⁸⁷ in den 1970er Jahren geprägt und definiert Verbundvorteile, die dann vorliegen, wenn die Produktion getrennter Güter höhere Kosten als die gemeinsame Produktion zweier oder mehrerer Güter verursacht.²⁸⁸ Auf Basis dieser Definition wird ersichtlich, dass es sich im Gegensatz zu *economies of scale* um die Produktion mehrerer Güter bzw. um eine Verbundproduktion handelt.²⁸⁹

Verbundvorteile können als sachlicher Verbund sowie als räumlicher oder zeitlicher Verbund gesehen werden. Von einem sachlichen Verbund spricht man dann, wenn die Leistungserbringung innerhalb der Leistungsbereiche gebündelt werden kann und somit Leistung in einer weiteren Leistungserbringung Verwendung finden (z. B. Einsatzbarkeit Kommunalgerät für Tätigkeiten des Winterdienstes wie auch in der Strassenreinigung). Ein räumlicher Verbund zeichnet sich durch die räumliche Nähe der Aktivitäten aus und wird beispielsweise bei Zusammenlegung des Werkhofes und der jeweiligen Arbeiten an einen Standort gewährleistet. Zeitliche Bündelungseffekte können erreicht werden, wenn die Möglichkeit der gleichzeitigen Durchführung von Aktivitäten sichergestellt werden kann.²⁹⁰

Zur Messung wird der **Grad der Verbundvorteile (SC)** herangezogen, der angibt, welcher Prozentsatz an Einsparung der Produktionskosten durch die Verbundproduktion von zwei oder mehreren Produkten im Gegensatz zur einzelnen Produktion der Produkte erreicht werden kann.²⁹¹

Der Grad der Verbundvorteile (SC) misst die Kosteneinsparungen anhand der folgenden Formel:

$$SC_{\text{Verbund}} = \frac{K(\chi_1) + K(\chi_2) - K(\chi_1, \chi_2)}{K(\chi_1, \chi_2)}$$

Dabei stellen $K(\chi_1)$ und $K(\chi_2)$ die Kosten der separaten Produktionen der Leistungen χ_1 und χ_2 dar, während $K(\chi_1, \chi_2)$ die Kosten der gemeinsamen Produktion abbildet.

Der Grad der Verbundvorteile liefert folgende Aussagen:

- $SC_{\text{Verbund}} > 0$ → Verbundvorteile liegen vor
- $SC_{\text{Verbund}} < 0$ → Verbundnachteile liegen vor

²⁸⁷ Willig, R. D. (Multiproduct technology and market structure 1979), S. 346

²⁸⁸ Vgl. Haasis, H.-D. (Produktions- und Logistikmanagement 2008), S. 93

²⁸⁹ Vgl. Baumol, W., Spence, M. et al. (Contestable Markets and the Theory of Industry Structure 1983)

²⁹⁰ Vgl. Frantzke, A. (Grundlagen der Volkswirtschaftslehre 2004)

²⁹¹ Vgl. Pindyck, R. S., Rubinfeld, D. L. (Mikroökonomie 2009), S.334

Es wird ersichtlich, dass Verbundvorteile umso höher sind, je grösser der Grad der Verbundvorteile ist.²⁹²

Die vorangegangenen Erläuterungen implizieren, dass Verbundvorteile nur dann erreicht werden können, wenn gemeinsame Produktionsfaktoren („*sharable inputs*“) für die Produktion von mehreren Gütern notwendig sind.²⁹³

In Bezug auf die vorliegende Forschungsarbeit liegen Gründe für die Existenz von Verbundvorteilen vorwiegend im ungenutzten und überschüssigen Leistungspotential von schlecht ausgelasteten Geräten. Zum Nachweis von Verbundvorteilen wird angenommen, dass trotz der Spezialisierung auf die Leistungsbereiche des betrieblichen Strassenunterhalts, Geräte vorhanden sind, die auch unter anderer Verwendung eingesetzt werden können. Im Speziellen seien Kommunalträgergeräte genannt, die sowohl im Sommer beispielsweise in der Grünpflege oder Strassenreinigung als auch im kommunalen Winterdienst unter Verwendung von Salzstreuern und Pflügen verwendet werden können.

Bild 79 zeigt mögliche Ausprägungen von sinkenden Stückkosten in Bezug auf die Netzgrösse, Ausbringungsmenge und das Produkt (Ergebnis der Leistungsbereiche des betrieblichen Unterhalts), die auf Effizienzvorteile – sowohl *economies of scale*, *scope*, *size and density* – zurückzuführen sind und verdeutlicht die definitorischen Feinheiten des Oberbegriffes der Grössenvorteile.

Sinkende Stückkosten (DGK)	Bezugsgrösse	
	Ausbringungsmenge	Produkt
Netzgrösse = konstant	Economies of Density	
Netzgrösse = variabel	<i>Economies of Scale</i>	<i>Economies of Scope</i>
	Economies of Size	

Bild 79: Übersicht der Arten von Effizienzvorteilen

²⁹² Vgl. Pindyck, R. S., Rubinfeld, D. L. (Mikroökonomie 2009), S. 335

²⁹³ Vgl. Panzar, J. C., Willig, R. D. (Economies of Scope 1981), S. 269ff.

Bild 80 zeigt eine Übersicht der Motive einer Kooperation, die sowohl auf die Optimierung des Inputs als auch auf die Optimierung des Outputs abzielen. Daher kann die Zusammenlegung der Leistungsbereiche des betrieblichen Strassenunterhalts sowohl als input-orientierte sowie auch als output-orientierte Zusammenlegung gesehen werden.

Von einer **input-orientierten Zusammenlegung** spricht man dann, wenn Ressourcen aus den einzelnen Gemeinden entweder zusammengeführt werden, da sie nicht überall im selben Umfang vorhanden sind oder Ressourcen gemeinschaftlich genutzt werden, um eine bessere Auslastung zu erzielen.

Eine **output-orientierte Zusammenlegung** ist dann vorherrschend, wenn vor allem Grössenvorteile (*economies of scale*) oder Verbund- oder Breitenvorteile (*economies of scope*) erreicht werden sollen. Die Output-Orientierung resultiert beispielsweise in der Erhöhung des Outputs als direkten Einfluss auf die Bürger oder in der Erreichung von Effizienzvorteilen durch eine vermehrte Leistungstiefe bzw. -breite.

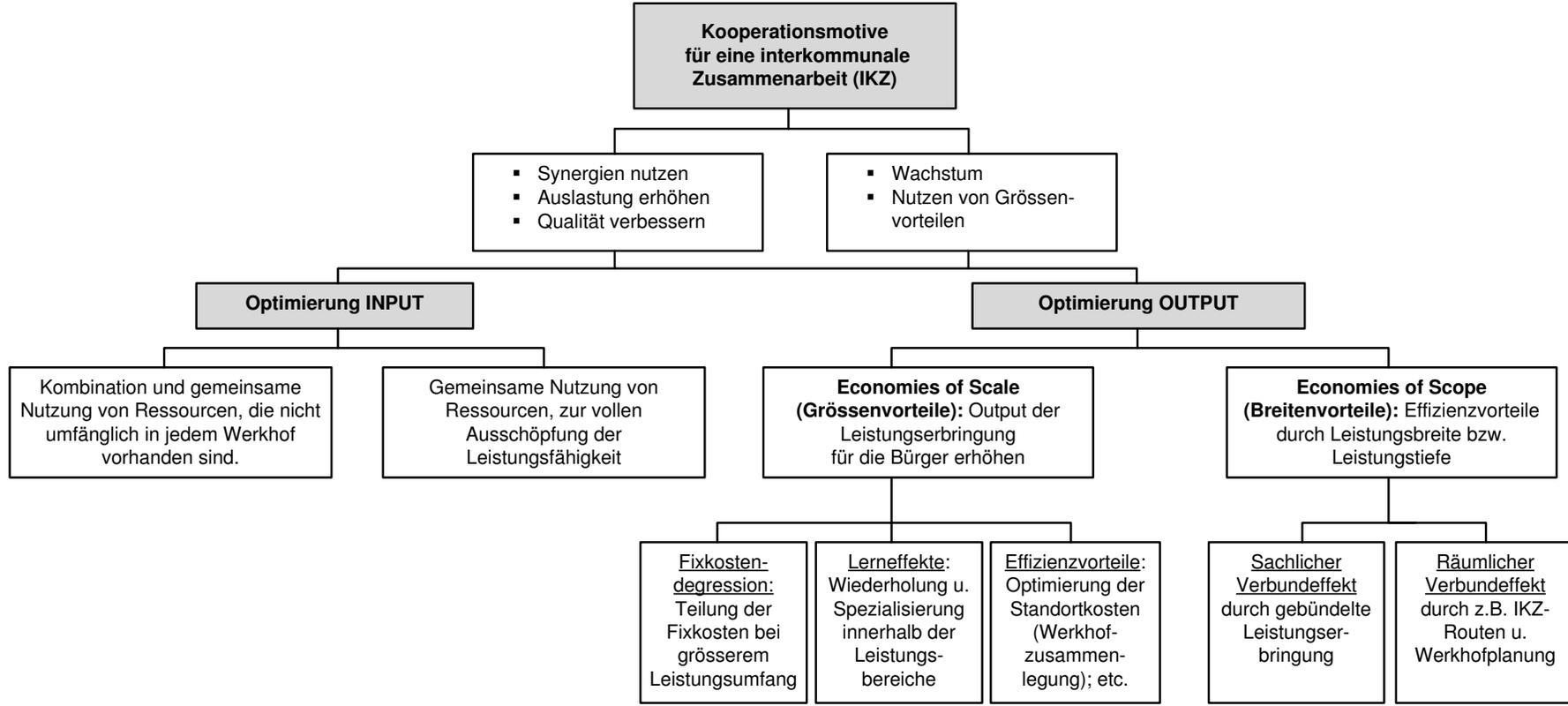


Bild 80: Kooperationsmotive für eine interkommunale Zusammenarbeit (IKZ)

Die Vorteilhaftigkeit der Zusammenlegung der Leistungsbereiche des betrieblichen Strassenunterhalts ist nur dann gegeben, wenn die durchschnittlichen Gesamtkosten der Kooperation die durchschnittlichen Gesamtkosten bei Durchführung der kommunalen Aufgaben in Eigenleistung unterschreiten.

Dazu ist das Eintreten der folgenden Bedingung notwendig bzw. muss für die teilnehmenden Gemeinden innerhalb der Kooperation hinreichend erfüllt sein:

$$K_{ges}^{Eigen} > K_{ges}^{IKZ} \quad \text{bzw.}$$

$$DGK_{ges}^{Eigen} > DGK_{ges}^{IKZ}$$

In Bezug auf die durchschnittlichen Gesamtkosten (DGK) der Kooperation folgt daraus:

$$\frac{K_{ges}^{\Phi}(x_{G1}) + \dots + K_{ges}^{\Phi}(x_{Gn})}{x_{G1} + \dots + x_{Gn}} > \frac{K_{ges}^{\Phi}(x_{G1} + \dots + x_{Gn})}{x_{G1} + \dots + x_{Gn}}$$

$$\frac{K_{ges}^{\Phi}(x_{G1}) + \dots + K_{ges}^{\Phi}(x_{Gn})}{x_{G1} + \dots + x_{Gn}} > \frac{K_{ges}^{\Phi}(x_{IKZ})}{x_{IKZ}}$$

Die Vorteilhaftigkeit einer IKZ bzw. geringere durchschnittliche Gesamtkosten müssen nicht zwangsläufig bei allen partizipierenden Gemeinden auftreten. Wurden beispielsweise in einer Gemeinde bereits Optimierungen durchgeführt, sodass eine Effizienzerhöhung erreicht werden konnte, so kann dies durchaus dazu führen, dass die DGK jener Gemeinde innerhalb der Kooperation steigen. In diesem Sonderfall müsste eine Entschädigung durch die anderen teilnehmenden Gemeinden im Verbund erfolgen.

Die Messung von Grössenvorteilen kann auf Basis einer **Kosten-Output-Elastizitätsgrösse** ε_c abgebildet werden. Diese ergibt sich aus:

$$\varepsilon_c = \frac{\frac{\Delta K_{ges}^{\Phi}}{K_{ges}^{\Phi}}}{\frac{\Delta x}{x}} \Rightarrow \varepsilon_c = \frac{\frac{\Delta K_{ges}^{\Phi}}{K_{ges}^{\Phi}}}{\frac{\Delta x}{x}} = \frac{GK}{DGK}$$

Die **Kosten-Output-Elastizität** ε_c kann somit als Quotient der Grenzkosten und der durchschnittlichen Gesamtkosten gebildet werden.

Dabei gelten in Bezug auf Grössenvor- bzw. Grössennachteile folgende Verhältnisse:

$\varepsilon_c = 1: GK = DGK$	→ die Kosten verhalten sich konstant zum Output; es herrschen weder Grössenvor- noch Grössennachteile
$\varepsilon_c < 1: GK < DGK$	→ Grössenvorteile
$\varepsilon_c > 1: GK > DGK$	→ Grössennachteile

Streben Gemeinden einen interkommunalen Zusammenschluss an, so gilt es zu untersuchen, ob sich durch eine siedlungsübergreifende Kooperation für die jeweiligen Gemeinden Grössennachteile oder Grössenvorteile ergeben.

Zur grundsätzlichen Beurteilung und Bewertung der Kosten- und Leistungsstruktur in den Gemeinden bedarf einer systematischen und strukturierten Ermittlung der Prozessleistungen und –kosten, die im folgenden Kapitel erläutert werden.

6.3 Ermittlung von Prozessleistungen im betrieblichen Unterhalt

Für eine effiziente Gestaltung der Prozesse im betrieblichen Unterhalt und der dazugehörigen Inventareinsätze ist es unabdingbar, sich über die Wahl des „*richtigen Gerätes*“ am „*richtigen Ort*“ Gedanken zu machen. Auf Basis normativer Grundlagen sowie unter Berücksichtigung von geometrischen Daten und gemeindespezifischen Grundlagen muss in einem ersten Schritt eine **Geräte-Einsatz-Matrix** für den jeweiligen Leistungsbereich gewählt werden, die dem vorhandenen Gerät einen optimalen und Einsatzort zuweist (schematische Darstellung in Bild 81).

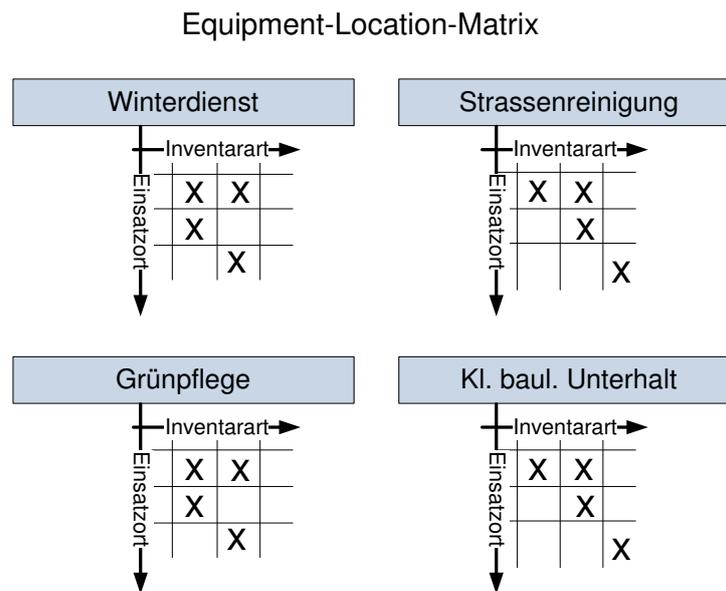


Bild 81: Geräte-Einsatz-Matrix

Inventarklassifikation am Beispiel der Strassenreinigung:

Die normative Basis im Bereich der Strassenreinigung für eine derartige Zuordnung bildet die VSS-Norm SN 640 720c²⁹⁴, welche den diversen Einsatzorten (von Autobahnen bis Trottoirs) optimale Geräte aufgrund ihrer Gerätespezifikationen zuweist. Am Beispiel der Strassenreinigung²⁹⁵ wurde die Einteilung dementsprechend in

- Handreinigung
- Einachskehrmaschine
- Kleinkehrmaschine
- Mittelkehrmaschine
- Grosskehrmaschine

vorgenommen.

²⁹⁴ SN 640720c (Strassenunterhalt - Reinigung 1996), Tabelle 2

²⁹⁵ Grundlagen siehe auch Kapitel 2.1.4 Leistungsbereich Strassenreinigung

Bild 82 zeigt schematisch eine Einteilung einer Kleinkehrmaschine zum jeweiligen optimalen Einsatzgebiet. Die Einordnung des Maschinentyps erfolgt dabei auf Basis von Herstellerangaben nach folgenden Kriterien (am Beispiel einer Kehrmaschine):

- Durchfahrtsbreite
- Höhe
- Wischbreite
- Behältervolumen
- Motorleistung

Nach Definition des Maschinentyps kann auf Basis der Schweizerischen Norm SN 640720c die Zuordnung zu einem geeigneten Einsatzgebiet erfolgen. Die Unterscheidung hinsichtlich der Eignung erfolgt mit „ungeeignet“ (weisses Feld), „teilweise geeignet“ (hellgraues Feld) und „geeignet“ (dunkelgraues Feld).

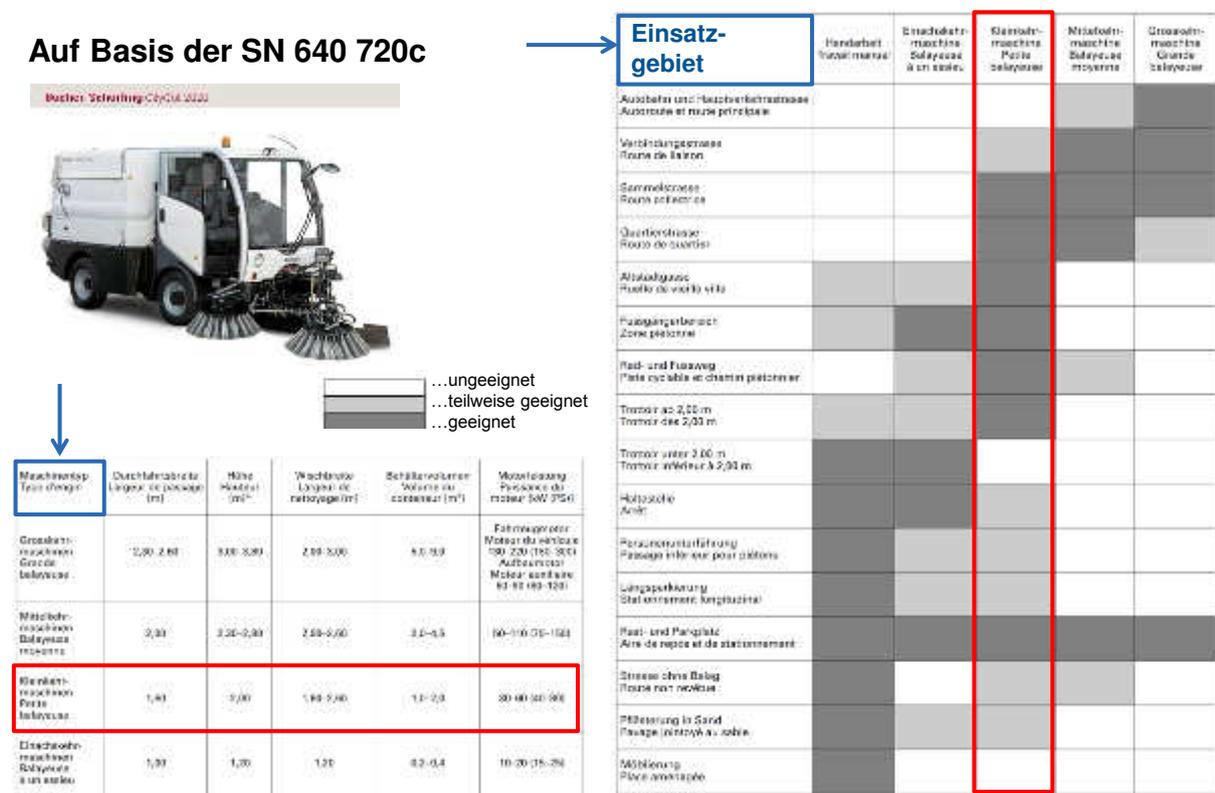


Bild 82: Geräte-Einsatz-Matrix am Beispiel einer Kehrmaschine²⁹⁶

²⁹⁶ Auf Basis von SN 640720c (Strassenunterhalt - Reinigung 1996), S. 5

6.3.1 Identifikation der Werkhofprozesse

Die Erfassung, Messung und Steuerung von Leistungen erfordert das Wissen um wertschöpfende und unterstützende Prozesse innerhalb und ausserhalb des Werkhofes. Das von GIRMSCHIED (2010a) entwickelte Gesamtkonzept zur Leistungsermittlung²⁹⁷ bildet im vorliegenden Dissertationsprojekt die Grundlage zur Erfassung und Berechnung der Leistungen im betrieblichen Strassenunterhalt.

Im dreistufigen Verfahren zur Prozess-Leistungs-Berechnung gilt es im ersten Schritt alle relevanten Prozesse und deren Prozessstruktur im betrieblichen Strassenunterhalt zu ermitteln. Auf Basis einer systematischen Strukturierung erfolgt die Einteilung der Prozesszeiten wie in Bild 83 ersichtlich in

- Prozesse innerhalb des Werkhofes und
- Prozesse ausserhalb des Werkhofes.

Prozesse innerhalb des Werkhofes sind als Supporttätigkeiten zu verstehen, die eine produktive und leistungsintensive Tätigkeit ausserhalb des Werkhofes überhaupt erst ermöglichen.

Dazu zählen folgende Prozesse respektive Prozesszeiten:

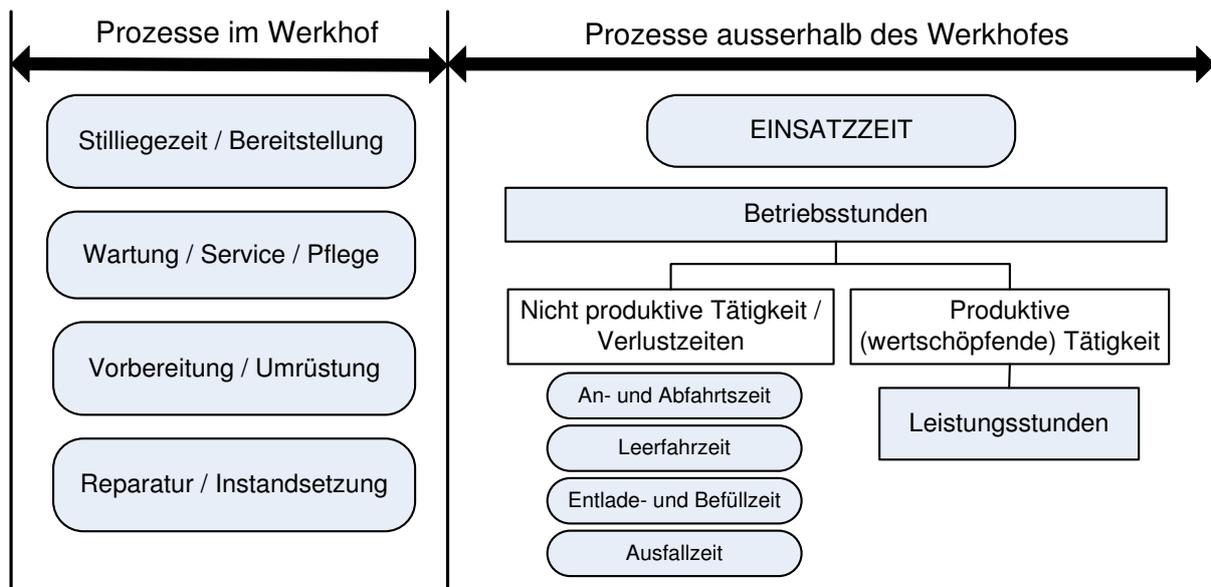
- Stilliege- bzw. Bereitstellungszeit des Inventars
- Wartungs-, Service- und Pflegezeiten
- Vorbereitungs- bzw. Umrüstzeit des Inventars auf den Einsatz
- Zeiten für Reparatur und Instandsetzung des Equipments

Relevante **Prozesse ausserhalb des Werkhofes** (auch als Einsatzzeit verstanden) können in nicht produktive und produktive Tätigkeiten unterschieden werden.

Nicht produktive Tätigkeiten stellen Verlustzeiten durch An- und Abfahrt zum Einsatzort, durch Leerfahrten, Entlade- und Befüllzeiten sowie durch Ausfallzeiten des Inventars dar.

Im Gegensatz dazu sind produktive Tätigkeiten wertschöpfend und widerspiegeln die direkten Leistungsstunden eines Gerätes im Einsatz. Aus terminologischer Sicht sei darauf hingewiesen, dass unter **Betriebsstunden** jene Stunden verstanden werden, in denen das Gerät im Einsatz ist und sich ausserhalb des Werkhofes befindet. **Leistungsstunden** hingegen bilden nur tatsächlich wertschöpfende Tätigkeiten ab.

²⁹⁷ Vgl. Girmscheid, G. (Leistungsermittlungshandbuch 2010a)

Bild 83: Prozesse innerhalb und ausserhalb des Werkhofes²⁹⁸

Daraus ergibt sich nach GIRMSCHIED (2010a) eine Gesamtprozesszeit²⁹⁹ $\sum_{j(\Omega)} T_{OC\ all}^{\Omega}$ aus:

$$\sum_{j(\Omega)} T_{OC\ all}^{\Omega} = \sum_{j(\Omega)} t_{OC\ in}^{\Omega} + \sum_{j(\Omega)} t_{OC\ out}^{\Omega}$$

$\sum_{j(\Omega)} t_{OC\ in}^{\Omega}$ Summe der Prozesszeiten der jeweiligen Leistungsgeräte Ω im Werkhof (OC=operation center - Werkhof)

$\sum_{j(\Omega)} t_{OC\ out}^{\Omega}$ Summe der Prozesszeiten der jeweiligen Leistungsgeräte Ω ausserhalb des Werkhofes [h]

Die detaillierte Ermittlung der Prozesszeiten ist im Besonderen für die Einsatz- und Routenplanung entscheidend, um diese effizient sowie weg- und kostenoptimiert durchführen zu können.

In Kapitel 7.1 wird insbesondere auf die Werkhofstandort- und Routenoptimierung eingegangen. Dabei spielen besonders graphentheoretische Überlegungen zu kürzesten Wegen zwischen Werkhof und Einsatzort eine Rolle.

²⁹⁸ In Anlehnung an Girmscheid, G. (Leistungsermittlungshandbuch 2010a), S. 4

²⁹⁹ Vgl. Girmscheid, G. (Leistungsermittlungshandbuch 2010a)

6.3.2 Inventarspezifische Prozess-Leistungsermittlung

Zur Ermittlung der Prozess-Leistung wird auf Leistungsbegriffe aus der Bauproduktion zurückgegriffen. GIRMSCHIED (2010a)³⁰⁰ entwickelte hierfür ein vierstufiges Modell zur Leistungsberechnung von Bauprozessen, das eine klare Systematik in Bezug auf die unterschiedlichen Ausprägungen der Leistungen aufweist. Ausgehend von einer theoretischen Grundleistung wird durch Abminderungsfaktoren, welche die ursprüngliche Leistung vermindern, eine mögliche Nutzleistung eines Gerätes ermittelt.

6.3.2.1 Leistungsbegriffe in der Bauproduktion

Die Leistungsermittlung der Geräte von GIRMSCHIED (2010a) erfolgt auf vierstufiger Ebene (siehe Bild 84), wobei die **theoretische Leistung** Q_T den Ausgangspunkt bildet und die Geräteleistung in Abhängigkeit von gerätebedingten konstruktiven Parametern unter optimalen Betriebsbedingungen darstellt.

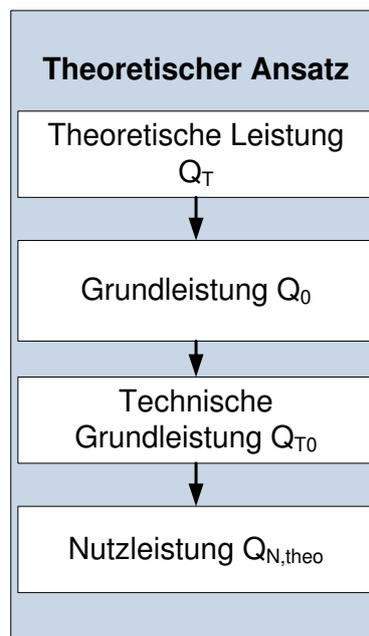


Bild 84: Theoretischer Ansatz der Leistungsberechnung für Baugeräte³⁰¹

Zur Berechnung der Nutzleistung wird im ersten Schritt die **Grundleistung** Q_0 berechnet, wobei die materialabhängigen Einflussfaktoren k_1 berücksichtigt werden. Zur Ermittlung der **technischen Grundleistung** Q_{T0} ist eine Abminderung anhand von technischen Einflussfaktoren k_2 notwendig.³⁰²

³⁰⁰ Vgl. Girmscheid, G. (Leistungsermittlungshandbuch 2010a), S. 11ff.

³⁰¹ Vgl. Girmscheid, G. (Forschungsmethodik 2007)

³⁰² Vgl. Girmscheid, G. (Leistungsermittlungshandbuch 2010a), S. 11

Zusätzlich zu den materialabhängigen und den technischen Einsatzfaktoren werden bei der Berechnung der **Nutzleistung** Q_N (Durchschnittsleistung/Dauerleistung über die Betriebszeit) die Bedienungs- und Betriebsbedingungen k_3 sowie der Geräteausnutzungsgrad η_G berücksichtigt. Auf Basis der Nutzleistung Q_N kann nun die Tages- bzw. Wochenleistung des Gerätes berechnet werden. Bei der Ermittlung der Jahresleistung ist es notwendig, die anfallenden Instandhaltungsmassnahmen bezogen auf das Betriebsjahr zu berücksichtigen.³⁰³

6.3.2.2 Leistungsbegriffe im betrieblichen Strassenunterhalt

In Anlehnung an die Leistungsermittlung in der Bauproduktion erfolgt jene im betrieblichen Strassenunterhalt. Den Ausgangspunkt bildet hierbei die theoretische Grundleistung des verwendeten Unterhaltungsgerätes. Auf Basis von Abminderungsfaktoren wird in einem mehrstufigen Verfahren (siehe Bild 85) eine mögliche Nutzleistung des Gerätes berechnet.

Im Zuge der Berechnung der tatsächlichen Nutzleistung bedient man sich spezifischer Reduktionsfaktoren, die eine Verminderung der Leistung bedingen. Diese können einerseits als statisch angenommen werden, wobei sie lediglich einmal im Zuge der Leistungsberechnung erhoben werden müssen und im Laufe der weiteren Berechnung (sofern sich keine groben Änderungen bspw. an der Geräteausstattung oder am zu unterhaltenden Untergrund ergeben) als fix angenommen werden können. Andererseits müssen auch veränderliche Faktoren wie jene des Wetters, der Verkehrslage etc. herangezogen werden, die sowohl zeitlich als örtlich variieren und deshalb immer situativ den Gegebenheiten angepasst werden müssen.

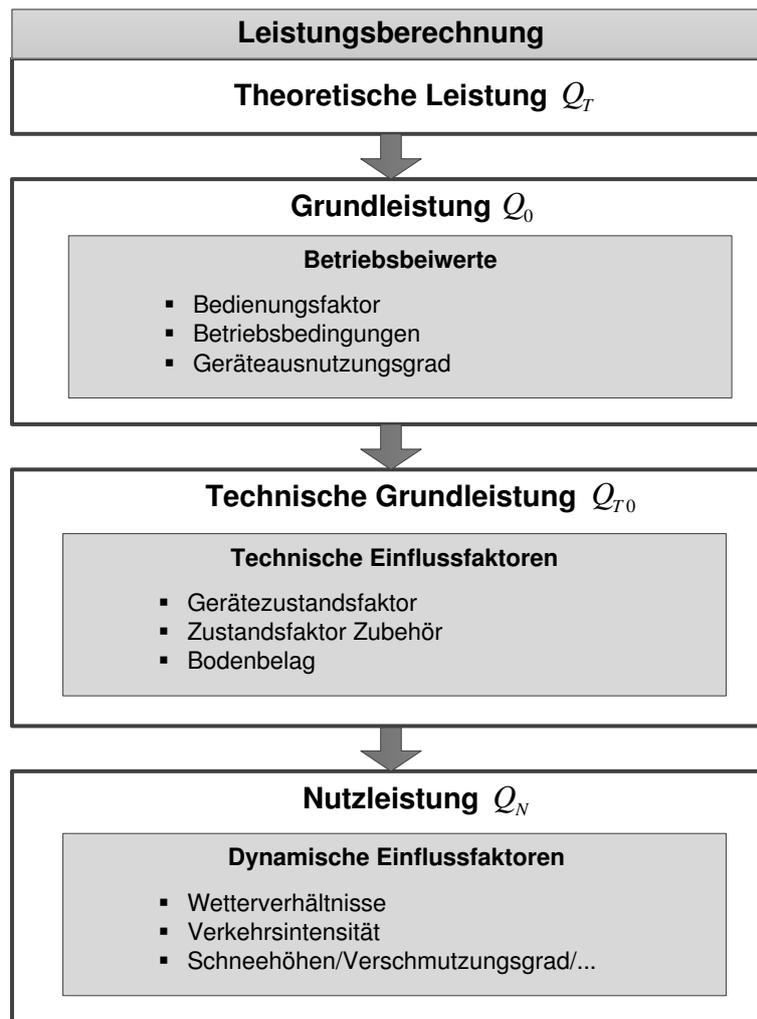
Die tatsächlich erreichte Nutzleistung Q_N^{theo} eines Gerätes ergibt sich letztlich aus der theoretischen Leistung Q_T^{theo} multipliziert mit der Summe aus allen in Folge vorgestellten Reduktions- bzw. Abminderungsfaktoren $k_{i,red}$.³⁰⁴

$$Q_N^{theo} = Q_T^{theo} * \sum_i k_{i,red}$$

Bild 85 zeigt grafisch den notwendigen Leistungsberechnungsprozess und zeigt die aufeinanderfolgenden Schritte, die im Zuge der Bestimmung der tatsächlichen Performance im jeweiligen Leistungsbereich nötig sind.

³⁰³ Vgl. Girmscheid, G. (Leistungsermittlungshandbuch 2010a)

³⁰⁴ Vgl. Girmscheid, G. (Leistungsermittlungshandbuch 2010a), S. 11ff

Bild 85: Vierstufige Leistungsberechnung im betrieblichen Unterhalt³⁰⁵

Zur Ermittlung der Leistung des Unterhaltsgerätes soll Bild 85 als Leitfaden für die schrittweise Berechnung dienen, der folgend detailliert beschrieben wird. Ausgehend von einer theoretischen Leistung werden stufenweise die Berechnungsschritte bis hin zur Nutzleistung dargestellt.

³⁰⁵ In Anlehnung an Girmscheid, G. (Leistungsermittlungshandbuch 2010a)

Schritt 1: Berechnung der Grundleistung Q_0

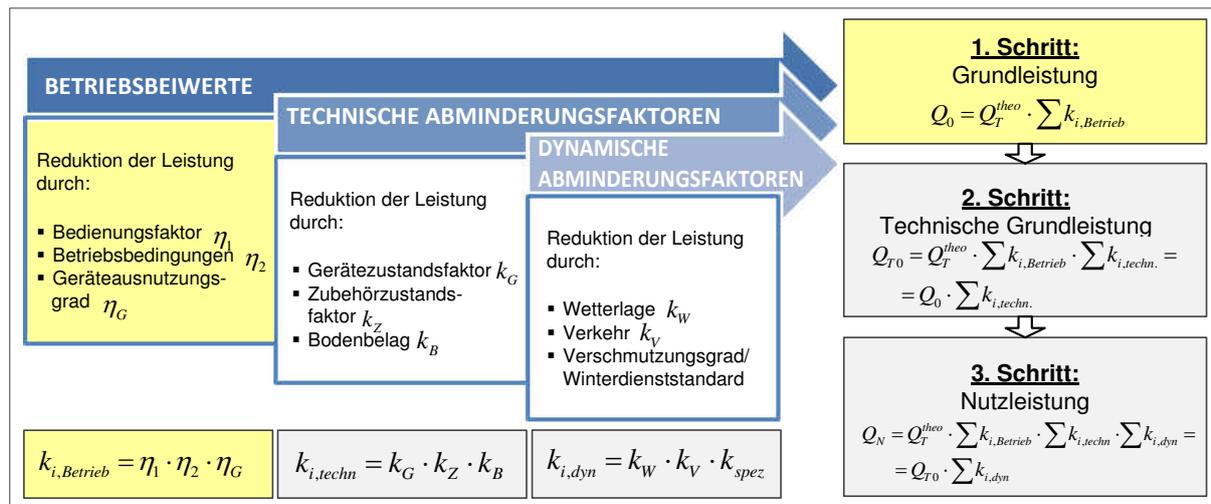


Bild 86: Ermittlung der Grundleistung durch Betriebsbeiwerte

Auf Basis der theoretischen Leistung Q_T^{theo} , die sich aus den theoretischen, technischen Daten der Maschinenhersteller begründet, wird die theoretische Grundleistung Q_0 durch eine Abminderung mit den sogenannten **Betriebsbeiwerten** berechnet.³⁰⁶

Betriebsbeiwerte zählen zur Kategorie der statischen (festen) Reduktionsfaktoren und umfassen folgende Teilkomponenten:³⁰⁷

- η_1 Bedienungsfaktor []
- η_2 Betriebsbedingungen []
- η_G Geräteausnutzungsgrad [%]

Der **Bedienungsfaktor** η_1 nach GIRMSCHIED (2010a) berücksichtigt die Qualifikation sowie Leistungsbereitschaft der Mitarbeiter und im Speziellen des Geräteführers. Ist ein Mitarbeiter nicht entsprechend ausgebildet oder verfügt er über ein nur geringes Mass an Motivation, so weicht die tatsächliche Leistung von einer möglich erreichbaren ab und es können Leistungsverluste entstehen.

Der Bedienungsfaktor und die Motivation des Mitarbeiters hängen wesentlich von der Einschulung und Weiterbildung des Mitarbeiters in Bezug auf das verwendete Gerät ab. Ebenso spielt die Dauer der Einsatzzeit und der gewählte Einsatzort sowie das Vorhandensein von möglichen Anreizmodellen (z. B. Prämien für besondere Leistungen etc.) eine wesentliche Rolle.

³⁰⁶ Vgl. Girmscheid, G. (Leistungsermittlungshandbuch 2010a), S. 11

³⁰⁷ Vgl. Girmscheid, G. (Leistungsermittlungshandbuch 2010a), S. 263ff

Tabelle 8: Abminderungen Bedienungsfaktor η_1 ³⁰⁸

Bedienungsfaktor	η_1
Geübter Fahrer	1.00
Durchschnittlicher Fahrer	0.85
Ungeübter Fahrer	0.75

Der Faktor η_2 berücksichtigt die vorherrschenden **Betriebsbedingungen**, wobei das Augenmerk hauptsächlich auf organisatorische Gegebenheiten des Werkhofes gelegt wird. So zählen beispielsweise zur Organisation des Werkhofes folgende leistungsrelevanten Tätigkeiten:

- Arbeitsvorbereitung und Gerätebereitstellung
- Wartung, Instandhaltung und Pflege der Geräte im Werkhof
- Effiziente Routen- und Einsatzplanung der Geräte und des Personals
- Klare Aufgabenverteilung und Alarmierungen (im Winterdienst)
- Unverzögliche Störungsmeldung und Fehlerbehebungen
- Etc.

Tabelle 9: Abminderungen Betriebsbedingungen³⁰⁹

Betriebsbedingungen	η_2
Sehr gut	1.00
Gut	0.95
mittel	0.85
schlecht	0.80

Der **Geräteausnutzungsgrad** η_G ³¹⁰ bezieht Einflüsse des Umfeldes in die Rechnung mit ein, die sich sowohl auf die Konzentrationsfähigkeit des Fahrers als auch auf die Arbeitsgeschwindigkeit des Gerätes auswirken.

Der Geräteausnutzungsgrad trägt jenem Umstand Rechnung, dass von einer geleisteten Betriebsstunde nur ein gewisser Prozentsatz reine produktive Zeit geleistet wird aufgrund von vorhandenen geometrischen Bedingungen der Strassenverkehrsanlage und der nicht vollständigen Ausnutzung des Gerätepotentials. Da eine pauschale Betrachtung des Geräteausnutzungsgrades die vorhandenen Leistungsbereiche nicht zu Genüge berücksichtigen würde, wird der Geräteausnutzungsgrad hinsichtlich unterschiedlicher Objekttypen untersucht.³¹¹

³⁰⁸ Vgl. Girmscheid, G. (Leistungsermittlungshandbuch 2010a), S. 263

³⁰⁹ Vgl. Girmscheid, G. (Leistungsermittlungshandbuch 2010a), S. 265

³¹⁰ Vgl. Girmscheid, G. (Leistungsermittlungshandbuch 2010a), S. 276

³¹¹ Vgl. Girmscheid, G. (Forschungsmethodik 2007), S. 276

Bild 87 zeigt die Objektarten Strasse, Trottoir und Platz in Bezug auf ihre Abminderungen und unter Berücksichtigung der Berechnung zusätzlicher Längen, die sich durch eine sachgemässe Aufgabenerfüllung ergeben.

Der **Geräteausnutzungsgrad** des **Objektyps Strasse** hängt einerseits davon ab in welcher Zone sich die Strasse befindet (enge Platzverhältnisse in der Kernzone, offene Platzverhältnisse inner- oder ausser Orts) und andererseits von vorhandenen oder nicht vorhandenen Parkplätzen (je nach Belegungsgrad) am Strassenrand.

Parkierungsstreifen stellen jedoch oftmals eine Besonderheit dar, da diese häufig von Vorwischern bedient werden, die beispielsweise den Kehrmaschinen bzw. Schneepflügen „zuarbeiten“ und so den Arbeitsfluss des Gerätes weiterhin gewährleisten.

Können dem Objekttyp noch weitere Elemente wie Verkehrsinseln, zusätzliche Radwege, zusätzliche Randabschlüsse sowie Fahrbahnverbreiterungen mit zusätzlichen Spuren zugeordnet werden, so ist dies in der Berechnung der Wegstrecke durch zusätzliche Längen (und damit verbundenen erhöhten Prozessdauern) zu berücksichtigen.

	Strasse	Trottoir	Plätze
Abminderung durch...	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lage der Strasse (Kernzone, innerorts, ausserorts,...) ▪ Parkplätze 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hindernisse/Möblierung ▪ Haltestellen - öffentlicher Verkehr (vorwiegend manuelle Arbeit) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Treppen (manuelle Arbeit) ▪ Hindernisse/Möblierung ▪ Geometrie des Platzes
Zusätzliche Längen durch...	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verkehrsinseln ▪ Radwege ▪ Zusätzlicher Randabschluss ▪ Fahrbahnverbreiterung/ zusätzliche Fahrspur 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Radweg ▪ Zusätzlicher Randabschluss ▪ Ein- und Ausfahrten 	

Bild 87: Übersicht Objektarten bezogener Geräteausnutzungsgrad

Tabelle 10 zeigt je nach Platzverhältnissen (breite oder schmale Strasse, Kernzone / Altstadt, etc.) die Abminderungsfaktoren in Bezug auf den Objekttyp Strasse.

Tabelle 10: Geräteausnutzungsgrad - Objekttyp Strasse

Geräteausnutzungsgrad Strasse	$\eta_{G,Strasse}$
Offene Platzverhältnisse (breite Strassen)	1.00
Beengte Platzverhältnisse (schmale Strassen)	0.90
Beengte Platzverhältnisse (Kernzone, Altstadt)	0.85

Tabelle 11³¹² zeigt die Abminderungsfaktoren des Objekttyps Trottoir, die sich aus der Häufigkeit der Hindernisse in Bezug auf eine bestimmte Trottoir-Länge ergeben.

Tabelle 11: Geräteausnutzungsgrad - Objekttyp Trottoir

Geräteausnutzungsgrad Trottoir	$\eta_{G,Trottoir}$	
Keine Hindernisse	1,0	
Grosse Abstände der Hindernisse (>10 m)	0.9	
Mittlere Abstände der Hindernisse (ca. 5-10 m)	0.8	
Kleine Abstände der Hindernisse (< 5 m)	0.7	

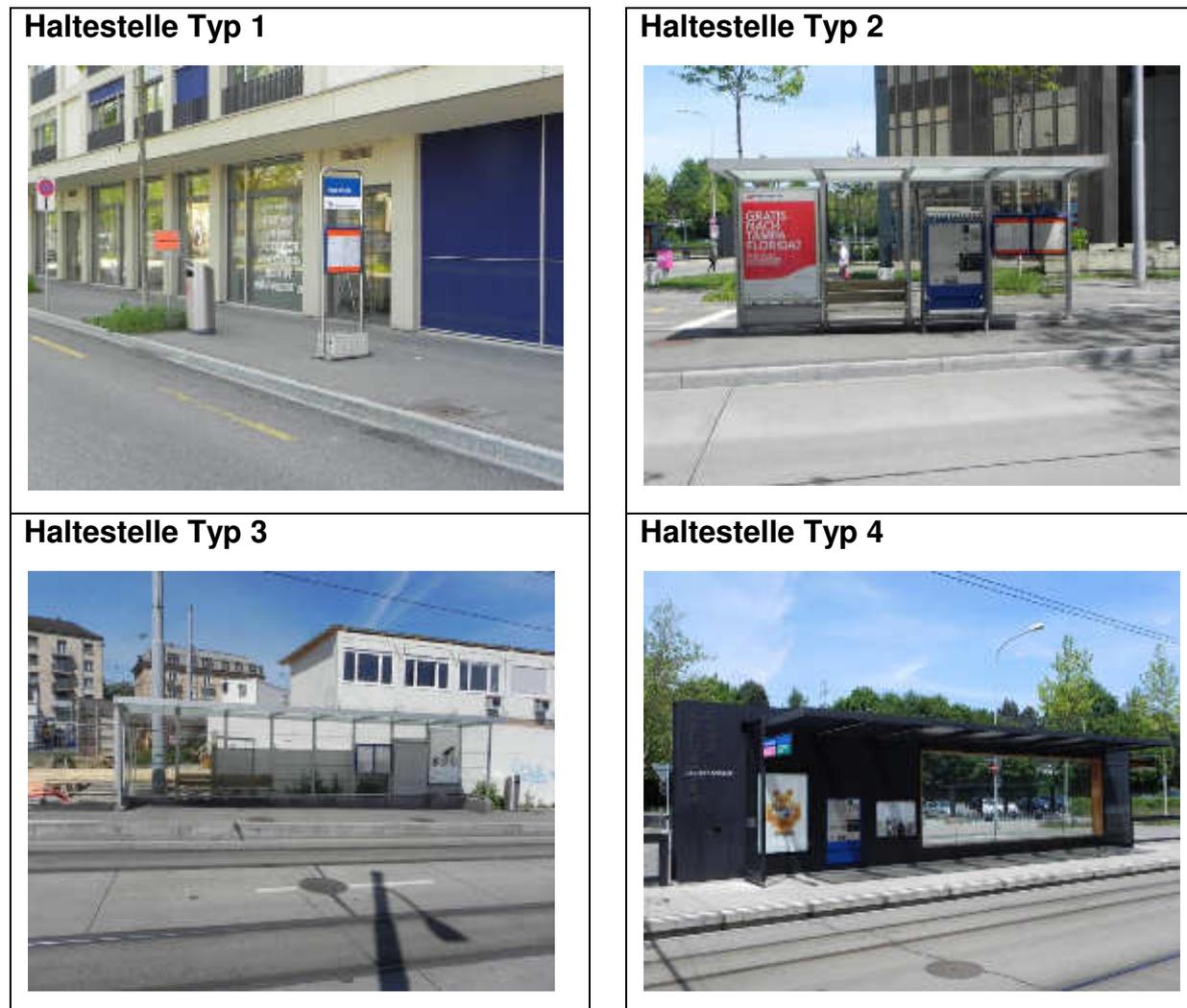
³¹² Bilder von ARNOLD, D. (Berechnung von Leistungsdaten in der kommunalen betrieblichen Strassenreinigung 2012)

In Bezug auf den Objekttyp Trottoir und Platz muss neben der maschinellen Arbeit auch noch die manuelle Komponente berücksichtigt werden. So werden beispielsweise Haltestellen, schwer zugängliche Bereiche auf Trottoirs oder Plätzen sowie Treppen im Gemeindegebiet sowohl in der Strassenreinigung als auch im Winterdienst durch Handarbeit bedient. Es sei angemerkt, dass die genannten Faktoren lediglich Annahmen darstellen und gemeindespezifisch evaluiert und überprüft werden müssen. Zudem sollten die verwendeten Parameter einer Sensitivitätsanalyse unterzogen werden.

In Bezug auf Haltestellen (Tramhaltestellen, Bushaltestellen, etc.) müssen verschiedene Typen und Zusammensetzung hauptsächlich in der Reinigung unterschieden werden. Tabelle 12³¹³ zeigt mögliche Typen von Haltestellen am Beispiel der Stadt Zürich. Während Haltestelle Typ 1 nur einen sehr geringen Aufwand an manueller Reinigung benötigt, erhöht sich dieser bis zur Haltestelle des Typs 4 aufgrund zunehmender zu reinigender Länge sowie der Anzahl an Möblierung und Müllentsorgungsvorrichtungen.

³¹³ Bilder von Arnold, D. (Berechnung von Leistungsdaten in der kommunalen betrieblichen Strassenreinigung 2012)

Tabelle 12: Öffentlicher Verkehr – Haltestellen-Typen



Eine Leistungsermittlung im Bereich der Strassenreinigung ist folglich getrennt nach manueller und maschineller Arbeit durchzuführen. Auf Basis vorhandener Erfahrungswerte muss eine Quantifizierung der manuellen Leistung z. B. je Haltestellentyp vorgenommen werden.

Die **maschinelle, theoretische Grundleistung** Q_0 kann im ersten Schritt somit folgend berechnet werden:³¹⁴

$$Q_0 = Q_T^{theo} \cdot \sum k_{i,Betrieb} \quad \text{mit} \quad k_{i,Betrieb} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_G$$

³¹⁴ Vgl. Girmscheid, G. (Leistungsermittlungshandbuch 2010a), S. 11ff

Mit

Q_0	Theoretische Grundleistung	[km/h oder m ² /h]
Q_T^{theo}	Theoretische Leistung laut Maschinenhersteller	[km/h oder m ² /h]
$k_{i,Betrieb}$	Summe der Betriebsbeiwerte	[]
η_1	Bedienungsfaktor	[]
η_2	Betriebsbedingungen	[]
η_G	Geräteausnutzungsgrad	[%]

Schritt 2: Berechnung der technischen Grundleistung Q_{T0}

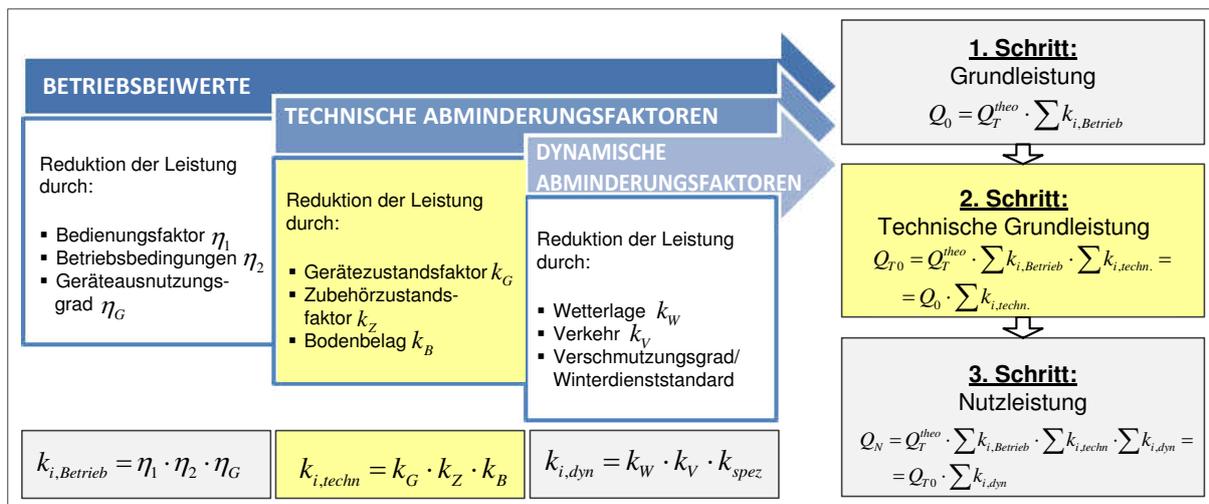


Bild 88: Ermittlung der Technischen Grundleistung durch technische Abminderungsfaktoren

Im zweiten Schritt der Berechnung werden technische Einflussgrößen als Abminderungsfaktoren auf die Grundleistung berücksichtigt, die zu den statischen (festen) Einflussfaktoren zugeordnet werden können.

Unter **technischen Einflussgrößen** versteht man jene Messgrößen, die von den technisch möglichen Idealbedingungen eines Geräteeinsatzes abweichen und so eine Reduzierung der Leistung verursachen. Technische Abminderungsfaktoren beziehen sich im Wesentlichen auf das verwendete Unterhaltsgerät, sowie auf den zu unterhaltenden Untergrund als Arbeitsbereich. Da weder Equipment noch die Beschaffenheit des Untergrundes sich zeitlich verändern, können technische Reduktionsfaktoren als statische Faktoren angesehen werden.

Zu den technischen Abminderungsfaktoren zählen:

- Gerätezustandsfaktor k_G
- Zubehörfaktorsfaktor k_Z
- Bodenbelag k_B

Der **Gerätezustandsfaktor**³¹⁵ bewertet den derzeitigen Zustand des Leistungsgerätes unter Berücksichtigung der Lebensdauern einzelner Bauteile. Er widerspiegelt zudem die Wahrscheinlichkeit eines Geräteausfalls im Falle einer hohen Anzahl an Betriebsstunden oder unzureichender Wartung und Instandhaltung der Geräte.

Je nach Leistungsbereich kann die Kategorisierung des Gerätezustandsfaktors für Reinigungsmaschinen sowie auch für Traktionsgeräte im Winterdienst vorgenommen werden. Tabelle 13 zeigt mögliche Abminderungsfaktoren in Bezug auf den Gerätezustandsfaktor einer Kehrmaschine.

Tabelle 13: Beispiel Gerätezustandsfaktor - Kehrmaschine

Gerätezustandsfaktor Kehrmaschine ³¹⁶	$k_{G,Kehr}$
0 – 2000 Betriebsstunden	1.00
2000 – 6000 Betriebsstunden	0.90
6000 – 10000 Betriebsstunden	0.85

Der **Zubehörzustandsfaktor** k_Z trägt dem Umstand Rechnung, dass nicht nur das Gerät an sich einer Abnutzung unterliegt, sondern auch die verwendeten Teile des Zubehörs (Verschleiss- und Anbauteile).

Im Bereich des Winterdienstes kann als Zubehör beispielsweise der an das Traktionsgeräte angekoppelte Schneepflug verstanden werden. Je nach Art der Schürfleiste des Pfluges können in Abhängigkeit der Anzahl an Einsatzstunden Abminderungen der Leistung durch einen verminderten Zustand der Schürfleiste auftreten. Dieser Umstand der Qualitätsverminderung in der Ausführung wird durch den Zubehörzustandsfaktor berücksichtigt.

Im Bereich der Strassenreinigung kann darunter der **Besenzustandsfaktor** subsummiert werden. Mit zunehmender Nutzung der Reinigungsbürsten und dem ständigen Anpressdruck auf den Untergrund sind die Bürsten kontinuierlichen Einflüssen ausgesetzt und unterliegen somit grossem Verschleiss. Diesem Umstand wird mit dem Besenzustandsfaktor Rechnung getragen, der die entstehende zeit- und benutzungsabhängige Abnutzung der Bürsten und letztlich eine Verminderung der Reinigungsleistung berücksichtigt.

Die verwendete Bezugsgrösse in der kommunalen Strassenreinigung stellen sogenannte Besenstunden dar. Darunter werden jene Stunden verstanden in denen der Kehrbesen effektiv im Einsatz ist. Je nach verwendeter Art der Reinigungsbürste (Stahl, Kunststoff, etc.) sind die Besenstunden für Reinigungsmaschinen gesondert zu ermitteln.

³¹⁵ Vgl. Girmscheid, G. (Leistungsermittlungshandbuch 2010a), S. 275, Anwendung für Baumaschinen

³¹⁶ Unter der Annahme, dass eine Kehrmaschine mit ca. 10.000 Betriebsstunden ausgemustert wird

Tabelle 14 stellt exemplarisch für den Teilbereich der Reinigung die Reduktion der Leistung aufgrund des Besenzustandsfaktors der verwendeten Reinigungsbürsten dar.

Tabelle 14: Zubehöorzustandsfaktor - Beispiel Besenzustandsfaktor Reinigung

Besenzustandsfaktor ³¹⁷	$k_{Z, Besen}$
0 – 20 Besenstunden	1.00
2 – 40 Besenstunden	0.90
40 – 60 Besenstunden	0.80

Als dritter Faktor in der Gruppe der technischen Abminderungsfaktoren kann der Faktor des **Bodenbelages** k_B genannt werden. Dieser berücksichtigt die Bodenbeschaffenheit des Untergrundes der Strassenverkehrsanlage. Auch dieser Faktor kann als statisch angesehen werden, sofern keine Veränderung des Belagstyps vorgenommen wird.

Da die Verminderung der Leistung aufgrund unterschiedlicher Bodenbeläge eine nur sehr untergeordnete Rolle einnimmt, wird lediglich zwischen Asphalt/Beton und gemörtelter Pflasterung und Pflasterungen mit Sandfugen unterschieden.

Speziell in der Strassenreinigung ist bei Pflasterungen mit Sandfugen darauf zu achten, dass durch zu häufiges Reinigen bzw. durch Nassreinigung die Pflastersteine nicht gelockert werden und so für den Verkehr bzw. Passanten ein Sicherheitsrisiko darstellen.³¹⁸ Tabelle 15 zeigt mögliche Faktoren zur Verminderung der Leistungsfähigkeit auf Basis des vorherrschenden Bodenbelages.

Tabelle 15: Abminderungsfaktor Bodenbelag

Bodenbelag	k_B
Asphalt / Beton	1.00
Pflasterung, vermörtelt	0.90
Pflasterung mit Sandfugen	0.80

³¹⁷ Annahme: Verwendung von Stahlbesen; Werte auf Basis der Erfahrungen ERZ Stadt Zürich

³¹⁸ Vgl. SN 640720c (Strassenunterhalt - Reinigung 1996)

Die Berechnung der **technischen Grundleistung** Q_{T0} ergibt sich durch Reduktion der Grundleistung Q_0 um technische Abminderungsfaktoren $g_{i,techn}$ wie folgt:³¹⁹

$$Q_{T0} = Q_T^{theo} \cdot \sum k_{i,Betrieb} \cdot \sum k_{i,techn} = Q_0 \cdot \sum k_{i,techn}$$

$$\text{mit } k_{i,techn} = k_G \cdot k_Z \cdot k_B$$

Mit

Q_{T0}	Technische Grundleistung	[km/h oder m ² /h]
$k_{i,techn}$	Summe der technischen Abminderungsfaktoren	[]
Q_0	Grundleistung	[km/h oder m ² /h]
k_G	Gerätzustandsfaktor	[]
k_Z	Zubehörzustandsfaktor	[]
k_B	Bodenbelag	[%]

Schritt 3: Berechnung der tatsächlichen Nutzleistung Q_N

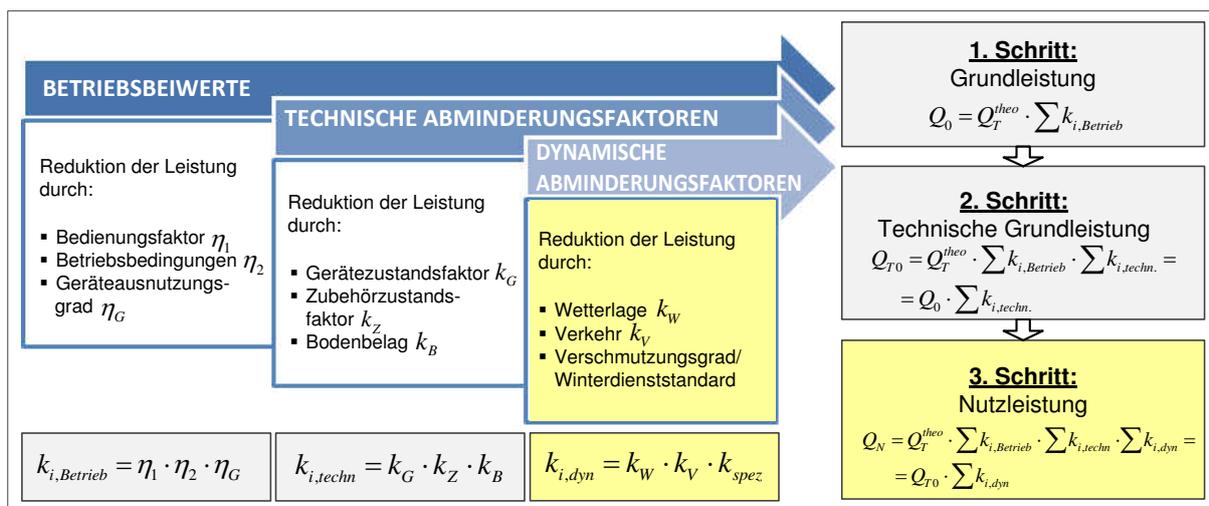


Bild 89: Ermittlung der Nutzleistung durch dynamische Abminderungsfaktoren

Im dritten und letzten Schritt der Leistungsberechnung werden **dynamische Abminderungsfaktoren** berücksichtigt, die als Ergebnis die gewünschte Nutzleistung Q_N errechnen.

Im Gegensatz zu den zuvor definierten statischen Faktoren sind dynamische Einflussfaktoren situativ, d.h. örtlich sowie auch zeitlich neu zu bestimmen, da sie sich kontinuierlich verändern und vor jedem Einsatz erneut angepasst werden müssen.

³¹⁹ Vgl Girmscheid, G. (Leistungsermittlungshandbuch 2010a), S. 11ff

Zu den dynamischen Einflussfaktoren zählen:

- Wetterlage
- Verkehr
- Verschmutzungsgrad (in der Reinigung) bzw. Winterdienststandard

Die Einschätzung dynamischer Einflussfaktoren bedarf eines grossen Know Hows und Erfahrungsschatzes des Betriebspersonals.

Der Einfluss des **Wetters** gilt als höchst veränderlich und kann in den europäischen gemässigten Breiten alle Phänomene von Trockenheit, Regenschauern, Eisglätte bis hin zu Schneefall hervorbringen. Je nach Wettersituation muss daher vor jedem Einsatz die Wetterlage definiert werden.

Besonders im Winterdienst hat dies grosse Auswirkung auf die Routen- und Einsatzplanung je nachdem welche Einsatzart (Schneeräumung mit gemeinsamer Streuung, nur Glättebekämpfung etc.) notwendig wird.

In der Strassenreinigung wirkt sich die Wetterlage dahingehend auf die Leistung der Kehrmaschinen aus als dass die Kehrleistung durch Festkleben des Schmutzes auf nasser Fahrbahn oder schlechte Sichtverhältnisse und Verkleben des Schmutzes bei Regenfall verringert wird. Tabelle 16 zeigt mögliche Abminderungsfaktoren aufgrund der Wetterbedingungen am Beispiel der Strassenreinigung.

Tabelle 16: Abminderungsfaktor Wetter am Beispiel der Strassenreinigung

Wetterlage	k_w
Trockene Fahrbahn	1.00
Nasse Fahrbahn	0.90
Nasse Fahrbahn bei Regenschauern	0.80

Im Zuge der Leistungsermittlung ist auch dem **Verkehr** eine wesentliche Bedeutung beizumessen. Insbesondere im städtischen Bereich kommt es oftmals zu Behinderungen aufgrund hoher Verkehrsaufkommen, die auch die Leistungsfähigkeit der Kommunalgeräte wesentlich beeinflussen. Im Zuge der Berechnung der tatsächlichen gerätespezifischen Nutzleistung müssen die Verkehrsqualitäten je nach Strassentypus differenziert betrachtet werden. Tabelle 17 zeigt Formen der Abminderungen auf Basis der vorherrschenden Verkehrsqualitäten.³²⁰

³²⁰ SN 640017a (Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit - Grundnorm 1998), S. 6

Tabelle 17: Abminderungsfaktor Verkehr - Objekttyp Strasse

Verkehrsqualitäten (basierend auf SN 640 017a)		k_v
STUFE A	Keine Beeinflussung der Kommunalgeräte durch Verkehrsteilnehmer	1,0
STUFE B	Andere Verkehrsteilnehmer erkennbar, jedoch keine Beeinflussung	0,90
STUFE C	Verkehrszustand stabil, Beeinflussung nimmt zu	0,70
STUFE D	Hohe Belastung, deutliche Beeinträchtigungen	0,50
STUFE E	Verkehrsströme fliessen auf nur sehr geringem Qualitätsniveau	0,20

Ein weiterer dynamischer Reduktionsfaktor der Leistungsermittlung wird als so genannter **spezifischer Faktor** k_{spez} eingeführt, da dieser für die Leistungsbereiche Strassenreinigung und Winterdienst gesondert betrachtet werden muss. Während im Bereich der Reinigung der spezifische Reduktionsfaktor vom Verschmutzungsgrad der Strasse abhängig ist, wird im Winterdienst eine Abstufung aufgrund des zu bekämpfenden Winter-Zustandes und des geforderten Winterdienst-Standards vorgenommen.

Strassenreinigung

Ein dynamischer Faktor, der die Performance eines Gerätes in der Strassenreinigung beeinflusst, betrifft den Grad der Verunreinigung einer Strasse. Der sogenannte Verschmutzungsgrad³²¹ kann dabei als Indikator für den erhöhten Reinigungsaufwand bei erhöhter Verunreinigung der Strasse herangezogen werden.

Dabei wurde eine Einteilung der Verschmutzung in folgende Kategorien vorgenommen:

- Kategorie 1: Wenig störend
- Kategorie 2: Störend
- Kategorie 3: Stark störend und teilweise behindernd
- Kategorie 4: Sicherheitsgefährdend und sehr stark störend

³²¹ Der Verschmutzungsgrad wurde durch die „Kommunale Infrastruktur“ (Organisation des Schweizerischen Städte- und Gemeindeverbandes) ausgearbeitet und in einem Katalog zur Beurteilung der Sauberkeit in Städten und Gemeinden veröffentlicht; vgl. Kommunale Infrastruktur (Sauberkeit im öffentlichen Raum 2010)

Der Verschmutzungsgrad an sich wird auf einer Skala von 1 (= leichte Verschmutzung) bis 3 (= starke Verschmutzung) vorgenommen (siehe Tabelle 18).

Tabelle 18: Abminderungsfaktoren aufgrund des Verschmutzungsgrades

Verschmutzungsgrad		k_{VG}
STUFE 1	Leichte Verschmutzung	0,90
STUFE 2	Mittlere Verschmutzung	0,70
STUFE 3	Starke Verschmutzung	0,50

Tabelle 19 zeigt die Interaktion der jeweiligen Kategorien der Verschmutzungsklassen in Bezug auf deren Abminderungsfaktor k_{VG} . Die Beurteilung über die die Höhe der Leistungsreduktion muss sowohl örtlich als auch zeitlich angepasst werden. Lediglich für die natürliche Verschmutzung aufgrund von Laub und Blüten lassen sich bereits prospektiv Aussagen auf Basis der jahreszeitlichen Schwankungen treffen.

Bei der Beurteilung der Leistungsfähigkeit wird eine Verschmutzung von 0 mit einem Faktor von 1,0 (sprich keiner Abminderung der Leistung) versehen, während ein Verschmutzungsgrad der Stufe 3 einen erhöhten Leistungsaufwand und somit eine Abminderung von 20% der Leistung auf 0,80 bedeutet.

Tabelle 19: Verschmutzungsgrad abhängiger Abminderungsfaktor

Verschmutzungsgrad		k_{VG}
Kat. 1	<u>Littering:</u> Zigarettenstummel / Kaugummi	Örtlich zu bestimmen zwischen [0,8-1.0] je nach Verschmutzungsgrad
Kat. 2	<u>Natürliche Verschmutzung:</u> Laub, Blüten, mineralische Stoffe (Kies, Steine, Sand,...) <u>Littering:</u> Abfallbehälter, Illegale Plakatwerbung, Papier/Karton/Kunststoffe, etc.	
Kat. 3	<u>Littering:</u> Flaschen, Dosen, Illegale Deponien, Sprayereien, Graffiti	
Kat. 4	<u>Littering:</u> Exkrememente, Scherben und Spritzen	

Auf Basis dieser Verschmutzungs-Indikatoren kann der Verschmutzungsgrad als dynamischer Reduktionsfaktor im Bereich der Strassenreinigung bestimmt werden.

Reduktionsfaktoren im Winterdienst

Im Bereich des Winterdienstes erfolgt die Berücksichtigung einer Reduktion der Leistung auf Basis des geforderten Winterdienststandards und des zu bekämpfenden vorherrschenden Zustandes. Tabelle 20 zeigt mögliche Winterdienst-Abminderungsfaktoren aufgrund der Art des Winterdienstesinsatzes (Schneefall, Glatteis, Eisglätte). Im Bereich des Schneefalls wird eine Abstufung des Leistungsfaktors aufgrund des Winterdienst-Standards (Schwarzräumung, Weissräumung etc.) vorgenommen

Tabelle 20: Abminderungen aufgrund des Winterdienststandards

WINTERDIENST – STANDARD (SN 640 756a)		k_{WD-S}
Schneefall	WD-Standard A	0,80
	WD-Standard B	0,85
	WD-Standard C	0,90
Glatteis	Reine Glättebekämpfung	1,0
Eisglätte	Aus überfrierender Feuchte oder Nässe Vorbeugende Streuung und/oder Glättebekämpfung	1,0

Basierend auf der Leistungsermittlung nach GIRMSCHIED (2010a) ergibt sich eine tatsächliche gerätespezifische Nutzleistung³²² von:

$$Q_N = Q_T^{theo} \cdot \sum k_{i,operation} \cdot \sum T_{i,techn} \cdot \sum k_{i,dyn} = Q_{T0} \cdot \sum k_{i,dyn}$$

mit $k_{i,dyn} = k_W \cdot k_V \cdot k_{spez}$

Mit

Q_N	Nutzleistung	[km/h oder m ² /h]
$k_{i,dyn}$	Summe der dynamischen Abminderungsfaktoren	
Q_{T0}	Technische Grundleistung	[km/h oder m ² /h]
k_W	Leistungsreduktion aufgrund des Wetters	[]
k_V	Leistungsreduktion aufgrund der Verkehrssituation	[]
k_{spez}	Spezifische Abminderung je Leistungsbereich	[]

³²² Vgl. Girmscheid, G. (Leistungsermittlungshandbuch 2010a), S. 12

Im vorgestellten Kapitel konnte gezeigt werden, wie systematisch eine Leistungsberechnung von Unterhaltsgeräten im betrieblichen Strassenunterhalt erfolgen kann. Es sei jedoch angemerkt, dass es sich bei den gezeigten Abminderungsfaktoren lediglich um Annahmen handelt, die es empirisch zu evaluieren und gemeindespezifisch anzupassen gilt.

6.4 Holistische Prozesskosten- und Leistungsoptimierung

Eine erfolgreiche kommunale Aufgabenerfüllung erfordert eine detaillierte Planung aller Prozesse, die Abbildung aller Abhängigkeiten unter Interaktionen sowie eine wirtschaftliche Verteilung der vorhandenen Ressourcen. Dies kann nur erreicht werden, wenn bereits im Vorfeld eine systematische Arbeitsvorbereitung (AVOR) erfolgt, die top-down das System des betrieblichen Strassenunterhalts untersucht. Aufbauend auf die zuvor erwähnten top-down Prozesse ist eine kontinuierliche Steuerung und Verbesserung der Leistungserbringung anzustreben, die durch die Durchführung eines konsequenten KVP-Prozesses (**K**ontinuierlichen **V**erbesserungs**p**rozess) erreicht werden kann.

Bild 90 zeigt in Anlehnung an GIRMSCHIED (2008a) die Ablaufstruktur der Arbeitsvorbereitung als *top-down*-Betrachtung sowie den Kontinuierlichen Verbesserungsprozess (KVP) als *bottom-up*-Betrachtung zur Identifikation und laufenden Optimierung der Leistungserbringungsprozesse.³²³

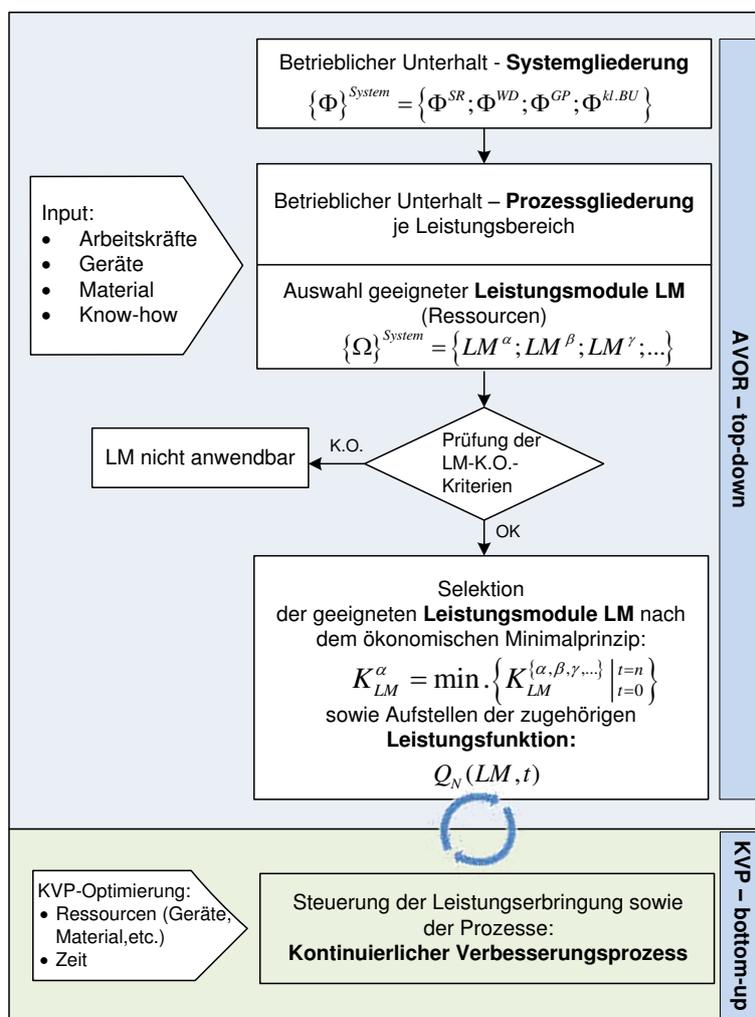


Bild 90: Ablaufstruktur zur Identifikation der Leistungsmodule im betrieblichen Unterhalt

³²³ Vgl. Girmscheid, G. (Systemauswahl und Bereitstellungsvariante 2008a)

Im ersten Schritt gilt es das System „Betrieblicher Strassenunterhalt“ in dessen Teilsysteme zu gliedern und die zugehörigen Leistungsbereiche zu identifizieren. Erst durch eine klare Systemabgrenzung kann eine aussagekräftige Basis zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der eingesetzten Ressourcen geschaffen werden.

Das System „Betrieblicher Strassenunterhalt“ besteht, wie einleitend in Kapitel 2.1.2 beschrieben, aus den Leistungsbereichen Strassenreinigung Φ^{SR} , Winterdienst Φ^{WD} , Grünpflege Φ^{GP} und kleiner baulicher Unterhalt $\Phi^{kl.BU}$.³²⁴

Für jeden dieser Leistungsbereiche ist es unabdingbar, klare Leistungsvorgaben auf Basis der gemeindespezifischen Randbedingungen und Vorgaben zu definieren.

$$\{\Phi\}^{System} = \{\Phi^{SR}; \Phi^{WD}; \Phi^{GP}; \Phi^{kl.BU}\}$$

Darauf aufbauend werden je Leistungsbereich Prozessgliederungen durchgeführt auf Basis dessen **Leistungsmodule** (LM^α , LM^β , etc.) zusammengefasst werden können. Unter Leistungsmodulen versteht man Gerätegruppen, die unter Berücksichtigung ihrer konstruktiven und verfahrenstechnischen Eignung und der zugehörigen Leistungsfähigkeit zu Modulen zusammengefasst werden. Je nach Grösse des zu bedienenden Strassennetzes beispielsweise, muss die Zusammensetzung der Leistungsmodule je Leistungsbereich unterschiedlich erfolgen.

$$\{\Omega\}^{System} = \{LM^\alpha; LM^\beta; LM^\gamma; \dots\}$$

Je Leistungsbereich (z. B. Strassenreinigung Φ^{SR} , Winterdienst Φ^{WD} etc.) können unterschiedliche Gerätecluster innerhalb der Leistungsmodule zusammengefasst werden.

Die Identifikation und die Zusammensetzung der Leistungsmodule (Gerätecluster) beruht auf dem Vorhandensein verfügbarer Ressourcen in Abhängigkeit von der benötigten Leistung je Leistungsbereich. Zudem üben Personal- und Materialverfügbarkeiten sowie das Know How der Mitarbeiter einen wesentlichen Einfluss auf die Auswahl von Leistungsmodulen aus.

Im Zuge der Analyse von Leistungsmodulen müssen ebenso die Lebenszyklusdauern in Betracht gezogen werden, wie dies bereits GIRMSCHIED (2006b)³²⁵ und GIRMSCHIED (2008b)³²⁶ postulierte. Diese resultieren zum einen aus der maximalen Anzahl an Betriebsstunden, die das Gerät im Stande ist zu leisten und zum anderen aus dem Zeitgrenzwert, der sich dahingehend äussert, dass ab einem bestimmten Zeitpunkt die technische Überalterung in Bezug auf Energieverbrauch, Leistungsschwächen, etc. zu nicht wirtschaftlichen Ergebnissen führt.

³²⁴ Die Leistungsbereiche der Technischen Dienste sowie der Beleuchtung werden in der vorliegenden Forschungsarbeit nicht näher untersucht.

³²⁵ Vgl. Girmscheid, G. (Risikobasiertes probabilistisches LC-NPV-Modell 2006b)

³²⁶ Vgl. Girmscheid, G. (Systemauswahl und Bereitstellungsvariante 2008b)

Bild 91 zeigt schematisch die Lebenszyklusdauern je Leistungsmodul in Bezug auf deren Wert.

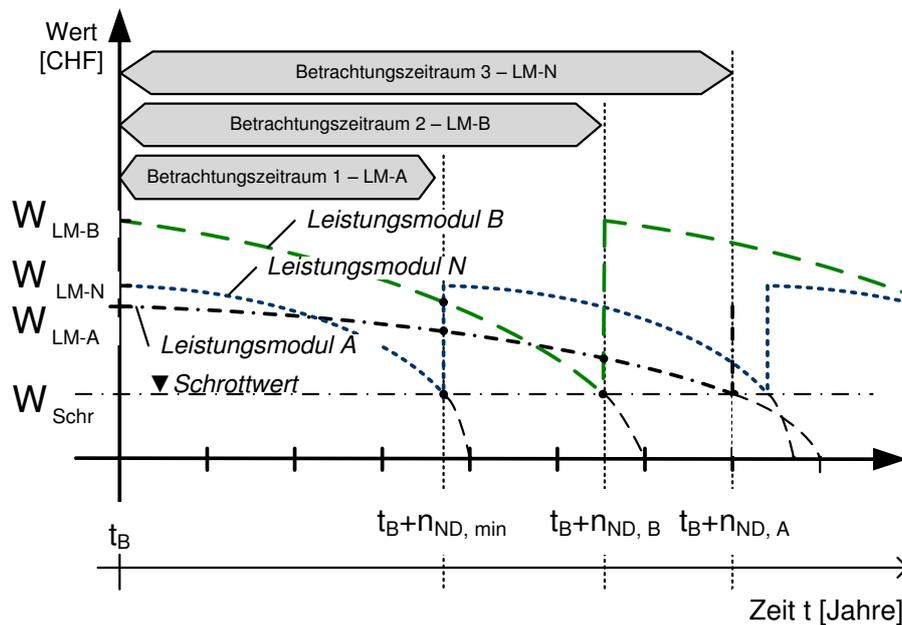


Bild 91: Lebenszyklusdauern bei der Wirtschaftlichkeitsanalyse von Leistungsmodulen³²⁷

Im Zuge der Variantenstudie der Leistungsmodule ist es für Gemeinden entscheidend **K.O.-Kriterien** zu definieren, die zu einem Ausschluss eines Leistungsmodules führen können. K.O.-Kriterien ergeben sich beispielsweise aus technischen, geometrischen und leistungsrelevanten Parametern der Geräte.

Das Ziel der systematischen Zusammensetzung der Leistungsmodule ist es, nach dem ökonomischen Minimalprinzip zu handeln und jene Leistungsmodul-Variante zu wählen, die einen vordefinierten Nutzen bzw. den geforderten Output bei einem Minimum an Kosten mit sich bringt.

$$K_{LM}^{\alpha} = \min \left\{ K_{LM}^{\{\alpha, \beta, \gamma, \dots\}} \Big|_{t=0}^{t=n} \right\} \dots \text{mit Annahme z. B. } \alpha \text{ als kostengünstigste Variante}$$

Die entwickelte Kostenfunktion nach dem ökonomischen Minimalprinzip verknüpft mit der Leistungsfunktion in Abhängigkeit der gewählten Leistungsmodule bildet die Grundlage für die effiziente Durchführung der Leistungserbringung innerhalb der Gemeinden. Nichtsdestotrotz gilt es die gewählten Verfahren zu optimieren und zu verbessern durch Anwendung eines **kontinuierlichen Verbesserungsprozesses (KVP)**, der bottom up zur systematischen Steuerung, Optimierung und Führung der Prozesse beitragen soll.

³²⁷ In Anlehnung an Girmscheid, G. (Systemauswahl und Bereitstellungsvariante 2008a); Girmscheid, G. (Risikobasiertes probabilistisches LC-NPV-Modell 2006b)

Das vorliegende Prozessleistungs- und Kostenmodell ermöglicht es den kommunalen Entscheidungsträgern rational begründbare Entscheidungen bei der Zusammenstellung der Leistungsmodule zu treffen und bietet somit eine rationale Entscheidungsgrundlage bei der Beschaffung von Geräten und der Dimensionierung des Fuhrparks.

6.4.1 Prozessleistungs- und Kostenmodell

Die Zusammenstellung der zuvor beschriebenen Leistungsmodule begründet sich einerseits aus der Leistungsfähigkeit der jeweiligen Geräte und andererseits aus der zugehörigen Kostenstruktur. Diese ergeben sich aus den gerätespezifischen Leistungsberechnungen, die in Kapitel 6.3.2 beschrieben wurden, sowie aus der jeweiligen Kostenstruktur je Leistungsmodul.

Der Selektionsprozess der Leistungsmodule für die Zusammenstellung eines optimalen Geräteclusters erfolgt 2-stufig:

Erster Schritt:

- Auffinden des Kostenminimums des gewählten Geräteclusters unter Berücksichtigung der geforderten gemeindespezifischen Leistung (u.a. auch des geforderten Qualitätsstandards in den Gemeinden)

Zweiter Schritt:

- Auffinden des Kostenminimums der Einzelgeräte mit gleicher Leistung (kostenminimales Leistungsmodul)

Die **Zusammenstellung der Leistungsmodule** kann dahingehend erfolgen, dass unter dem Aspekt des ökonomischen Minimalprinzips jenes Gerätecluster gewählt wird, das bei einem vordefinierten Nutzen **minimale Kosten** verursacht. Wurde ein kostenminimales Gerätecluster identifiziert, so kann mit der Auswahl des jeweiligen kostenminimalen Leistungsmodules (Geräte derselben Leistungsklasse) begonnen werden.

Bild 92 zeigt die Selektion der Gerätecluster im Bereich der Strassenreinigung, wobei als Input die zu bewirtschaftende Netzgrösse verwendet wird. Diese müssen auf Basis der in Kapitel 6.2 beschriebenen Einsatzbereiche kategorisiert und meinem einem entsprechenden Service Level (für Winterdienst- und Strassenreinigungsarbeiten) versehen werden.

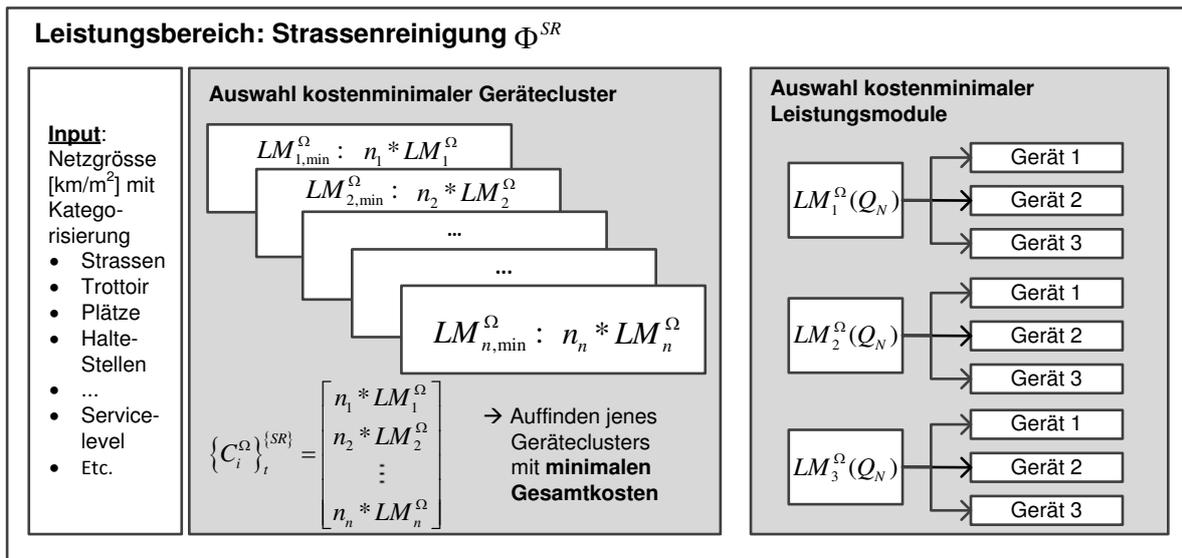


Bild 92: Selektion der Gerätecluster am Beispiel der kommunalen Strassenreinigung

Die **Gerätecluster** je Leistungsbereich C_{LM}^{Φ} können folgendermassen kombiniert werden:

$$C_{LM}^{\Phi} = \begin{pmatrix} LM_{11}^{\Omega} & LM_{12}^{\Omega} & \dots & LM_{1n}^{\Omega} \\ LM_{21}^{\Omega} & LM_{22}^{\Omega} & \dots & LM_{2n}^{\Omega} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ LM_{n1}^{\Omega} & LM_{n2}^{\Omega} & \dots & LM_{nn}^{\Omega} \end{pmatrix}$$

Ein Gerätecluster kann aus einer unterschiedlichen Anzahl von Leistungsmodulen bestehen in Abhängigkeit der Netzgrösse und des geforderten Qualitätsstandards.

$$\{C_i^{\Omega}\}_t^{\{\Phi\}} = \begin{bmatrix} n_1 * LM_1^{\Omega} \\ n_2 * LM_2^{\Omega} \\ \vdots \\ n_n * LM_n^{\Omega} \end{bmatrix}$$

In ähnlicher Form erfolgt die Selektion der Gerätecluster im Winterdienst (Bild 93). Da der Winterdienst vorwiegend Sofortmassnahmen bedingt und aus nur wenigen (planbaren) Routinearbeiten besteht, muss die Geräteeinsatzplanung dahingehend erfolgen, dass die Dimensionierung des Winterdienst-Geräteparks auf Basis des Umfangs an Strassenkilometern mit hoher Dringlichkeitsstufe (siehe dazu Kapitel 2.1.5) im Winterdiensteinsatz stattfindet. Zudem wird die Auswahl der Gerätecluster durch die geforderten Winterdienststandards (A, B, C und D) auf vordefinierten Strassenabschnitten bestimmt.

Die Dimensionierung des Geräteparks kann auf Basis der folgenden Bemessungsformel³²⁸ passieren:

$$n_{\Omega}^{WD} = \frac{l_{Route,D1} * a}{v_N^{\Omega} * t_{max}(D)}$$

mit

n_{Ω}^{WD} Anzahl der einzusetzenden Geräte im Winterdienst [ME]

$l_{Route,D1}$ Routenlänge, auf der Sofortmassnahmen der Dringlichkeitsstufe 1 notwendig sind [km]

a Anzahl der zu räumenden Fahrspuren [ME]

v_N^{Ω} Geräte- und wetterabhängige Geschwindigkeit auf der Räumroute [km/h]

$t_{max}(D)$ max. Umlaufzeit der Räumroute in Abhängigkeit der Dringlichkeitsstufe [h]

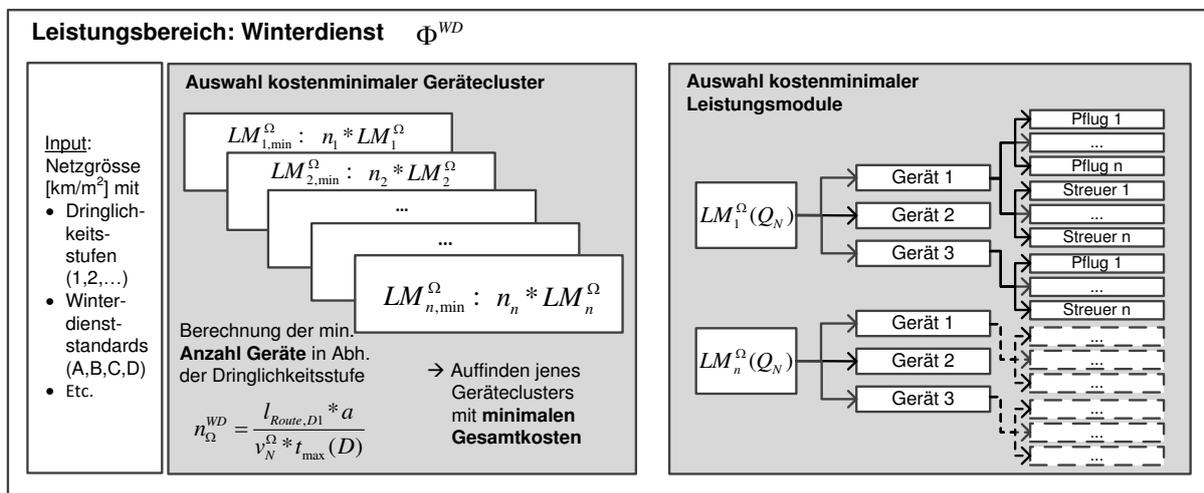


Bild 93: Selektion der Gerätecluster am Beispiel des kommunalen Winterdienstes

In der Auswahl der kostenminimalen Leistungsmodule im Bereich des Winterdienstes (Bild 90) müssen zudem gesondert alle Anbaugeräte wie Pflüge, Salzstreuer etc. berücksichtigt werden, um eine wirtschaftlich und konstruktiv sinnvolle Entscheidung zur Geräteparkdimensionierung treffen zu können.

Je nach Wahl des Gerätes bzw. des eingesetzten Verfahrens (z. B. Glättebekämpfung mittels Sole vs. Salzstreuung) werden zudem unterschiedliche Lagerstätten (Silo, Tank, etc.) notwendig, was einen direkten Einfluss auf die Werkhofkosten mit sich bringt und zudem unterschiedliche Verfahrensabwicklungen erfordert.

³²⁸ Vgl. Durth, W., Hanke, H. (Handbuch Straßenwinterdienst 2004), S. 101

6.4.1.1 Kostenkalkulation der Leistungsmodule

Nach einer ausführlichen Diskussion der Thematik der Leistungsberechnung von Unterhaltsgeräten wird folgend auf die **Kalkulation von Leistungsmodulen** eingegangen. Das dabei verwendete Kalkulationsschema basiert auf den Grundlagen des Schweizerischen Baumeisterverbandes³²⁹ und GIRMSCHIED und MOTZKO (2013)³³⁰ basiert.

Grundsätzlich kann in der Kalkulation zwischen direkten und indirekten Kosten unterschieden werden. Zu Letzteren, die nicht direkt einem Leistungsbereich zugeordnet werden können, zählen im Bereich des betrieblichen Strassenunterhalts im Besonderen die Werkhof- und Verwaltungskosten, wobei die Werkhofkosten zudem in standortunabhängige und standortabhängige Kosten unterschieden werden können. Die genaue Unterscheidung der anfallenden Werkhofkosten wird in Kapitel 7.1ff näher erläutert.

Direkte Kosten lassen sich eindeutig einem Leistungsgebiet zuordnen, wobei hier nochmals zwischen Eigen- und Fremdleistungskosten unterschieden werden muss.

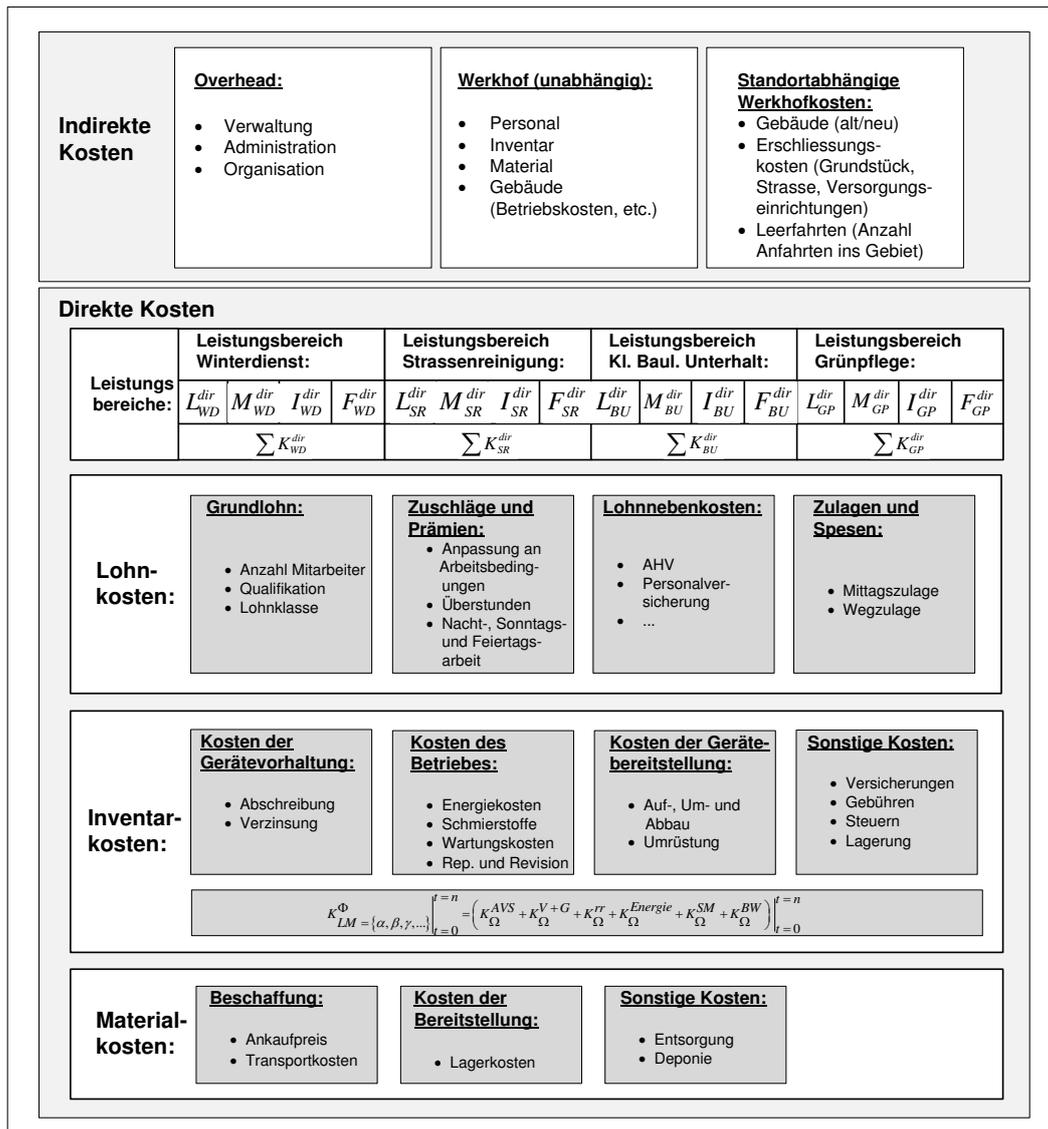
Die direkten Kosten können in die folgenden Kostenanteile kategorisiert werden (Bild 94):

- Lohn L_{Φ}^{dir}
- Material M_{Φ}^{dir}
- Inventar L_{Φ}^{dir}
- Fremdleistung F_{Φ}^{dir}

Bild 94 zeigt nach dem Schema der Zuschlagskalkulation die Einteilung der direkten und indirekten Kosten des betrieblichen Strassenunterhalts.

³²⁹ Vgl. Schweizerischer Baumeisterverband (Kalkulationsschema SBV 2013)

³³⁰ Vgl. Girmscheid, G., Motzko, C. (Kalkulation, Preisbildung und Controlling in der Bauwirtschaft 2013)

Bild 94: Kalkulation der direkten und indirekten Kosten³³¹

Lohnkalkulation

Die Berechnung der Lohnkosten erfolgt nach dem Kalkulationsschema des Schweizerischen Baumeisterverbandes auf Basis des Grundlohnes, der sich aus Anzahl der Mitarbeiter, deren Qualifikation sowie der Lohnklasse zusammensetzt.³³²

Unter Berücksichtigung der Zuschläge und Prämien für beispielsweise Überstunden, Nacht- und Sonntagsarbeit etc. können die Lohnnebenkosten (AHV, Personalversicherungen etc.) berechnet werden.

Zudem können diverse Zulagen und Spesen (z. B. Mittags- oder Wegzulagen,...) hinzugerechnet werden. Das Ergebnis der Lohnkostenberechnung liefert die direkten Kosten Lohn.

³³¹ in Anlehnung an Girmscheid, G., Motzko, C. (Kalkulation, Preisbildung und Controlling in der Bauwirtschaft 2013)

³³² Die Lohnklassen und Höhe der Mindest-Grundlöhne werden im Bauhauptgewerbe im Schweizerischen Landesmantelvertrag (LMV) festgelegt.

6.4.1.2 Berechnung Inventarkosten einer Kleinkehrmaschine

In Anlehnung an das vom Schweizerischen Baumeisterverband (SBV) herausgegebenen Kalkulationsschema für Bauleistungen sowie auf Basis des von GIRMSCHIED und MOTZKO (2013) entwickelten Konzeptes zur Kalkulation erfolgt die Berechnung der Inventarkosten der Unterhaltsgeräte. Hierbei wird eine Unterteilung in fixe und variable Kosten vorgenommen. Während Fixkosten unabhängig von der erreichten Leistung anfallen, sind variable Kosten leistungs- respektive mengenabhängig zu berechnen.

Berechnung der Fixkosten

In der Inventarkalkulation wird von folgenden jährlichen Fixkosten ausgegangen:³³³

- Amortisation
- Verzinsung
- Versicherung für die Abdeckung des Feuer- und Elementarrisikos
- Stationierung
- Evtl. zusätzliche Versicherungen und Gebühren

Ein Beispiel für die Berechnung der Inventarkosten wird im Folgenden anhand einer Strassenreinigungsmaschine des Typs City Cat 2020 durchgeführt. Tabelle 21 zeigt die Berechnungsgrundlagen basierend auf den Inventargrunddaten (2013)³³⁴ und der Betriebsinternen Verrechnungssätze (2013)³³⁵ des Schweizerischen Baumeisterverbandes.

Tabelle 21: Inventarkalkulation - Grunddaten Kleinkehrmaschine

Gerät	City Cat 2020	
Strassenreinigungsmaschine	Pos-Nr.:	566.132 (2013)
Kalkulationsgrundlagen	Einheit	SBIL / BIV
Mittlerer Neuwert	[CHF]	180000
Nutzungsdauer	[Jahre]	8
Zinssatz ZS	[%]	6
Stationierung	[%]	2
rr	[%]	100
Vorhaltezeit VT	[d]	210
	[Monate]	7
Einsatzstunden pro Jahr	[h]	600
Motorleistung	[kW]	60
Energieverbrauch Antrieb	[l/kWh]	0.17
Schmiermittelverbrauch	[%]	25
Energiekosten	[CHF/l]	1.88
Wartungsfaktor	[-]	0.2
Maschinenlohn (M2)	[CHF/h]	68

³³³ Vgl. Girmscheid, G., Motzko, C. (Kalkulation, Preisbildung und Controlling in der Bauwirtschaft 2013)

³³⁴ Vgl. Schweizerischer Baumeisterverband (Inventargrunddaten (IGD) 2013)

³³⁵ Vgl. Schweizerischer Baumeisterverband (Betriebsinterne Verrechnungssätze (BIV) 2013)

Unter **Amortisation** wird die Tilgung einer Schuld als Rückfluss des Kapitaleinsatzes verstanden.³³⁶ Während man im Zuge einer detaillierten Berechnung am Ende der Nutzungsdauer einen Restwert definieren kann, so wird in einer vereinfachten Berechnung angenommen, dass am Ende der Nutzungsdauer des Gerätes ein Wert von 0 besteht. Als vereinfachte Annahme wird in der vorliegenden Kalkulation von einer linearen Abschreibung ausgegangen.

$$\text{Amortisation} = \frac{\text{Neuwert (NW)}}{\text{Nutzungsdauer (ND)}} \quad [\text{CHF / Jahr}]$$

Wird im Zuge der Berechnung ein Restwert des Inventars berücksichtigt, der den Wiederverkaufswert des Gerätes darstellt, so ergeben sich daraus folgende Amortisationskosten:

$$\text{Amortisation} = \frac{\text{Neuwert (NW)} - \text{Restwert (RW)}}{\text{Nutzungsdauer (ND)}} \quad [\text{CHF / Jahr}]$$

In weiterer Folge wird die **Verzinsung** mit 6% (als konstanter Wert aus den Betriebsinternen Verrechnungssätzen BIV³³⁷) als Art der Vergütung für ausgeliehenes bzw. eingesetztes Kapital berücksichtigt sowie ein Ansatz für **Feuer- und Elementarrisiken** entsprechend der Angaben der Versicherungsgesellschaften miteinberechnet.

Zusätzlich zu oben genannten Fixkosten müssen ebenso **Stationierungskosten** in der Höhe von 2% des Neuwertes pro Jahr angesetzt werden, um die Aufwände des Werkhofes (z. B. Platzbeanspruchung, Verwaltung, etc.) zu berücksichtigen. Bild 95 zeigt die Berechnung für Abschreibung, Verzinsung und Stationierung (AVS) pro Jahr.

³³⁶ Vgl. Girmscheid, G., Motzko, C. (Kalkulation, Preisbildung und Controlling in der Bauwirtschaft 2013)

³³⁷ Vgl. Schweizerischer Baumeisterverband (Betriebsinterne Verrechnungssätze (BIV) 2013)

 Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement Professur für Bauprozess- und Bauunternehmensmanagement Prof. Dr.-Ing. Gerhard Girmscheid		City Cat 2020 - Basis: IGD 2013	
Berechnung - AVS pro Jahr			
Amortisatir	$\frac{\text{Neuwert (NW)}}{\text{Nutzungsdauer (ND)}}$	=	$\frac{180000}{8} = 22500.00 \text{ CHF}$
Verzinsung	$\frac{\text{Neuwert (NW)} \times \text{Zinssatz (ZS)}}{2 \times 100}$	=	$\frac{180000}{2} \times \frac{6}{100} = 5400.00 \text{ CHF}$
Feuer-/Elementarrisiko	$\text{Neuwert (NW)} \times \frac{\text{Feuer-/Elementarrisiko (FE)}}{100}$	=	$180000 \times \frac{0.59}{100} = 1062.00 \text{ CHF}$
Stationierung	$\text{Neuwert (NW)} \times \frac{\text{Stationierung (S)}}{100}$	=	$180000 \times \frac{2}{100} = 3600.00 \text{ CHF}$
		Jahreskosten	= 32562.00 CHF
Berechnung - AVS pro Vorhaltemonat			
Ansatz in CHF pro Monat	$\frac{\text{Jahreskosten} \times 30}{\text{Verrechnungstage (VT)}}$	=	$\frac{32562.00 \times 30}{210} = 4651.71 \text{ CHF}$
Ansatz in % pro Monat	$\frac{\text{Ansatz in CHF pro Monat} \times 100}{\text{Neuwert (NW)}}$	=	$\frac{4651.71 \times 100}{180000} = 2.58 \%$
Berechnung - AVS pro Einsatzstunde (EH)			
Ansatz in CHF pro Stunde	$\frac{\text{Ansatz in CHF pro Monat} \times \text{Verrechnungstage (VT)}}{\text{Einsatzstunden} \times 30}$	=	$\frac{4651.71 \times 365}{1500 \times 30} = 37.73 \text{ CHF}$

Bild 95: Inventarkalkulation - AVS pro Jahr

In weiterer Folge müssen die anfallenden Kosten für zusätzliche Versicherungen und Gebühren als Prozentsatz pro Jahr in Bezug auf den Neuwert berücksichtigt werden. Darunter fallen Versicherungen wie Haftpflicht, Verkehrssteuern und Gebühren und des Weiteren Maschinenbruch- und Kaskoversicherung, sowie diverse Selbstbehalte. Bild 96 zeigt die Berechnung der zusätzlichen Versicherungen und Gebühren pro Jahr auf Basis der Inventargrunddaten.

 Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement Professur für Bauprozess- und Bauunternehmensmanagement Prof. Dr.-Ing. Gerhard Girmscheid		City Cat 2020 - Basis: IGD 2013	
Berechnung - Zusätzliche Versicherungen und Gebühren pro Jahr			
HV	Haftpflicht	IGD, Spalte 7	= 475.00 CHF
V	Verkehrssteuer	IGD, Spalte 8	= 190.00 CHF
G	Gebühren - Sonderbewilligungen - Schwerverkehrsabgabe	IGD, Spalte 9	= 600.00 CHF
MB	Maschinenbruchversicherung	IGD, Spalte 22	$\text{Neuwert (NW)} \times \frac{\text{MB}}{100} = \text{ } \times \frac{\text{ } }{100} = 0.00 \text{ CHF}$
KV	Kaskoversicherung	IGD, Spalte 23	$\text{Neuwert (NW)} \times \frac{\text{KV}}{100} = 180000 \times \frac{0.50}{100} = 900.00 \text{ CHF}$
SB	Selbstbehalt Kasko	IGD, Spalte 24	$\text{Kasko (KV)} \times \frac{\text{SB}}{100} = 900 \times \frac{25.00}{100} = 225.00 \text{ CHF}$
		Jahreskosten	= 2390.00 CHF

Bild 96: Inventarkalkulation - Zusätzliche Versicherungen und Gebühren

Darunter fallen:

- Kosten für Reparaturen und Revisionen (rr)
- Kosten für Energie und
- Kosten für Schmiermittel (SM)
- Bedienungs- und Wartungskosten (BW)

$$K_{LM, var}^{\Phi} = \left. \left\{ \alpha, \beta, \gamma, \dots \right\} \right|_{t=0}^{t=n} = \left(K_{\Omega}^{rr} + K_{\Omega}^{Energie} + K_{\Omega}^{SM} + K_{\Omega}^{BW} \right) \Big|_{t=0}^{t=n}$$

Mit

$K_{LM, var}^{\Phi}$	Totale variable Kosten des Inventars	[CHF]
K_{Ω}^{rr}	Kosten für Reparatur und Revision	[CHF]
$K_{\Omega}^{Energie}$	Kosten für Energie	[CHF]
K_{Ω}^{SM}	Kosten für Schmiermittel	[CHF]
K_{Ω}^{BW}	Bedienungs- und Wartungskosten	[CHF]

Die Kostengruppe der **Reparatur- und Revisionskosten** umfassen die Kosten für Verschleiss- und Ersatzteile sowie für kleinere Servicearbeiten, die notwendig werden unter der Annahme einer angemessenen Wartung. Unter Revision wird die tägliche Überprüfung des Zustandes des Gerätes durch den Fahrer verstanden. Anmerkend sei festgestellt, dass es sich hierbei um eine stark vereinfachte Annahme handelt, die die Kosten aus Reparatur- und Revision gleichmässig über die Nutzungsdauer verteilt. Da es sich um einen prozentualen Wert in Bezug auf den Neuwert des Inventars handelt, wird nicht auf die tatsächlich geleisteten Betriebs- bzw. Einsatzstunden Rücksicht genommen. So bleiben beispielsweise die Kosten für Servicemassnahmen im Betrachtungsintervall konstant, während bei einer tatsächlichen Mehrnutzung des Inventars sich die Servicekosten aufgrund höherer Belastungen des Gerätes erhöhen würden. Diese Annahmen müssen daher nutzerspezifisch festgelegt und laufend überprüft werden.

 Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement Professur für Bauprozess- und Bauunternehmensmanagement Prof. Dr.-Ing. Gerhard Girmscheid		City Cat 2020 - Basis: IGD 2013	
Berechnung - Reparatur und Revision (RR) pro Monat			
Ansatz in CHF pro Me	$\frac{\text{Neuwert (NW)} \times \text{Reparatur/Revision (rr)} \times 30}{\text{Nutzungsdauer (ND)} \times \text{Verrechnungstage (VT)} \times 100}$	$= \frac{180000}{8} \times \frac{100}{210} \times \frac{30}{100}$	= 3214.29 CHF
Ansatz in % pro Monat	$\frac{\text{Ansatz in CHF pro Monat} \times 100}{\text{Neuwert (NW)}}$	$= \frac{3214.29}{180000} \times 100$	= 1.79%
Berechnung - Reparatur und Revision (RR) pro Einsatzstunde (EH)			
Ansatz in CHF pro St	$\frac{\text{Ansatz in CHF pro Monat} \times \text{Verrechnungstage (VT)}}{\text{Einsatzstunden (EH)} \times 30}$	$= \frac{3214.29}{600} \times \frac{210}{30}$	= 37.50 CHF

Bild 98: Inventarkalkulation - Reparatur und Revision

Energie- und Schmiermittelkosten berücksichtigen den Verbrauch von flüssigen, gasförmigen, festen Betriebsstoffen, Heizöl, Schmierstoffen und auch elektrischer Energie. Die Energiekosten werden in Abhängigkeit zur Motorleistung und Energieart bestimmt. Die aktuellen Werte werden jedes Jahr neu in den Betriebsinternen Berechnungssätzen BIV publiziert.³³⁸

 Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement Professur für Bauprozess- und Bauunternehmensmanagement Prof. Dr.-Ing. Gerhard Girmscheid		City Cat 2020 - Basis: IGD 2013	
Berechnung - Energiekosten pro Einsatzstunde (EH)			
Verbrennungsmotor:			
EK pro Stunde	$\frac{\text{Motorenleistung (P)} \times \text{Anzahl} \times \text{Energieverbrauch (EV)} \times \text{Energiepreis (EP)}}{100} =$	$\frac{60 \times 1 \times 0.17 \times 1.88}{100} =$	19.18 CHF
Elektromotor:			
EK pro Stunde	$\frac{\text{Motorenleistung (P)} \times \text{Anzahl} \times \text{Energieverbrauch (EV)} \times \text{Energiepreis (EP)}}{100} =$	$\frac{\quad \times \quad \times \quad \times \quad}{100} =$	0.00 CHF
Druckluftmotor:			
EK pro Stunde	$\frac{\text{Motorenleistung (P)} \times \text{Anzahl} \times \text{Energieverbrauch (EV)} \times \text{Energiepreis (EP)}}{100} =$	$\frac{\quad \times \quad \times \quad \times \quad}{100} =$	0.00 CHF
Energiekosten von Maschinen mit mehreren Motoren:			
EK pro Stunde	$\sum_{i=1}^n EK_i$	=	19.18 CHF

Bild 99: Inventarkalkulation - Energiekosten pro Einsatzstunde

Zu den **Bedienungs- und Wartungskosten** zählen die Lohnstunden für Arbeiter und Maschinisten. Tätigkeitsorientiert fallen darunter die alltäglichen Aufgaben des Maschinisten wie Auftanken, Reinigen des Inventars, Ölwechsel, etc. Obwohl es sich bei den Bedienungskosten im Wesentlichen um Lohnkosten handelt, werden diese dem Inventar zugerechnet, um so output-orientierter die Kosten vergleichen und bewerten zu können.

 Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement Professur für Bauprozess- und Bauunternehmensmanagement Prof. Dr.-Ing. Gerhard Girmscheid		City Cat 2020 - Basis: IGD 2013	
Berechnung - Schmiermittelkosten pro Einsatzstunde (EH)			
SK pro Stunde	$\frac{\text{Energiekosten (EK)} \times \text{Schmiermittelverbrauch (SV)}}{100} =$	$\frac{19.20 \times 25}{100} =$	4.80 CHF
SK pro Stunde	$\frac{\text{Schmiermittelkosten (SK)}}{\text{Einsatzstunden}} =$	$\frac{\quad}{\quad} =$	

Bild 100: Inventarkalkulation - Schmiermittelkosten pro Einsatzstunde

Im vorliegend Inventar-Kalkulationsbeispiel wird von einer selbstfahrenden Kehrmaschine des Typs CityCat 2020 ausgegangen mit einem Neuwert von CHF 180 000.³³⁹ Auf Basis vorhandener Erfahrungswerte wird von einer Wartung von vier Stunden wöchentlich ausgegangen, was einem Wartungsfaktor von 0,10 entspricht.

³³⁸ Vgl. Schweizerischer Baumeisterverband (Betriebsinterne Verrechnungssätze (BIV) 2013)

³³⁹ Vgl. Schweizerischer Baumeisterverband (Inventargrunddaten (IGD) 2013); Pos. 566.132 (BIV)

In die Berechnung der Schmiermittelkosten werden dann die Energiekosten miteinbezogen, wenn das Gerät über einen Motor verfügt. Ist dies nicht der Fall, so wird lediglich das Verhältnis von Schmiermittelkosten (SK) zu Einsatzstunden berechnet.³⁴⁰

Berechnung der inventarspezifischen Gesamtkosten

Zusammengefasst kann die Berechnung der Inventarkosten als Summe der fixen und variablen Kosten nach folgender Formel erfolgen:

$$K_{LM}^{\Phi} = \left\{ \alpha, \beta, \gamma, \dots \right\} \Bigg|_{t=0}^{t=n} = \left(K_{\Omega}^{AVS} + K_{\Omega}^{V+G} + K_{\Omega}^{rr} + K_{\Omega}^{Energie} + K_{\Omega}^{SM} + K_{\Omega}^{BW} \right) \Bigg|_{t=0}^{t=n}$$

$\{\alpha, \beta, \gamma, \dots\}$ = Leistungsmodul-Varianten

Bild 101 zeigt die Auflistung der Fixkosten pro Jahr und pro Leistungsmodul sowie die variablen Kosten pro Einsatzstunde [CHF/h] zusammengefasst, basierend auf den jeweiligen Kalkulationsgrundlagen nach BIV und IGD des Schweizerischen Baumeisterverbandes.

³⁴⁰ Vgl. Schweizerischer Baumeisterverband (Inventargrunddaten (IGD) 2013), S. 23

6.4.1.3 Inventarkosten einer Grosskehrmaschine

Analog zur einleitenden Berechnung einer Kleinkehrmaschine kann die Kalkulation einer Grosskehrmaschine erfolgen. Die Grosskehrmaschine des Typs City Cat 5000 entspricht einer selbstfahrenden Strassenreinigungsmaschine (BIV Pos-Nr.: 566.142). Die Grundlagen zur Kostenkalkulation sind in Tabelle 22 dargestellt.

Tabelle 22: Kalkulationsgrundlagen einer Grosskehrmaschine

Gerät	City Cat 5000	
Strassenreinigungsmaschine, sf	Pos-Nr.:	566.142
Kalkulationsgrundlagen	Einheit	SBIL / BIV
Mittlerer Neuwert	[CHF]	235000
Nutzungsdauer	[Jahre]	8
Zinssatz ZS	[%]	6
Stationierung	[%]	2
Rr	[%]	100
Vorhaltezeit VT	[d]	210
	[Monate]	7
Einsatzstunden pro Jahr	[h]	600
Motorleistung	[kW]	120
Energieverbrauch Antrieb	[l/kWh, %]	0.17
Schmiermittelverbrauch	[%]	25
Energiekosten	[CHF/l]	1.88
Wartungsfaktor	[-]	0.2
Maschinenlohn (M2)	[CHF/h]	68

Der Neuwert wird laut BIV mit CHF 235'000 angesetzt bei einer Nutzungsdauer von acht Jahren. Massgebend in der Inventarkalkulation ist, dass die Einsatzstunden pro Jahr zur Berechnung konstant mit 600 h angenommen wurden. In der Berechnung der Durchschnittskosten pro gefahrenen Kilometer wird sich deutlich die Senkung der Kosten bei höherer Auslastung des Gerätes zeigen.

Gemäss empirischer Erhebungen³⁴¹ werden vier Stunden wöchentlich für die Wartung aufgewendet. Der Wartungsfaktor wird mit 0.2 angesetzt.

Die Energiekosten werden mit dem konstanten Wert der BIV berechnet. Der Verbrauch pro Einsatzstunde beträgt 7.3 l Diesel. Damit liegt der Verbrauch deutlich höher als bei den City Cats 2020 (5.4 l). Damit werden die Kosten für die Energie etwa halb so gross im Vergleich zu den Werten der BIV.

³⁴¹ Vgl. Girmscheid, G., Koller, L. (Management im betrieblichen Strassenunterhalt 2014), Empirische Studie Teil B

Tabelle 23: Berechnung der Kosten für eine Grosskehrmaschine

Kosten - City Cat 5000	IGD / BIV (2013)	
	CHF	% vom NW
Fixkosten		
Amortisation	29375.00	12.50
Verzinsung (6% pro Jahr)	7050.00	3.00
Feuer- und Elementarrisiko (0.59% pro Jahr)	1386.50	0.59
Stationierung	4700.00	2.00
AVS - Jahreskosten	42511.50	18.09
Haftpflicht (IGD, Spalte 7)	475.00	0.20
Verkehrssteuer (IGD, Spalte 8)	380.00	0.16
Gebühren (IGD, Spalte 9)	2000.00	0.85
Maschinenbruch (IGD, Spalte 22)	0.00	0.00
Kaskoversicherung (IGD, Spalte 23, 0.5%)	1175.00	0.50
Selbstbehalt (IGD, Spalte 24, 25%)	293.75	0.13
Total zus. Versicherungen und Gebühren pro Jahr	4323.75	1.84
Total zus. Versicherungen und Gebühren pro Monat	617.68	0.26
Total fixe Kosten pro Jahr	46835.25	19.93
Total Fixkosten pro Vorhaltemonat	6690.75	2.85
Total fixe Kosten pro Einsatzstunde	78.06	
Variable Kosten		
Reparatur und Revision pro Jahr	29375.00	12.50
Reparatur und Revision pro Monat	4196.43	1.79
R+R pro Stunde	48.96	0.02
Energie pro Stunde	38.35	0.02
Schmiermittel (25% von Energie)	9.59	0.00
Wartungskosten pro Stunde		
Total variable Kosten pro Jahr	58139.00	
Total variable Kosten pro Stunde	96.90	
Total fixe und variable Kosten pro Jahr	104974.25	
Total fixe und variable Kosten pro Einsatzstunde	174.96	

Tabelle 23 zeigt die Kalkulation einer Grosskehrmaschine, wobei totale fixe und variable Kosten pro Einsatzstunde von ca. 175 CHF resultieren.

6.4.1.4 Inventarkosten einer Kleinstkehrmaschine

Das Egholm-Gerätsystem besteht aus einem Kleinst-Kommunalträgerfahrzeug eine Kehraufbau und der Ausrüstung für den Winterdienst. In mehreren Schweizer Städten werden sie mit Kehr-/Saugaufbau in der Reinigung und mit Pflug und Salzstreuer im Winterdienst eingesetzt.

Der Egholm City Ranger 2200 T entspricht am ehesten einem Kleintraktor (BIV Pos-Nr.: 295.112). Die Grundlagen zur Kostenkalkulation sind in Tabelle 24 dargestellt.

Tabelle 24: Kalkulationsgrundlagen einer Kleinstkehrmaschine

Gerät	Egholm City Ranger	
Kleinst-KGT / Traktor	Pos-Nr.:	295.112
Kalkulationsgrundlagen	Einheit	SBIL / BIV
Mittlerer Neuwert	[CHF]	60000
Nutzungsdauer	[Jahre]	12
Zinssatz ZS	[%]	6
Stationierung	[%]	2
rr	[%]	80
Einsatztage / Vorhaltezeit VT	[d]	210
	[Monate]	7
Einsatzstunden pro Jahr	[h]	600
Motorleistung	[kW]	50
Energieverbrauch Antrieb	[l/kWh]	0.15
Schmiermittelverbrauch	[%]	5
Energiekosten	[CHF/l]	1.88
Wartungsfaktor	[-]	0.05
Maschinenlohn (M2)	[CHF/h]	68

Der Neuwert wird laut BIV mit CHF 60'000 veranschlagt bei einer Nutzungsdauer von ca. 12 Jahren. Die Werte für die Gebühren und Verkehrssteuern werden von den IGD übernommen. Gemäss empirischer Auswertungen³⁴² werden je Einsatz zwischen 2.6 und vier Stunden wöchentlich für die Wartung aufgewendet (inklusive Aufbauten). Als Annahme wird ein Wartungsfaktor von 0.05 gewählt.

³⁴² Vgl. Girmscheid, G., Koller, L. (Management im betrieblichen Strassenunterhalt 2014), Empirische Studie Teil B

Tabelle 25: Berechnung der Kosten für Egholm City Ranger 2200 T

Kosten - Egholm City Ranger	IGD / BIV (2013)	
	CHF	% vom NW
Fixkosten		
Amortisation	5000.00	8.33
Verzinsung (6% pro Jahr)	1800.00	3.00
Feuer- und Elementarrisiko (0.59% pro Jahr)	354.00	0.59
Stationierung	1200.00	2.00
AVS - Jahreskosten	8354.00	3.55
Haftpflicht (IGD, Spalte 7)	417.00	0.18
Verkehrssteuer (IGD, Spalte 8)		0.00
Gebühren (IGD, Spalte 9)		0.00
Maschinenbruch (IGD, Spalte 22)	0.00	0.00
Kaskoversicherung (IGD, Spalte 23, 0.5%)	744.00	1.24
Selbstbehalt (IGD, Spalte 24, 35%)	186.00	0.31
Total zus. Versicherungen und Gebühren pro Jahr	1347.00	2.25
Total zus. Versicherungen und Gebühren pro Monat	192.43	0.32
Total fixe Kosten pro Jahr	9701.00	16.17
Total Fixkosten pro Vorhaltemonat	1385.86	2.31
Total fixe Kosten pro Einsatzstunde	16.17	
Variable Kosten		
Reparatur und Revision pro Jahr	5000.00	8.33
Reparatur und Revision pro Monat	714.29	1.19
R+R pro Stunde	8.33	0.01
Energie pro Stunde	14.10	0.02
Schmiermittel (5% von Energie)	0.71	0.00
Wartungskosten pro Stunde		
Total variable Kosten pro Jahr	13883.00	
Total variable Kosten pro Stunde	23.14	
Total fixe und variable Kosten pro Jahr	23584.00	
Total fixe und variable Kosten pro Einsatzstunde	39.31	

Die Kostenkalkulation des Egholm ist in Tabelle 23 dargestellt und liefert total fixe und variable Kosten pro Einsatzstunde in der Höhe von CHF 39,31. Es ist zu berücksichtigen, dass es sich dabei lediglich um Kosten des Trägergerätes handelt. Ferner gilt es, Kosten für diverse Aufbauten wie Salzstreuer etc. gesondert zu berechnen.

6.4.2 Aufstellen der Prozessleistungs-Kosten-Funktion

Zur Erreichung eines Prozessleistungs-Kosten-Modells (Teilmodell I) werden die in den vorherigen Kapiteln diskutierten Ergebnisse zusammengeführt.

Dazu erfolgt eine Synthese der Ergebnisse aus der vorgestellten Leistungsberechnung der Unterhaltsgeräte und den kalkulierten Kosten, um so die Einheitskosten je Gerät und Leistungsmodul zu berechnen. Diese sollen in weiterer Folge den Gesamtkosten in Abhängigkeit von den geleisteten/geführten Kilometern pro Jahr gegenübergestellt werden.

Auf Basis der in Kapitel 6.3.2 beschriebenen Leistungsberechnung wird nun die Ermittlung einer Kilometerleistung pro Stunde dargestellt. Ausgehend von einer theoretischen Grundleistung unter Berücksichtigung der Betriebsbeiwerte sowie der technischen und dynamischen Abminderungsfaktoren erfolgt die Kalkulation der Leistung folgendermassen (Bild 102):

$$Q_N^{\Omega} = Q_T^{theo} * (\eta_1 * \eta_2 * \eta_3) * (k_G * k_Z * k_B) * (k_W * k_V * k_{spez.})$$

Bild 102 zeigt die stufenweise Berechnung von drei Leistungsmodulen mit dem Ziel, die eigentliche Nutzleistung des Gerätes zu berechnen.

Gerätetyp	Theoretische Geschwindigkeit [km/h]	Betriebsbeiwerte ($\eta_1 * \eta_2 * \eta_3$)	Technische Abminderungsfaktoren ($k_G * k_Z * k_B$)	Dynamische Abminderungsfaktoren ($k_W * k_V * k_{spez.}$)	Nutzleistung Q_N^{Ω}		
					[km/h]	[km/Tag]	[km/Jahr]
LM1	6.5	1,0 * 1,0 * 1,0	1,0 * 0,9 * 1,0	0,9 * 0,9 * 0,7	3.0	16.2	4082
LM2	12	1,0 * 1,0 * 1,0	1,0 * 0,9 * 1,0	0,9 * 0,9 * 0,7	5.5	29.7	7484
LM3	33	1,0 * 1,0 * 1,0	1,0 * 0,9 * 1,0	0,9 * 0,9 * 0,7	15	81	20'412
... * ... * * ... * * ... *

Annahme: Soll-Arbeitszeit = 252 Tage pro Jahr mit 8,4 h/Tag mit:
0,5 h Revision/Wartung – 0,5 h Mittagspause – 0,5 h An- und Abfahrt Werkhof – 1,0 h betriebsbedingte Wartezeiten – 0,5 h Nachbereitung/Wartung
= wertschöpfende Arbeitszeit 5,4 h/Tag

Bild 102: Berechnung der gerätespezifischen Leistungsgrenzen

Für eine Kleinkehrmaschine des Typs City Cat 2020 beispielsweise ergibt sich somit eine Leistung von 5,5 km pro Stunde bzw. ca. 30 km pro Tag. Es wird von einer wertschöpfenden, produktiven Arbeitszeit von 5,4 Stunden pro Tag bzw. von 252 Arbeitstagen pro Jahr ausgegangen.³⁴³ Es ist zu beachten, dass es sich bei den vorliegenden Abminderungsfaktoren um Annahmen handelt, die nicht empirisch überprüft wurden. Die Bestimmung dieser Faktoren muss im Einzelfall und gemeindespezifisch durchgeführt werden.

Das Wissen um die erreichbare tatsächliche Nutzleistung ist unerlässlich, um in weiterer Folge eine Kosten-Leistungsfunktion je Unterhaltsgerät ableiten zu können.

³⁴³ Vgl. Schweizerischer Baumeisterverband (Landesmantelvertrag für das schweizerische Bauhauptgewerbe 2011);
Annahme: Soll-Arbeitszeit = 252 Tage pro Jahr mit 8,4 h/Tag mit:
0,5 h Revision/Wartung – 0,5 h Mittagspause – 0,5 h An- und Abfahrt Werkhof – 1,0 h betriebsbedingte Wartezeiten
– 0,5 h Nachbereitung/Wartung = wertschöpfende Arbeitszeit 5,4 h/Tag

Basierend auf der in Bild 102 dargestellten Leistungsberechnung können **gerätespezifische Leistungsgrenzen** (maximale Nutzleistung) errechnet werden, die die Grundlage für die Zusammenstellung der Gerätecluster bilden.

Im Folgenden wird auf Basis der in Kapitel 4.2.1 beschriebenen Kostentheorie die Berechnung der Leistungs- und Kostenfunktion der jeweiligen Leistungsmodule erläutert.

Im ersten Schritt gilt es, die aus der Inventarkalkulation gewonnenen fixen und variablen Kosten zu einer Gesamtkostenfunktion zusammenzufügen:

$$K_{CC2020}^{SR}(x) = K_{CC2020}^{SR}(x) = K_{CC2020,fix}^{SR} + K_{CC2020,var}^{SR}(x)$$

Zur realitätsnahen Abbildung der Kostenstruktur wird bei der Berechnung der Gesamtkosten der Aspekt berücksichtigt, dass nicht alle variablen Kosten auch zwangsläufig linear (proportional) steigen, sondern bei steigender Auslastung auch **progressive, variable Kosten** anfallen.

Während beispielsweise Energiekosten proportional mit den gefahrenen Kilometern steigen, so wird davon ausgegangen, dass im Besonderen Wartungs- und Reparaturkosten bei konstant hoher Auslastung des Gerätes progressiv zunehmen (Überbeanspruchung der Verschleissteile etc.).

Progressive Kosten können beispielsweise auch im Bereich der Personallöhne auftreten, indem für eine Erhöhung der Leistung zusätzliche Überstunden notwendig werden, die Zuschläge auf die Lohnkosten erforderlich machen. Diesem Umstand wird in der Aufstellung der Kostenfunktion Rechnung getragen, indem die anfallenden variablen Kosten in zwei Teile – proportionale und progressiv variable Kosten – gegliedert werden. Die Progression wird dabei mit 110% angenommen.

Die dazugehörige Kostenfunktion kann, resultierend aus der Berechnung der Inventarkalkulation einer Kleinkehrmaschine, folgendermassen beschrieben werden:

$$K_{CC2020}^{SR}(x) = K_{CC2020,var}^{SR} * x^p + K_{CC2020,var}^{SR} * x + K_{CC2020,fix}^{SR}$$

$$K_{CC2020}^{SR}(x) = 7.69x^{1.10} + 3.49 * x + 34'395$$

Der aus der Kostenfunktion resultierende Verlauf der fixen und variablen Kosten sowie der Gesamtkostenverlauf sind in Bild 103 ersichtlich. Besonderes Augenmerk sei auf die Sprünge im Kostenverlauf zu legen, die auf so genannte **sprungfixe bzw. intervallfixe Kosten** hinweisen.

Sprungfixe Kosten erhöhen sich in bestimmten Intervallen (im vorliegenden Fall nach Erreichung der gerätespezifischen Leistungsgrenze) sprunghaft mit der Zunahme der Laufvariable x (z. B. Kilometer).³⁴⁴ Sprungfixe Kosten veranschaulichen beispielsweise den Zukauf eines weiteren Gerätes, das notwendig wird, sobald die vordefinierte gerätespezifische Leistungsgrenze (siehe Bild 102) erreicht wurde.

³⁴⁴ Vgl. Berndt, R., Cansier, A. (Produktion und Absatz 2007), S. 59

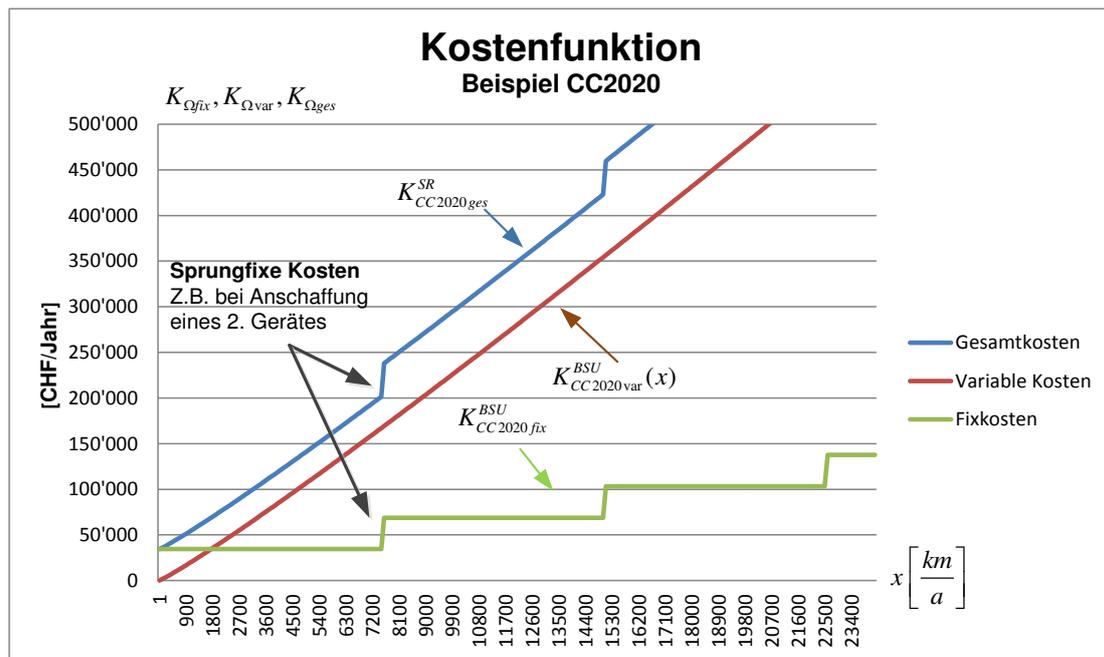


Bild 103: Kostenfunktion - Fixe, variable und Gesamtkosten (CC2020)

Für die Entwicklung der Kostenfunktion für ein Leistungsmodul bestehend aus mehreren Unterhaltungsgeräten sind Kenntnisse über die jeweiligen Leistungsgrenzen unerlässlich. Anhand folgender Berechnungsformel können die Kosten in Abhängigkeit der Geräteanzahl dargestellt werden:

$$K_{\Omega}^{BSU} = K_{\Omega}^{BSU}(x) = \left[n_{\Omega} * K_{\Omega}^{BSU, fix} \right] + K_{\Omega}^{BSU, var}(x)$$

mit

$$n_{\Omega} = \begin{cases} 1 & \text{wenn } 0 \leq x \leq AL_{\Omega, max}^1 \\ \left\lceil \frac{x}{AL_{\Omega, max}^1} \right\rceil & \text{wenn } x > AL_{\Omega, max}^1 \end{cases}$$

n_{Ω}	Anzahl der benötigten Geräte	[ME]
x	Netzgrösse	[km/Jahr]
$AL_{\Omega, max}^1$	maximaler Auslastungsgrad (= gerätespezifische Leistungsgrenze)	[km/Jahr]

Die Sprünge in den jeweiligen Kostenverläufen sind insbesondere bei der Wahl eines geeigneten Geräteclusters zu berücksichtigen, da sie wesentlichen Einfluss auf die Gesamtkosten haben und somit je nach Anzahl der benötigten Geräte unterschiedliche Gesamtkosten des Geräteclusters verursachen können.

Wie einleitend erwähnt, ist bei der Berechnung der Gesamtkosten pro Jahr im Besonderen der erreichte **Auslastungsgrad** des Inventars entscheidend. Dieser kann folgendermassen in die Berechnung der Gesamtkosten integriert werden:

$$K_{\Omega}^{BSU}(Q, \Omega) = \left[n_{\Omega} * K_{\Omega fix}^{BSU} \right] + \frac{ME}{Q_{N, \Omega}} * K_{\Omega var}^{BSU}(x) \quad [\text{CHF/a}]$$

$$K_{\Omega}^{BSU}(Q, \Omega) \quad \text{Leistungs,- und geräteabhängige Gesamtkosten} \quad [\text{CHF/a}]$$

$$K_{\Omega fix}^{BSU} \quad \text{Geräteabhängige Fixkosten} \quad [\text{CHF/a}]$$

$$K_{\Omega var}^{BSU}(x) \quad \text{Geräte- und leistungsabhängige variable Kosten} \quad [\text{CHF/a}]$$

$$\frac{ME}{Q_{N, \Omega}} \quad \text{Auslastungsgrad des Gerätes – Quotient aus gefahrener Strecke zu geräteabhängiger Nutzleistung} \quad [\text{km/Jahr}]$$

Für die weitere Analyse der gerätespezifischen Kostenfunktion bedarf es einer genaueren Betrachtung der

- Durchschnitts- bzw. Einheitskosten (DGK, DFK und DVK) und der
- Grenzkosten (GK).

Die Durchschnittskosten (folgend DK) bezeichnet, bilden die Einheitskosten ab, wobei diese in einen variablen und einen fixen Kostenanteil gegliedert werden können. Werden die Gesamtkosten durch die Ausbringungsmenge (z. B. zurückgelegte Kilometeranzahl) dividiert, so erhält man die **Einheitskosten je Unterhaltsgeräte (DGK)**.

Die zugehörige geräteabhängige Funktion der Einheitskosten kann folgendermassen formuliert werden:

$$DK_{CC2020}^{SR} = \frac{K_{CC2020}^{SR}(x)}{x} = \frac{K_{CC2020 fix}^{SR}}{x} + \frac{K_{CC2020 var}^{SR}(x)}{x}$$

$$DK_{CC2020}^{SR} = \frac{K_{CC2020 fix}^{SR}}{x} + K_{CC2020 var}^{SR} * x + K_{CC2020 var}^{SR}$$

$$DK_{CC2020}^{SR} = \frac{34395}{x} + 7.69 * x^{0.1} + 3.49$$

Neben den Einheitskosten können zudem **fixe Einheitskosten** respektive durchschnittliche fixe Kosten (DFK) und **variable Einheitskosten** bzw. durchschnittliche variable Kosten (DVK) berechnet werden, die sich jeweils aus der Division der fixen respektive variablen Kosten durch die Ausbringungsmenge ergeben. Bei der Berechnung der Durchschnittskosten als lineare Kostenfunktion wird deutlich, dass mit steigender Ausbringungsmenge die fixen durchschnittlichen Kosten (DFK) deutlich sinken, während die variablen Durchschnittskosten pro Mengeneinheit konstant bleiben.

Im vorliegenden Fall handelt es sich um eine Kostenfunktion 2. Grades, weshalb sich der Verlauf der DVK geringfügig unterscheidet.

Die fixen Einheitskosten (DFK) und variablen Einheitskosten (DVK) am Beispiel einer Kleinkehrmaschine können folgendermassen abgebildet werden:

Fixe gerätespezifische Einheitskosten (DFK)

$$DFK_{CC2020}^{SR}(x) = \frac{K_{CC2020,fix}^{SR}}{x}$$

$$DFK_{CC2020}^{SR}(x) = \frac{34395}{x}$$

Variable gerätespezifische Einheitskosten (DVK)

$$DVK_{CC2020}^{SR}(x) = \frac{K_{CC2020,var}^{SR}(x)}{x}$$

$$DVK_{CC2020}^{SR}(x) = 7.69 * x^{1.10} + 3.49$$

Aus den errechneten Einheitskosten (DGK, DFK und DVK) ergeben sich die in Bild 104 dargestellten Kostenverläufe. Zur Erreichung eines kosteneffizienten Strassenunterhalts gilt es, die Einheitskosten pro Kilometer möglichst zu minimieren.

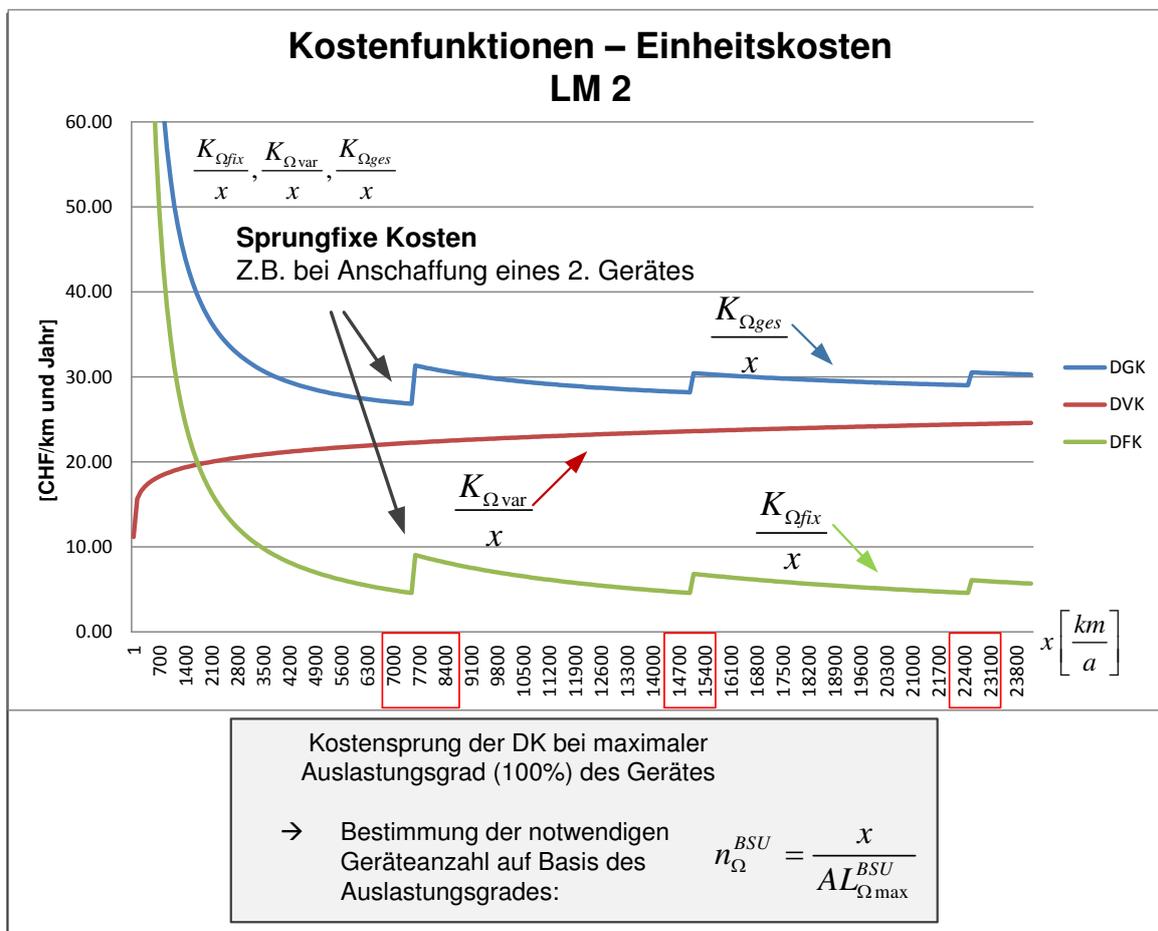


Bild 104: Abbildung der Einheitskosten einer Kleinkehrmaschine

Auf Basis der Kostengrößen Gesamtkosten und Durchschnittskosten sowie der gerätespezifischen Leistungsgrenzen können, wie in Bild 104 ersichtlich, die minimalen Durchschnittskosten den Inventar-Gesamtkosten je Leistungsmodul gegenübergestellt werden.

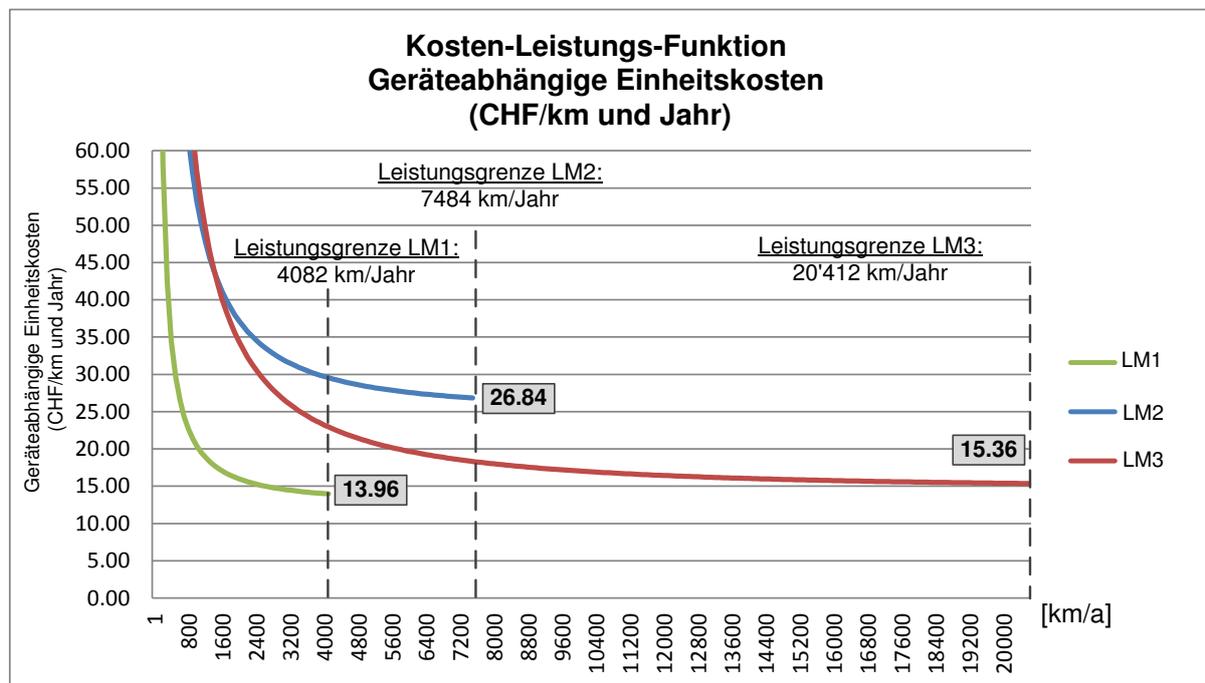


Bild 105: Kosten-Leistungs-Funktion in Abhängigkeit des Auslastungsgrades

Die **Grenzkosten** stellen die erste Ableitung der Kostenfunktion $K'(x)$ dar und entsprechen der Steigung der Kurve der Gesamtkostenfunktion. Zudem zeigen die Grenzkosten an, in welcher Höhe sich die Gesamtkosten verändern, wenn die Ausbringungsmenge eine Änderung um eine infinitesimal kleine Einheit erfährt.³⁴⁵

$$GK_{CC2020}^{SR}(x) = K_{CC2020}^{SR}{}'(x) = \frac{K_{CC2020}^{SR}(x)}{dx}$$

$$GK_{CC2020}^{SR}(x) = \frac{d}{dx} (7.69x^{1.10} + 3.49 * x + 34395)$$

$$GK_{CC2020}^{SR}(x) = 8.459 * x^{\frac{1}{10}} + 3.49$$

Grenzkosten beantworten somit die Frage, um wieviel die Gesamtkosten steigen, wenn die Ausbringungsmenge um eine Einheit erhöht wird. Dies bedeutet, dass sie eine kurzfristige Preisuntergrenze darstellen und wesentlich zum effizienten Mitteleinsatz beitragen.

Bild 106 verdeutlicht den Zusammenhang zwischen Gesamtkosten und Einheitskosten (DGK) und zeigt sehr deutlich, dass bei sehr geringer Auslastung des Gerätes hohe Einheitskosten pro Kilometer und Jahr anfallen, wohingegen die Gesamtkosten gesehen auf die volle Kilometerleistung des Gerätes pro Jahr einen

³⁴⁵ Vgl. Sommerer, G. (Produktions- und Kostentheorie 2001) S.36; Berndt, R., Cansier, A. (Produktion und Absatz 2007), S. 61

nur sehr leichten Anstieg aufweisen. Es soll daher Ziel einer jeden effizienten Organisation sein, die Durchschnittskosten eines Gerätes minimal werden zu lassen, um so einen kosteneffizienten Strassenbetriebsdienst zu gewährleisten.

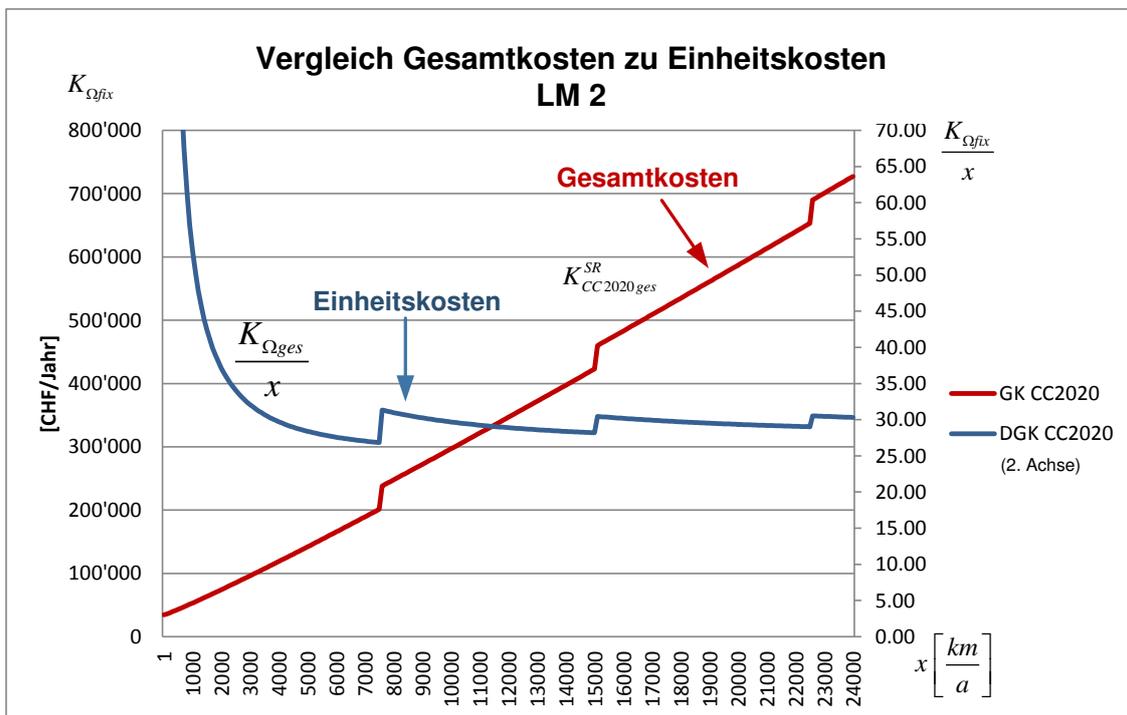


Bild 106: Vergleich der Gesamtkosten zu Einheitskosten - (Leistungsmodul 2)

Analog zum vorgestellten Beispiel kann eine Analyse der Kostenfunktion aller Leistungsmodule erfolgen, sodass jenes Gerätecluster bzw. jenes Leistungsmodul zum Einsatz kommt, das minimale Kosten aufweist (vgl. Kapitel 6.4.1).

$$K_{LM}^{\alpha} = \min \left\{ K_{LM}^{\{\alpha, \beta, \gamma, \dots\}} \mid \begin{matrix} t=n \\ t=0 \end{matrix} \right\} \quad \text{mit Annahme z. B. } \alpha \text{ als kostengünstigste Variante}$$

Bild 107 zeigt eine Zusammenfassung der Kostenanalyse eines Leistungsmodules LM_N^{Ω} in Abhängigkeit der gerätespezifischen Leistungsgrenze. Auf Basis der Leistungsberechnung unter Berücksichtigung der leistungsmindernden Faktoren, kann die Kostenanalyse hinsichtlich Gesamtkosten (mit K_{var} und K_{fix}) und der zugehörigen Durchschnittskosten (mit DVK und DFK) erfolgen.

Auf Basis einer solchen detaillierten Kosten- und Leistungsanalyse wird den Gemeinden eine optimale Entscheidungsbasis zur Inventarbeschaffung bzw. – bereitstellung geboten, die es erlaubt, einen optimalen Einsatzplan hinsichtlich effizient gestalteter Prozesse zu auszuarbeiten.

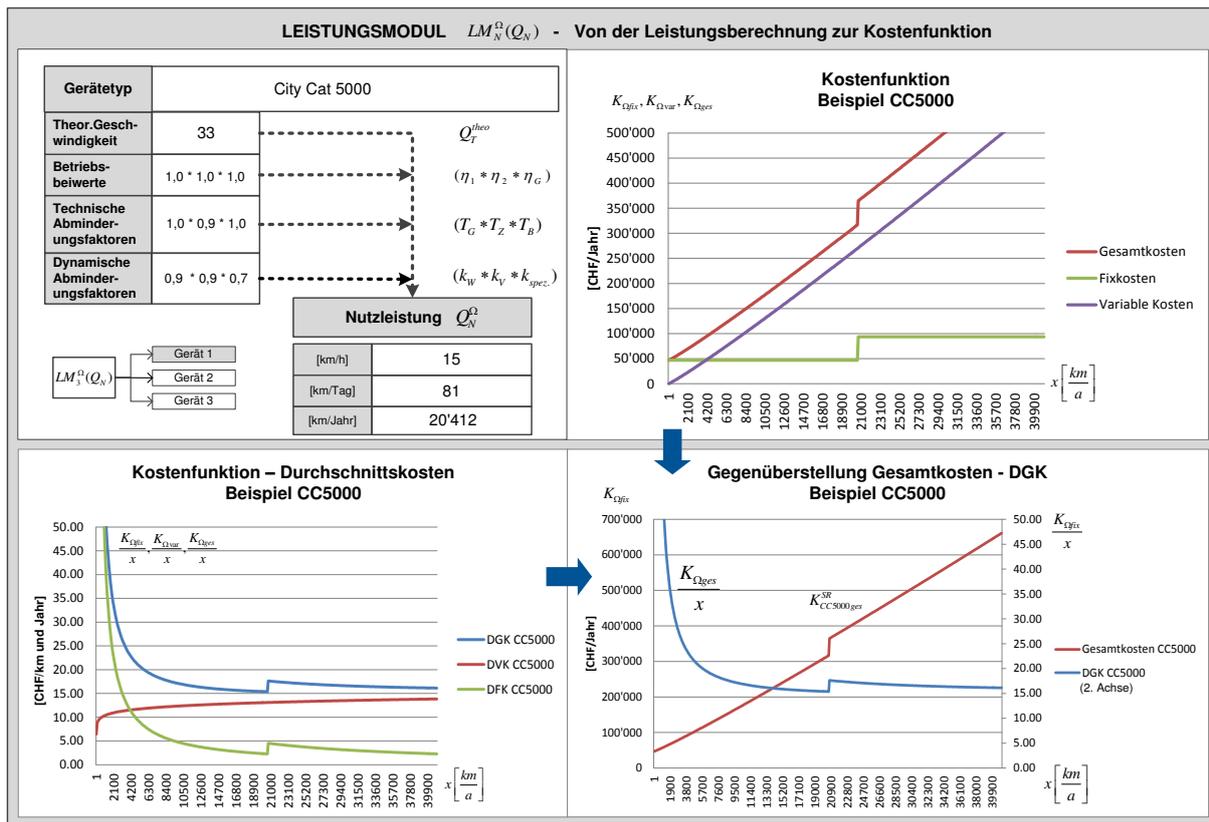


Bild 107: Leistungsmodul - Von der Leistungsberechnung zur Kostenfunktion

Beispiel: Zusammenstellung der Leistungsmodule

Im Folgenden wird ein Berechnungsbeispiel angeführt, das die Zusammenstellung eines kostenminimalen Geräteclusters zeigt.

Es wird angenommen, dass es sich beim vorliegenden zu bedienenden Strassennetzwerk um eine Netzgrösse von 20'000 [km] handelt, die sich in 16'000 [km] zu reinigende Strassenkilometer und weitere 4'000 [km] zu reinigenden Trottoir bzw. Plätze aufteilen. Ziel der vorliegenden Aufgabe ist es, den kostengünstigsten Gerätecluster für die Durchführung von Strassenreinigungsmassnahmen zu finden.

Zur Lösung der Aufgabe werden folgende zwei Varianten herangezogen:

- **Variante 1:** Durchführung der Reinigungsarbeiten mit zwei Leistungsmodulen LM2 und zwei Leistungsmodulen LM1
- **Variante 2:** Durchführung der Reinigungsarbeiten mit einem Leistungsmodul LM3 und zwei Leistungsmodulen LM1

Bild 108 zeigt die Aufstellung und Berechnung zu Variante 1 und Variante 2 der möglichen Gerätecluster.

Es ist ersichtlich, dass bei Variante 2 die Gesamtkosten pro Jahr geringer sind als bei Variante 1. Zudem weist Variante 2 niedrigere durchschnittliche Gesamtkosten pro geleistetem Kilometer und Jahr aus, sodass aus einer reinen Betrachtung der Gerätekosten nach dem ökonomischen Minimalprinzip der Variante 2 der Vorzug zu geben ist.

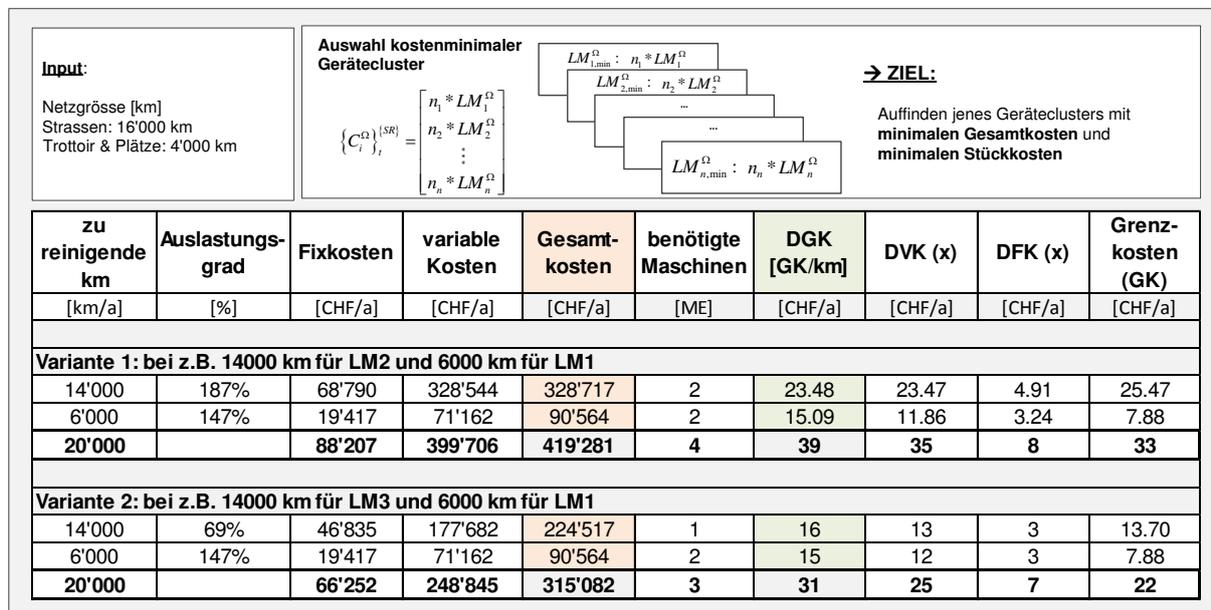


Bild 108: Beispielrechnung - Gerätecluster-Varianten für Strassenreinigungsmassnahmen

Bild 109 zeigt für die in die Berechnung miteinbezogenen Leistungsmodule LM1, LM2 und LM 3 die Höhe der jeweiligen Gesamtkosten und Einheitskosten (DGK) auf und stellt die Ergebnisse der in Bild 108 errechneten Kostengrössen grafisch dar. Es wird deutlich, dass sich beim Kauf neuer Unterhaltsgeräte Kostensprünge ergeben. Diese fallen abhängig vom jeweils gewählten Unterhaltsgerät mit der jeweiligen Leistungsgrenze unterschiedlich an.

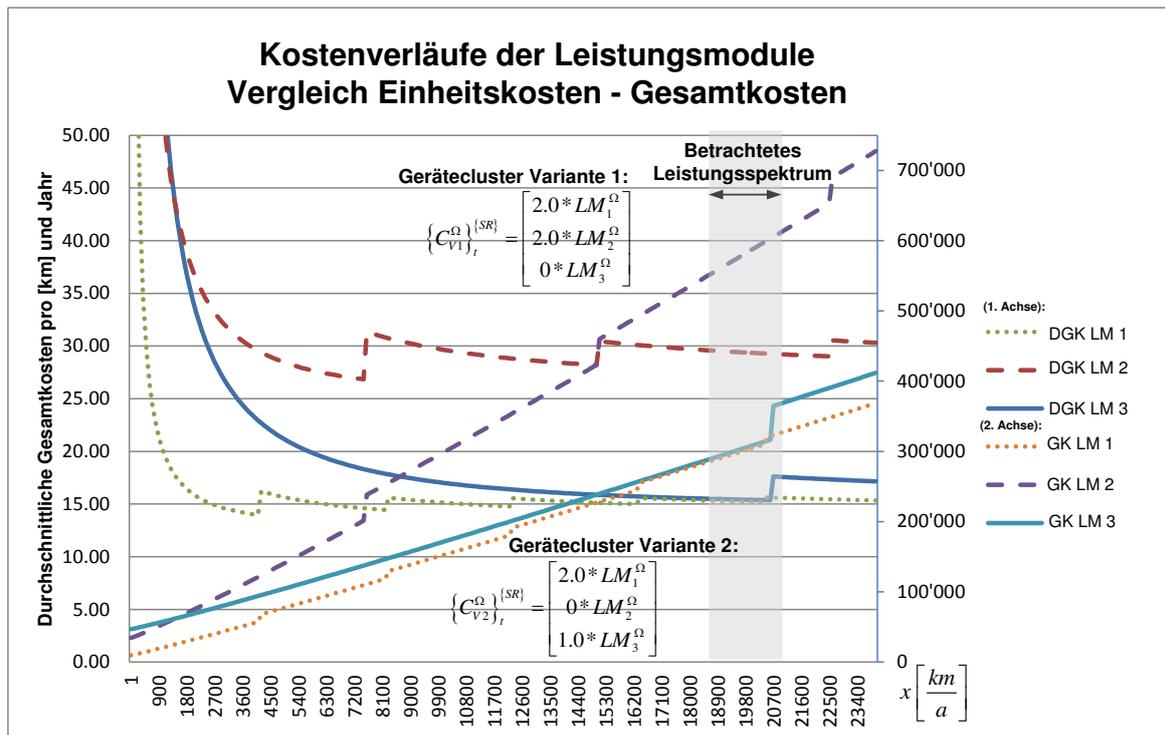


Bild 109: Leistungsmodule Strassenreinigung - Kostenverläufe Einheitskosten zu Gesamtkosten

6.4.3 Teilmodell I – Zusammenfassung und Fazit

Das Teilmodell I zur Optimierung der operativen Prozesse beantwortet die Frage, wie Leistungsparameter respektive Leistungskennzahlen im betrieblichen Strassenunterhalt zur Entscheidungsfindung in der öffentlichen Aufgabenerfüllung ausgearbeitet werden können. Nach einer theoretischen Einführung in das Forschungsgebiet der Leistungsmessung bzw. des Performance-Managements wurde detailliert auf die gerätespezifische Leistungsberechnung eingegangen.

Anhand einer systematisch strukturierten Leistungsberechnung wurde gezeigt, wie auf Basis der gerätespezifischen theoretischen Grundleistung durch leistungsvermindernde Faktoren eine tatsächlich mögliche Nutzleistung errechnet werden kann. Dabei wurden systematisch statische und veränderliche Abminderungsfaktoren ausgehend von der theoretischen Leistung definiert, die es in der Leistungsberechnung zu berücksichtigen gilt.

Zudem wurde vertieft auf die Kalkulation von Leistungsmodulen eingegangen, die die Basis für die Durchführung eines kosteneffizienten betrieblichen Unterhalts bildet. Es wurde gezeigt, welche Kostenanteile in der Inventarkalkulation berücksichtigt werden müssen, um gerätespezifische fixe und variable Kosten zu erhalten. Mithilfe der Kostentheorie wurde entscheidungsrelevante Kostengrößen wie Gesamtkosten, durchschnittliche Gesamtkosten bzw. gerätespezifische Einheitskosten sowie Grenzkosten abgeleitet.

Aus den berechneten Kosten- und Leistungsdaten wurde eine Kosten-Leistungsfunktion entwickelt, die eine Optimierung des Maschinenparks erlaubt und des Weiteren Leistungsgrenzen zur besseren Beurteilung des Auslastungsgrades des Inventars aufzeigt. Abschliessend wurde aufgezeigt, wie die Zusammensetzung der Leistungsmodule zu Geräteclustern erfolgen kann, um eine optimierte Kosten-Nutzen-Funktion zu erhalten unter Beachtung der gemeindespezifischen (Qualitäts-) Anforderungen.

Den kommunalen Entscheidungsträgern bzw. Ressortverantwortlichen wird somit eine Entscheidungsgrundlage geboten, die es ermöglicht, einerseits leistungsrelevante Daten abzurufen und zu berechnen und andererseits deren Kostenstruktur und die mit der Leistung verbundenen Kostengrössen zu beurteilen und dementsprechende Massnahmen zu setzen.

7 Operatives Prozessmodell – Werkhofstandort- und Routenoptimierung

Den Gemeinden kommt in der Schweiz eine besondere Rolle zu, da sie die kleinste Verwaltungseinheit darstellen, die mit zahlreichen politischen Kompetenzen ausgestattet sind. Während man im Jahr 1990 noch 3021 Gemeinden zählen konnte, so verzeichnete man im Jahr 2000 lediglich noch 2899 Gemeinden. Zehn Jahre später meldete das Schweizer Bundesamt für Statistik noch 2596 Gemeinden und zu guter Letzt, am 01.01.2013 noch 2408 Gemeinden, was eine Verringerung im Gemeindebestand um 491 Gemeinden in 13 Jahren bedeutete (vergleiche Kapitel 1.3.5).³⁴⁶

Zur Förderung der Kooperationsbemühungen der Schweizer Gemeinden im Bereich des betrieblichen Strassenunterhalts wird im vorliegenden Kapitel ein Werkhofstandort-Routen-Modell entwickelt. Bild 110 zeigt die Einordnung des Teilmodells II in die vorliegende Forschungsarbeit.

Ziel des vorliegenden Teilmodells II ist es, ein Entscheidungsmodell für kommunale Ressortverantwortliche zu entwickeln, um für eine interkommunale Kooperationsgemeinschaft einen optimalen Werkhofstandort zu finden, der minimale Gesamtkosten verursacht und zudem minimale Leerfahrten aufweist. Im vorliegenden Kapitel werden Werkzeuge und Berechnungsverfahren des Operations Research verwendet, die das Auffinden eines optimalen Werkhofstandortes möglich machen und so den Entscheidungsträgern ein klar strukturiertes und systematisches Vorgehen im Zuge der Werkhofstandortsuche ermöglichen.

³⁴⁶ Vgl. Bundesamt für Statistik (<http://www.bfs.admin.ch> abgerufen am 25. Februar 2013)

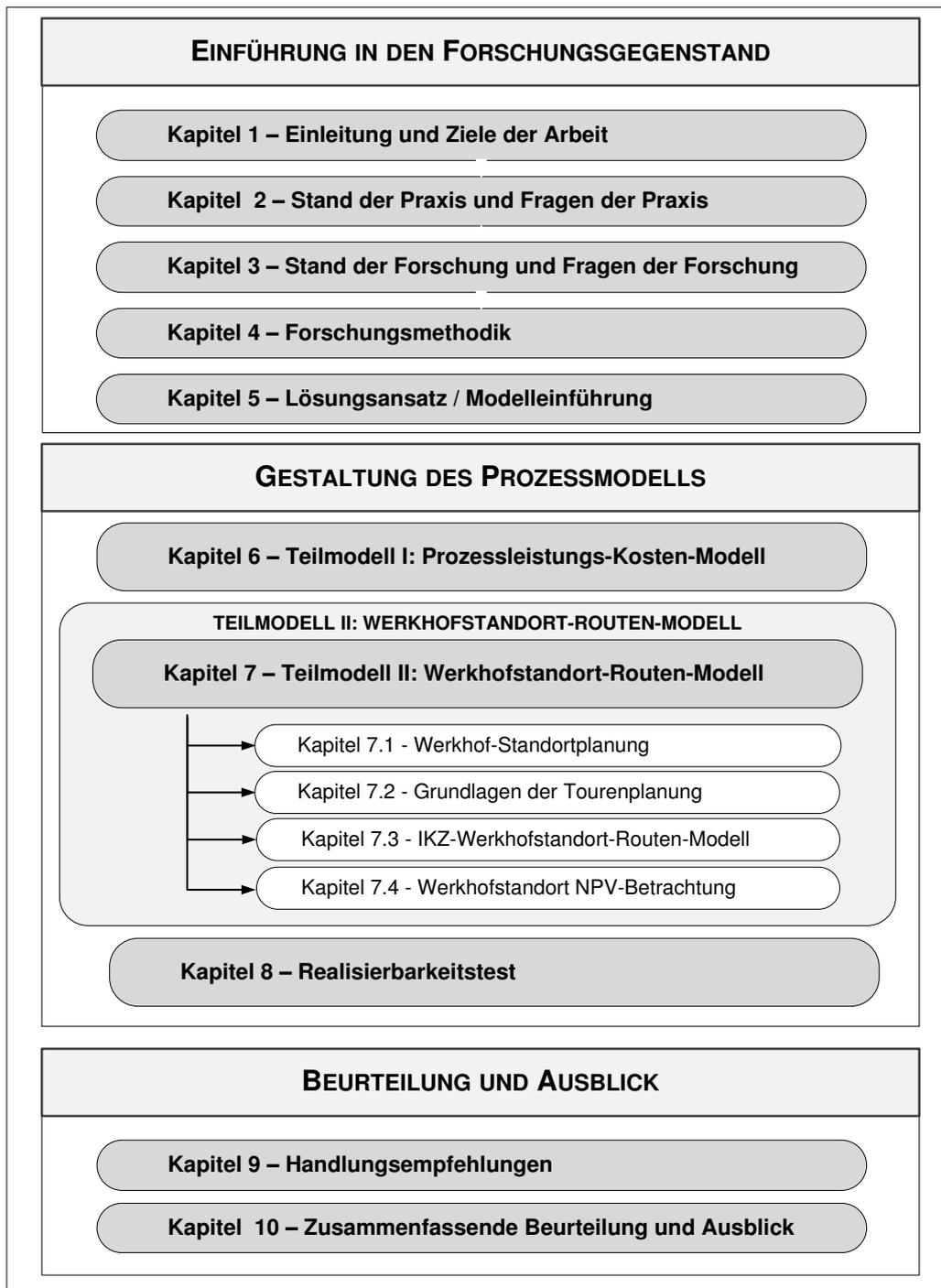


Bild 110: Einordnung des Teilmodells II in das Forschungsprojekt

7.1 IKZ-Werkhof-Standortplanung

Standortentscheidungen gehören zu den wichtigsten Entscheidungen, die eine Gemeinde bzw. eine interkommunale Kooperationsgemeinschaft zu treffen hat. Entscheidungsprobleme dieser Art sind auf strategischer Ebene zu fällen und erfordern einen relativ langfristigen Planungshorizont aufgrund der Komplexität der Thematik.

Laut DOMSCHKE und DREXL (1996) ist es die Aufgabe der Standortplanung, „aus einer Menge potentieller Standorte einen bzw. mehrere so auszuwählen, dass eine weitest gehende Übereinstimmung zwischen Standortanforderungen und Standortbedingungen mit dem Ziel der Maximierung des wirtschaftlichen Erfolges gewährleistet wird“³⁴⁷.

Die Gewährleistung eines effizienten betrieblichen Strassenbetriebes setzt neben optimaler Geräte-, Team- und Prozessstrukturen vor allem auch einen optimalen Standort des Werkhofes als „zentrale Drehscheibe“ aller Tätigkeiten voraus. So haben insbesondere die Fahrdistanzen vom und zum Werkhof und die daraus resultierenden Leerfahrten einen grossen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit und Effizienz des Unterhalts.

Bild 111 zeigt die Ebenen und Aufgaben, die bei Durchführung einer Standort- bzw. Tourenplanung notwendig sind. Dabei können die jeweiligen Aufgaben den Ebenen strategisch, taktisch und operationell zugeteilt werden.

Strategisch	Taktisch	Operationell
Standortbestimmung		
Tourenplanungskonzept		
Fuhrpark (Dimensionierung, Zusammensetzung)		
Erstellung in Eigen- oder Fremdleistung?		
		Tägliche Einsatzplanung
		Ad hoc Änderung

Bild 111: Ebenen und Aufgaben der Tourenplanung

Zu den operationellen Aufgaben, die Sofortmassnahmen notwendig machen, zählen die tägliche Einsatzplanung sowie Ad-hoc Änderungen, die aufgrund unerwarteter Ereignisse (z. B. Strassensperren, Krankheit des Personals, etc.) stattfinden müssen. Zu den strategischen Aufgaben der Werkhofstandort- und Tourenplanung zählt primär die Bestimmung des Standortes.

³⁴⁷ Domschke, W., Drexel, A. (Standorte 1996), S. 6

Die Aufgabe der Erstellung des Tourenplanungskonzeptes sowie der Dimensionierung des Fuhrparks erfolgt hingegen sowohl auf strategischer Ebene als auch auf taktischer Ebene. Die Frage nach der Erstellung in Eigen- oder Fremdleistung wird in erster Linie als strategische Fragestellung betrachtet, wobei beispielsweise auch Bedarfsspitzen (z. B. im Winterdienst oder bei Reinigungsmassnahmen nach unerwarteten Naturereignissen) taktisch bzw. auf operationeller Ebene gelöst werden müssen.

Im folgenden Kapitel wird untersucht, welche Methoden der Standortoptimierung und Routenplanung optimal und zielgerichtet im betrieblichen Strassenunterhalt eingesetzt werden können. Ziel dieses vorliegenden Kapitels ist es, eine Zielfunktion zu entwickeln, die die definierten gemeindespezifischen Randbedingungen und Einschränkungen in der Standort- und Tourenplanung berücksichtigt, und den am besten geeigneten und kostengünstigsten interkommunalen Werkhofstandort ermittelt.

7.1.1 Grundlagen zur Standortoptimierung

Das Operations Research (OR) stellt diverse Methoden zur Lösung von Standortproblemen zur Verfügung. In der Standorttheorie werden folgende Modelle unterschieden:³⁴⁸

Bei **kontinuierlichen Modellen (Standortbestimmung in der Ebene)** wird angenommen, dass sich auf einer Fläche verteilt eine Menge an „Kunden“ (i.S.v. Siedlungsschwerpunkten mit zu bewirtschaftenden Flächen) befindet, wobei jeder Punkt der Fläche ein potentieller Standort für den Werkhofbetrieb sein könnte. Zur Berechnung wird ein kontinuierlicher Lösungsraum vorausgesetzt, in dem jeder Punkt der Ebene Teil dieses Lösungsraumes darstellt. Die Messung des Abstandes zweier Punkte erfolgt über eine geeignete Metrik (z. B. rechtwinklige Entfernung, euklidische Entfernung).

Diskrete Modelle setzen eine endliche Anzahl potentieller Standorte voraus, wobei durch Verwendung gemischt-ganzzahliger Optimierungsmethoden ein optimaler Standort berechnet werden kann.

Semidiskrete Modelle hingegen erlauben eine Ermittlung des Standortes in einem vorgegebenen Netzwerk (Strassennetzwerk) sowohl in den Knoten als auch in auf beliebigen Punkten der Kanten eines Strassennetzes. Knoten können beispielsweise Schwerpunkte von Siedlungsgebieten darstellen und Kanten können als Strassenzüge eines Strassennetzwerkes gesehen werden.

³⁴⁸ Vgl. Domschke, W., Drexl, A. (Standorte 1996), S.6; Liebmann, H.-P. (Grundlagen betriebswirtschaftlicher Standortentscheidungen 1969), S.38; Vahrenkamp, R., Mattfeld, D. C. (Logistiknetzwerke 2007), S.142

Grundsätzlich sei angemerkt, dass in der Praxis zumeist nur eine begrenzte Anzahl an potentiellen Standorten zur Verfügung steht. Dies wird einerseits dem Umstand geschuldet, dass viele Stellen der Ebene aufgrund von örtlichen Gegebenheiten (Berge, Flüsse, Landwirtschaftliche Flächen, etc.) nicht für neue Standorte geeignet sind und andererseits die geforderten Standortfaktoren und vordefinierten Anforderungen nicht erreicht werden können. Daraus folgend werden in der Praxis hauptsächlich diskrete Modelle eingesetzt, die sich auf ungerichtete Netzwerke (vorhandenes Verkehrssystem und vorgegebene Siedlungsstruktur) beschränken. Ebenso kann von semidiskreten Modellen in der Praxis abgesehen werden, da durch eine entsprechende kompakte Ansiedelung von Knoten, die Annäherung auch mit einem diskreten Modell sehr gut erfolgen kann.³⁴⁹

Ein weiterer wichtiger Aspekt zeigt sich darin, dass durch diskrete Modelle nicht nur die Eröffnung neuer Standorte, sondern auch die Schliessung bereits vorhandener Standorte berücksichtigt werden kann.³⁵⁰

Dies trägt vor allem jenem Umstand Rechnung, dass es bei erfolgreichen interkommunalen Kooperationsgesprächen alte Werkhofstrukturen zu überdenken gilt. Es sollte vielmehr untersucht werden, welcher Werkhof innerhalb der IKZ kosteneffizient weitergeführt kann bzw. welcher Standort aus ökonomischen und auch strategischen Gründen besser geschlossen werden sollte.

Standortprobleme können folgendermassen eingeteilt bzw. unterschieden werden:

- Standortplanung in der Ebene bzw. Standortplanung im Netzwerk
- Minisum- bzw. Minimax-Lokationsproblem
- Unkapazitierte bzw. kapazitierte Standortprobleme
- Einstufiges bzw. mehrstufiges Modell
- Statisches bzw. dynamisches Modell
- Einprodukt- bzw. Mehrproduktmodell
- Elastische bzw. unelastische Nachfrage

7.1.1.1 Standortplanung in der Ebene und Netzwerkmodelle

Wie eingangs erwähnt, zeichnet sich die Standortplanung in der Ebene dadurch aus, dass

- ein unendlicher Lösungsraum existiert und die Bestimmung eines Standortes in jedem Punkt der Ebene erfolgen kann und
- die Entfernungsmessung anhand einer bestimmten Metrik (z. B. Euklidische Metrik) vorgenommen wird. Dies kann als Modell mit rechtwinkliger Entfernungsmessung erfolgen (vorwiegend bei innerbetrieblicher Standortplanung) sowie als Modell mit euklidischer Metrik, das sich für betriebliche Standortbestimmungen eignet.³⁵¹

³⁴⁹ Vgl. Vahrenkamp, R., Mattfeld, D. C. (Logistiknetzwerke 2007), S. 143

³⁵⁰ Vgl. Massmann, M. (Kapazitierte stochastisch-dynamische Facility-Location-Planung 2006)

³⁵¹ Vgl. Domschke, W., Drexl, A. (Standorte 1996), S. 162

Im vereinfachten, in der Literatur vielfach zitierten, Steiner-Weber-Problem³⁵² wird genau jener Standort gesucht, an dem die Summe aus den gewichteten Abständen vom Standort aus zu den Nachfrageknoten minimal wird. Die Zielfunktion wird wie folgt formuliert:

$$F(x, y) = \sum_{j=1}^n b_j * \sqrt{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2} \rightarrow \min.$$

Mit

$$d_{ij} = \sqrt{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2} \quad \text{zu minimierende Euklidische Entfernung}$$

$$b_j \quad \text{Bedarf bzw. Nachfrage einer Leistung in den Gemeinden}$$

Der Bedarf in den Gemeinden kann beispielsweise als Anzahl der Zufahrten vom interkommunalen Werkhof ins jeweilige Siedlungsgebiet definiert werden. Folgende partielle Ableitungen können aus der Zielfunktion gebildet werden:³⁵³

$$\frac{\partial F}{\partial x} = \sum_{j=1}^n \frac{b_j * (x-x_i)}{\sqrt{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2}} \quad \text{bzw.} \quad \frac{\partial F}{\partial y} = \sum_{j=1}^n \frac{b_j * (y-y_i)}{\sqrt{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2}}$$

Durch Nullsetzen der partiellen Ableitungen erhält man die Formeln für die Koordinaten (x, y) :

$$x = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{b_j * x_i}{\sqrt{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2}}}{\sum_{j=1}^n \frac{b_j}{\sqrt{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2}}} \quad \text{bzw.} \quad y = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{b_j * y_i}{\sqrt{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2}}}{\sum_{j=1}^n \frac{b_j}{\sqrt{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2}}}$$

Netzwerkmodelle hingegen grenzen diese Bedingung ein, indem sich eine Menge möglicher Standorte auf die Menge der Knoten und Menge der Punkte auf den Kanten eines Graphen beschränkt. In Bezug auf einen optimalen Werkhofstandort beschränkt sich folglich die Wahl des neuen Standortes auf das vorhandene Strassennetz.

7.1.1.2 Minisum- und Minimax-Standortprobleme

Wird im Zuge der weiteren Erläuterung, basierend auf graphentheoretischen Grundlagen, von Knoten und Kanten gesprochen, so können folgend die Knoten eines Graphen als Siedlungsschwerpunkte eines zu bedienenden Strassennetzes gesehen werden, während Kanten die Strassenzüge mit ihren entsprechenden Längen und Wertigkeiten (z. B. Reinigungshäufigkeiten, Winterdienststandards etc.) darstellen.

³⁵² Vgl. Arnold, D., et al. (Logistik 2008)

³⁵³ Domschke, W., Drexl, A. (Standorte 1996), S. 169

Bild 112 zeigt eine schematische Darstellung von Siedlungsschwerpunkten innerhalb einer siedlungsübergreifenden Zusammenarbeit. Unter Schwerpunkt wird der geometrische Schwerpunkt gewichtet mit dem jeweiligen geforderten Qualitätsstandard verstanden. Nähere Ausführungen dazu finden sich in Kapitel 8.2.1.



Bild 112: Schematische Darstellung von Siedlungsschwerpunkten innerhalb einer IKZ

Netzwerkmodelle unterscheiden in diesem Zusammenhang folgende Arten von Optimierungsmodellen:

- Minisum-Lokationsprobleme bzw. *p-Median-Probleme*
- Minimax-Lokationsprobleme bzw. *p-Zentren-Probleme*

Ziel der oben angeführten Lokationsprobleme ist es, durch die optimale Ermittlung eines Standortes oder mehrerer potentieller Standorte die Summe der Fixkosten und der variablen Betriebs- bzw. Transportkosten zu minimieren.

Bild 113 zeigt eine Übersicht der am häufigsten verwendeten Netzwerkmodelle. Als gegebene Parameter in den Netzwerkmodellen eins bis drei können die Lage und Anzahl der Nachfragerknoten (in diesem Sinne Siedlungsschwerpunkte), potentielle Standorte sowie die Distanzen zwischen den Nachfragerknoten (Siedlungsschwerpunkten) und den potentiellen Standorten genannt werden. Die Lage und Anzahl der Werkhofstandorte stellt dabei die gesuchte Komponente dar, wobei sich die Modelle untereinander durch zusätzliche Einschränkungen (z. B. Kapazitätsbeschränkungen) bzw. Spezifizierungen unterscheiden.

Während Typ 1 und 2 der Netzwerkmodelle in weiterer Folge erläutert werden, wird auf eine Beschreibung des Typs 3 verzichtet, da es sich bei Hub-Lokationsproblemen um Standortprobleme handelt, die von einem kontinuierlichen Güterfluss (Transport) zwischen allen Knotenpaaren ausgehen.

Hub & Spoke-Netze begegnet man beispielsweise im Flugverkehr oder in Form von Kommunikations- und Computernetzwerken.³⁵⁴

Da in der vorliegenden Forschungsarbeit der Schwerpunkt auf eine Minimierung der Wegstrecken zwischen den Siedlungsgebieten und dem Werkhofstandort eingegangen werden soll, wird auf eine detaillierte Ausarbeitung des Typs 3 der Netzwerkmodelle verzichtet.

<u>Minisum-Lokationsprobleme bzw. p-Median-Probleme</u>		
<p>Geg.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nachfragerknoten • Potentielle Standorte • Distanzen zwischen Nachfragerknoten und potentiellen Standorten <p>Ges.: Summe der minimalen Abstände zwischen Nachfragerknoten und allen Standorten unter vollständiger Deckung des Bedarfs</p>		
Typ 1	Typ 2	Typ 3
Median-Modell	Warehouse Location Modell	Hub & Spoke Modell
<p>Geg.: Wie Minisum-Problem +</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anzahl potentieller Standorte • Gewichte der Nachfrageknoten 	<p>Geg.: Wie Minisum-Problem +</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mögliche Kapazitätsbeschränkung 	<p>Geg.: Wie Minisum-Problem +</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mögliche Kapazitätsbeschränkung
<p>Ges.: Lage von x Standorten, um die Summe der Entfernungen zwischen Nachfrageknoten und Standorten (Median) zu minimieren.</p>	<p>Ges.: Lage und Anzahl von Standorten, um die Summe der Entfernungen zwischen Nachfragerknoten und Standorten (unter Einhaltung einer Kapazitätsbeschränkung) zu minimieren.</p>	<p>Ges.: Lage und Anzahl von Standorten, um die Summe der Entfernungen zwischen Nachfragerknoten und Standorten (unter Einhaltung einer Kapazitätsbeschränkung und der Nutzung von Inter-Hub Verbindungen) zu minimieren.</p>

Bild 113: Übersicht der Optimierungsverfahren zur Standortsuche in Netzwerken

Bei der Anwendung von **Minisum-Lokationsproblemen** wird die **Minimierung der durchschnittlichen Entfernung** zwischen Werkhof und Einsatzort in den Vordergrund gestellt. Das so genannte **p-Median-Problem** lässt sich als binäres Optimierungsproblem formulieren, wobei p Standorte definiert werden, für welche die Summe der Entfernungen zwischen Werkhof und Einsatzort minimal werden sollen. Zusätzlich zum p -Median-Problem können noch weitere Zielfunktionen verwendet werden, die beispielsweise mögliche Kapazitäts- oder Zeitbeschränkungen berücksichtigen.

³⁵⁴ Vgl. Arnold, D., et al. (Logistik 2008), S. 100

Das p -Median-Problem kann folgendermassen definiert werden:

$$\min z = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} d_{ij} b_j x_{ij}$$

Unter den Nebenbedingungen:

$$\sum_{i \in I} x_{ij} = 1 \quad \text{garantiert, dass jeder Siedlungsschwerpunkt einem Werkhofstandort zugeordnet wird}$$

$$\sum_{i \in I} y_i = m \quad \text{definiert die Anzahl der Werkhofstandorte (Mediane)}$$

$$x_{ij}, y_i \in \{0, 1\} \quad \text{für alle } i \in I, j \in J$$

Mit

- m ... Anzahl auszuwählender Standorte
- I ... Menge der möglichen Standorte [Anzahl]
- J ... Menge der möglichen Nachfrager; Siedlungsschwerpunkte [Anzahl]
- d_{ij} ... Entfernung vom Standort (Werkhof) zum Siedlungsschwerpunkt [km]
- b_j ... Bewertung des Nachfragerknotens (z.B. Anfahrthäufigkeiten)
- x_{ij} ... 0/1-Entscheidungsvariable (Angabe, ob Nachfrager j vom Standort i bedient wird ($x_{ij}=1$))
- y_i ... 0/1-Entscheidungsvariable (Angabe, ob Standort i ausgewählt wird ($y_i=1$))

Minimax-Lokationsprobleme (oder p -Zentren-Probleme) fordern im Gegensatz zum p -Median-Problem die **Minimierung der maximalen Entfernung** zwischen Werkhof und Einsatzort mit der Zielfunktion $\min z$, wobei z das Maximum aller zu minimierenden Distanzen aufzeigt. Das p -Zentren-Problem wird vorwiegend bei Einrichtungen wie Feuerwehr, Krankenhäuser etc. vorgesehen, dessen grösste Entfernung minimal werden muss.

7.1.1.3 Warehouse Location Problem (WLP)

Das p -Median-Problem stellt einen Spezialfall des so genannten „**Warehouse Location Problems**“ (WLP) dar. Da bei einer Standortplanung oftmals nicht nur die Kosten der Errichtung eines neuen Standortes entscheidend sind, sondern auch jene Kosten, die bei der Durchführung der betrieblichen Wege entstehen, so wurde das WLP zur Abbildung sowohl der Standort- als auch der Tourenkosten entwickelt.

Das WLP wird in der Literatur als ein- oder mehrstufiges Verfahren abgebildet, wobei sich ein mehrstufiges WLP vom einstufigen darin unterscheidet, dass eine zusätzliche Transportstufe (z. B. Zwischenlager) notwendig wird.³⁵⁵ In der vorliegenden Bearbeitung wird nur von einstufigen WLPs ausgegangen, da die Aufgabenerfüllung direkt vom Werkhof aus an den Einsatzort erfolgt.

³⁵⁵ Vgl. Domschke, W., Drexl, A. (Standorte 1996), S. 41; Arnold, D. (Handbuch Logistik 2008), S. 97

Zudem kann zwischen einem kapazitierten und einem unkapazitierten WLP unterschieden werden, wobei letzterem Lokationsproblem die Annahme zugrunde liegt, dass die Kapazität (z. B. Lagergrösse, Leistung der Unterhaltsgeräte) an den potentiellen Standorten begrenzt ist. Kapazitätsgrenzen werden zumeist als Maximalkapazitäten ausgelegt. Aufgrund der zusätzlichen Nebenbedingung (Einführung der Maximalkapazität) ist der Rechenaufwand zur Lösung kapazitierter Probleme folglich grösser als für unkapazitierte WLPs.³⁵⁶

Allgemein kann das WLP folgendermassen beschrieben werden:³⁵⁷

$$\min F(x, y) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} + \sum_{i=1}^m K_{fix} y_i$$

Mit

m	... Anzahl potentieller Standorte [Anzahl]
I	... Menge der möglichen Nachfrager; Siedlungsschwerpunkte [Anzahl]
c_{ij}	... Fahrtkosten [CHF/km]
x_{ij}	... Distanz vom Standort (Werkhof) zum Siedlungsschwerpunkt [km]
b_j	... Bewertung des Nachfragerknotens (z.B. Anfahrtshäufigkeiten)
f_i	... jährliche Fixkosten, die durch den Werkhofbetrieb entstehen [CHF/a]
y_i	... 0/1-Entscheidungsvariable (Angabe, ob Standort i ausgewählt wird ($y_i=1$))

Nach der Einführung in die Grundlagen der Standortplanung eines neuen Werkhofstandortes soll nun in die Grundlagen der Tourenplanung eingeführt werden, um zusätzlich zur Planung des Standortes eine optimale Routenplanung der Unterhaltsgeräte zu ermöglichen.

³⁵⁶ Vgl. Arnold, D., et al. (Logistik 2008), S.98

³⁵⁷ Vgl. Domschke, W., Drexl, A. (Standorte 1996), S. 52

7.2 Grundlagen zur Tourenplanung

Ziel der Tourenplanung (engl. „*vehicle routing problem*“, kurz VRP genannt) ist es, vorhandene Fahrzeuge möglichst effizient den gewünschten Aufträgen zuzuordnen, sodass jedes Fahrzeug eine optimale Reihenfolge der zu bedienenden Einsatzorte zugewiesen bekommt. Dabei soll insbesondere auf die Minimierung der Anzahl der zurückgelegten Wegstrecken, der Anzahl des eingesetzten Inventars und Personals sowie die Minimierung der Einsatzzeit geachtet werden.

Das Auffinden eines optimalen Werkhofstandortes alleine ist somit nicht ausreichend für eine ganzheitlich kosteneffiziente Betrachtungsweise. Vielmehr muss eine Optimierung der Touren- bzw. Routenplanung in Abhängigkeit vom gewählten neuen Werkhofstandort durchgeführt werden.

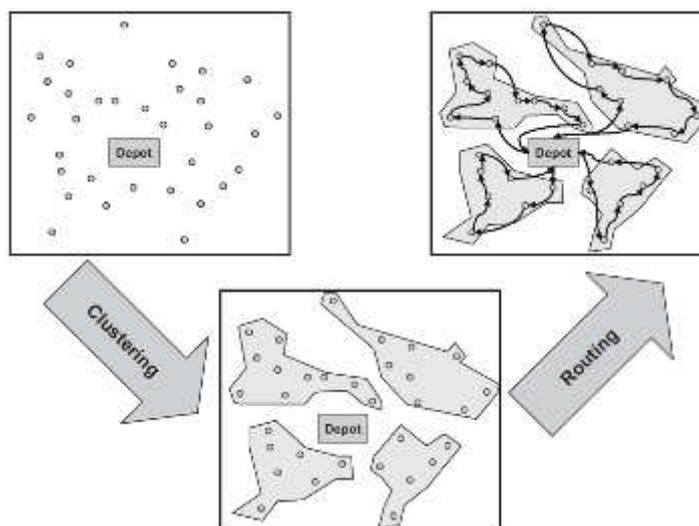
Dies kann entweder als Sukzessiv-Verfahren oder als Parallelverfahren erfolgen. Während ersteres Verfahren die beiden Teilprobleme nacheinander löst, werden Tourenprobleme im Parallelverfahren simultan gelöst. Simultanverfahren können des Weiteren im Gebiet des Operations Research in Eröffnungs- und Verbesserungsverfahren unterteilt werden, wie bereits einleitend in Kapitel 4.2.2 erläutert.³⁵⁸

Bei Sukzessiv-Verfahren kann einerseits eine *Route-First-Cluster-Second*-Methode angewendet werden, die sich vorwiegend bei kantenorientierten Tourenplanungsproblemen eignet oder als *Cluster-First-Route-Second*-Methode für knotenorientierte Probleme. Wird von einem Strassennetzwerk ausgegangen, wo Siedlungsschwerpunkte als Knoten dargestellt werden können und der Einsatz vom Werkhof zu den Einsatzgebieten untersucht werden soll, so geht man von einem knotenorientierten Problem aus. Soll beispielsweise die Tourenplanung einer Strassenreinigung optimiert werden, so handelt es sich um ein kantenorientiertes Problem, da die einzelnen Strassenzüge jeweils die Kanten eines Strassennetzwerkes darstellen.

Die Durchführung einer Routenplanung als *Cluster-First-Route-Second*-Methode erfolgt in zwei Stufen (Bild 114):

- **1. Stufe Clustering:** Im ersten Schritt werden alle auszuführenden Aufträge in den Gemeinden zu verschiedenen Tour zusammengefasst; d.h. es erfolgt die Zuordnung der Aufträge zu den vorhandenen Fahrzeugen
- **2. Stufe Routing:** Im zweiten Schritt erfolgt die eigentliche Tourenplanung, wobei festgelegt wird, in welcher Reihenfolge wann welches Fahrzeug welchen Standort bedient.

³⁵⁸ Vgl. Domschke, W. (Logistik: Rundreisen und Touren 2010), S. 234

Bild 114: Clustering-Routing-Verfahren in der Tourenplanung³⁵⁹

Der Begriff „**Depot**“ wird in weiterer Folge als Werkhofstandort bzw. Lagerstandort verwendet, an denen Arbeitseinsätze beginnen und auch enden. Wird von **Touren** gesprochen, so werden darunter im vorliegenden Forschungsprojekt geschlossene Touren verstanden, die einen identischen Start- und Zielpunkt verwenden (zumeist Werkhofstandort).

Unter einer **Tourenplanung** wird im Wesentlichen die Suche nach einer geeigneten Zusammenstellung von Strecken verstanden unter Berücksichtigung von relevanten Restriktionen und unter Einhaltung der geforderten Ziele.

Die einschlägige Literatur fasst folgende vier Fundamentalziele zusammen:³⁶⁰

- Minimierung der Transport- und Leerfahrtkosten
- Maximierung des Service Levels/Qualitätsstandards
- Maximierung der Kunden- bzw. Mitarbeiterzufriedenheit
- Minimierung negativer ökologischer Auswirkungen

Die einschlägige Literatur³⁶¹ nennt unzählige Ausprägungen von meist praktischen Problemen, die im Rahmen des Operations Research behandelt werden. Bild 115 stellt mögliche Charakteristika von Tourenplanungsproblemen dar, die folgende Komponenten beinhalten:

³⁵⁹ Wenger, W. (Multikriterielle Tourenplanung 2010), S. 41

³⁶⁰ Vgl. Wenger, W. (Multikriterielle Tourenplanung 2010) S.85; Ohrt, C. (Tourenplanung im Straßengüterverkehr 2008); Domschke, W., Drexl, A. (Standorte 1996); Domschke, W. (Rundreisen und Touren 1997); Rieck, J. (Tourenplanung mittelständischer Speditionsunternehmen 2008)

³⁶¹ Vgl. Li, F. Y., et al. (The open vehicle routing problem 2007, Fleischmann, B., et al. (Dynamic vehicle routing 2004); Kuehn, A. A., Hamburger, M. J. (A Heuristic Program for Locating Warehouses 1963)

Leistungsumfang: kantenorientiert vs. knotenorientiert

Betreffend des Leistungsumfangs in der Tourenplanung müssen knotenorientierte von kantenorientierten Problemen unterschieden werden. Von ersteren Problemen spricht man dann, wenn Knoten (z. B. Siedlungsgebiete) an bestimmten Standorten bedient werden müssen (beispielsweise Reinigung von Haltestellen, Grünpflege in Parkanlagen etc.). Kantenorientierte Tourenplanungen gehen davon aus, dass jeder Strassenzug als Kante eines Netzwerkes verstanden werden kann. Die Anwendung einer kantenorientierten Tourenplanung ist dann sinnvoll, wenn beispielsweise eine vollständige Bedienung des Strassennetzes notwendig wird (wie z. B. in der kommunalen Strassenreinigung).

Gerätepark: heterogen vs. homogen

Die Zusammensetzung des Fuhrparks hat einen wesentlichen Einfluss auf die Routenplanung. In Bezug auf eine einfache Wartung, Instandhaltung und Einsetzbarkeit des Inventars ist eine Homogenität des Fuhrparks anzustreben (gleichartige Fahrzeuge in Bezug auf technische Ausstattung, Leistung, Geschwindigkeit, Ladevolumen, etc.). Dabei ist zu beachten, dass im Zuge der Optimierung die Grösse des Geräteparks kurzfristig als fix anzusehen ist. Bedarfsspitzen müssen durch Anmietung von Geräten gedeckt werden können.

Zudem ist in Bezug auf den Gerätepark die Anzahl der Werkhöfe und Depots relevant, je nachdem wo die jeweiligen Fahrzeuge für den Einsatz stationiert werden. Dies hat insbesondere Auswirkungen auf die Kostenstruktur hinsichtlich der Stationierungskosten, sowie Auswirkungen auf die An- und Zufahrtswege zum Siedlungsgebiet.

Tourenplanung: geschlossen vs. offen

In der Tourenplanung können offene Touren von geschlossenen Touren unterschieden werden, wobei geschlossene Touren am selben Ort (z. B. Werkhof) beginnen und enden. Offene Touren hingegen haben andere Zielorte als Abfahrtsorte. In der vorliegenden Forschungsarbeit wird, unter Voraussetzung eines (einzigen) Werkhofstandortes, von einer geschlossenen Tourenplanung ausgegangen. Es wird angenommen, dass die jeweiligen Geräte vom Werkhof aus ihre Touren absolvieren und in diesen nach Arbeitsschluss wieder zurückkehren.

Strassennetz: gerichteter Graph vs. ungerichteter Graph

Die Art des Graphen spielt in der Optimierung dahingehend eine Rolle, ob die jeweilige Entfernung zwischen den Einsatzorten und dem Werkhof von der Fahrtrichtung abhängig ist oder nicht. Von einem ungerichteten Graphen spricht man dann, wenn ein Strassenzug in beide Richtungen befahrbar ist. Hingegen bildet ein gerichteter Graph einen Strassenzug ab, der nur in eine Richtung befahrbar ist und aus diesem Grund eine Einschränkung in der Routenplanung darstellt (Beispiel Einbahnstrassen).

Planungshorizont: einmalig vs. routinemässig

Für die Tourenplanung spielt ebenso der Planungshorizont eine wesentliche Rolle. Für Routinetätigkeiten, wie beispielweise planmässige Strassenreinigungsarbeiten, können Tourenpläne bereits wirkungsorientiert (unter Berücksichtigung von saisonalen Veränderungen) geplant werden. Für den Winterdienst hingegen müssen Notfall-Einsatzpläne erstellt werden, die den möglichen auftretenden Winterdienstszenarien (z. B. nur Streuung, Schneeräumung mit Streuung, etc.) gerecht werden.

Bild 115 stellt die Charakteristika von Tourenplanungsproblemen anhand von Merkmalen und deren Ausprägungen zusammengefasst tabellarisch dar.

Merkmal		Ausprägung
Kunden	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Standort ▪ Datenverfügbarkeit ▪ Auftragsart ▪ Servicebeginn ▪ Vertraglichkeit 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Knoten oder Kante ▪ Deterministisch, stochastisch, dynamisch ▪ Ausliefern, Einsammeln, beides ▪ Mit oder ohne Zeitfenster ▪ Kunde-Fahrzeug oder Auftrag-Auftrag
Fuhrpark	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zusammensetzung ▪ Einsatzhäufigkeit ▪ Fahrzeugtypen ▪ Grösse 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Homogen oder heterogen ▪ Einfach oder mehrfach ▪ Motorwagen oder Hängerzüge ▪ Vorgegeben oder beliebig
Touren	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Art ▪ Beschränkung ▪ Vorgaben 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Offen oder geschlossen ▪ Max. Tourdauer etc. ▪ Frei oder Tourgebiete oder ▪ Rahmentouren
Netzwerk	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Orientierung ▪ Art ▪ Fahrzeit 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Symmetrisch oder asymmetrisch ▪ Koordinaten- oder Strassennetz ▪ Konstant oder variabel
Planungs- horizont	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Länge ▪ Besuchsfrequenz 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Eine oder mehrere Perioden ▪ Einmal oder mehrmals
Ziele	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kosten ▪ Ersatzkriterien 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fixe oder variable Fahrzeugkosten ▪ Fahrzeugzahl, Fahrstrecke, Einsatzzeit, ▪ Lieferservice, Auslastung etc.

Bild 115: Charakteristika von Tourenplanungsproblemen³⁶²

Nach ZIEGLER und BINDER (1988) ist es Ziel der Tourenplanung, dass eine Menge von Aufträgen einer Menge von Transportmitteln zuzuordnen ist, sodass die gesamten Transportkosten, die durch den Einsatz des Inventars und der zurückgelegten Distanzen entstehen, minimal werden. Zudem gilt es die Distanzen der jeweiligen Touren sowie mögliche Restriktionen, wie Arbeitszeiten, gerätebedingte Einschränkungen etc., zu berücksichtigen.³⁶³ Angesichts der Komplexität einer Routenplanung ist es von Bedeutung, mögliche Arten von Randbedingungen zu priorisieren und jene zu definieren, deren Einhaltung unbedingt garantiert werden muss.

³⁶² In Anlehnung an Arnold, D., et al. (Logistik 2008), S. 145

³⁶³ Vgl. Ziegler, H.-J., Binder, G. (Computergestützte Transport- und Tourenplanung 1988)

Dabei werden beim Durchlaufen der Phasen sowohl das Optimierungsproblem eines optimalen Werkhofstandortes (Standortsuche) als auch eine optimale Routenplanung gelöst bis der Zielfunktionswert ein (Kosten-)Minimum annimmt.

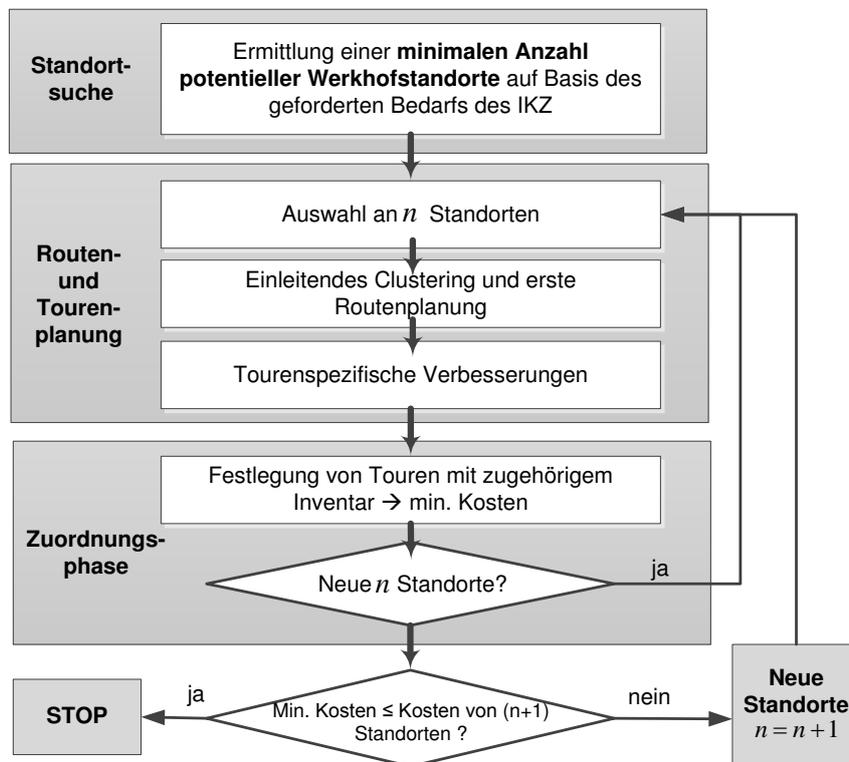


Bild 117: Heuristisches Design eines LRP

Der erste Schritt – die Phase der Standortsuche – besteht darin, eine minimale Anzahl an potentiellen Standorten festzulegen, die die komplexen gemeindespezifischen Standortanforderungen erfüllen. Für jeden potentiellen Werkhofstandort erfolgt im ersten Schritt eine Clusterbildung von Routen und darauffolgend eine Routenplanung.

Neben dem Optimierungsverfahren des „*Travelling Salesman*“ (TSP)³⁶⁷, das die graphentheoretische Berechnung der kürzesten Wege in den Vordergrund stellt, führt im Besonderen der „*Saving Algorithmus*“ von CLARKE und WRIGHT (1964) zu realitätsnahen Ergebnissen. Der *Saving Algorithmus* zählt zu den Parallelverfahren und fokussiert auf die Optimierung von Zielfunktionen, wobei für jede Funktion ein lokales Optimum gefunden werden soll. Das TSP-Verfahren hingegen wird speziell in der Phase der Routenplanung verwendet, um so innerhalb der Route touren- bzw. streckenlängenbasierte Verbesserungen zu erreichen.³⁶⁸

³⁶⁷ Vgl. Domschke, W. (Logistik: Rundreisen und Touren 2010)

³⁶⁸ Vgl. Clarke, G., Wright, J. W. (Scheduling of Vehicles from Central Depot to Number of Delivery Points 1964)

7.2.1.1 Einführung in das Saving-Verfahren nach CLARKE und WRIGHT (1964)

Das **Saving-Verfahren** hat zum Ziel, alle Touren so zusammenzufassen, dass unter der Berücksichtigung gemeindespezifischer Restriktionen (z. B. Verfügbarkeit von Unterhaltungsgeräten, Zeitbeschränkungen durch maximale Arbeitszeiten, etc.) grösstmögliche Einsparungen der zurückzulegenden Distanz anzustreben sind.³⁶⁹

Zu Beginn des Verfahrens wird eine symmetrische Entfernungsmatrix mit

$$D = (d_{ij}) \quad \text{mit } i, j = 0, \dots, n$$

gebildet, die die Wegstrecken zwischen Werkhof und den Siedlungsschwerpunkten der IKZ-Gemeinden abbildet. Die Distanz der Wegstrecken kann aufgrund des zugrunde gelegten Strassennetzes abgelesen werden.

Nach Bildung der Entfernungsmatrix kann mit einer Anfangslösung begonnen werden, die für jeden Siedlungsschwerpunkt eine Pendelroute $[W, SP_n, W]$ enthält. Im Verlauf des Saving-Verfahrens erfolgt die Optimierung dahingehend, dass versucht wird, die Anfangslösung durch schrittweises verknüpfen mit jeweils einer weiteren Route zu verbessern. Dies kann allerdings nur dann erfolgen, wenn die gemeindespezifischen Restriktionen nicht verletzt werden und alle Randbedingungen eingehalten werden. Auf Basis dieser Verknüpfung von zwei Routen können so genannte *Savings* (Weg-Ersparnisse) erreicht werden. Diese können folgendermassen definiert werden:³⁷⁰

$$s_{ij} = d_{wi} + d_{wj} - d_{ij}$$

Die Ersparnisse s_{ij} sind umso grösser, je näher die Siedlungsschwerpunkte i und j beisammen liegen und je weiter sie vom Werkhof entfernt sind. Die Ersparnisse der Wegstrecken können somit als direkte Kostenersparnisse in Bezug auf eine Minimierung von Leerfahrten bzw. unproduktiven Fahrstrecken gesehen werden.

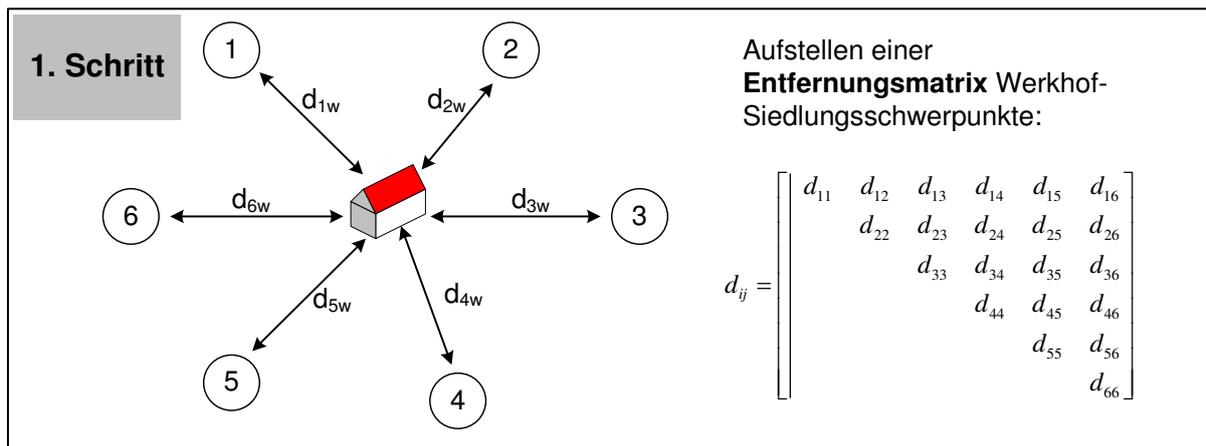
Bild 118 zeigt ein Beispiel eines Ablaufes eines Saving-Verfahrens, das zum Ziel hat, die Wegstrecken der symmetrischen Entfernungsmatrix

$$D = (d_{ij}) \quad \text{mit } i, j = 0, \dots, n$$

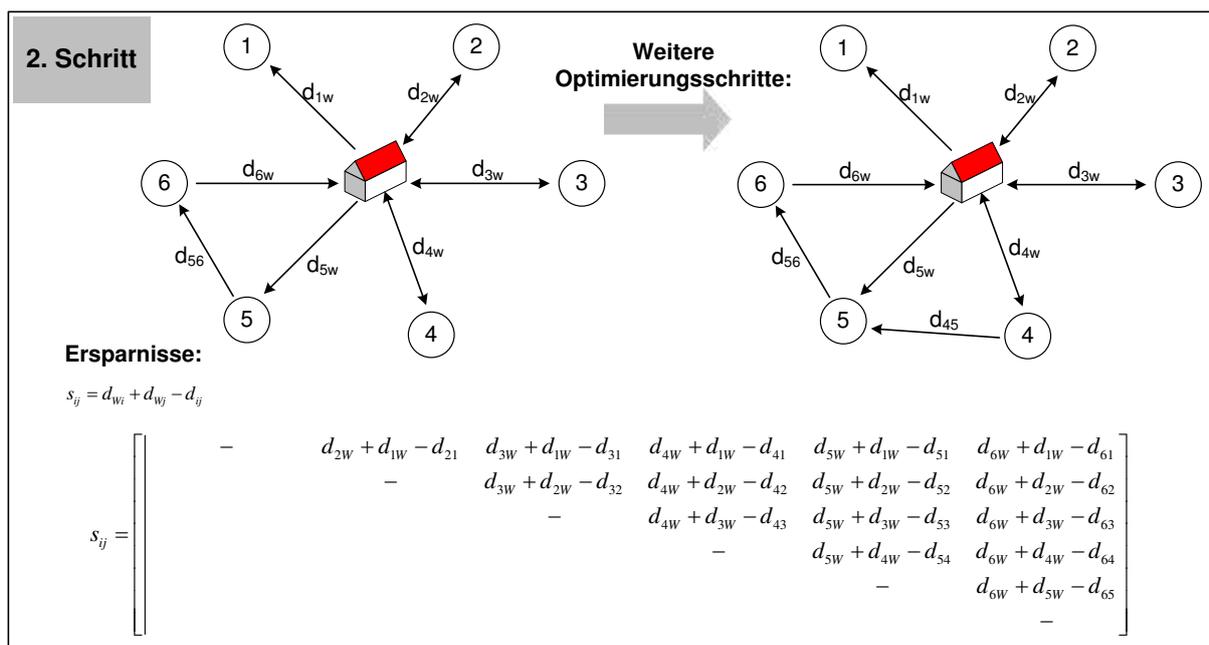
von sechs Siedlungsschwerpunkten zum Bezugspunkt „Werkhof“ zu optimieren.

³⁶⁹ Vgl. Wenger, W. (Multikriterielle Tourenplanung 2010), S. 71

³⁷⁰ Vgl. Domschke, W., Drexler, A. (Standorte 1996), S. 244

Bild 118: *Saving-Verfahren* - Erster Optimierungsschritt

In den weiteren Optimierungsschritten müssen alle Ersparnisse $s_{ij} > 0$ nach abnehmenden Werten sortierten werden bis alle positiven Ersparnisse s_{ij} überprüft wurden und kein weiterer Optimierungsschritt mehr möglich ist (Bild 119).

Bild 119: *Saving-Verfahren* - Weitere Optimierungsschritte

In der letzten Phase – der so genannten “*assignment phase*” (Zuordnungsphase) – werden, bezogen auf die neu gewählten Werkhofstandorte, Anpassungen und Zuordnungen der Routen mit den entsprechenden vorhandenen Leistungsgeräten vollzogen mit dem Ziel, die Kosten zu einem Minimum zu führen (ökonomisches Minimalprinzip). Dazu wird das zuvor vorgestellte *Saving-Verfahren* verwendet. Der Prozess der Standortsuche in Kombination mit der Routenplanung wird abgebrochen und gilt als beendet, wenn das Minimum an Kosten erreicht werden konnte. Die Anwendung des *Saving-Verfahrens* wird in den Kapiteln 7.3 und 8.2 vorgestellt.

7.2.2 Berücksichtigung der Entwicklungsschwerpunkte in den Gemeinden

Für den langfristigen Erfolg einer interkommunalen Zusammenarbeit bedarf es nicht nur der Betrachtung der vorhandenen Gemeindegrenzen. Vielmehr müssen Entwicklungstendenzen innerhalb der siedlungsübergreifenden Kooperation bewertet und in die Entwicklung einer IKZ mitsamt der neuen Werkhofstandortplanung miteinbezogen werden.

Bild 120 zeigt sehr deutlich die Entwicklung der Siedlungsgebiete im Raum Rapperswil-Jona. Daraus wird ersichtlich, dass die Ausdehnung der Siedlungsgebiete im Rahmen von 150 Jahren beträchtliche Ausmasse annimmt, die es im Rahmen einer Werkhofstandortanalyse, wenn auch innerhalb eines weniger grossen Betrachtungszeitraumes, zu berücksichtigen gilt.

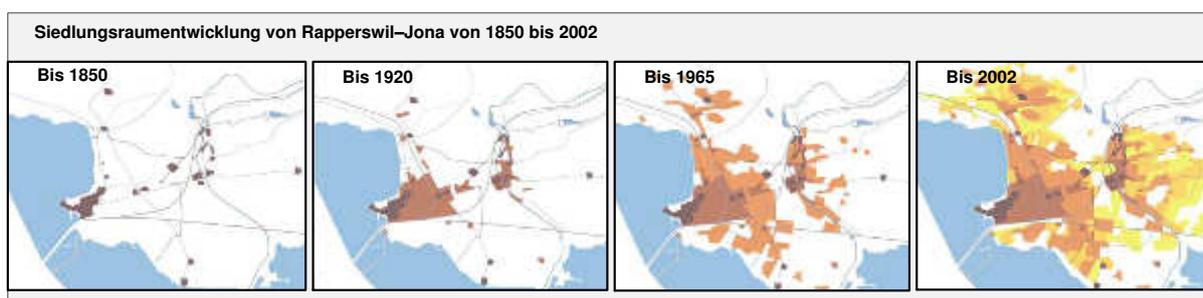


Bild 120: Siedlungsraumentwicklung von Rapperswil-Jona³⁷¹

Die Standortanalyse sollte somit nicht nur statischen Grundsätzen folgen, sondern vielmehr zukünftige Siedlungsentwicklungen miteinbeziehen. So haben Erweiterungen des Siedlungsgebietes auch wesentlichen Einfluss auf die zuvor beschriebenen Siedlungsschwerpunkte anhand derer die Standort- und Tourenplanung erfolgt. Können im IKZ-Siedlungsgebiet bereits Entwicklungstendenzen identifiziert werden, so gilt es die zukünftigen Siedlungsschwerpunkte anhand einer prospektiven Betrachtung und Berechnung miteinzubeziehen.

Zur Beurteilung der Auswirkungen der Entwicklungstendenzen bedarf es einer **probabilistischen Leistungs- bzw. Kostenanalyse** entsprechend ihrer Wahrscheinlichkeitsverteilung. Dabei wird der Leistungs- bzw. Kostenanalyse kein Kosten- respektive Leistungsanteil in fixer Höhe zugewiesen, sondern eine Streubreite, die sich durch einen Minimal-, Maximal- und Erwartungswert definiert.

Das **Entwicklungspotential** $EP_{Gn}^{BSU}(t)$ gibt Auskunft über die Entwicklung (Ausdehnung und Rückbildung) des Siedlungsgebietes. Je nach Streubreite und zeitlichem Verlauf kann die Ausprägung folgendermassen definiert werden:

³⁷¹ In Anlehnung an ETH Zürich, Institut für Kartographie (Siedlungsentwicklung 2006)

Entwicklungspotential: $\left[EP_{Gn,\min}^{BSU}; EP_{Gn,EW}^{BSU}; EP_{Gn,\max}^{BSU} \right]$

Eine Veränderung des IKZ-Siedlungsgebietes hat zudem wesentlichen Einfluss auf den IKZ-Leistungsumfang. Dieser kann probabilistisch folgendermassen abgebildet werden:

Leistungsumfang: $\left[L_{IKZ,\min}^{BSU}; L_{IKZ,EW}^{BSU}; L_{IKZ,\max}^{BSU} \right]$

Eine Veränderung der Siedlungsgrösse beeinflusst nicht nur den Leistungsumfang, sondern auch wesentlich die Kosten, weshalb die Kostengrössen als probabilistische Verteilung folgendermassen dargestellt werden können:

IKZ-Gesamtkosten: $\left[K_{IKZ,\min}^{BSU}; K_{IKZ,EW}^{BSU}; K_{IKZ,\max}^{BSU} \right]$

Die jeweiligen Leistungs- bzw. Kostenanteile der Leistungsgebiete Φ des betrieblichen Unterhalts können auf Grundlage einer Dichtefunktion dargestellt innerhalb einer Streubreite dargestellt werden wie GIRMSCHIED (2007b) postuliert:³⁷²

$$f(K_t^{i,\Phi}) = \Xi(K_{t,\min}^{i,\Phi}, K_{t,EW}^{i,\Phi}, K_{t,\max}^{i,\Phi})$$

Dabei sind:

$f(K_t^{i,\Phi})$ Dichtefunktion (Dreiecksfunktion) des i -ten Kostenanteils im Leistungsbereich Φ im gewählten Jahr t

$K_{t,\min}^{i,\Phi}$ Minimalwert des des i -ten Kostenanteils im Leistungsbereich Φ im Jahr t

$K_{t,EW}^{i,\Phi}$ Erwartungswert des des i -ten Kostenanteils im Leistungsbereich Φ im Jahr t

$K_{t,\max}^{i,\Phi}$ Maximalwert des des i -ten Kostenanteils im Leistungsbereich Φ im Jahr t

i Alle Kostenanteile des Leistungsbereiches wie Strassenreinigung, Grünpflege, Winterdienst, etc.

Nach GIRMSCHIED (2007b) müssen neben den jeweiligen Kostenanteilen auch deren Entwicklungsindices μ (wie z. B. Baukosten, Strassenbetriebskosten etc.) einer probabilistischen Betrachtung unterzogen werden. Diese können folgendermassen in die Berechnung integriert werden:³⁷³

$$f(\mu I) = \Xi(\mu I_{\min}, \mu I_{EW}, \mu I_{\max}) \text{ oder } f(q) = \Xi(q_{\min}, q_{EW}, q_{\max})$$

³⁷² Vgl. Girmscheid, G. (Entscheidungsmodell 2007b)

³⁷³ Vgl. Girmscheid, G. (Entscheidungsmodell 2007b)

$f(\mu I)$	Dichtefunktion (Dreiecksfunktion) des i -ten Kostenanteils im Leistungsbereich Φ im gewählten Jahr t
$\mu I_{\min,EW,\max}$	Minimal-, Erwartungs- und Maximalwert der Entwicklungsindices μ
$q_{\min,EW,\max}$	Minimal-, Erwartungs- und Maximalwert des Zinssatzes q

Aufgrund geänderter Siedlungsgebiete können sich Entwicklungsschwerpunkte verschieben bzw. neue hinzufügen. Aus diesem Grund werden, wie in Bild 121 ersichtlich, Sprünge in den Gesamtkosten ersichtlich, die sich durch eine Erweiterung der IKZ-Netzgrösse ergeben und somit eine Ausprägung als $K_{\min,EW,\max}^{i,\Phi}$ unter zeitlicher Abhängigkeit möglich wird. Analog sind auch Verringerungen in den Gesamtkosten möglich, sofern ein Siedlungsgebiet durch Abwanderung oder Ähnliches nicht mehr bedient werden muss.

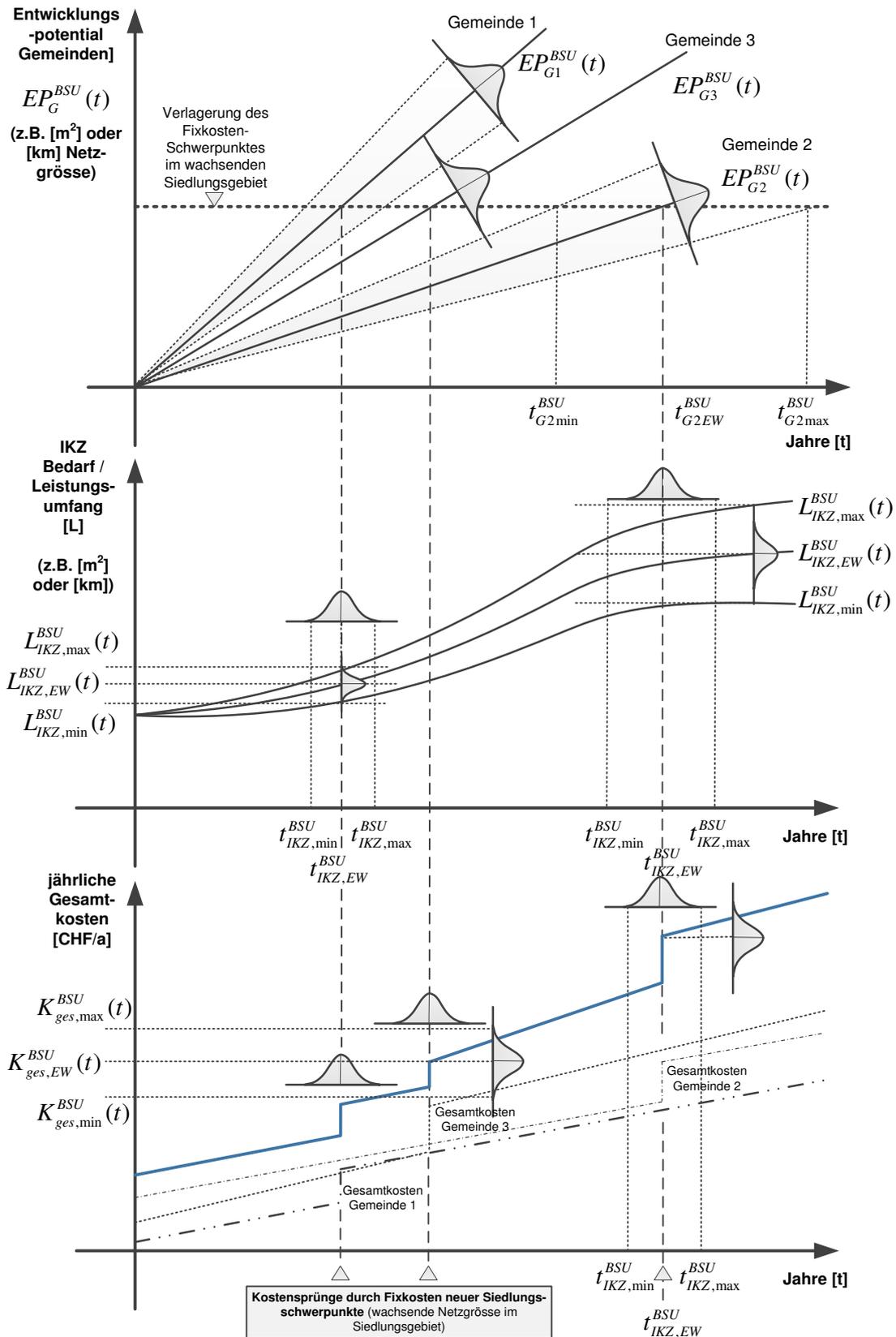


Bild 121: Entwicklungstendenzen der IKZ-Siedlungsräume

7.3 Werkhofstandort-Routen-Modell

Die Entscheidung über einen neuen Werkhofstandort ist ein komplexer Prozess, der durch seine Langfristigkeit von besonderer strategischer Bedeutung ist. Im Zuge der Standortplanung gilt es zu berücksichtigen, dass jeder Standort bestimmte Eigenschaften aufweist und so direkte Auswirkungen auf die Leistungserbringung und, in der daraus resultierenden Folge, Auswirkungen auf die Kosten hat.³⁷⁴ Bild 122 zeigt schematisch die Prozessabfolge im Zuge einer Werkhofstandort-Routenplanung.

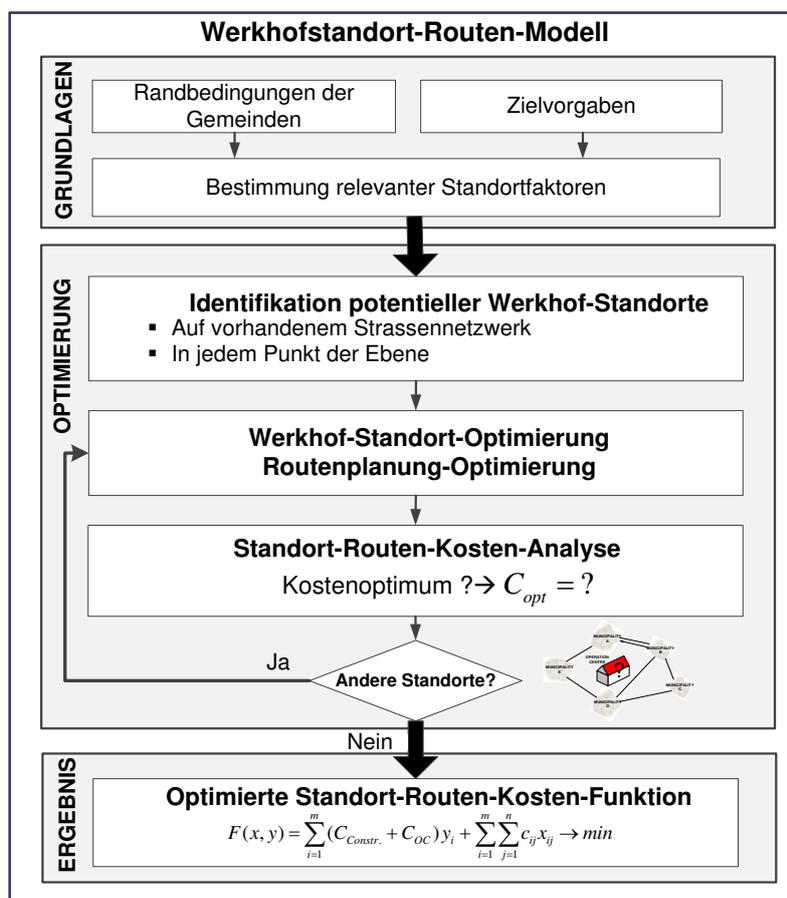


Bild 122: Ablaufschema Standort-Routen-Modell

Die Basis der Standortplanung bildet die Festlegung der gemeindespezifischen Randbedingungen sowie der Zielvorgaben der beteiligten Kommunen. Daraus können relevante **Standortfaktoren** entwickelt werden, die es ermöglichen, potentielle Standorte aufgrund einheitlicher Kriterien zu bewerten und zu vergleichen.

Bild 123 zeigt wichtige Standortfaktoren, die im Zuge des Entscheidungsprozesses berücksichtigt werden müssen. Diese sind den Kategorien Grundstück (Lage, Grösse des Grundstückes, etc.), Infrastruktur (Anbindung an das interkommunale

³⁷⁴ Vgl. LIEBMANN, H.-P. (Grundlagen betriebswirtschaftlicher Standortentscheidungen 1969), S.1

Strassennetz, etc.), Beschaffung und Entsorgung, Kosten im Allgemeinen und die Situation am Arbeitsmarkt (Qualifikation oder Verfügbarkeit der Mitarbeiter, etc.) zuzuordnen.

Grundstück	Infrastruktur	Beschaffung + Entsorgung	Kosten	Arbeitsmarkt
 <ul style="list-style-type: none"> – Lage des Grundstücks – Grösse des Grundstücks – Grundstückspreis – Expansionsmöglichkeit – Erschliessung 	 <ul style="list-style-type: none"> – Strassennetz – Verkehrsanbindung – Transportdistanzen – Energieversorgung 	 <ul style="list-style-type: none"> – Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe – Energie – Wasser – Abfallbeseitigung 	 <ul style="list-style-type: none"> – Land und Boden – Lohnkosten – Beschaffungskosten – Transportkosten – Steuern – Etc. 	 <ul style="list-style-type: none"> – Potential (Anzahl) – Qualifikation – Mobilität – Etc.

Bild 123: Kategorisierung von Werkhof-Standortfaktoren

In weiterer Folge kann auf die Standortsuche bzw. die Definition der gewünschten Standortfaktoren eingegangen werden. Dies kann dadurch erfolgen, dass bereits bestehende, potentielle Standorte einer Standortoptimierung respektive einer Überprüfung auf Basis der definierten Standortfaktoren unterzogen werden.

EISELT und LAPORTE (1988)³⁷⁵ beschreiben wie Standortanforderungen und deren Ziele in Standortmodellen klassifiziert werden können. Diese können aufgrund der vielfältigen gemeindespezifischen Anforderungen sehr vielschichtig und komplex sein. Dennoch kann die Zieldefinition weitestgehend als Minimierung von Bauinvestitionskosten, jährlichen Betriebskosten und den laufenden Kosten basierend auf der Minimierung von Fahrdistanzen bestimmt werden, wobei es den jeweiligen geforderten Servicelevel der Gemeinde beizubehalten gilt.

Zur Gewährleistung einer ganzheitlichen Betrachtungsweise müssen auch soziale und umweltbedingte Faktoren wie Energiekosten, Luftverschmutzung, Geräuschemissionen etc. berücksichtigt werden. Abschliessend ist es die Aufgabe der Entscheidungsträger, aus allen gemeindespezifischen Anforderungen Standortfaktoren zu definieren und daraus Entscheidungsvariablen abzuleiten.

Nach ARINZE (1992) können mögliche Entscheidungsvariablen beispielsweise die Gemeindetopografie, die Distanzen und Fahrzeiten zwischen Werkhöfen und Einsatzorten, die notwendigen Kapazitäten und Qualitätsanforderungen sowie die Anzahl potentieller Standortfaktoren sein.³⁷⁶

³⁷⁵ Vgl. Eiselt, H. A., Laporte, G. (Location of a New Facility 1988)

³⁷⁶ Vgl. Arinze, B. (Decision Support Systems Development 1992)

Nach der Erarbeitung der notwendigen Grundlagen und der Festlegung von Entscheidungsvariablen müssen potentielle Werkhofstandorte definiert und festgelegt werden. Diese können einerseits bereits bestehende Gebäude bzw. Werkhöfe sein, aber auch lediglich Grundstücke oder bebaubare Flächen innerhalb der Grenzen der Gemeindekooperation.

Für die Entwicklung des Werkhofstandort-Routen-Modells (Teilmodell II) ist das Wissen um die **Ursache für Kosteneffekte** entscheidend. Bild 124 zeigt mögliche Ursachen für Kosteneffekte³⁷⁷ als Variation der Stückkosten (sinkend oder steigend), die durch eine Standort- bzw. Routenplanung entstehen können.

Sinkende Durchschnittskosten können beispielsweise durch einen effizienten Einsatz der Geräte und Inventars aufgrund einer besseren Auslastung sowie durch den Einsatz grösserer Fahrzeuge erreicht werden. Ebenso kann eine erfolgreiche Prozessgestaltung zu sinkenden Stückkosten beitragen, indem beispielsweise Stillstandzeiten der Fahrzeuge vermieden respektive Leerfahrtzeiten durch unnötigen An- und Abfahrten zum und vom Werkhof vermindert werden. Zudem spielt die Grösse des zu bedienenden Strassennetzes eine wesentliche Rolle bei der Verminderung der Durchschnittskosten.

Steigende Durchschnittskosten haben ihren Ursprung meist in schlecht ausgelasteten Geräten, die hohe Fixkosten bei wenig Leistung verursachen. Demgegenüber kann eine wenig durchdachte Routenplanung lange Distanzen und unnötige Leerfahrten verursachen. Besonders auch die Lage des Werkhofes hat einen wesentlichen Einfluss auf die Ausprägung der Durchschnittskosten. So kann beispielsweise eine schlechte Erschliessung bzw. Erreichbarkeit des Werkhofes lange An- und Zufahrten und somit steigende Stückkosten verursachen.

³⁷⁷ Vgl. Delfmann W., L. B. (Kostendegressionspotenziale in Logistiksystemen 2004)

		URSACHEN für KOSTENEFFEKTE	
		Sinkende Stückkosten	Steigende Stückkosten
Werkhof-Standort- und Routenoptimierung		Transportmittel: <ul style="list-style-type: none"> Höhere Auslastung Grössere Fahrzeuge 	Inventar: <ul style="list-style-type: none"> Schlechte Auslastung Hohe Fixkosten
		Prozessgestaltung: <ul style="list-style-type: none"> Reduktion von Stillstandzeiten Vermeidung von Leerfahrten 	Routenplanung: <ul style="list-style-type: none"> Längere Distanz und Fahrzeiten durch Umwege Unnötige Leerfahrten
		Netzgrösse: <ul style="list-style-type: none"> Grösseres Streckennetz zur Erreichung einer höheren Auslastung 	Werkhof: <ul style="list-style-type: none"> Schlechte Erschliessung und Erreichbarkeit Lange An- und Zufahrten

Bild 124: Ursachen für Kosteneffekte durch Standort- und Routenplanungen

Der Entscheid zum optimalen Werkhofstandort folgt einem zweistufigen Prozess:

- **1. Stufe: Grobanalyse zur indikativen Vorentscheidungen**
- **2. Stufe: Detailanalyse als Entscheidungsgrundlage**

Die erste Stufe dient zur indikativen Vorentscheidung für die IKZ-Verantwortlichen und ermöglicht den Beteiligten eine erste Grobanalyse, die lediglich potentielle Werkhofstandorte unter Einhaltung der gewünschten Standortanforderungen untersucht, die zu minimalen Gesamtkosten führen soll.

Im zweiten Schritt gilt es anhand einer Detailanalyse die Werkhofstandort-Frage mit einer optimalen Routenplanung zu kombinieren, sodass sowohl die Kosten des neuen Werkhofstandortes als auch die Kosten der Tourenplanung minimal werden.

Bild 125 zeigt die Abfolge zur zweistufigen Werkhofstandort-Entscheidung, wobei im ersten Schritt die Identifikation potentieller Standorte mit minimalen Gesamtkosten und im zweiten Schritt die Kombination der minimalen Gesamtkosten aus Routenplanungs- und Werkhofstandortkosten erfolgt.

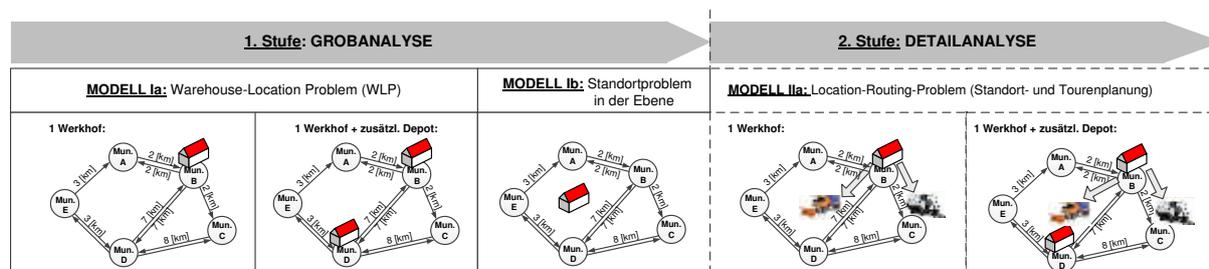


Bild 125: 2-stufiger Werkhofstandort-Routen-Entscheid

7.3.1 Erste Stufe: Grobanalyse zur indikativen Vorentscheidung

In der Grobanalyse zur indikativen Vorentscheidung können zwei Standortmodelle zum Auffinden eines optimalen Werkhofstandortes angewendet werden:

- **Modell Ia:**
Formulierung als Warehouse-Location-Problem (WLP) mit einem oder mehreren Werkhofstandorten
- **Modell Ib:**
Formulierung als Standortmodell in der Ebene mit Euklidischer Metrik

Ziel der beiden Modelle Ia und Ib ist es, potentielle Werkhofstandorte mit minimalen Gesamtkosten auf einer definierten Fläche (Fläche der siedlungsübergreifenden Kooperation) zu identifizieren.

Entscheidend in der Anwendung der beiden Modelle ist der Umstand, ob ein gegebenes Strassennetz (Netzwerk) als Modellgrundlage herangezogen werden soll (Modell Ia), oder jener Umstand, dass sich die Berechnung des optimalen Werkhofstandortes auf jeden Punkt der Ebene bezieht (Modell Ib – „Grüne-Wiese-Modell“).

Die Wahl des Modells hat wesentlichen Einfluss auf die Kostenstruktur, da neben den auftretenden Gebäude- und Standortkosten auch zusätzliche Erschliessungs- und Versorgungskosten zum neuen Werkhofgrundstück (Modell „Grüne Wiese“) auftreten.

7.3.1.1 Modell Ia: Formulierung als Warehouse-Location-Problem (WLP)

Dem Modell Ia zur Werkhofstandortentscheidung wird basierend auf einem vorhandenen Strassennetz das bereits vorgestellte *Warehouse-Location-Problem* (kurz WLP), das ein diskretes Optimierungsverfahren darstellt, zugrunde gelegt.

Auf Basis eines bestehenden Netzwerkes werden in einem ersten Schritt potentielle Werkhofstandorte identifiziert, die einer umfassenden Kosten- und Leistungsumfangsanalyse unter Berücksichtigung der gemeindespezifischen Anforderungen, wie beispielsweise des geforderten Qualitätsstandards, unterzogen werden.

Das Optimierungsproblem besteht darin, jenen optimalen Werkhofstandort zu finden, an dem die Gesamtsumme aus fixen Erstellungs- und/oder Umbaukosten, jährlichen Gebäudekosten (Betriebskosten), gebäudespezifischen Instandsetzungskosten sowie den variablen (leistungs- und mengenabhängigen) Fahrtkosten zur Deckung des gemeindespezifischen Bedarfes minimiert wird. Dabei wird m als Anzahl potentieller Werkhofstandorte definiert und n die Anzahl der zu bedienenden Gemeinden respektive Siedlungsschwerpunkte.

Die notwendigen Entscheidungsvariablen sind:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{falls Punkt } j \text{ (Siedlungsgebiet) von Werkhofstandort } i \text{ bedient wird} \\ 0 & \text{falls } i \text{ von } j \text{ aus nicht bedient wird} \end{cases}$$

$$y_i = \begin{cases} 1 & \text{am potentiellen Standort ist ein Werkhof einzurichten} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

Das mathematische Optimierungsmodell und dessen Zielfunktion kann folgendermassen definiert werden:

$$F(x, y) = \sum_{i=1}^m (K_{\text{Restr.}} + K_{\text{Geb.}} + K_{\text{Inst.}}) y_i + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min \quad (1-1a)$$

$K_{\text{Restr.}}$... Umbau- bzw. Restrukturierungskosten des Werkhofes [CHF]

$K_{\text{Geb.}}$... Gebäudekosten [CHF]

$K_{\text{Inst.}}$... Instandsetzungskosten [CHF]

c_{ij} ... Leistungs- und mengenabhängige Fahrtkosten zur Aufgabenerfüllung

Die Zielfunktion (1-1a) bildet die Minimierung der Gesamtkosten bestehend aus Umbau- bzw. Restrukturierungskosten, Gebäude- und Instandsetzungskosten sowie der variablen (leistungs- und mengenabhängigen) Fahrtkosten vom Werkhof zu den Einsatzorten bzw. Siedlungsschwerpunkten ab.

Während die Gebäudekosten beispielsweise die Betriebskosten des Werkhofgebäudes, die Kosten der Lagerflächen etc. berücksichtigen, werden in den Instandsetzungskosten des Werkhofgebäudes jene Kosten betrachtet, die zur Wiederherstellung der Gebrauchstauglichkeit einzelner Bauteile und somit zur Aufrechterhaltung der Sicherheit des Gebäudes über einen bestimmten Zeitraum anfallen.

Zusätzlich zu der in Formel (1-1a) dargestellten Zielfunktion gilt es folgende Nebenbedingungen zu berücksichtigen:

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = 1; \quad j = 1, \dots, n \quad (2-1a)$$

Die Randbedingung (2-1a) der Zielfunktion (1-1a) stellt sicher, dass jede Gemeinde bzw. jeder einzelne Siedlungsschwerpunkt von einem Werkhof bedient wird.

$$x_{ij} \leq y_i; \quad i = 1, \dots, m; \quad j = 1, \dots, n \quad (3-1a)$$

Die Randbedingung (3-1a) spezifiziert, dass der geforderte zu deckende Bedarf der interkommunalen Kooperation gesichert ist.

$$\begin{aligned} y_i &\in \{0,1\} & i = 1, \dots, m; \\ x_{ij} &\geq 0 & \forall i, j \end{aligned} \quad (4-1a)$$

Die Randbedingung (4-1a) stellt eine binäre Entscheidungsvariable der Form 0/1 dar in Abhängigkeit davon, ob der Werkhofstandort realisiert wird (Variabel 1) oder nicht (Variabel 0).

7.3.1.2 Modell Ib: Formulierung als Standortmodell in der Ebene

Standortmodelle in der Ebene zeichnen sich dadurch aus, dass jeder Punkt in der Ebene einen potentiellen Werkhofstandort darstellt. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass die Distanzen zwischen zwei Punkten (Werkhofstandort und Knoten der Siedlungsschwerpunkte) minimal werden.

Im sogenannten *Steiner-Weber-Problem* (siehe auch Kapitel 7.1.1.1) werden jene Koordination $(x,y) \in R \times R$ eines neuen Werkhofstandortes identifiziert, die die Summe zwischen den Nachfrageknoten und dem gewählten Standort minimal werden lassen.³⁷⁸ Als Nachfrageknoten werden im vorliegenden Modell die Schwerpunkte eines Netzsystems gesehen, in denen eine bestimmte Leistung (Strassenreinigung, etc.) abgerufen wird.

Da das vorliegende Optimierungsverfahren jeden Punkt der Ebene als potentiellen Standort vorsieht, wird primär davon ausgegangen, dass zur Umsetzung des optimalen Standortes ein Grundstücksneukauf sowie die Errichtung eines neuen Werkhofes notwendig werden. Wie in Kapitel 7.4 näher ausgeführt, werden im Zuge der Berechnung zwei Unterscheidungen hinsichtlich der zu berücksichtigenden Kosten getroffen:

- Kosten, die unabhängig vom Werkhofstandort immer anfallen (Grundkosten)
- Kosten, deren Höhe abhängig vom gewählten Werkhofstandort ist

Im Zuge der Standortoptimierung wird die Kategorie der Grundkosten nicht in die Optimierung integriert, zumal die Kosten unabhängig vom gewählten Werkhofstandort anfallen und dies die Entscheidungsfindung bezüglich eines optimalen Standortes nicht beeinflusst. Zu den Grundkosten zählen beispielsweise die Gebäudekosten wie Betriebskosten, Instandhaltungskosten, Lagerkosten etc. Zudem können dieser Kategorie auch die Bau- bzw. Errichtungskosten des Werkhofes zugerechnet werden.

Kosten, die in die Optimierung miteinbezogen werden müssen, ergeben sich aus den Kosten für den Grundstückserwerb sowie aus den spezifischen Kosten für die Erschliessung des neuen Werkhofstandortes. Dazu zählen Ver- und Entsorgungskosten für Strom, (Ab-)Wasser etc. sowie neue Verkehrsanbindungen zum bereits bestehenden Strassennetz.

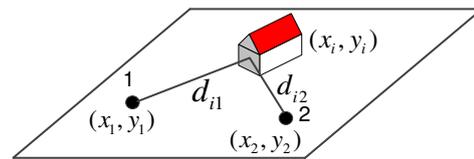
³⁷⁸ Vgl. Klose, A., Drexler, A. (Facility location models for distribution system design 2005)

Im Zuge der Optimierung ist es unabdingbar, bereits im Vorfeld jene Grundstücke innerhalb eines Gemeindegebietes zu definieren, die für einen neuen Werkhofstandort nicht in Frage kommen (z. B. aufgrund geografischer Gegebenheiten, Einschränkungen bzgl. Bebauungszonen der Gemeinden etc.).

Das Optimierungsproblem in der Ebene kann folgendermassen formuliert werden:

$$F(x, y) = \sum_{i=1}^m (K_{Land} + K_{Erschl.}) y_i + \sum_{j=1}^n d_{ij}^2 x_{ij} * c_{ij} \rightarrow \min \quad (1-1b)$$

- K_{Land} ... Grundstückskosten [CHF]
 $K_{Erschl.}$... Grundstückerschliessungskosten [CHF]
 d_{ij}^2 ... Euklidische Metrik [z.b. km]
 c_{ij} ... Fahrtkostenansatz [z.b. CHF/km]



Die Formel (1-1b) stellt die zu optimierende Zielfunktion bei Wahl des Modells Ib („Grüne Wiese-Modell“) dar. Ziel ist es, die Kosten für die Erschliessung des neuen Grundstücks, die Kosten des neuen Werkhofgrundstückes und die Euklidische Distanz zwischen neuem Werkhofstandort in der Ebene und den gemeindespezifischen Siedlungsschwerpunkten zu minimieren. Die Euklidische Metrik d_{ij}^2 stellt dabei die Distanz zwischen dem zu planenden Werkhofstandort und den Siedlungsschwerpunkten dar.

$$K_{Erschl.} = K_{Strasse} + K_{Versorgung} \quad (2-1b)$$

Wie Nebenbedingung (2-1b) zeigt, setzen sich die Erschliessungskosten des neuen Werkhofstandortes aus den Kosten für den Anschluss an das bestehende Strassennetz (neue Verkehrsanbindung) sowie den erforderlichen Erschliessungskosten (Ver- und Entsorgung wie Strom, Wasser, Kanal etc.) zusammen.

$$d_{ij}^2 = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (3-1b)$$

Die Formel (3-1b) zeigt die Berechnung der Euklidischen Distanz von jedem möglichen Punkt in der Ebene $R \times R$ (des interkommunalen Siedlungsgebietes) als möglichen neuen Werkhofstandort in Bezug zu den bestehenden Siedlungsschwerpunkten. Ziel ist die Minimierung der Euklidischen Distanz, um folglich eine Minimierung der Fahrtkosten in der Leistungserbringung zu erreichen.

Folgend wird zum besseren Verständnis und zur Einführung in die Thematik ein Beispiel zur Berechnung eines optimalen Werkhofstandortes unter Anwendung des Modells Ib („Grüne Wiese-Modell“) – Standortbestimmung in der Ebene – gezeigt.

7.3.1.3 Beispiel zu Modell Ib: Standortmodell in der Ebene mit Euklidischer Metrik

Im vorliegenden Beispiel wird angenommen, dass es sich um eine Gemeindekooperation von sechs Gemeinden handelt, die unterschiedliche Anforderungen an den Qualitätsstandard respektive unterschiedliche zu bedienende Netzgrößen aufweisen. Diesem Umstand wird durch die Bildung einer Bedarfskennzahl b_i Rechnung getragen, die die Anfahrtshäufigkeiten ins Siedlungsgebiet in Abhängigkeit des geforderten Qualitätsstandards abbildet.

Bild 126 zeigt grafisch die räumliche Lage der Gemeinden zueinander, sowie deren Bedarf (Anfahrtshäufigkeiten). Des Weiteren ist zu beachten, dass je nach optimalem Werkhofstandort variierende Grundstückspreise in der Ebene in Abhängigkeit von (x, y) auftreten können, die die Wahl eines kostengünstigen Werkhofstandortes beeinflussen.

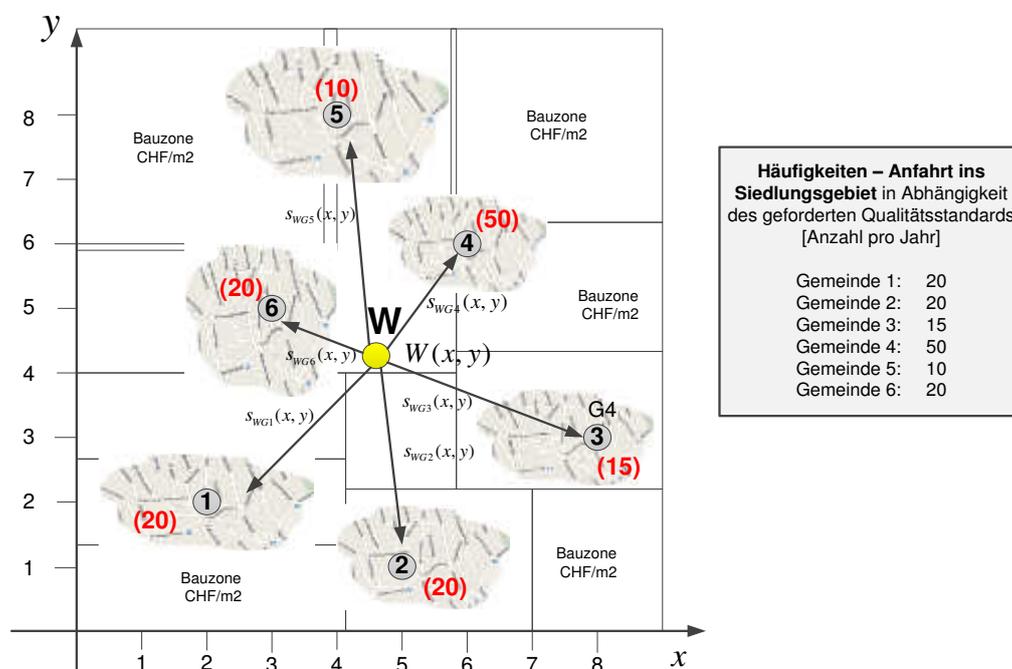


Bild 126: Beispiel Model Ib - Schematische Darstellung der Standortbestimmung in der Ebene

Tabelle 26 zeigt die Annahmen der Schwerpunktkoordinaten der Gemeinden und listet die Einsatzhäufigkeiten pro Jahr bezogen auf die Anfahrten ins Siedlungsgebiet auf. In der folgenden Berechnung wird jeder Gemeinde eine Koordinate (x, y) in der Ebene zugewiesen, die die Lage der Gemeinden untereinander definiert.³⁷⁹

³⁷⁹ Anmerkung: Die Häufigkeiten der Anfahrten ins Siedlungsgebiet wurden auf Basis der empirischen Erhebungen in Teil B von Girmscheid, G., Koller, L. (Management im betrieblichen Strassenunterhalt 2014) erhoben. (Z. B. Häufigkeit in der Strassenreinigung von 1,6 Mal im Monat entspricht ca. 20 Anfahrten zur Gemeinde pro Jahr)

Tabelle 26: Beispiel Modell Ib - Schwerpunkte und Einsatzhäufigkeiten der Gemeinden

Koordinaten Schwerpunkt	X	Y	Einsatzhäufigkeit/Jahr
Gemeinde 1	2	2	20
Gemeinde 2	5	1	20
Gemeinde 3	8	3	15
Gemeinde 4	6	6	50
Gemeinde 5	4	8	10
Gemeinde 6	3	5	20

Auf Basis der geforderten Qualitätsstandards in der Leistungserbringung werden zudem Einsatzhäufigkeiten pro Jahr definiert, die Auskunft darüber geben, wie oft eine Gemeinde vom Werkhofstandort aus zur Erledigung ihrer Aufgabe (z. B. in der Strassenreinigung) angefahren werden muss. Die Einsatzhäufigkeit ergibt sich dabei aus den zu reinigenden Kilometern Strasse in Abhängigkeit vom geforderten Qualitätsstandard.

Die zu optimierende Zielfunktion kann dabei wie folgt formuliert werden:

$$F(x, y) = K_{Erstell.}^{fix} + \sum_{i=1}^m \frac{c_i b_i}{v_i(\Omega)} \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} + K_{Land}^{var}(x, y) + K_{Erschl.}^{var}(x, y) \rightarrow \min.$$

$K_{Erstell.}^{fix}$	Fixkosten für die Erstellung des Werkhofes	[CHF]
$K_{Land}^{var}(x, y)$	Standortabhängige Grundstückskosten	[CHF]
$K_{Erschl.}^{var}(x, y)$	Standortabhängige Erschliessungskosten	[CHF]
K_{Fahrt}^{var}	Variable Kosten, die infolge von Fahrdistanzen und –häufigkeiten entstehen	[CHF]
c_i	Fahrtkostenansatz pro Stunde und Fahrt	[CHF/(h*ME)]
b_i	Einsatzhäufigkeiten/Anzahl der Fahrten vom Werkhof zu den Nachfrageknoten	[ME]
$v_i(\Omega)$	Geräteabhängige Durchschnittsgeschwindigkeit	[km/h]

Tabelle 27 zeigt die zugrunde gelegten Parameter wie die jeweiligen Koordinaten der in der Berechnung einbezogenen Gemeinden, den geräteabhängigen Fahrtkostenansatz, die geforderten Einsatzhäufigkeiten bzw. Anfahrten pro Jahr sowie die geräteabhängige Durchschnittsgeschwindigkeit.

Tabelle 27: Beispiel Modell Ib – Koordinaten und Beiwerte

Gemeinde	Koordinaten		Beiwerte		
	X	Y	c_i	b_i	v_i
G1	2.00	2.00	119.00	20.00	5.50
G2	5.00	1.00	119.00	20.00	5.50
G3	8.00	3.00	119.00	15.00	5.50
G4	6.00	6.00	119.00	50.00	5.50
G5	4.00	8.00	119.00	10.00	5.50
G6	3.00	5.00	119.00	20.00	5.50

Neben den genannten Beiwerten

- Fahrkostenansatz c_i (An- und Abfahrt vom Werkhof),
- Bedarfskennzahl b_i in Abhängigkeit zum geforderten Qualitätsstandard und Leistungsumfang in den Gemeinden, sowie der
- geräteabhängigen Durchschnittsgeschwindigkeit $v_i(\Omega)$

und Koordinaten (x,y) der Gemeinden werden folgende Werkhof-Errichtungskosten sowie folgende Werkhof-Grundstücksgrösse der Berechnung zugrunde gelegt:

- Fixe Werkhof-Erstellungskosten: 400.000 CHF
- Werkhof-Grundstück: 2000 m²

Wie eingangs erwähnt, können je nach Werkhofstandort in Abhängigkeit der (x, y)-Koordinaten Grundstückspreise in unterschiedlicher Höhe auftreten. Diese werden in der vorliegenden Berechnung exemplarisch durch Zufallswerte zwischen 50 und 250 CHF pro Quadratmeter innerhalb eines Quadranten (10x10 km) festgelegt (siehe Tabelle 28). Die Grösse dieses Quadranten kann bedarfsgerecht angepasst und verkleinert werden.

Zudem kann festgelegt werden, in welchem Quadranten der Bau eines neuen Werkhofstandortes untersagt bzw. nicht möglich ist.

Tabelle 28: Beispiel Modell Ib – Definierte Grundstückspreise

[CHF]	X-Werte										
Y-Werte	Koord	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	1	230	85	140	59	236	109	244	146	125	124
	2	249	82	184	188	91	62	136	250	92	181
	3	126	189	224	189	222	107	166	64	100	191
	4	75	163	50	186	234	127	129	216	216	233
	5	242	152	230	139	218	70	227	158	51	189
	6	200	156	172	171	117	135	94	85	82	65
	7	82	146	219	131	193	121	86	111	124	152
	8	138	227	56	76	57	64	110	74	147	180
	9	89	74	172	53	250	201	144	113	89	223
	10	144	106	92	107	165	204	100	211	60	232

Nach Durchlaufen des Excel-Optimierungstools können auf Basis der Zielfunktion folgende (x, y) -Koordinaten als kostenoptimaler Werkhofstandort definiert werden (Tabelle 29):

Tabelle 29: Beispiel Modell Ib – Ergebnis optimaler Werkhofstandort

X-Position	5'990	[m]
Y-Position	6'010	[m]
Zielwert	8'372'320	[CHF]

7.3.2 Zweite Stufe: Standort-Detailanalyse zur Entscheidungsfindung

In weiterer Folge wird die zweite Stufe des Werkhofstandort-Routen-Modells (Bild 127) beleuchtet. Schliesslich sind für eine ganzheitliche Betrachtung einer kostenoptimalen Werkhofstandort-Variante nicht nur alleinig die Werkhofkosten, sondern ebenso die durch den Betrieb entstehenden Kosten entscheidend.

Der Übergang der Betrachtungstiefe von der ersten in die zweite Stufe fordert jedoch, dass die für Schritt 1 „Grobanalyse zur indikativen Vorentscheidung“ benötigten Informationen und gemeindespezifischen Grundsätze positiv beantwortet werden konnten. Erst dann ist eine Betrachtung eines optimalen Werkhofstandortes mit Berücksichtigung einer wegstreckenoptimalen Tourenplanung sinnvoll.

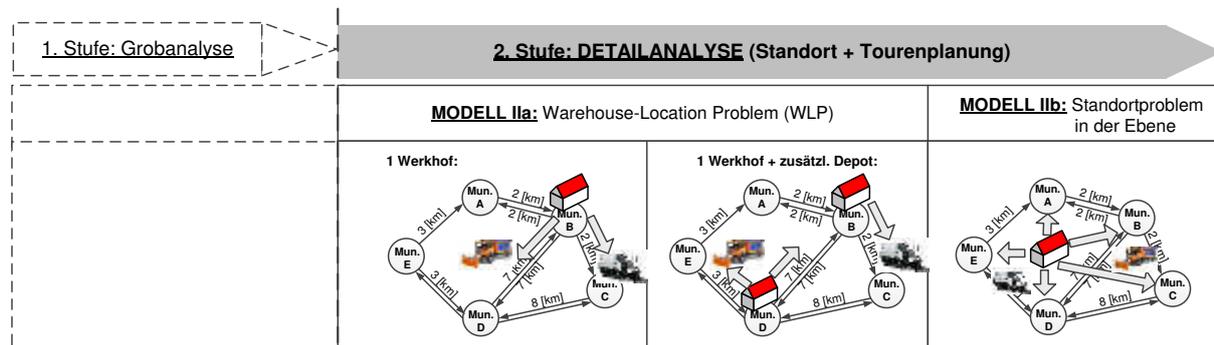


Bild 127: Zweite Stufe der Werkhofstandort-Tourenplanung - Detailanalyse

In den vorliegenden Ausarbeitungen zur Tourenplanung soll die Wichtigkeit einer überlegten und optimierten Routenplanung aufgezeigt werden. Erst durch die Verknüpfung des optimalen Werkhofstandortes mit einer durchdachten Routenplanung kann das Inventar optimal und ressourcenschonend eingesetzt werden und nur so ist es möglich, Effizienzpotentiale auszuschöpfen.

Basierend auf den in Kapitel 7.2 vorgestellten Grundlagen zur Tourenplanung und der Erläuterung des Saving-Algorithmus kann die Formulierung einer Zielfunktion erfolgen, die sowohl die Standortkosten als auch die Kosten der Tourenoptimierung miteinbezieht.

Das zugehörige mathematische Optimierungsproblem kann folgendermassen definiert werden:

$$F(x, y) = \sum_{i=1}^m (K_{\text{Restr.}} + K_{\text{Instand.}}) y_i + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k \in K} (c_{ij}^{\text{Leerfahrt}} + c_{ij}^{\text{prod}}(A_i)) x_{ijk} \rightarrow \min$$

$K_{\text{Restr.}}$... Umbau- bzw. Restrukturierungskosten des zukünftigen Werkhofes

$K_{\text{Instand.}}$... Instandhaltungs- bzw. Instandsetzungskosten des zukünftigen IKZ-Werkhofes

$c_{ij}^{\text{Leerfahrt}}$... Leerfahrtkosten für Hin- und Retourfahrten zum Werkhof

$c_{ij}^{\text{prod}}(A_i)$... variable Kosten für wertschöpfende Tätigkeiten in Abhängigkeit von der zu bearbeiteten (Strassen-)Fläche

Die Zielfunktion (1-2a) strebt die Minimierung der Gesamtkosten an, die sich aus Umstrukturierungskosten des Werkhofes, den allgemeinen Werkhofkosten (vgl. Kapitel 7.3.1.1) und den distanzabhängigen Fahrtkosten (Leerfahrten und produktive Fahrzeiten) zusammensetzen. Wird von einem Neubau eines siedlungsübergreifenden Werkhofes gesprochen, so müssen ebenso die Bau- bzw. Errichtungskosten, sowie die Erschliessungskosten des Werkhofgeländes berücksichtigt werden.

Die Fahrtkosten werden hierbei in

- fixe Leerfahrtkosten für Hin- und Retourfahrten vom und zum Werkhof vom jeweiligen Siedlungsschwerpunkt aus und
- variable wertschöpfende Fahrten in Abhängigkeit von der zu bearbeiteten Fläche eingeteilt.

Als wertschöpfende Tätigkeiten werden beispielsweise der Reinigungsvorgang bzw. der Wintereinsatz per se gesehen. Die Gesamtheit der zu bearbeitenden Fläche ergibt sich einerseits aus der interkommunalen Gemeindeflächengrösse und andererseits aus der Einsatzhäufigkeit auf Basis des geforderten Qualitätsstandards. Die Grösse der Siedlungsschwerpunkte ist auf Basis möglicher Leistungsvorgaben der vorhandenen Geräte zu berechnen bzw. die Clusterbildung der Siedlungsgebiete erfolgt durch Anwendung des *Saving*-Verfahrens in der Optimierungsphase.

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1; \quad i = 1, \dots, m \quad j = 1, \dots, n \quad (2-2a)$$

Die Nebenbedingung (2-2a) stellt sicher, dass jede partizipierende IKZ-Gemeinde von einem Werkhof versorgt wird und dass jeder Route exakt ein Fahrzeug zugewiesen wird.

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n b_j(S) x_{ij} \leq V_C; \quad \forall k \in K \quad (3-2a)$$

$b_j(S)$... Nachfrage in der Aufgabenerfüllung in Abhängigkeit vom geforderten Service Level

V_C ... Gerätekapazitätsfaktor (z.B. Volumen des Kehrgutbehälters, mechanische Abmessungen und Gerätebreiten etc.)

Nebenbedingung (3-2a) berücksichtigt im Speziellen den gerätebedingten Einflussfaktor V_C , der die Kapazitätsgrenzen der eingesetzten Geräte (z. B. Grösse des Kehrgutbehälters, Breiten der Schneepflüge etc.) miteinbezieht und diese in Relation zum geforderten Service Level (S) in der jeweiligen Gemeinde setzt. So könnte anhand der Formel (3-2a) beispielsweise der Bedarf an Streumittel [kg pro Route] in Abhängigkeit des Volumens des Streugerätes gesetzt werden.

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n t_{ij} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \tau_{value}(A_i) \leq T_K; \quad \forall k \in K \quad (4-2a)$$

t_{ij} ... Leerfahrtzeit von und zum Werkhof

τ_{value} ... Zeit zur Durchführung wertschöpfender Tätigkeiten

$A_{i,\dots,i+n}$... zu bearbeitende Fläche in den Gemeinden $i,\dots,i+n$

T_K ... gesetzlich maximal erlaubte Arbeitszeit (maximale Zeit der Route)

Die Nebenbedingung (4-2a) berücksichtigt auf Basis der gesetzlich maximal erlaubten Arbeitszeiten die maximalen Dauern der Routen.

Eine schematische Darstellung dazu ist in Bild 128 dargestellt. Variable t_{ij} stellt die Leerfahrtzeiten von und zum Werkhof dar, die nicht wertschöpfend sind. Dies sind zumeist Anfahrten zum Einsatzort bzw. Fahrten vom Einsatzort zurück in den Werkhof. τ_{value} hingegen berücksichtigt die Zeit der wertschöpfenden Tätigkeiten in Abhängigkeit der Flächen in den Gemeinden, die bearbeitet bzw. unterhalten werden müssen.

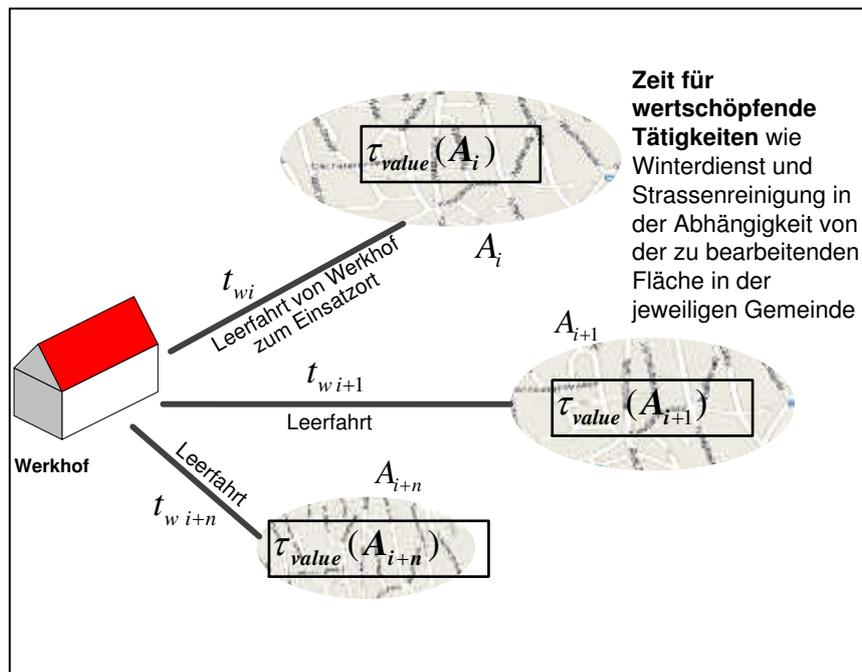


Bild 128: Beispiel LRP - schematische Darstellung Leerfahrten

Die Betrachtung von Werkhofstandort-Entscheidungen in Kombination mit einer optimierten Routenplanung macht deutlich, dass eine Reihe von Anforderungen und Restriktionen in das Lösungsverfahren miteinbezogen werden müssen. Dennoch ist eine detaillierte und systematische Werkhofstandort- und Routenplanung unerlässlich, um einen langfristigen erfolgreichen betrieblichen Unterhalt zu gewährleisten.

Zusammenfassend zeigt Bild 129 eine Übersicht über die in die Berechnung miteinbezogenen Kostenarten in ihrer Verwendung in der Stufe 1 Grobanalyse und der Stufe 2 Detailanalyse.

		GROBANALYSE		DETAIL-ANALYSE
		Modell Ia	Modell Ib	Modell II
Kostenarten:		WLP	«Grüne Wiese»-Modell	LRP
Grundstückskosten	K_{Land}	-	x	x
Erschliessungskosten	$K_{Erschl.}$	-	x	x
Umbau-/ Restrukturierungskosten	$K_{Restr.}$	x	x	x
Bau-/ Errichtungskosten	K_{Bau}	-	x	x
Werkhofkosten (Betriebskosten / Instandhaltung)	K_W	x	x	x
An- und Abfahrtskosten zum Siedlungs-SP	$C_{ij}^{Leerfahrt}$	x	x	x
Kosten der Touren (Wertschöpfung)	w_{ij}^{prod}	-	-	x

Bild 129: Zu berücksichtigende Kostenarten der Standort- und Routenoptimierung

Mit Hilfe des entwickelten Teilmodells II Werkhofstandort-Routen-Modell ist es nun möglich, für eine siedlungsübergreifende Zusammenarbeit im betrieblichen Strassenunterhalt einen optimalen interkommunalen Werkhofstandort aufzufinden. Das entwickelte Modell soll eine Entscheidungsunterstützung für die Ressortverantwortlichen darstellen, um abseits der politischen Meinungen und Diskussionen einen ökonomisch sinnvollen und rational begründbaren Standort eines neuen IKZ-Werkhofes aufzufinden.

In weiterer Folge soll zur Beurteilung der ökonomischen Vorteilhaftigkeit des Werkhofstandortes auf die Net Present Value-Berechnung zur Beurteilung eines optimalen Werkhofstandortes eingegangen werden.

7.4 Werkhofstandort-Routen-Modell – Net Present Value-Berechnung

Die Grundlage zur Berechnung minimaler Gesamtkosten im Zuge des Werkhofstandort-Entscheidungs bildet die dynamische Investitionsrechnung, die den Vorteil der zeitlichen Berücksichtigung der Kostenverläufe mit sich bringt und die Schwäche der statischen Investitionsrechnung, die vorwiegend nur für kurze Zeiträume akzeptable Ergebnisse liefert, ausgleicht. Die Charakterisierung der Investitionsobjekte erfolgt über Ein- und Auszahlungen, die im Rahmen des betrachteten Zeitraumes erwartet werden.³⁸⁰

Nach HEINHOLD (1994) sind im Wesentlichen die Bezugnahme auf Ein- und Auszahlungen sowie die Einbeziehung von mehreren Betrachtungszeiträumen Merkmale, die dynamische Investitionsmodelle von statischen unterscheiden.³⁸¹

Dynamische Modelle können insbesondere für die Beurteilung von **Vorteilhaftigkeitsentscheidungen** von Varianten bei Verwendung einer Zielgröße herangezogen werden.

Dabei werden zur Berechnung der Vorteilhaftigkeit folgende Modellprämissen zugrunde gelegt:³⁸²

- Relevante Zahlungsströme der Investitionsvarianten können als Einnahmen und Ausgaben (Ein- und Auszahlungen) den Varianten eindeutig zugeordnet werden und in spezifischer Höhe zu vordefinierten Zeitpunkten bestimmt werden.
- Entscheidungen, die in anderwärtigen Verwaltungs- oder Unternehmensbereichen getroffen werden, sind nicht simultan mit der Investitionsentscheidung zu treffen.
- Die Nutzungsdauer respektive der Betrachtungszeitraum der Investitionsvarianten wird mit 30 Jahren festgelegt und ist im Zuge einer gemeindespezifischen Berechnung kritisch zu hinterfragen.

Wie eingangs erwähnt, handelt es sich bei einem Werkhofstandort-Entscheidungs um eine langfristige strategische Entscheidung, wobei insbesondere der zeitliche Anfall der Zahlungsströme eine Rolle spielt. Mithilfe der dynamischen Investitionsrechnung ist es somit möglich, die jeweiligen Zahlungsströme umfassend und realistisch zu betrachten und folglich realitätsnah zu bewerten.³⁸³

Die **dynamische Investitionsrechnung** stellt dabei die Verfahren der

- Internen Zinsfußmethode
- Annuitätenmethode und
- Kapitalwertmethode (Nettobarwert oder *Net-Present-Value* (NPV)-Methode)

zur Verfügung.³⁸⁴

³⁸⁰ Vgl. Götze, U. (Investitionsrechnung 2008), S. 66

³⁸¹ Vgl. Heinhold, M. (Investitionsrechnung 1994), S. 75

³⁸² Vgl. Götze, U. (Investitionsrechnung 2008), S. 49

³⁸³ Vgl. Götze, U. (Investitionsrechnung 2008), S. 79

³⁸⁴ Vgl. Thommen, J.-P. (Betriebswirtschaftslehre 2012)

Für den Werkhofstandort-Entscheid wird letztere **Net-Present-Value-Methode** verwendet, da auf Basis der NPV-Berechnung eine umfassende und einheitliche Betrachtung im Rahmen des finanziellen Rechnungswesens möglich wird sowie aufgrund der Tatsache, dass durch Anwendung der NPV-Methode eine klare und realitätsnahe Systematik erreicht werden kann.³⁸⁵

Zu berücksichtigende Kostenanteile

Jene Kosten, die im Zuge einer Werkhofstandort- bzw. Tourenplanungsanalyse berücksichtigt werden, können allgemein in zwei Arten unterteilt werden:

- Kosten, die unabhängig vom Werkhofstandort immer anfallen (Grundkosten)
- Kosten, die aufgrund der betrieblichen Tätigkeit anfallen

In die erste Kategorie der Grundkosten fallen im Zuge der Werkhofstandort-Entscheidung beispielsweise die Werkhofkosten wie Betriebskosten, Instandhaltungskosten, Lagerkosten etc. Zudem können dieser Kategorie auch die Bau- bzw. Errichtungskosten des Werkhofes zugeteilt werden sofern von einem Werkhof-Neubau ausgegangen wird, da diese Kostenart unabhängig vom Standort jeweils in derselben Höhe aufgrund derselben Anforderungen an die Dimension etc. anfallen würde.

Sämtliche Grundkosten werden somit in der folgenden Wirtschaftlichkeitsanalyse nicht berücksichtigt, da sie unabhängig vom gewählten Werkhofstandort immer in derselben Höhe anfallen (sofern dieselben geometrischen und baulichen Randbedingungen an den betrachteten potentiellen Standorten vorherrschend sind).

Wird im Zuge des Werkhofstandort-Entscheids von bereits bestehenden Gebäuden respektive Werkhöfen ausgegangen, so ist es unabdingbar, die gebäudespezifischen Kosten sowie die notwendigen und in unterschiedlicher Höhe anfallenden Umbau- bzw. Umstrukturierungskosten in die Analyse miteinzubeziehen.

Kapitalwert einer Werkhofstandort-Variante

Der Kapitalwert $NPV_{t_B}^{\psi}$ einer Werkhofstandort-Variante ψ muss als diskontierte Summe aller anfallenden Kosten zeitabhängig über den gesamten Betrachtungszeitraum berücksichtigt werden.

Der Kapitalwert ist nach GÖTZE (2008) definiert als die „*Summe aller auf einen Zeitpunkt ab- bzw. aufgezinsten Ein- und Auszahlungen, die durch die Realisation eines Investitionsobjektes verursacht werden*“.³⁸⁶ Unter der Annahme eines vollkommenen Kapitalmarktes wird ein einheitlicher Kalkulationszinssatz der Berechnung zugrunde gelegt.

³⁸⁵ Vgl. Girmscheid, G., Lindenmann, H.-P. (Kommunale Strassennetze in der Schweiz 2008), S. 222

³⁸⁶ Götze, U. (Investitionsrechnung 2008), S. 71

Die Berechnung des Kapitalwertes der Werkhofstandort-Varianten erfolgt dabei in einer zweistufigen Berechnung (Bild 130). Im ersten Schritt der NPV-Berechnungsmethode gilt es die jährlich anfallenden Kosten der Werkhofstandort-Variante zu berechnen.

Diese werden im Zuge einer holistischen Kostenbetrachtung in einmalige und periodisch wiederkehrende Kosten eingeteilt. Während die einmaligen Kosten beispielsweise Investitionskosten bzw. Liquidationserlöse (z. B. aus dem Verkauf eines alten Werkhofgebäudes) darstellen, werden unter periodisch wiederkehrenden Kosten im Wesentlichen die Kosten des laufenden Strassenbetriebes, die jährlich anfallen, verstanden.

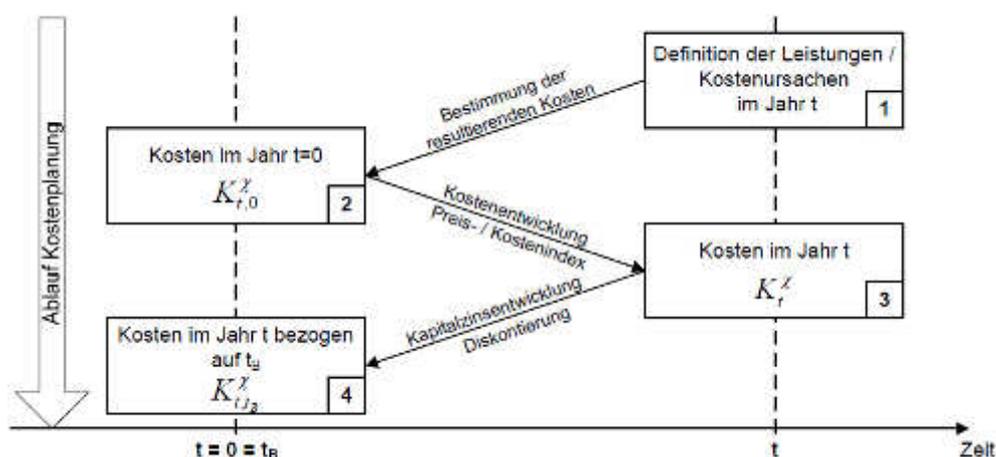


Bild 130: Schematischer Ablauf der NPV-Berechnungsmethode³⁸⁷

Im zweiten Schritt erfolgt die Berücksichtigung des Diskontierungssatzes und der spezifischen Teuerungsindices, die die gegenwärtigen Ausgaben auf die zu den erwartenden Preissteigerungen (für beispielsweise Löhne, Material, etc.) aufzinst.³⁸⁸

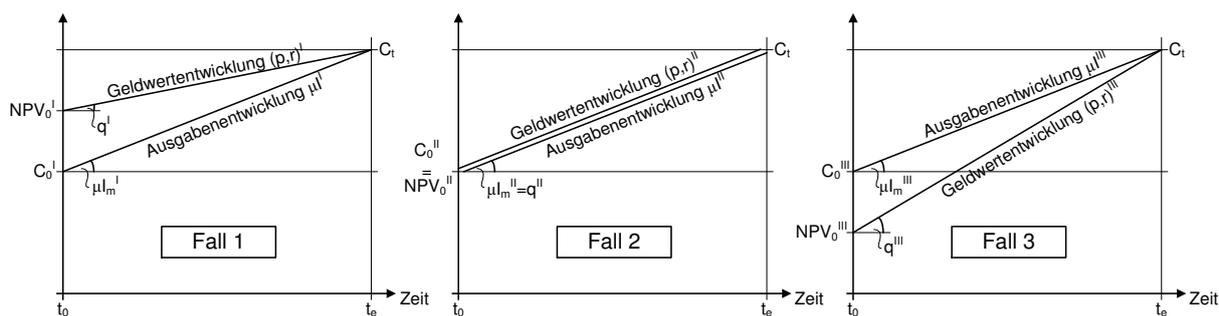


Bild 131: Berücksichtigung der Kosten- und Geldwertentwicklung³⁸⁹

³⁸⁷ Fastrich, A. (Erhaltungsstrategien im Strassenunterhalt 2011), S.144

³⁸⁸ Vgl. Girmscheid, G. (Projektentwicklung in der Bauwirtschaft 2010b), S. 260

³⁸⁹ Girmscheid, G. (Projektentwicklung in der Bauwirtschaft 2010b), S. 260

In diesem Berechnungsschritt findet die Diskontierung q der jährlichen Kosten auf den Betrachtungszeitraum t_B statt. Dabei ist insbesondere die Wahl der Höhe des Diskontierungszinssatzes von Bedeutung und mit grosser Sorgfalt zu wählen, da dadurch das Ergebnis der Berechnung wesentlich beeinflusst werden kann. Ein zu niedrig gewählter Diskontierungszinssatz hat zur Folge, dass die Gewichtung der zukünftigen Kosten im Vergleich zu den vorherrschenden Kosten zu hoch ausfällt und somit wesentlich das Berechnungsergebnis beeinflusst.

Mögliche Varianten zur Bestimmung eines Zinssatzes sind beispielsweise die Werte langjähriger Staatsanleihen (z. B. Staatsobligationen) oder Zinssätze, die derzeit auf dem Kapitalmarkt verfügbar sind (siehe Bild 132).³⁹⁰

Der Kalkulationszinssatz hat zusammenfassend folgende zwei Funktionen:³⁹¹

- Schaffung einer Vergleichbarkeit von Vorteilhaftigkeits- respektive Investitionsentscheidungen
- Erfassung von gegenwärtigen und zukünftigen Investitionsmöglichkeiten und abschliessender Überführung in einen Kapitalwert als Zielgrösse

Zudem müssen diverse Kostenentwicklungen (Teuerungsraten etc.) entweder differenziert oder pauschal in die Berechnung des Kapitalwertes miteinfließen. Die Problematik der Kostenentwicklung besteht zumeist darin, geeignete Werte zur Berechnung heranziehen zu können. Einschlägige Preisentwicklungen im Baubereich liefert beispielsweise der Schweizerische Baupreisindex³⁹², der für die einzelnen Sparten des Baugewerbes laufende Aktualisierungen publiziert.

³⁹⁰ Vgl. Girmscheid, G. (NPV-Wirtschaftlichkeitsanalysemodell 2006a); Becker, H. P. (Investition und Finanzierung 2012)

³⁹¹ Vgl. Perridon, L., et al. (Finanzwirtschaft der Unternehmung 2012), S. 77ff; Kern, W. (Grundzüge der Investitionsrechnung 1976), S. 35

³⁹² Bundesamt für Statistik (Baupreisindex 2013)

in Prozent, en pourcent											
Jahresmittel ¹ Moyenne annuelle ² Date	CHF Obligations der Eidgenossenschaft Obligations de la Confédération									EUR Deutsche Staatsanleihen Obligations de l'Etat allemand	USD US-Treasury Bond issues Obligations du Trésor américain
Fin de mois Date	2 Jahre 2 ans	3 Jahre 3 ans	4 Jahre 4 ans	5 Jahre 5 ans	7 Jahre 7 ans	10 Jahre ³ 10 ans ³	20 Jahre 20 ans	30 Jahre 30 ans	10 Jahre 10 ans	10 Jahre 10 ans	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2003	0.79	1.14	1.48	1.72	2.16	2.68	3.48	3.85	4.28	4.36	
2004	1.11	1.42	1.73	1.94	2.32	2.75	3.26	3.81	4.23	4.33	
2005	1.14	1.32	1.49	1.62	1.85	2.11	2.55	2.76	3.48	4.30	
2006	1.88	2.11	2.23	2.28	2.39	2.50	2.67	2.74	3.85	4.43	
2007	2.55	2.58	2.64	2.70	2.81	2.91	3.05	3.09	4.30	4.73	
2008	2.01	2.10	2.27	2.44	2.70	2.89	3.22	3.32	4.20	4.25	
2009	0.52	0.82	1.12	1.30	1.82	2.22	2.72	2.88	3.81	3.75	
2010	0.44	0.69	0.79	0.90	1.31	1.65	2.06	2.11	3.00	3.43	
2011	0.55	0.46	0.65	0.81	1.16	1.48	1.66	1.83	2.53	2.97	
2012	-0.06	-0.12	-0.04	0.10	0.27	0.66	1.05	1.16	1.88	1.86	
2012-10	-0.06	-0.14	-0.08	0.03	0.30	0.60	1.02	1.16	1.80	1.76	
2012-11	-0.10	-0.17	-0.13	0.02	0.24	0.53	0.85	1.10	1.47	1.65	
2012-12	-0.12	-0.16	-0.03	0.02	0.26	0.56	1.00	1.16	1.38	1.81	
2013-01	0.09	0.10	0.13	0.20	0.51	0.79	1.22	1.37	1.85	2.00	
2013-02	0.03	0.00	0.05	0.17	0.42	0.72	1.15	1.30	1.52	1.95	
2013-03	-0.01	-0.05	0.02	0.13	0.42	0.75	1.20	1.36	1.32	1.82	
2013-04	-0.08	-0.12	-0.07	0.05	0.31	0.61	1.06	1.22	1.26	1.74	
2013-05	0.00	0.00	0.03	0.18	0.40	0.70	1.17	1.31	1.51	2.25	
2013-06	-0.01	0.06	0.22	0.41	0.73	1.06	1.48	1.62	1.78	2.54	
2013-07	-0.01	0.05	0.21	0.40	0.75	1.10	1.54	1.69	1.78	2.75	
2013-08	-0.01	0.05	0.22	0.42	0.78	1.14	1.60	1.75	1.81	2.93	
2013-09	-0.02	0.01	0.17	0.38	0.73	1.11	1.60	1.77	1.92	2.78	
2013-10	0.00	0.02	0.15	0.33	0.68	1.07	1.59	1.76	1.75	2.71	

¹ Bei diesen Renditen handelt es sich um sogenannte Kassazinssätze. Als Kassazinssätze werden Renditen von Nullkupon Anleihen bezeichnet. Die Schätzung der Kassazinssätze bzw. der Fälligkeits-Zinsstruktur erfolgt unter Verwendung des erweiterten Nelson/Siegel-Verfahrens (vgl. Erläuterungen im Quartalsrfr GNS, 20002 S. 64-70).
Ces rendements sont ce qu'on appelle des taux d'intérêt au comptant. Par taux d'intérêt au comptant on entend des rendements d'émoums à coupon zéro. L'estimation des taux d'intérêt au comptant et de la structure des taux selon les échéances est faite à l'aide de la méthode Nelson/Siegel étendue (voir commentaire publié dans le Bulletin trimestriel de la BNS, n° 20002, p. 64 à 70).

² Jahresmittel berechnet aus Tageswerten bis Ende 1997 für die Kategorien der Spalten 1 bis 7 nur Montage- und Monatsendwerte verfügbar.
Moyenne annuelle calculée à partir des valeurs journalières jusqu'à fin 1997, seules les valeurs des fonds et des fins de mois sont disponibles pour les catégories des colonnes 1 à 7.

³ An Stelle der früher publizierten Durchschnittsrendite für Obligationen der Eidgenossenschaft (alte Anleihen) kann der 10-jährige Kassazinssatz verwendet werden. Le taux d'intérêt au comptant pour les émoums à 10 ans peut être utilisé à la place du rendement moyen publié précédemment pour l'ensemble des émoums de la Confédération.

Bild 132: Schweizerische Staatsobligationen³⁹³

Der *Net-Present-Value* ergibt sich aus dem Saldo aus Einnahmen und Ausgaben in einer Betrachtungsperiode auf Basis einer Cash Flow-Betrachtung. Der Net-Present-Value $NPV_{t_B}^{\psi}$ einer Werkhofstandort-Variante ψ errechnet sich somit aus:

$$NPV_{t_B}^{\psi} = \sum_{t=1}^n \frac{C_t^{\psi}}{(1+q)^{(t-t_B)}} = \sum_{t=1}^n \frac{A_t^{\psi}}{(1+q)^{(t-t_B)}} - \sum_{t=1}^n \frac{E_t^{\psi}}{(1+q)^{(t-t_B)}}$$

Mit

C_t^{ψ} Cash Drain (Ausgaben A_t^{ψ} minus Einnahmen E_t^{ψ}) einer Werkhofstandort-Variante ψ bezogen auf den Zeitpunkt t

q Diskontierungszinssatz

t_B Betrachtungszeitpunkt (mit $t=0$)

³⁹³ Schweizerische Nationalbank (Statistisches Monatsheft 2013)

Zusätzlich zu oben genannter Formel müssen Überlegungen zur Restwertbetrachtung angestrebt werden. Wird der Restwert am Ende des Betrachtungszeitraumes berücksichtigt, so muss dies in der NPV-Berechnung miteinbezogen werden.

Die jeweiligen Zahlungsströme (engl. *Cash Flows*) können dabei unterschieden werden in (Bild 133):

▪ **Einmalige Cash Flows**

- Werkhof-Umbaukosten
- Abbruchkosten
- Restrukturierungs- bzw. Umnutzungskosten
- Kosten für einen Werkhofneubau
- Erschliessungskosten
- Liquidationserlöse aus Werkhofauflösungen
- Etc.

▪ **Aperiodische Cash Flows**

- Instandhaltungskosten
- Instandsetzungskosten abhängig von den Nutzungsdauern der jeweiligen Bauteile

▪ **Periodische Cash Flows (jährlich)**

- Kosten des laufenden Betriebes
 - Verwaltungskosten
 - Werkhofkosten
 - Gebäudekosten
 - Materialkosten

- Kosten der Leistungsbereiche des Betrieblichen Unterhalts
 - Kosten der Strassenreinigung
 - Kosten des Winterdienstes
 - Kosten der Grünpflege
 - Kosten des baulichen Unterhalts

Bild 113 zeigt grafisch Einnahmen und Ausgaben in ihren aperiodischen oder periodischen Ausprägungen im Laufe des Betrachtungszeitraumes.

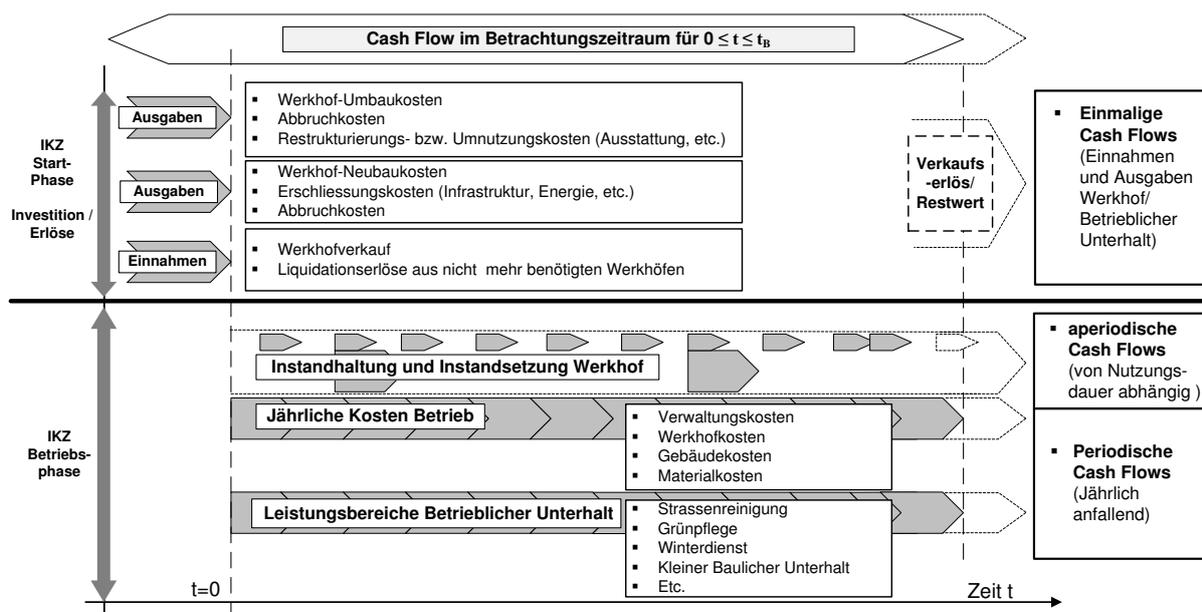


Bild 133: NPV-Werkhofstandortvariante

Zur Beurteilung der Vorteilhaftigkeit der siedlungsübergreifenden Kooperation im Vergleich zur Leistungserbringung in Eigenregie bedarf es einer Gegenüberstellung der jeweiligen Net-Present-Values.

Dazu wird ein *Net-Present-Value-Differenzaxiom* eingeführt, das folgendermassen definiert ist:³⁹⁴

$$NPV_{t_B}^{Eigen} > NPV_{t_B}^{IKZ}$$

Eine Durchführungsvariante des betrieblichen Unterhalts ist dann absolut vorteilhaft, wenn der Net-Present-Value grösser Null ist. Von einer relativen Vorteilhaftigkeit der zu vergleichenden Durchführungsvarianten spricht man dann, wenn die Summe der jeweiligen Barwerte relativ kleiner ist als die der anderen zur Wahl stehenden Varianten.³⁹⁵

$$\Delta NPV_{t_B}^{Eigen-IKZ} = NPV_{t_B}^{Eigen} - NPV_{t_B}^{IKZ} > 0$$

$$\Delta NPV_{t_B}^{Eigen-IKZ} = \sum_{t=1}^n \frac{C_t^{Eigen} - C_t^{IKZ}}{(1+q)^{(t-t_B)}} > 0$$

Wenn $\Delta NPV_{t_B}^{Eigen-IKZ} > 0 \rightarrow$ Vorteilhaftigkeit der interkommunalen Kooperation gegeben

Wenn $\Delta NPV_{t_B}^{Eigen-IKZ} \leq 0 \rightarrow$ keine Vorteilhaftigkeit bzw. kein Effizienzpotential der interkommunalen Kooperation gegeben

³⁹⁴ Vgl. Girmscheid, G. (NPV-Wirtschaftlichkeitsanalysemodell 2006a)

³⁹⁵ Vgl. Girmscheid, G. (NPV-Wirtschaftlichkeitsanalysemodell 2006a); Götze, U. (Investitionsrechnung 2008), S. 71

Im folgenden Kapitel wird eine Beispielrechnung (Realisierbarkeitstest) einer siedlungsübergreifenden Zusammenarbeit demonstriert, die die theoretischen Grundlagen der Effizienz- und Kostenvorteile exemplarisch darstellt. Im Zuge der Beispielrechnung soll zudem beantwortet werden, ob und in welcher Art und Weise sich eine interkommunale Zusammenarbeit lohnt bzw. inwiefern sich Kostenoptimierungen verwirklichen lassen.

8 Realisierbarkeitstest

Der Realisierbarkeitstest zur Validierung des „Prozessmodells zur Entscheidungsfindung für interkommunale Kooperationen im betrieblichen Strassenunterhalt“ findet hinsichtlich der Reliabilität (Zuverlässigkeit) sowie der Viabilität (Gangbarkeit) der einzelnen Prozessschritte unter Berücksichtigung der Zielfunktion statt.

Der folgende Realisierbarkeitstest hat zum Ziel,

- die Annahme einer Effizienzsteigerung aufgrund einer IKZ mithilfe eines Vorher-Nachher-Vergleichs zu verifizieren,
- die Zielfunktion (Optimierung der Gesamtkosten bzw. Minimierung der Durchschnittskosten des betrieblichen Strassenunterhalts durch Nutzung von Grössen- und Verbundvorteilen) zu validieren, sowie
- die Wirkungsweise des Modells auf siedlungsübergreifende Prozesse durch Untersuchung der jeweiligen direkten und indirekten Kosten der Leistungsbereiche sowie der Leistungsumfänge zu überprüfen.

Zum Nachweis eines langfristigen Nutzens für die Kommunen und Bürger wird exemplarisch ein Beispiel einer interkommunalen Zusammenarbeit von drei Gemeinden vorgestellt, das folgende Fragestellungen beantwortet:

- Unter welchen Parametern (Netzgrösse, Personal- und Geräteeinsatz, etc.) eignet sich eine interkommunale Zusammenarbeit im betrieblichen Strassenunterhalt, um für eine Region einen effizienten Strassenunterhalt mit langfristigem Nutzen für die Einwohner zu gewährleisten?
- Welche Entwicklung der Gesamt- bzw. Durchschnittskosten in der Leistungserbringung kann erzielt werden (bei gleichbleibendem Qualitätsstandard in den Gemeinden), wenn eine interkommunale Kooperation umgesetzt wird?
- Welche kosten- bzw. wertmässigen Veränderungen treten im Einsatz der Ressourcen bei Ausgestaltung einer IKZ anstelle der Leistungserbringung in Eigenregie auf (Inventar, Personal, etc.), wenn eine optimierte Kosten-Nutzen-Funktion gefordert wird?
- Können Effizienzvorteile (z. B. Grössenvorteile) im Zuge einer IKZ erreicht werden, die einen langfristigen Nutzen für die Gemeinde in Bezug auf ein wirtschaftliches und effizientes Handeln der Gemeinde sowie die Zufriedenheit der Bürger erzielen?

8.1 Beispielrechnung IKZ-3: Grundlagen der Berechnung

Der Realisierbarkeitstest des entwickelten Modells erfolgt auf Basis von drei Beispielgemeinden 1, 2 und 3. Die Ausgangslage besteht darin, dass die gewählten Gemeinden ihre kommunale Aufgabenerfüllung des betrieblichen Strassenunterhalts als klassische Eigenleistung erbringen. Im Zuge der Berechnung wird folgend simuliert, wie sich eine interkommunale Kooperation im betrieblichen Strassenunterhalt auf die Leistungsfähigkeit, Effizienz und vor allem auf die (Lebenszyklus-)Kosten bezogen auf einen Betrachtungszeitraum von 30 Jahren auswirkt.

Die für die Berechnung der Varianten der Eigenleistung und der Variante IKZ der drei Gemeinden zugrunde gelegten Annahmen sind in Bild 135 ersichtlich. Es handelt sich um drei autonome Gemeinden 1, 2 und 3 mit unterschiedlichen Netzgrössen sowie unterschiedlich geforderten Qualitätsstandards. Die jeweiligen Grunddaten (Netzgrösse, etc.) wurden in GIRMSCHIED und KOLLER (2014) in Kooperation mit Praxispartnern erhoben.³⁹⁶

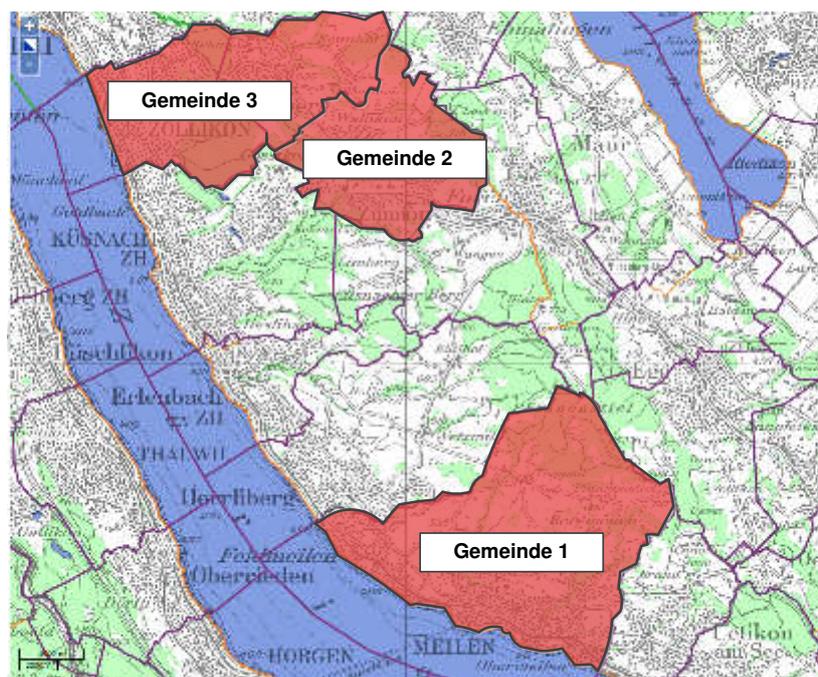


Bild 134: Beispielrechnung - Interkommunaler Zusammenschluss dreier Gemeinden

Bei den in Bild 135 ersichtlichen Annahmen wird davon ausgegangen, dass jede Gemeinde nach derzeitigem Ist-Stand einen eigenen Werkhof mit gemeindespezifischer Verwaltung und Organisation sowie im Bereich des betrieblichen Unterhalts eigene notwendige Ressourcen (Inventar, Material, Personal etc.) besitzt.

³⁹⁶ Vgl. Girmscheid, G., Koller, L. (Management im betrieblichen Strassenunterhalt 2014), Teil B

Im Bereich der Strassenreinigung wird als Qualitätsstandard die Reinigungshäufigkeit als Kenngrösse herangezogen, die den geforderten Qualitätsstandard in den Gemeinden abbildet, aufsummiert und dementsprechend die zu reinigenden Kilometer pro Jahr innerhalb des Gemeindefetzes darstellt.

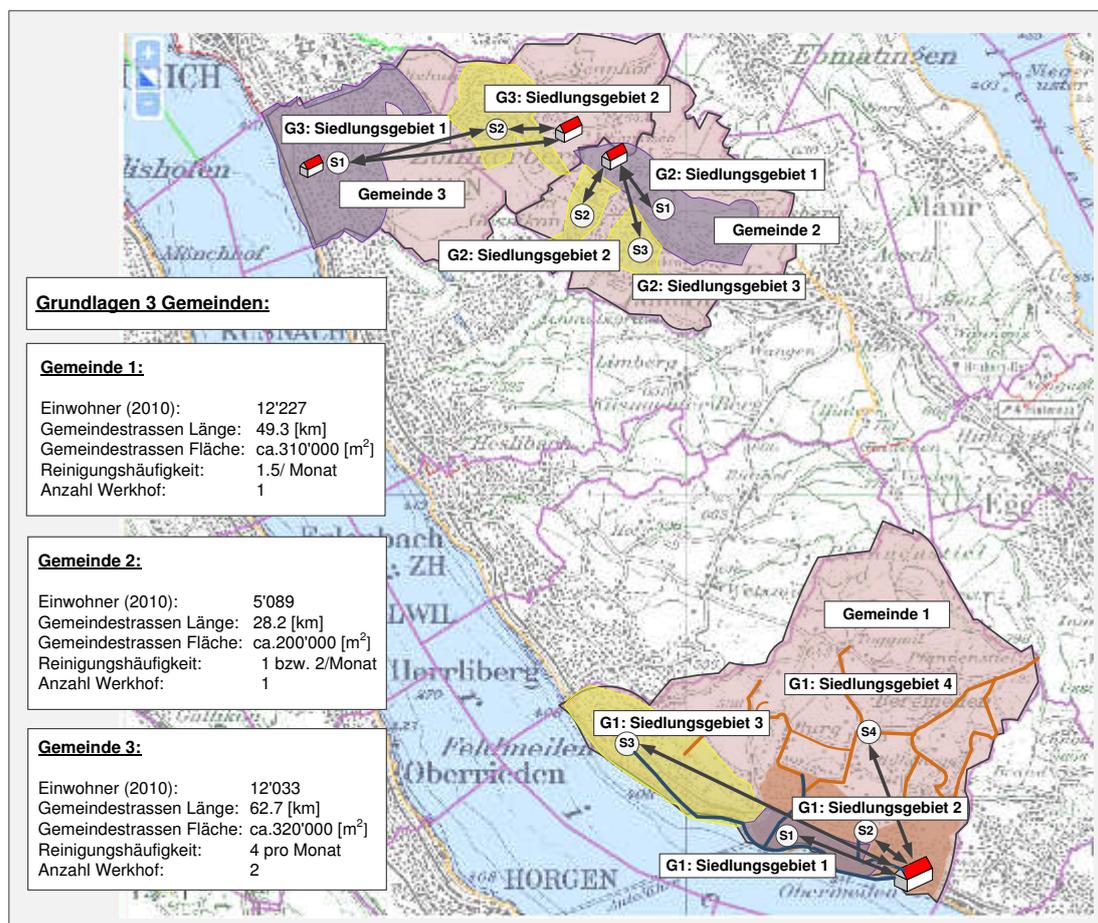


Bild 135: Ist-Situation der drei Beispielmunicipien

8.1.1 Erfassung des Gemeinde-Ist-Zustandes

Im ersten Schritt gilt es den Ist-Zustand der Beispielmunicipien 1, 2 und 3 zu untersuchen und auf Basis der in Kapitel 6.4.2 beschriebenen Kosten-Leistungs-Funktion die vorhandenen Ist-Daten in Form von

- **Ist-Gesamtkosten** (Ist-Gesamtkosten)

$$K_{ges,IST}^{\Phi}(x_{G1}), K_{ges,IST}^{\Phi}(x_{G2}), K_{ges,IST}^{\Phi}(x_{G3})$$

- **Ist-Durchschnittsgesamtkosten** (Ist-DGK)

$$DGK_{IST}^{\Phi}(x_{G1}), DGK_{IST}^{\Phi}(x_{G2}), DGK_{IST}^{\Phi}(x_{G3}) \text{ sowie den}$$

- **Ist-Grenzkosten** (Ist-GK)

$$GK_{IST}^{\Phi}(x_{G1}), GK_{IST}^{\Phi}(x_{G2}), GK_{IST}^{\Phi}(x_{G3})$$

zu erheben.

Einen besonderen Punkt bildet die Berechnung des Auslastungsgrades des vorhandenen Inventars in Bezug auf die in Kapitel 6.3.2 vorgestellte Leistungsberechnung.

Die **Gemeinkosten des betrieblichen Unterhalts** (Overhead) umfassen dabei folgende Kostengruppen:

- Verwaltungskosten
- Werkhofkosten
- Gebäudekosten
- Materialkosten

Zu den **Verwaltungskosten** zählen Kosten, die nicht direkt den Kostenstellen des betrieblichen Unterhalts zuzuordnen sind. Darunter fallen Löhne für Verwaltungspositionen, Kosten für Büromaterial und Büroeinrichtung und Fremdleistungskosten wie Beratungskosten, EDV-Kosten etc.

Zu den **Werkhofkosten** zählen Kosten, die auf Basis koordinativer und organisatorischer Tätigkeiten zur Gewährleistung eines funktionierenden betrieblichen Strassenunterhalts (Kosten zur Aufrechterhaltung des Werkhofbetriebes) anfallen. Beispielhaft zählen hierzu die Koordination von internen und externen Arbeiten, sowie die Einsatzplanung von Ressourcen und Personal.

Zu den **Gebäudekosten** gehören alle anfallenden Kosten, die dem Werkhofgebäude und den zugehörigen Lagerflächen zuzuschreiben sind. Dazu zählen beispielsweise die Betriebskosten des Werkhofgebäudes, die Kosten für die Lagerhaltung etc.

Den **Materialkosten** können allgemeine Ausgaben für Materialien, Kleinwerkzeuge, Ersatzteile etc. zugerechnet werden, die nicht direkt einem Leistungsbereich des betrieblichen Unterhalts zuordenbar sind.

Im Zuge der Beispielrechnung werden exemplarisch die Leistungsbereiche Grünpflege und Strassenreinigung herangezogen. Dies wird dem Grund geschuldet, da es sich bei den beiden genannten Leistungsbereichen um (planbare) Routinearbeiten handelt, die eine bessere und vor allem ausdrucksstärkere Abbildung der Realität erlauben.

Zum Leistungsbereich der **Strassenreinigung** (vgl. Kapitel 2.1.4) werden folgende Tätigkeiten gezählt:

- Maschinelle Reinigung von Strassen, Plätzen, Trottoire, etc.
- Manuelle Reinigung von Strassen, Plätzen, Trottoire, Haltestellen, etc.
- Reinigung Entwässerung
- Abfallbeseitigung (Leeren der Papierkörbe), Leeren von Robidogs, etc.

Im Leistungsbereich **Grünpflege** werden im Rahmen der Beispielrechnung Tätigkeiten wie Rasenmähen, Schneiden von Bäumen und Bepflanzungen an der Strassenverkehrsanlage sowie der Unterhalt des Banketts hinzugezählt.

Da es sich bei den untersuchten Leistungsbereichen um Routinearbeiten handelt, können Reinigungsbezirke mit Siedlungsschwerpunkten dem zu validierenden Modell zugrunde gelegt werden. Darauf aufbauend kann eine weiterführende Analyse der An- und Zufahrtswege vom Werkhof in die Siedlungsschwerpunkte durchgeführt werden.

8.1.1.1 Leistungsberechnung und Kostenerfassung – Ist-Situation

Die Berechnung der Leistung des eingesetzten Inventars erfolgt auf Basis der in Kapitel 6.3.2 vorgestellten Prozess-Leistungsermittlung. Diese muss systematisch ausgehend von einer gerätespezifischen Grundleistung durch leistungsvermindernde Faktoren vorgenommen werden, um daraus die tatsächliche Nutzleistung der Geräte zu erhalten.

Auf Basis der Leistungsberechnung, die geräte- wie auch leistungsmodulabhängig durchzuführen ist, erfolgt die Berechnung der Kosten wie

- **Ist-Gesamtkosten** des Inventars (Ist-Gesamtkosten)
mit fixen Kosten und variablen Kosten

- **Ist-Einheitskosten** des Inventars (Ist-DGK)
mit durchschnittlichen fixen Kosten (DFK) und durchschnittlichen variablen Kosten (DVK) des Inventars sowie den

- **Ist-Grenzkosten** des Inventars (Ist-GK)
zur Beurteilung der Effizienz und wirtschaftlichen Verwendung des Gerätes.

Bild 136 zeigt die Vorgehensweise und Zusammenfassung der Durchführung einer geräteabhängigen **Leistungsberechnung** sowie die **Ergebnisse der Kostenfunktionen** der Gesamtkosten und Einheitskosten als kilometerabhängige Leistung pro Jahr.

Die Leistungs- und Kostenbetrachtung muss für jede Beispielgemeinde gesondert durchgeführt werden zur Erfassung des leistungs- und kostentechnischen Ist-Zustandes der jeweiligen Beispielgemeinde. Die Leistungsberechnung stellt zudem die Grundlage für die Festlegung und Definition von Reinigungsbezirken bzw. der Siedlungsgebiete dar. Erst wenn das Bewusstsein und Wissen um die (täglichen) Leistungsgrenzen der Geräte vorhanden ist, kann die Bildung von Reinigungsbezirken bzw. Siedlungsschwerpunkten im Allgemeinen vollzogen werden.

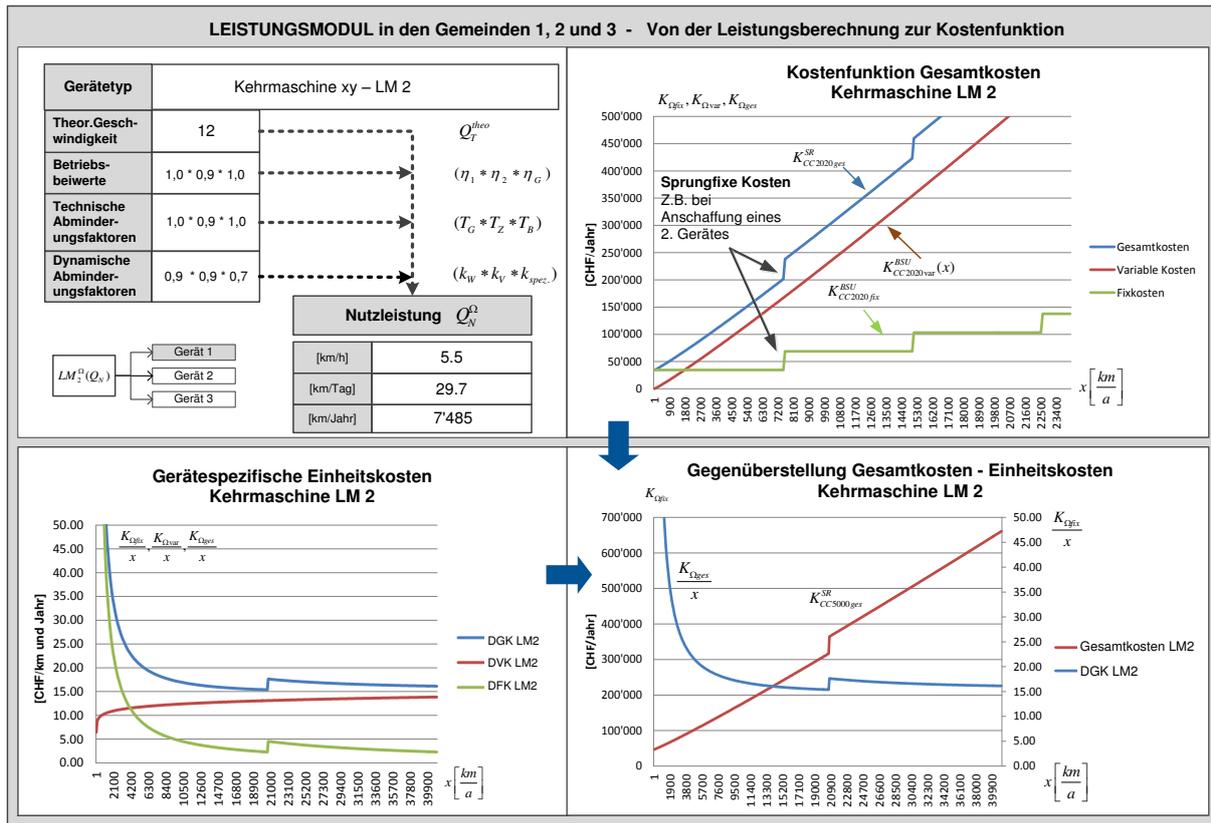


Bild 136: Leistungsmodul – Aufstellen einer Kosten-Leistungsfunktion

Bild 137, Bild 138 und Bild 139 zeigen die Auswertungen der Ist-Zustände in den Beispielmunicipalitäten 1, 2 und 3 zu einem statischen Betrachtungszeitpunkt unter Berücksichtigung der zuvor durchgeführten Leistungsberechnung und Erfassung der gerätespezifischen Kostenverläufe.

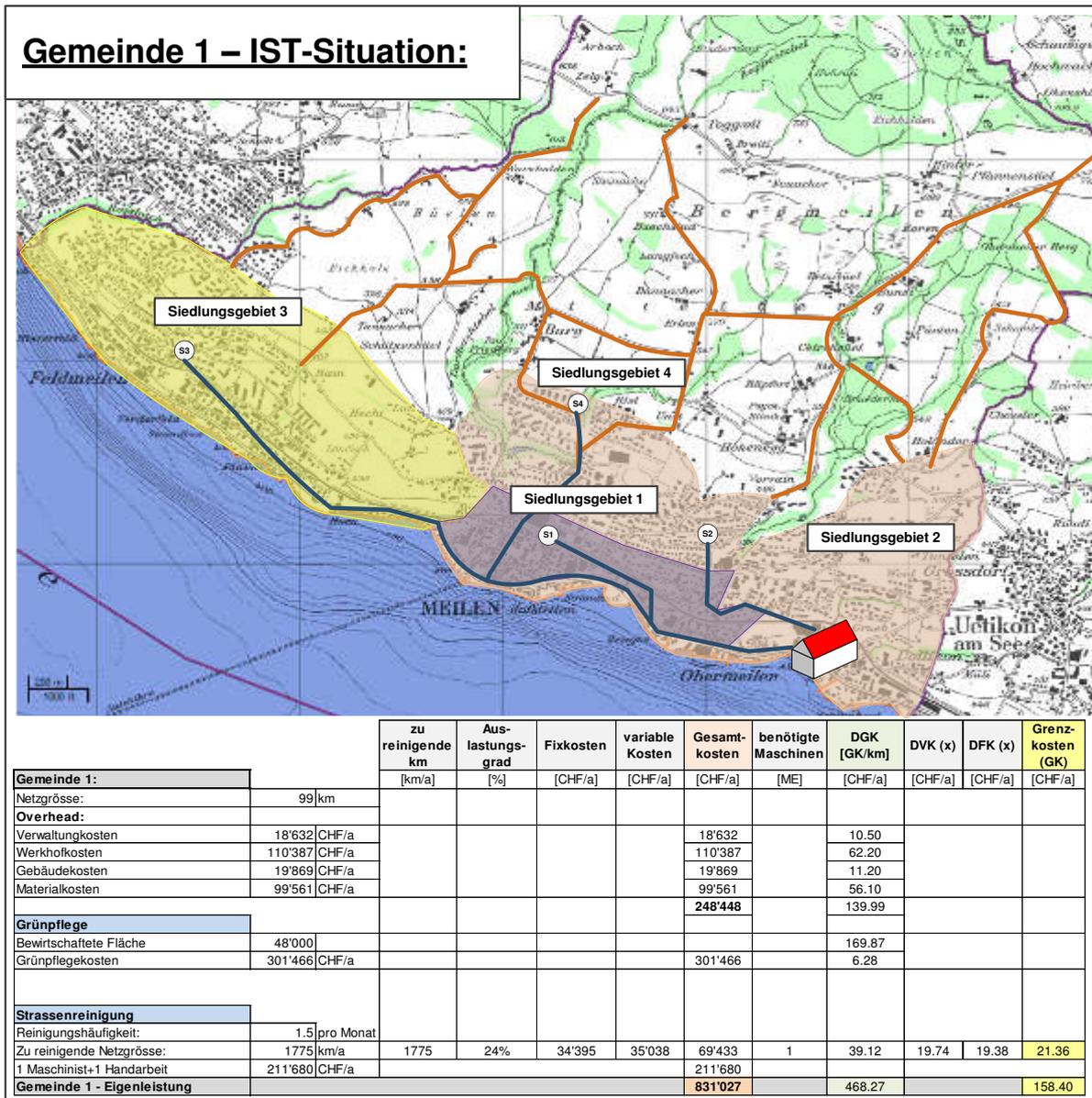


Bild 137: Beispielrechnung – Statischer Ist-Zustand der Gemeinde 1 (Eigenleistung)

Analog zu Beispielgemeinde 1 wird die Ist-Situation in Beispielgemeinde 2 erhoben, wie in Bild 138 ersichtlich. Zur Vergleichbarkeit der Kostenwerte wird die Kategorisierung der Kosten in periodische und aperiodische Kosten analog zu Gemeinde 1 übernommen.

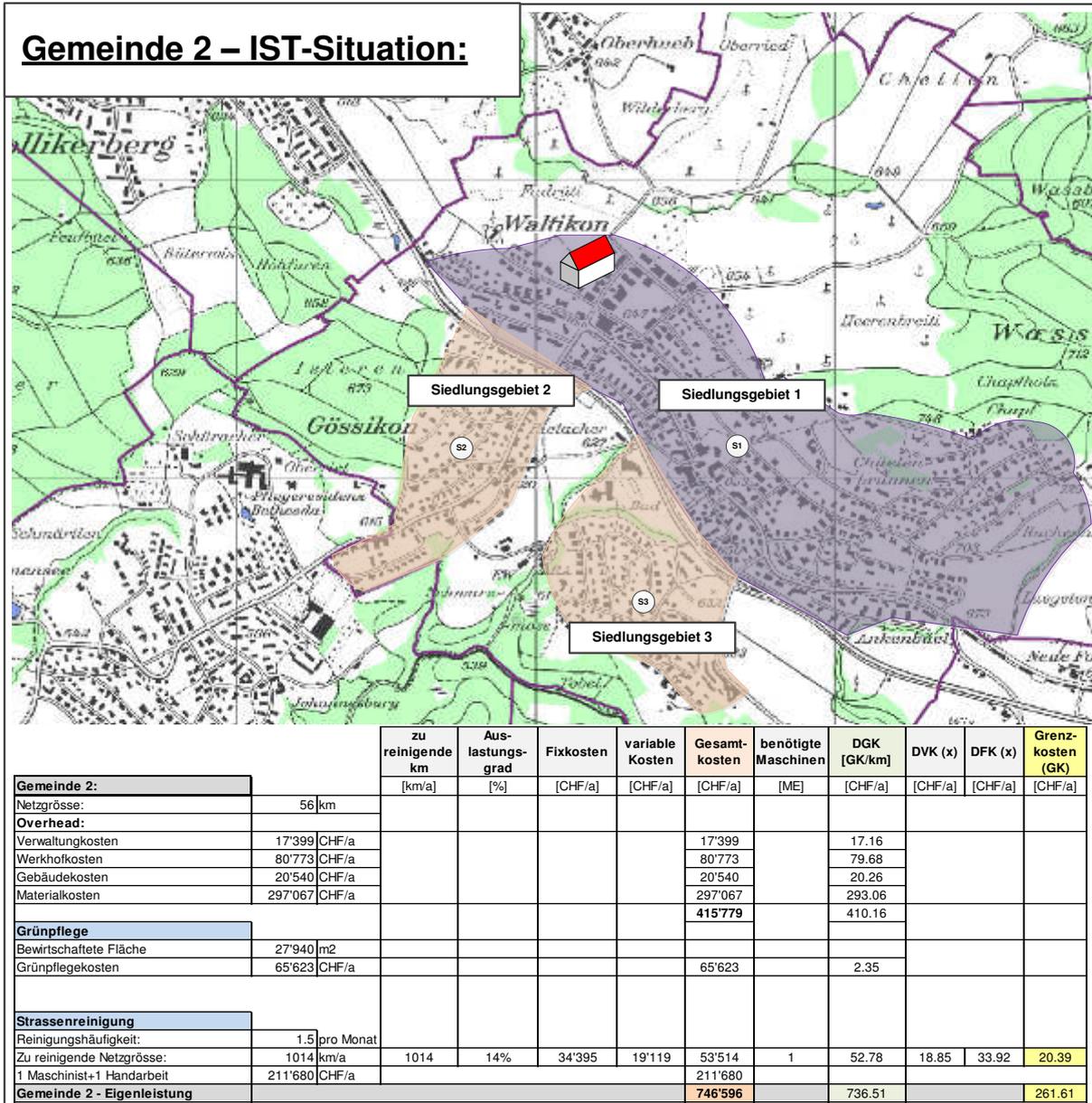


Bild 138: Beispielrechnung - Statischer Ist-Zustand der Gemeinde 2 (Eigenleistung)

Analog zu den Beispielmunicipalitäten 1 und 2 wird ebenso in Gemeinde 3 der IST-Zustand basierend auf der vorhandenen Geräte,- Team- und Organisationsstruktur berechnet. Im Unterschied zu den ersten beiden Gemeinden sind in Gemeinde 3 zwei Werkhofstützpunkte einzurechnen (Bild 139).

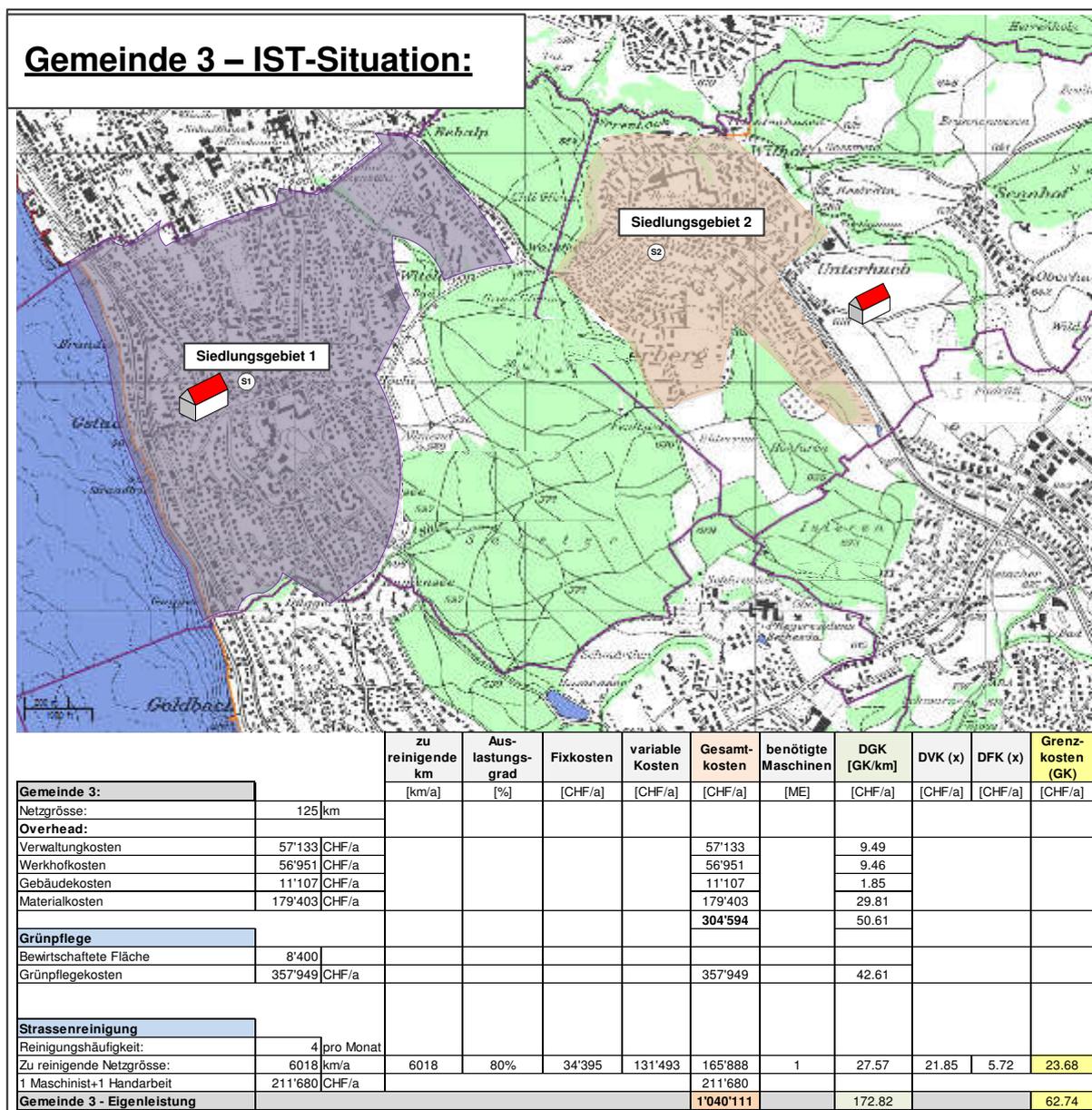


Bild 139: Beispielrechnung - Statischer Ist-Zustand der Gemeinde 3 (Eigenleistung)

Insbesondere im Bereich der Strassenreinigung wird deutlich, dass die Gemeinden bei der Durchführung der kommunalen Aufgabe in Eigenleistung klar **unter den berechneten maximalen Leistungsgrenzen** der Unterhaltsgeräte liegen. Durchschnittlich sind die der Berechnung zugrunde gelegten Kehrmaschinen der Beispielmunicipien 1 bis 3 lediglich zu 39% ausgelastet, was deutliche Leistungsverluste bzw. Minderausnutzungen des vorhandenen Inventars aufzeigt. Mit Ausnahme Gemeinde 3 kann eine nennenswerte Ausnutzung ihrer Geräte mit 80% bezogen auf ihre Netzgrösse erreichen. Dieser Umstand kann hauptsächlich auf die Festlegung eines hohen Reinigungsstandards und, daraus folgend, einer hohen Anzahl zu reinigender Netzfläche zurückgeführt werden.

Bild 140 verdeutlicht den gegenwärtigen Zustand der nicht ausgelasteten Geräte anhand der entwickelten Kostenfunktion der gerätespezifischen Einheitskosten. Während Beispielgemeinde 3 bei einer Geräteauslastung von knapp 80% Einheitskosten pro Jahr von 27.57 CHF erreicht, befinden sich die Einheitskosten der Gemeinden 1 und 2 bei einem niedrigen Auslastungsniveau lediglich bei überdurchschnittlich hohen 39.12 bis 52.78 CHF pro Kilometer und Jahr.

Es wird deutlich, dass ein grosser **Handlungsbedarf** in den Gemeinden herrscht und einen **Umdenkprozess** in Bezug auf die Aufgabenerfüllung in Eigenregie stattfinden muss.

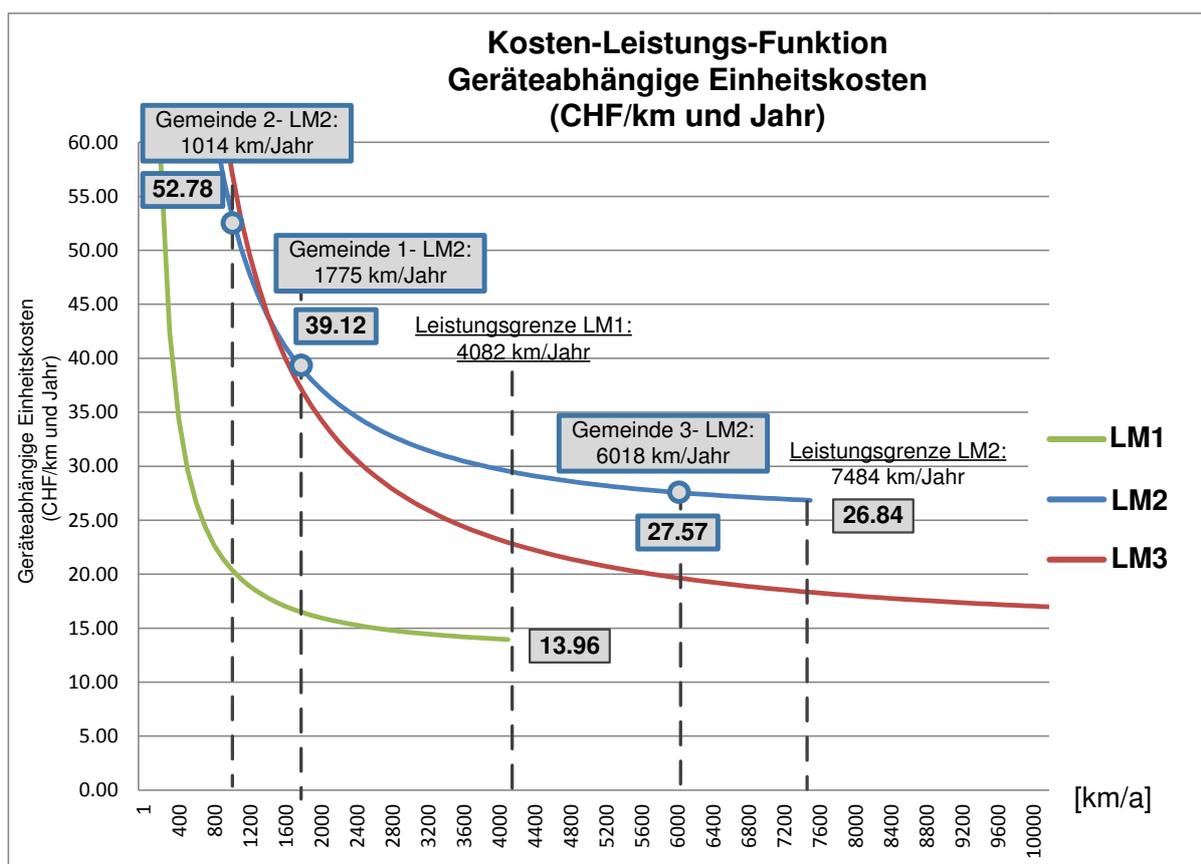


Bild 140: Kosten-Leistungs-Funktion der Beispielgemeinden 1 bis 3

Die zuvor dargestellten Ergebnisse (Bild 137, Bild 138, Bild 139 und Bild 140) stellen jedoch nur eine statische Betrachtung der Ist-Situation der Gemeinden dar. Um jedoch ganzheitlich die Wirtschaftlichkeit einer Aufgabenerfüllungsvariante beurteilen zu können, bedarf es einer umfassenden **Kapitalwert- bzw. NPV-Berechnung** (*Net Present Value*) über einen langfristigen Betrachtungshorizont. Anhand der NPV-Methode als dynamisches Berechnungsverfahren wird es möglich, die Lebenszykluskosten der möglichen Aufgabenerfüllungsvarianten zu untersuchen und auf Basis dessen die Grundlage für einen Wirtschaftlichkeitsvergleich der Varianten zu ermöglichen.

Im vorliegenden Berechnungsbeispiel wird ein Betrachtungszeitraum von 30 Jahren herangezogen. Anhand eines Kapitalwertes bezogen auf den gegenwärtigen Zeitpunkt $t=0$ soll die Vorteilhaftigkeit bzw. die Effizienz der Leistungserbringung beurteilt werden.

$$NPV_{t_B}^{Gn} = \sum_{t=1}^n \frac{C_t^{Gn}}{(1+q)^{(t-t_B)}} = \sum_{t=1}^n \frac{A_t^{Gn}}{(1+q)^{(t-t_B)}} - \sum_{t=1}^n \frac{E_t^{Gn}}{(1+q)^{(t-t_B)}}$$

Mit

$NPV_{t_B}^{Gn}$	<i>Net-Present-Value</i> der Gemeinde n
C_t^{Gn}	Cash Drain als Differenz aus Ausgaben A_t^{Gn} und Einnahmen E_t^{Gn} der Gemeinde n
t_B	Betrachtungs- bzw. Bezugszeitraum
q	Diskontierungszinssatz

Zur Berechnung des Kapitalwertes als Summe der Barwerte bezogen auf den Zeitpunkt $t=0$ werden die Einnahmen und Ausgaben des vorliegenden Berechnungsbeispiels in

- Aperiodische/einmalige Cash Flows
 - Instandhaltungskosten des Werkhofes
 - Instandsetzungskosten abhängig von den Nutzungsdauern der jeweiligen Werkhof-Bauteile

- Periodische Cash Flows (jährlich)
 - Kosten des laufenden Betriebes
 - Verwaltungskosten
 - Werkhofkosten
 - Gebäudekosten
 - Materialkosten
 - Kosten der Leistungsbereiche
 - Kosten der Strassenreinigung
 - Kosten der Grünpflege

des betrieblichen Unterhalts eingeteilt.

Bild 141 zeigt die Unterscheidung der einmaligen respektive aperiodischen Kosten und der periodischen Kosten, die jährlich im Zuge der Durchführung der Unterhaltsleistungen anfallen.

Als einmalige bzw. aperiodische Kosten werden in der vorliegenden Beispielrechnung der Eigenleistungen der Gemeinden Instandsetzungskosten des Werkhofes gesehen, die in Abhängigkeit der Lebensdauer der diversen Bauteile (z. B. Fenster, Anstrich, kleiner Reparaturen etc.) zwar in einem wiederkehrenden Rhythmus auftreten (z. B. im 5-, 10- oder 20-Jahresrhythmus), jedoch nicht jährlich als ausgabenseitige Cash Flows zu berücksichtigen sind.

Eigenleistung - Gemeinde 1 bis 3		Investitionskosten [CHF]	Erneuerungszyklus [Jahre]
Einmalige Kosten	Instandsetzungskosten Werkhof	160'000	
	Diverses in Abh. der Bauteil-Lebensdauer (Fenster, Heizung, ...)	10'000	5
		60'000	10
		90'000	20
Periodische Kosten	Jährliche Kosten Betrieb		
	Verwaltungskosten	-	-
	Werkhofkosten	-	-
	Gebäudekosten	-	-
	Materialkosten	-	-
	Leistungsbereich Strassenreinigung		
	Jährliche Reinigungskosten auf Basis Reinigungshäufigkeit	-	-
	Maschinisten und Handarbeit	-	-
	Leistungsbereich Grünpflege		
	Jährliche Grünpflegekosten auf Basis Service Level	-	-

Bild 141: Einmalige und periodische Cash Flows - Eigenleistung der Gemeinden 1 bis 3

Der NPV-Berechnungsmethode werden folgende Annahmen beispielhaft zugrunde gelegt:

Betrachtungsperiode	30 [Jahre]
Kalkulatorischer Zinssatz	3 [%]
Teuerung	2 [%]
Energiepreissteigerung	3 [%]
Lohnsteigerung	1 [%]

Auf Basis dieser Eingangsparameter und Grundlagen erfolgt die Anwendung der NPV-Berechnungsmethode für die Gemeinden 1 bis 3 in Eigenleistung, wobei alle Ausgaben und Einnahmen im Modell berücksichtigt werden.

Somit ergibt sich für Gemeinde 1 die in Bild 142 dargestellten ausgabenbezogenen Cash Flows bei einer Durchführung des betrieblichen Unterhalts als Eigenleistung über einen Betrachtungszeitraum von 30 Jahren.

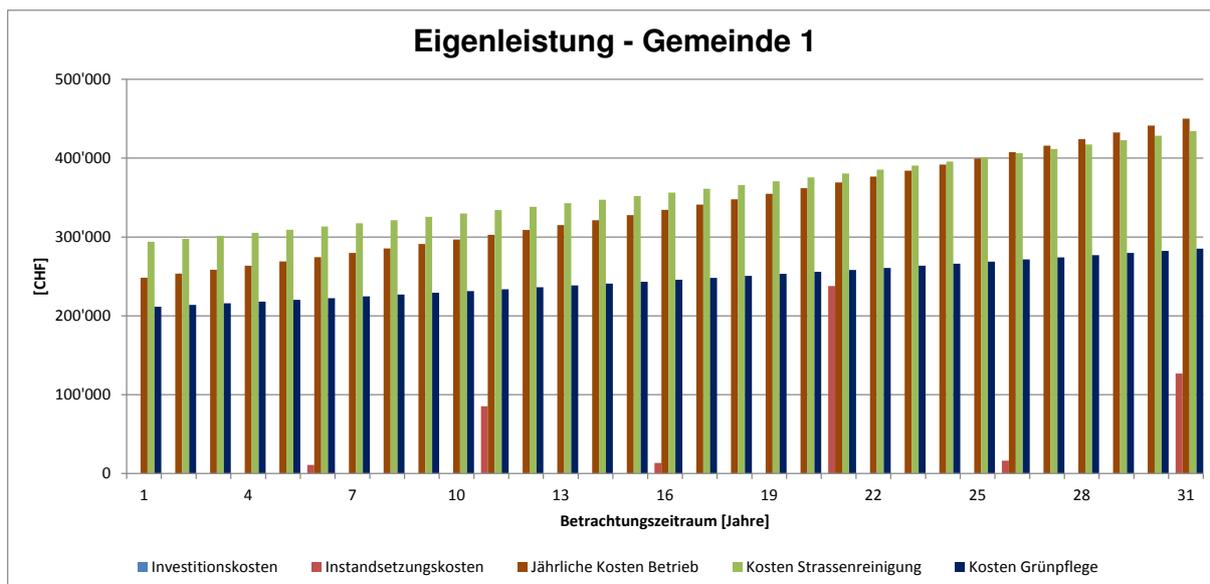


Bild 142: Ausgabenbezogene Cash Flows der Gemeinde1 - Eigenleistung

Dieselbe Analyse wird, analog zu Beispielgemeinde 1, in Gemeinde 2 und Gemeinde 3 durchgeführt, wobei auch hier ein Betrachtungszeitraum von 30 Jahren für die Leistungserbringung in Eigenleistung der Gemeinden zugrunde gelegt wird.

Bild 143 und Bild 144 zeigen die ausgabenbezogenen Cash Flows der Gemeinde 2 und Gemeinde 3 über einen vordefinierten Betrachtungszeitraum von 30 Jahren.

Während die Kapitalwerte der laufenden Kosten des betrieblichen Unterhalts kontinuierlich anfallen, zeigt Bild 142, Bild 143 und Bild 144 deutlich die aperiodischen Kosten der Instandsetzungsmassnahmen, deren Umsetzung in unregelmässigen Zeitabständen in die Berechnung zur realitätsnahen Abbildung miteinbezogen wurde.

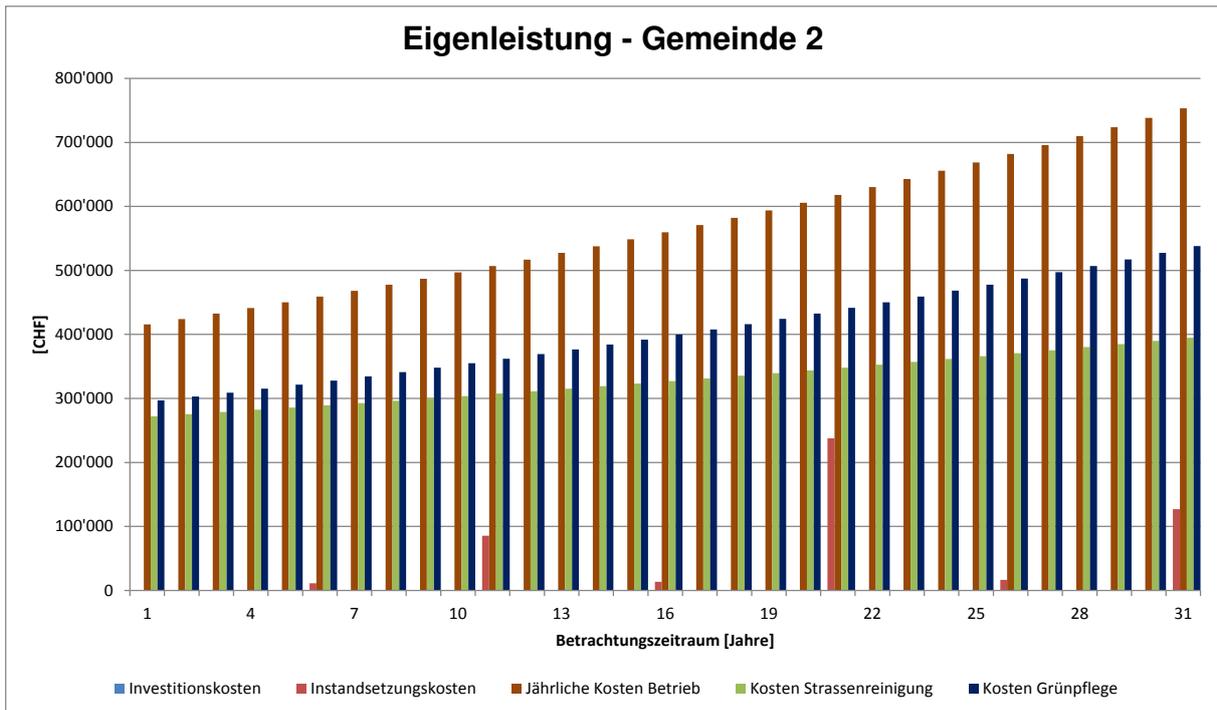


Bild 143: Ausgabenbezogene Cash Flows der Gemeinde 2 – Eigenleistung

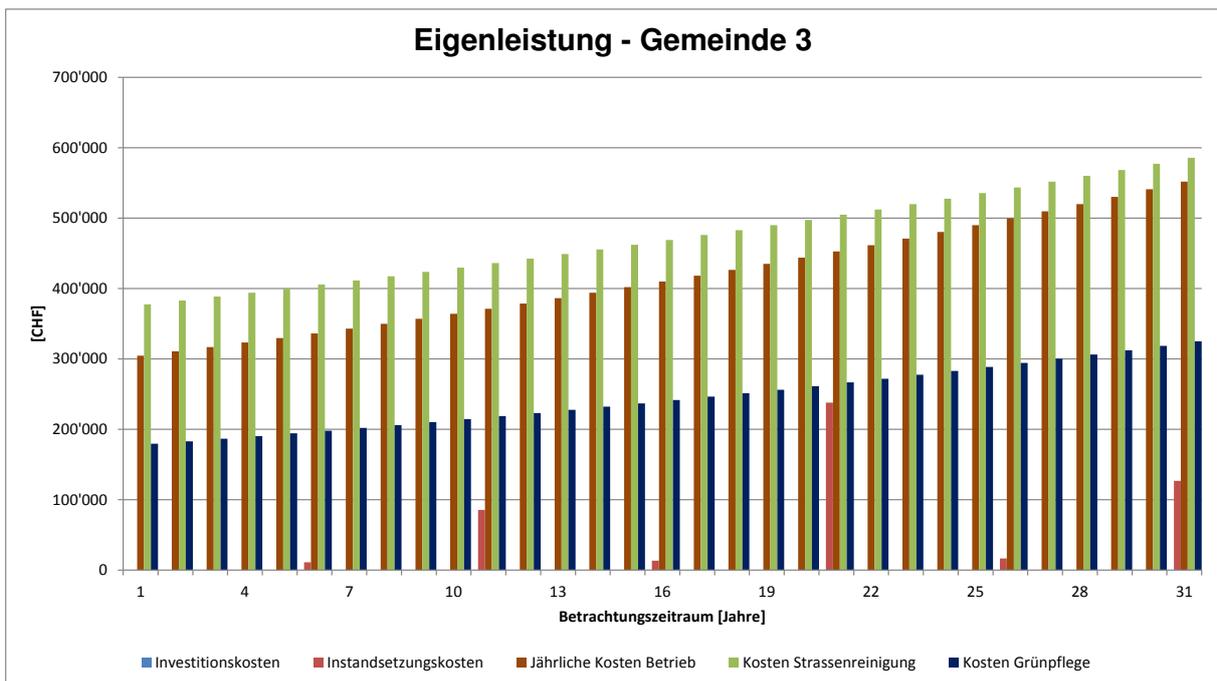


Bild 144: Ausgabenbezogene Cash Flows der Gemeinde 3 – Eigenleistung

Aus den kumulierten Barwerten berechnet über einen Betrachtungszeitraum von 30 Jahren mit den genannten Eingangsparametern, können zur zusammenfassenden Beurteilung der Vorteilhaftigkeit einer Aufgabenerfüllungsvariante bzw. zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit Kapitalwerte bezogen auf einen gegenwärtigen Zeitpunkt $t=0$ errechnet werden.

Bild 145 zeigt die auf den gegenwärtigen Zeitpunkt $t=0$ berechneten Kapitalwerten der Eigenleistungen der Beispielgemeinden 1 bis 3 als Resultate der Erhebung des Ist-Zustandes in den Gemeinden bei Durchführung der Leistungen des betrieblichen Unterhalts in Eigenregie.

Die in Bild 145 dargestellten kumulierten Barwerte der routinemässigen Leistungsbereiche Grünpflege und Strassenreinigung, der Instandhaltungs- und Instandsetzungskosten des Werkhofes sowie die Barwerte der jährlichen Kosten Betrieb bestehend aus Verwaltungs-, Werkhof-, Gebäude und Materialkosten können bezogen auf den gegenwärtigen Zeitpunkt $t=0$ zu einem Kapitalwert in CHF subsummiert werden.

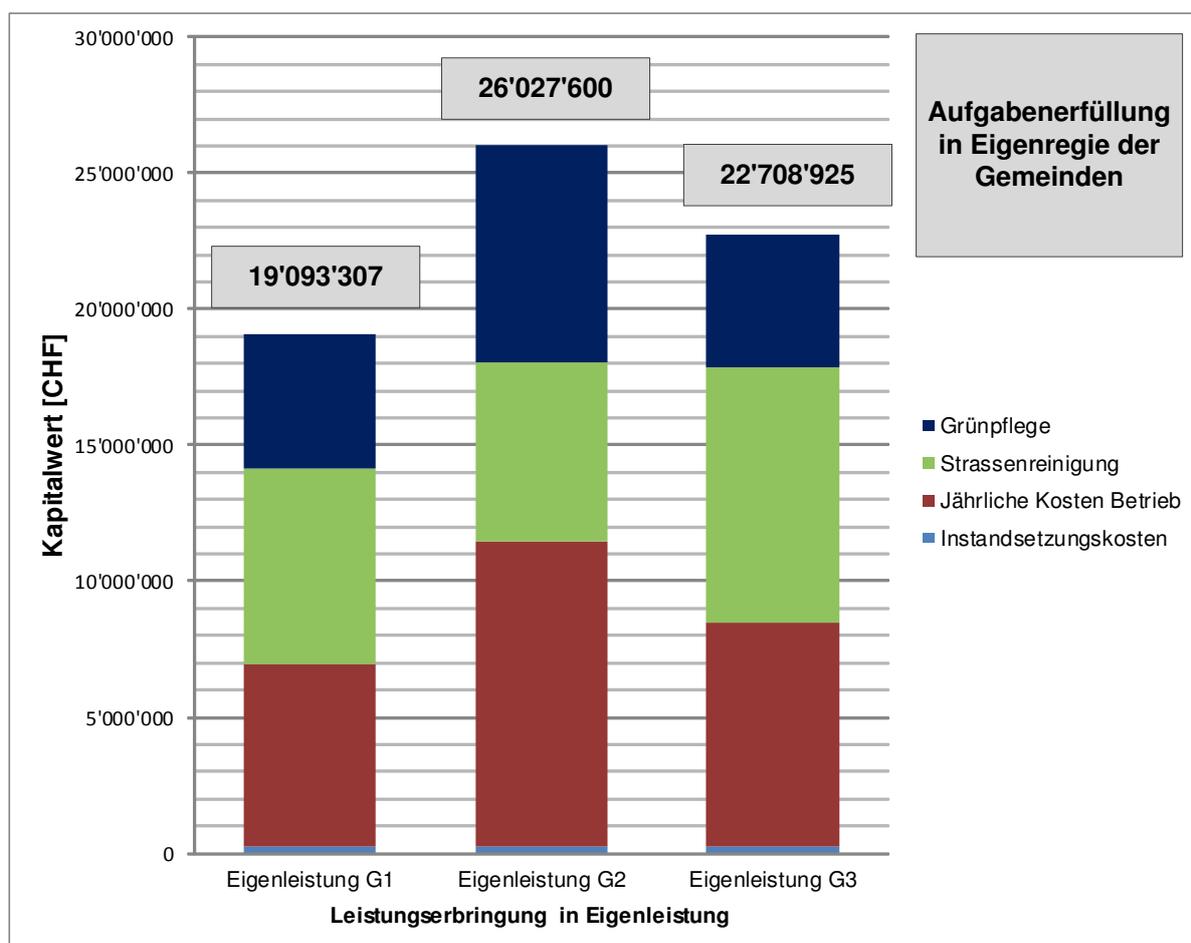


Bild 145: Kapitalwerte der Beispielgemeinden 1 bis 3 über 30 Jahre

Das Wissen um die operationelle Leistungsfähigkeit (technische bzw. betriebliche Komponente) und der wirtschaftlichen Leistung (ökonomische Komponente) ist eine entscheidende Grundlage für die weitere Beurteilung der Vorteilhaftigkeit einer Leistungsdurchführung innerhalb einer interkommunalen Kooperation.

Erst wenn (Kosten-)Klarheit in Bezug auf die Aufgabenerfüllung innerhalb der eigenen Gemeinde besteht, können mögliche Vor- und Nachteile einer siedlungsübergreifenden Zusammenarbeit vollumfassend abgewogen werden.

8.2 Berechnung IKZ von drei Gemeinden (IKZ-3)

Nach Berechnung des gegenwärtigen Ist-Zustandes der Beispielgemeinden kann die gewünschte siedlungsübergreifende Zusammenarbeit der drei Gemeinden berechnet werden, um so den Verantwortlichen eine Entscheidungsgrundlage der Vor- und Nachteile einer interkommunalen Kooperation liefern zu können.

Im vorliegenden Beispiel wird davon ausgegangen, dass die in Kapitel 5.1.4 beschriebenen fünf Stufen des IKZ-Modells

- IKZ-Phase A1: Definition und Identifikation der Gemeinde bezogenen Rahmenbedingungen
- IKZ-Phase A2: Definition der Ziele der Gemeinden im Zusammenschluss
- IKZ-Phase A3: Eignungstest zur grundsätzlichen Beurteilung einer IKZ sowie
- IKZ-Phase A4: Auswahl der geeigneten Form der interkommunalen Kooperation

positiv beantwortet wurden, sodass im vorliegenden Realisierbarkeitstest des Prozessmodells der Schwerpunkt auf Phase IKZ-Phase C2 mit der Standortsuche eines interkommunalen Werkhofes und der einhergehenden Routenplanung mit dem Ziel minimaler Gesamtkosten gelegt werden kann.

In der weiteren Berechnung gilt es zu untersuchen, inwiefern sich für die kooperationswilligen Gemeinden 1, 2 und 3 ein interkommunaler Zusammenschluss lohnt bzw. inwiefern auf langfristige Sicht Effizienzvorteile erreichbar sind. Bild 146 zeigt die zu Grunde gelegten Daten der Berechnung einer IKZ mit drei Gemeinden.

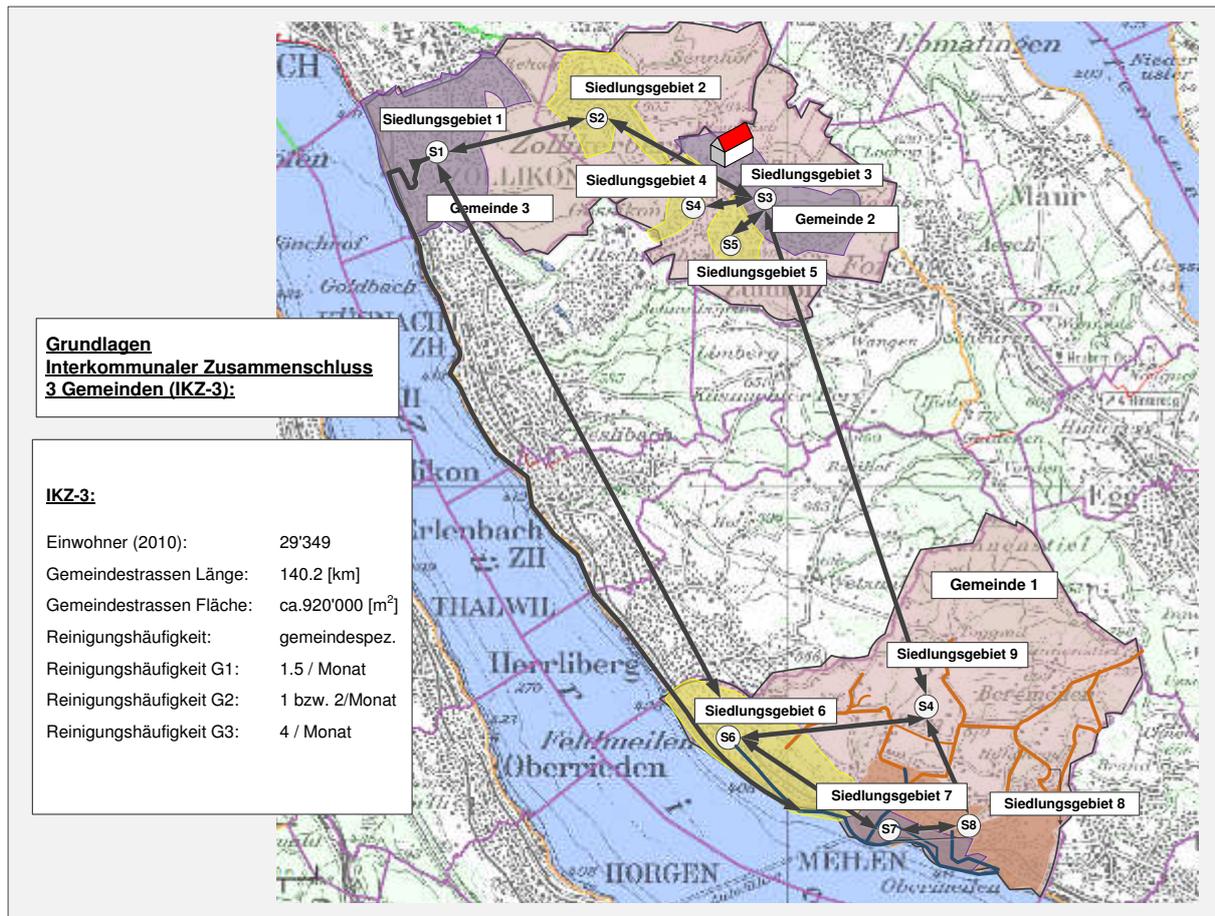


Bild 146: Beispielrechnung - IKZ-Simulation mit drei Beispielgemeinden

Wie in Kapitel 7.1 erläutert, kann die Untersuchung eines optimalen Werkhofstandortes unter Berücksichtigung der Tourenplanung auf Basis der folgenden Optimierungsmodelle erfolgen:

Modell IIa:

- Warehouse Location Problem (WLP) mit einem Werkhofstandort und Routenplanung (Strassennetz als Netzwerkgrundlage)
- Warehouse Location Problem (WLP) mit zwei Werkhofstandorten und Routenplanung (Strassennetz als Netzwerkgrundlage)

Modell IIb:

- Werkhofstandort in jedem Punkt der Ebene mit Routenplanung („Grüne Wiese-Modell“)

Im Zuge des vorliegenden Realisierbarkeitstests werden alle drei genannten Modelle einer Beispielrechnung und Prüfung der Anwendbarkeit in der Praxis unterzogen.

Für jedes der drei Modelle wird auf Basis der Net Present Value-Methode ein Kapitalwert berechnet, der es den Gemeinden ermöglicht, die Vorteilhaftigkeit der jeweiligen Variante in Bezug auf ihre Finanzierungsmöglichkeiten über einen langfristigen Zeitraum zu beurteilen.

Der Kapitalwertmethode wurden dabei folgende Annahmen zugrunde gelegt (analog zur NPV-Berechnung der Eigenleistungen der Gemeinden 1 bis 3):

Betrachtungsperiode	30 [Jahre]
Kalkulatorischer Zinssatz	3 [%]
Teuerung	2 [%]
Energiepreissteigerung	3 [%]
Lohnsteigerung	1 [%]

8.2.1 Modell IIa: WLP mit einem Werkhof und Routenplanung

Im Modell IIa „WLP mit einem Werkhof und Routenplanung“ wird davon ausgegangen, dass die Verwaltung, Organisation und Durchführung des betrieblichen Strassenunterhalts im siedlungsübergreifenden Gebiet zentral von einem Werkhofstandort aus durchgeführt werden kann.

Die Lage dieses Standortes muss jedoch anhand der (in Kapitel 7.3 erläuterten) folgenden Optimierungsziefunktion berechnet werden:

$$F(x, y) = \sum_{i=1}^m (K_{\text{Restr.}} + K_{\text{Instand.}}) y_i + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k \in K} (c_{ij}^{\text{Leerfahrt}} + c_{ij}^{\text{prod}}(A_i)) x_{ijk} \rightarrow \min$$

$K_{\text{Restr.}}$... Umbau- bzw. Restrukturierungskosten des zukünftigen Werkhofes

$K_{\text{Instand.}}$... Instandhaltungs- bzw. Instandsetzungskosten des zukünftigen IKZ-Werkhofes

$c_{ij}^{\text{Leerfahrt}}$... Leerfahrtkosten für Hin- und Retourfahrten zum Werkhof

$c_{ij}^{\text{prod}}(A_i)$... variable Kosten für wertschöpfende Tätigkeiten in Abhängigkeit von der zu bearbeiteten (Strassen-)Fläche

Die Kosten für Umbau- und Restrukturierungsmassnahmen werden in die Zielfunktion miteinbezogen, da aufgrund unterschiedlicher potentieller Werkhofstandorte Umnutzungskosten in unterschiedlicher Höhe anfallen können. Die Höhe der Kosten der notwendigen Umnutzungs- respektive Umstrukturierungskosten müssen im Vorfeld in den Gemeinden abgeschätzt und untersucht werden, um so aussagekräftige Werte in die Optimierung miteinfließen lassen zu können. Werden beispielsweise an einem potentiellen Werkhofstandort umfassende Umbau- und Umnutzungsmassnahmen zur Durchführung des betrieblichen Unterhalts notwendig, so kann dies wesentlich den Werkhofstandort-Entscheid beeinflussen.

Die Kosten für unproduktive Leerfahrten bzw. die variablen Kosten für wertschöpfende Tätigkeiten der zu bearbeitenden Strassenfläche beziehen sich jeweils auf die **Definition von Siedlungsschwerpunkten** in den Gemeinden.

Diese definieren sich aus den folgenden Parametern:

- Massangabe (z. B. m² Fläche oder km Länge)
- Service Level (z. B. Reinigungshäufigkeit, Winterdienst Standard, etc.)

Die Berechnung des Siedlungsschwerpunktes erfolgt auf Basis des zu Grunde gelegten Strassennetzes, das als eine Funktion von

$$A_{\text{Netz}}^{\text{IKZ}} = f(L, b, SL) \text{ aus}$$

- IKZ-Netzlänge,
- Breite der Strasse sowie dessen
- Service Level (bspw. Reinigungshäufigkeit)

zu sehen ist.

Hat ein Siedlungsgebiet (z. B. Stadtkern oder Altstadtgebiet einer Gemeinde) einen höheren Qualitätsbedarf (Sauberkeitsanspruch) durch mehrmalige Reinigungszyklen zu decken, so wird die Fläche des Siedlungsgebietes bzw. die Länge der Strassenzüge mit einem zugewiesenen hohem Reinigungsstandard mit einer höheren Gewichtung in der Schwerpunktberechnung versehen als vergleichsweise ein Gebiet an den Randzonen der Gemeinden mit niedrigerer Reinigungsfrequenz.

Zudem spielen auch topografische Gegebenheiten und die Siedlungs-Netzgrösse eine wesentliche Rolle in der Berechnung des Siedlungsschwerpunktes. Grundsätzlich soll eine Planung von Tagesetappen angestrebt werden, die die maximale tägliche Kapazität der Leistungsgeräte nicht überschreitet. Dieser Aspekt ist netz- und auch inventarabhängig in den Gemeinden zu untersuchen.

Der Schwerpunkt eines Siedlungsgebietes ergibt sich aus den Koordinaten:

$$x_S = \frac{1}{A_i} * \int_K x dA = \frac{1}{(l_i * b_i * SL_i)} * \int_K x dA \text{ und}$$

$$y_S = \frac{1}{A_i} * \int_K y dA = \frac{1}{(l_i * b_i * SL_i)} * \int_K y dA$$

Mit

(x_S, y_S)	Koordinaten zur Lagebestimmung des Schwerpunktes im Siedlungsgebiet
l_i	Länge des betrachteten Strassenzuges
b_i	Breite des betrachteten Strassenzuges
SL_i	Strassenzugabhängiger Service Level (z. B. Reinigungshäufigkeit) als Gewichtungsfaktor des betrachteten Strassennetzes
A_i	Fläche des Siedlungsgebietes

Die Berechnung der Siedlungsschwerpunkte, deren Lage in Bezug zum neuen Werkhofstandort eine wesentliche Rolle spielt, ist Grundlage für die weitere Modellberechnung. Die Siedlungsschwerpunkte bieten die Grundlage für die Optimierung der Wegstrecken in Bezug auf An- und Abfahrten zum Werkhof und innerhalb der Siedlungsgebiete.

Auf dem in Kapitel 7.1 erläuterten Werkhofstandort-Modells kann nun aufgrund der Zielfunktion des Optimierungsverfahrens jener Standort ausfindig gemacht werden, der die geringsten Gesamtkosten verursacht, wobei als mögliche Standorte bereits vorab potentielle Werkhöfe definiert werden. Auf Basis dieser Grundlage kann die Optimierung hinsichtlich minimaler Gesamtkosten erfolgen.

Dazu ist es im ersten Schritt erforderlich die Distanzmatrix d_{ij} aufzustellen, die die Wegstrecken der Gemeinden untereinander sowie die An- und Zufahrten zu den potentiellen Werkhofstandorten miteinbezieht. In weiterer Folge bedarf es der Berücksichtigung des gemeindespezifischen Bedarfs (wie z. B. der Anfahrtshäufigkeiten in das jeweilige Siedlungsgebiet zur Durchführung der Arbeiten des betrieblichen Unterhalts).

$$d_{ij} = \begin{bmatrix} \begin{array}{c|ccccccc} \text{X} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 \\ \hline 1 & 0 & 4.8 & 2.9 & 5 & 4 & 12 & 15.5 \\ 2 & 4.8 & 0 & 2.6 & 5 & 5.3 & 12 & 13 \\ 3 & 3.9 & 2.6 & 0 & 2.5 & 2.7 & 13.5 & 17 \\ 4 & 5 & 5 & 2.5 & 0 & 1.1 & 11.5 & 14.7 \\ 5 & 4 & 5.3 & 2.7 & 1.1 & 0 & 12.5 & 15.9 \\ 6 & 12 & 12 & 13.5 & 11.5 & 12.5 & 0 & 1.9 \\ 7 & 15.5 & 13 & 17 & 14.7 & 15.9 & 1.9 & 0 \end{array} \end{bmatrix}$$

Die Zusammenstellung der Siedlungsschwerpunkte respektive der potentiellen Werkhofstandorte ist vereinfacht in Bild 147 ersichtlich. Die Wegstrecken der Distanzmatrix entsprechen den Strassenkilometern des realen Strassennetzes und sind stark vereinfacht als Geraden eines Graphen eines Strassennetzes eingezeichnet.

Die Optimierung des *Warehouse Location Problems* (WLP) mit einem Werkhofstandort liefert Excel-basiert das Ergebnis, den optimalen Werkhofstandort in Punkt 3 festzulegen, da dieser Standort in Bezug auf die Zielfunktion die geringsten Gesamtkosten aufweist.

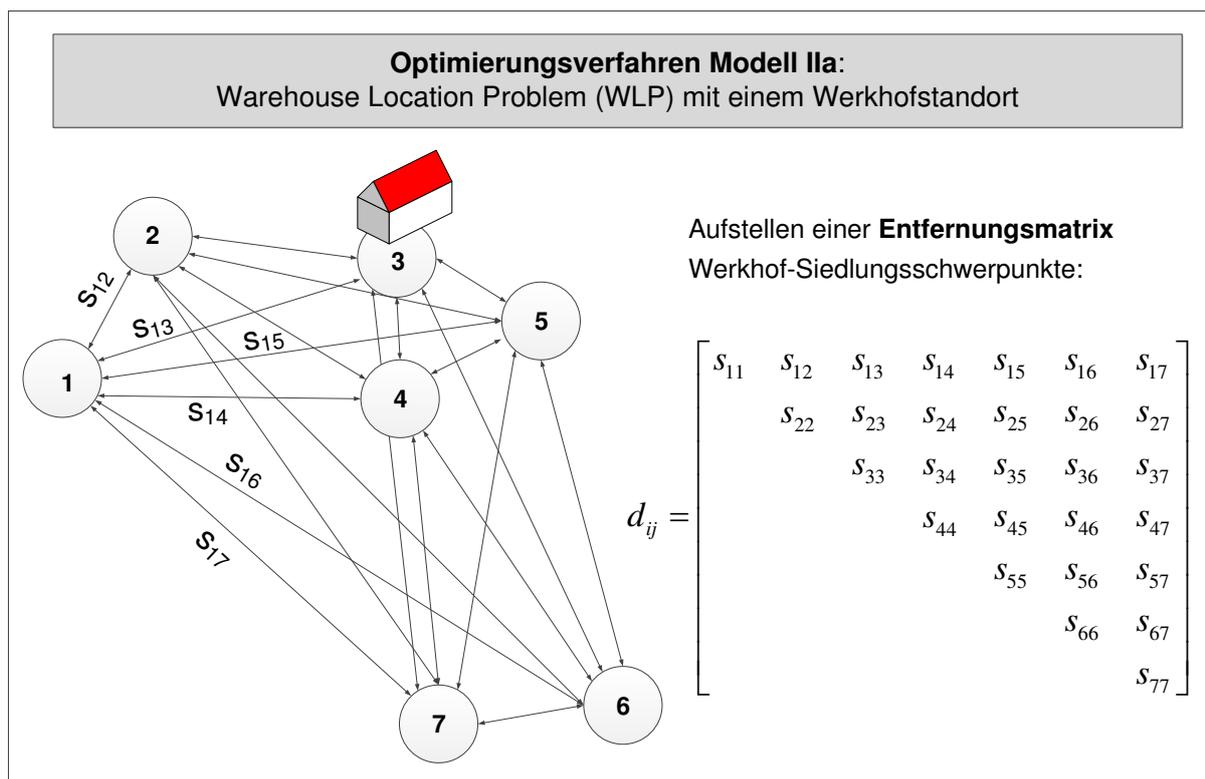


Bild 147: Modell IIa - Berechnung WLP mit Routenplanung

In weiterer Folge bedarf es der Bildung einer Tourenplanung, um bedarfsgerecht die Siedlungsschwerpunkte zu Touren zusammenzufassen. Die Berechnung der Wegstrecken basiert auf der Prämisse der Minimierung der Wegstrecken, wobei der gemeindespezifische Bedarf in den Siedlungsschwerpunkten in die Berechnung miteinfließen muss.

Ausgehend von der Annahme, dass im ersten Schritt jeder Siedlungsschwerpunkt von einem zentralen Werkhof in Punkt 3 bedient wird, werden die jeweiligen Knoten des Graphen zu Touren anhand des Saving-Verfahrens (Kapitel 7.2.1.1) zusammengefasst. Dabei ist es primäres Optimierungsziel, die Einsparungen an Wegstrecken bis zu jenem Punkt zu vergrößern, bis keine Wegverkürzungen mehr möglich sind.

Die Einsparungen können auf Basis der eingangs erstellten Distanzmatrix folgendermassen berechnet werden:

$$s_{ij} = d_{wi} + d_{wj} - d_{ij}$$

Die Anwendung der Einsparungsberechnung erfolgt so lange bis keine Einsparungen an Wegstrecken mehr möglich sind, respektive keine Zusammenfassungen der Touren aufgrund von gemeindespezifischen Randbedingungen wie

- Inventar-Kapazitätsgrenzen (Verfügbarkeit der Geräte, Ladevolumen etc.)
- Topografischen Gegebenheiten
- Etc.

mehr möglich sind.

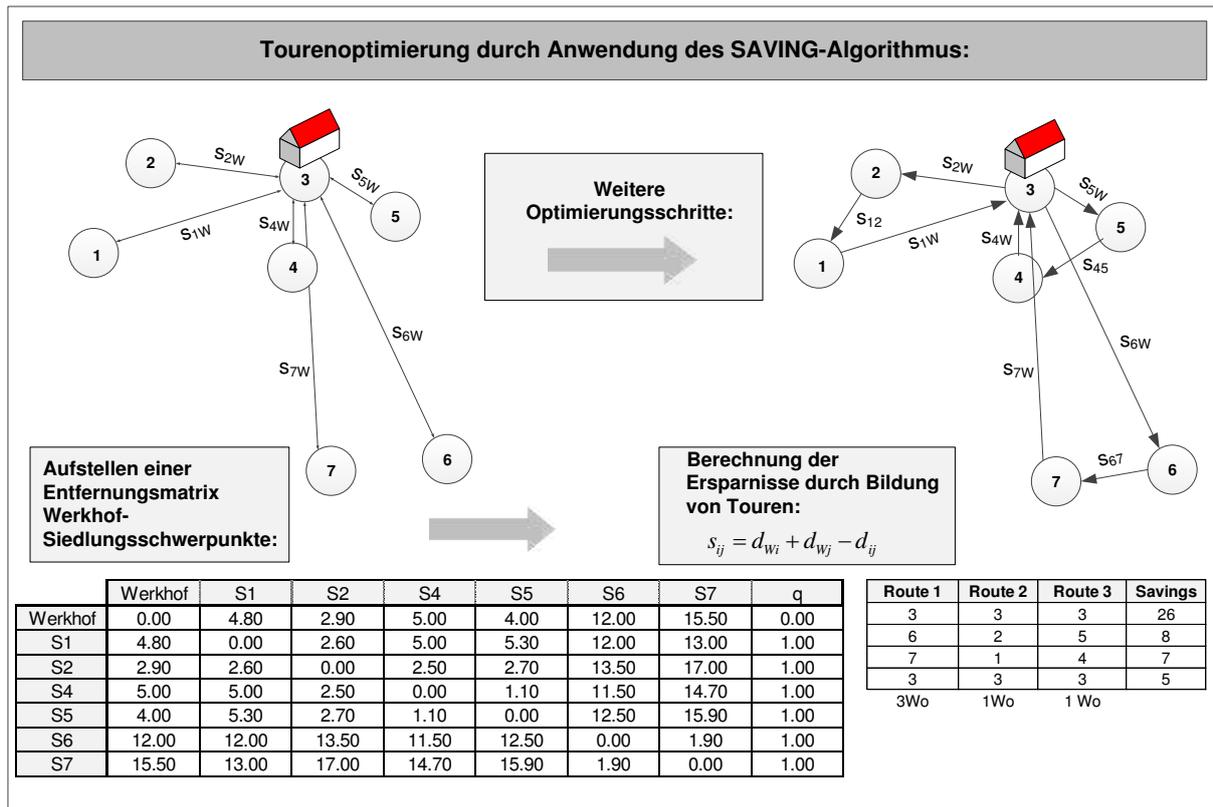


Bild 148: Beispielrechnung Tourenplanung - Anwendung des Saving-Algorithmus'

8.2.1.1 Modell IIa: 1 Werkhof – NPV-Berechnung

Zur Anwendung einer holistischen NPV-Berechnungsmethode ist es zudem notwendig, alle Cash Flows im Betrachtungszeitraum zu berücksichtigen unter Annahme des neuen Werkhofstandortes in Punkt 3.

Aufgrund der vorhandenen siedlungsübergreifenden Netzgröße und der Festlegung eines optimalen Werkhofstandortes ist es möglich, zwei der drei bestehenden Werkhofstandorte aufzugeben und zu liquidieren. Diese Liquidationserlöse können im Cash Flow basierendem NPV-Modell als Einnahmen verbucht werden. Es ist jedoch gemeindespezifisch zu untersuchen, ob die Liquidationserlöse direkt weiterhin dem interkommunalen Zusammenschluss zur Verfügung stehen, oder an die jeweiligen Gemeinden fließen. Diesem Umstand muss in der NPV-Betrachtung Rechnung getragen werden.

Im Zuge der weiteren Betrachtung wurde die Annahme getroffen, dass ein bestehender Werkhof als Ergebnis der Standortoptimierung Expansionsmöglichkeiten zulässt. Aus diesem Grund wurde der Entschluss einer Erweiterung eines bestehenden Werkhofes gefasst. Dieser Umstand wird im vorliegenden NPV-Modell als Werkhof-Restrukturierungskosten und somit als Ausgaben ausgewiesen.

Folgende einnahmen- und ausgabenbasierte Cash Flows fließen in die Modellbildung beim Modell IIa „WLP mit einem Werkhof mit Routenplanung“ mit ein (Bild 149):

Einmalige/aperiodische Kosten:

- Restrukturierungs- bzw. Umbaukosten des neu gewählten Werkhofstandortes
- Einnahmen aus den Werkhofauflösungen der nicht mehr benötigten Standorte
- Instandsetzungskosten über einen Erneuerungszyklus von 5, 10 oder 20 Jahren für Bauteile, die instandsetzungsbedürftig werden (z. B. Anstrich, Fenster, Heizung, Tore, etc.)

Periodische Kosten (jährlich):

- Jährliche Kosten des Betriebes (als indirekte Kosten) wie
 - Verwaltungskosten
 - Werkhofkosten
 - Gebäudekosten
 - Materialkosten
- Kosten des Leistungsbereiches Strassenreinigung
 - Zusätzliche Berücksichtigung von Leerfahrten zum Siedlungsschwerpunkt
- Kosten des Leistungsbereiches Grünpflege

Schemata	Modell IIa: WLP mit zwei bestehenden Werkhöfen und Routenplanung	Investitionskosten [CHF]	Erneuerungszyklus [Jahre]
	Werkhof - Restrukturierungskosten (z.B. Gebäudeerweiterung, Umbau, etc.)	1'500'000	
	Erlöse aus Werkhofauflösung Auflösung der zwei restlichen Werkhöfe	-2'913'333	30
	Instandsetzungskosten Werkhof Diverses in Abh. der Bauteil-Lebensdauer	100'000	
		40'000	10
		60'000	20
	Jährliche Kosten Betrieb		
	Verwaltungskosten	-	-
	Werkhofkosten	-	-
	Gebäudekosten	-	-
	Materialkosten	-	-
	Leistungsbereich Strassenreinigung		
	Jährliche Reinigungskosten auf Basis Reinigungshäufigkeit	-	-
	Maschinisten und Handarbeit	-	-
	IKZ-Leerfahrten (An- und Zufahrten Werkhof)	-	-
	Leistungsbereich Grünpflege		
	Jährliche Grünpflegekosten auf Basis Service Level	-	-

Bild 149: Modell IIa mit einem Werkhof und Routenplanung - NPV-Berechnungsgrundlagen

Des Weiteren kann aufgrund gemeindespezifischer Gegebenheiten und Rahmenbedingungen eine Leistungsberechnung durchgeführt werden, die zu simulierten Kosten (Werkhof- und Gebäudekosten, Kosten für Verwaltung und Organisation sowie für allgemeine Materialkosten) innerhalb des Zusammenschlusses führt, die in Bild 150 ersichtlich sind.

Es wird die Annahme getroffen, dass die Leistungen ausgehend von einem zentralen Werkhof mit optimaler Lage erbracht werden. Wichtig ist zudem, dass die Gemeinden innerhalb des Zusammenschlusses auf Basis ihrer Netzgrößen **anteilig** bewertet werden.

Daraus ergibt sich ein IKZ-Anteil von (vgl. Bild 150):

- Gemeinde 1: 25% der IKZ-Netzgrösse
- Gemeinde 2: 10% der IKZ-Netzgrösse
- Gemeinde 3: 65% der IKZ-Netzgrösse

IKZ - 3 Gemeinden		IKZ-Anteile	zu reinigende km	Auslastungsgrad	Fixkosten	variable Kosten	Gesamtkosten	benötigte Maschinen	DGK [GK/km]	DVK (x)	DFK (x)	Grenzkosten (GK)	
		[%]	[km/a]	[%]	[CHF/a]	[CHF/a]	[CHF/a]	[ME]	[CHF/a]	[CHF/a]	[CHF/a]	[CHF/a]	
Overhead:													
Verwaltungskosten	62'514	CHF/a					62'514		6.00				
Werkhofkosten	62'646	CHF/a					62'646		6.01				
Gebäudekosten	20'540	CHF/a					20'540		1.97				
Materialkosten	300'000	CHF/a					300'000		28.79				
							445'700		42.78				
Grünpflege													
IKZ-Fläche (G1, G2, G3)	84'340	m2											
Grünpflegekosten	590'380	CHF/a					590'380		7				
Strassenreinigung													
Gemeinde 1			29%				481'691		159.99				
Reinigungshäufigkeit:	1.50	pro Monat											
Zu reinigende Netzgrösse:	1775	km/a											
Leerfahrten WH-Einsatzort:	1236	km/a					3708						
Gemeinde 2 - Werkhofstandort			10%				173'319		159.99				
Reinigungshäufigkeit:	1.50	pro Monat											
Zu reinigende Netzgrösse:	1014	km/a											
Leerfahrten WH-Einsatzort:	70	km/a					208.8						
Gemeinde 3			65%				1'081'159		159.99				
Reinigungshäufigkeit:	4.00	pro Monat											
Zu reinigende Netzgrösse:	6018	km/a											
Leerfahrten WH-Einsatzort:	739	km/a					2217.6						
IKZ-Netzgrösse gesamt:	10419	km/a	104%	10419	139%	68'790	238'448	307'238	2	29.49	22.89	6.60	24.83
2 Maschinisten+1 Handarb.:	317'520	CHF/a					317'520						
							Gesamtkosten IKZ-3:	1'666'972	159.99			76.87	

Bild 150: Beispielrechnung – Statische Kostenaufstellung IKZ mit 3 Gemeinden

Die prozentuale Verteilung der Netzgrößen bezogen auf die siedlungsübergreifende Strassenreinigung bildet die Basis zur Erreichung einer fairen Kostenverteilung innerhalb der Gemeinden.

Auf Basis dieser Netzgrößen und unter Berücksichtigung der maximalen Auslastungsgrenzen gilt es, die notwendige Anzahl der Geräte zu berechnen. Für die Dimensionierung eines leistungsstarken und effizienten Geräteparks kommt das in Kapitel 6.4.2 beschriebene Prozessleistungs- und Kostenmodell zur Anwendung.

Bei der vorliegenden siedlungsübergreifenden Netzgrösse von 10'419 Kilometern pro Jahr, sind zwei Kehrmaschinen für die Erbringung der notwendigen maschinellen Kehrleistung notwendig. Dadurch kann die Auslastung der Geräte wesentlich erhöht werden, was sich in einer Auslastungssteigerung von durchschnittlich 45% bei Eigenerstellung auf durchschnittlich 70% bei Durchführung einer Kooperation zeigt.

Bild 151 zeigt die Entwicklung der Einheitskosten bei Verwendung von zwei Leistungsmodulen des Typs 2 (LM 2). Es wird deutlich, dass die Einheitskosten aufgrund der Vergrößerung der Netzgrösse wesentlich gesenkt werden konnten, was insbesondere beim Vergleich der Einheitskosten der Aufgabenerfüllung in Eigenleistung im Vergleich zu den Einheitskosten der Aufgabenerfüllung als IKZ der Beispielgemeinden 1 und 2 ersichtlich wird.

In den partizipierenden IKZ-Gemeinden konnte folglich eine Reduktion der Gesamtkosten pro Jahr und, besonders signifikant, eine Reduktion der gerätespezifischen Einheitskosten pro Jahr und gereinigtem IKZ-Netzkilometer erreicht werden.

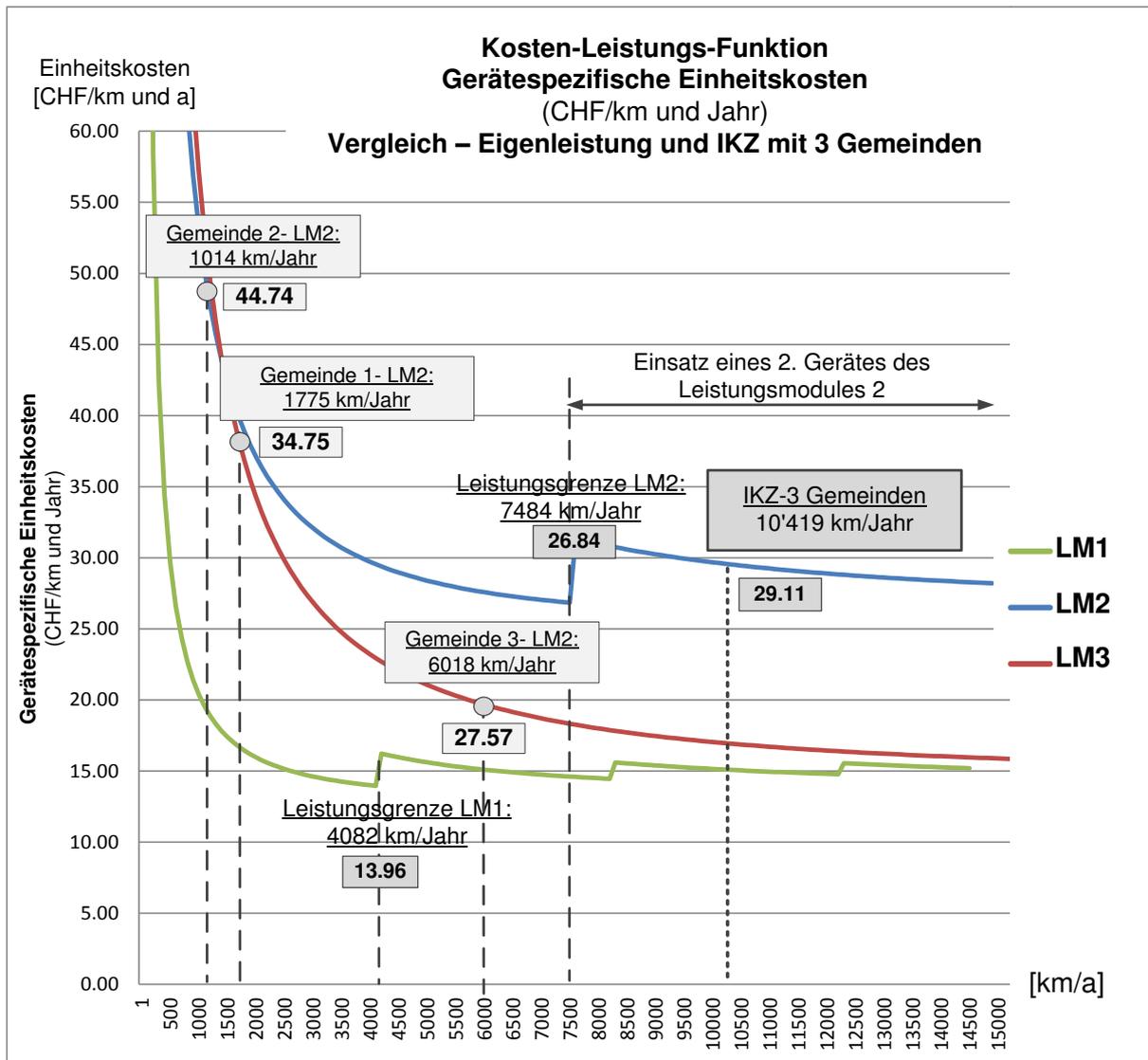


Bild 151: IKZ-3 - Entwicklung der gerätespezifischen Einheitskosten

Bild 152 zeigt die Entwicklung der Einheitskosten in den Beispielgemeinden 1 bis 3, die sich im Vergleich zur Aufgabenerfüllung in Eigenleistung zur Durchführung eines siedlungsübergreifenden Unterhalts deutlich reduzieren konnten.

Lediglich Beispielgemeinde 3 weist einen geringen Wert der Minimierung der Einheitskosten auf, da bereits – wie in Bild 139 ersichtlich – in Eigenleistung gute Resultate in der Auslastung der Geräte sowie in der Kostenstruktur erzielt wurden.

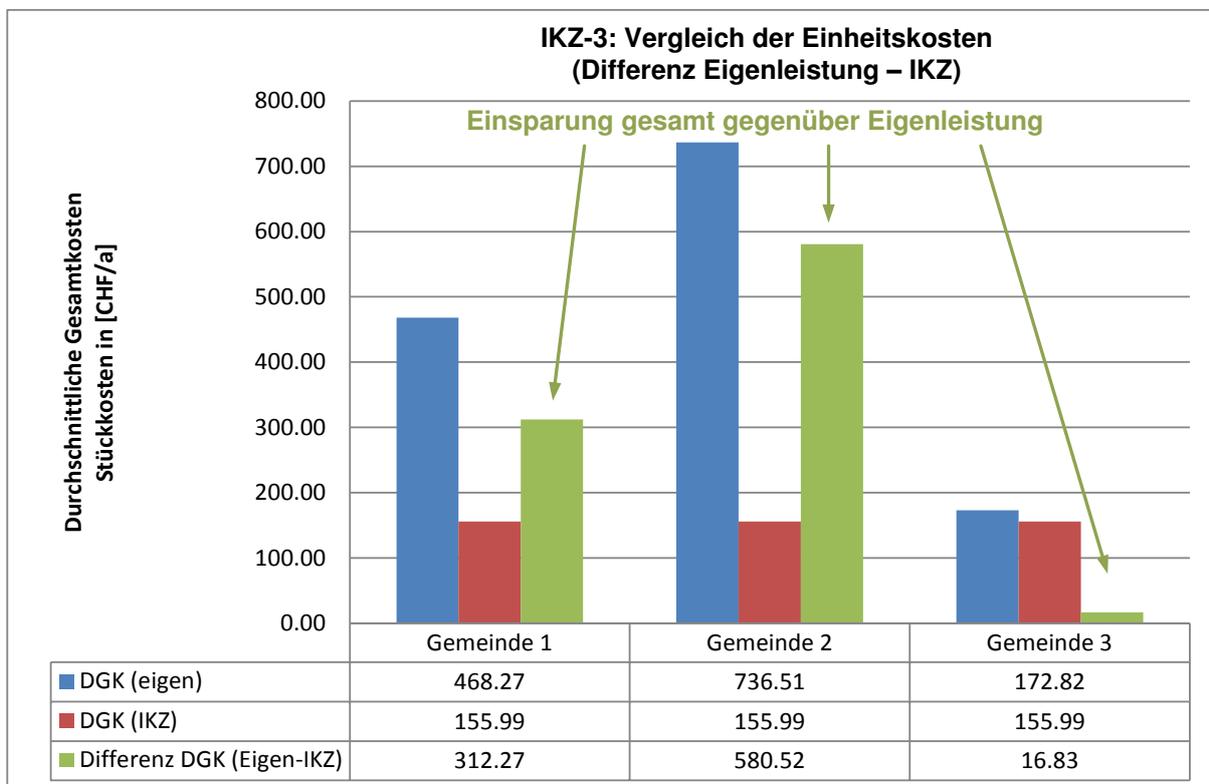


Bild 152: IKZ-3 Gemeinden: Vergleich der Durchschnittskosten Eigenleistung – IKZ

Wie eingangs erwähnt, sind Motive und die (ökonomische) Motivation zur siedlungsübergreifenden Kooperation meist nur dann vorhanden, wenn die Gesamt- bzw. Durchschnittskosten der IKZ im Vergleich zu den Gesamt- bzw. Durchschnittskosten bei Aufgabenerfüllung als Eigenleistung verringert werden können.

Im Falle des vorliegenden Beispiels kann die Voraussetzung und Vorteilhaftigkeit für eine IKZ für jede der drei Gemeinden im ersten Schritt einer statischen Kostenbetrachtung bestätigt werden. Sowohl die Gesamtkosten der siedlungsübergreifenden Kooperation als auch die Durchschnittskosten der Leistungserfüllung innerhalb des Zusammenschlusses erwiesen sich geringer im Verhältnis zu den errechneten Kostenwerten bei Aufgabenerfüllung als Eigenleistung (vergleiche dazu Bild 152):

$$K_{ges}^{Eigen} > K_{ges}^{IKZ} \quad \rightarrow \text{ok.}$$

$$DGK_{ges}^{Eigen} > DGK_{ges}^{IKZ} \quad \rightarrow \text{ok.}$$

Zur langfristigen Beurteilung bedarf es jedoch einer umfassenden Cash Flow basierten NPV- Betrachtung. Diese erfolgt im vorliegenden Realisierbarkeitstest über einen Betrachtungszeitraum von 30 Jahren. Nur so ist eine Vergleichbarkeit mit den Berechnungen der Eigenleistungen der Beispielgemeinden gewährleistet und eine Berücksichtigung aller anfallenden Zahlungsströme wird möglich.

Die errechneten Barwerte des Modells Ila „WLP mit einem Werkhof und Routenplanung“ ist grafisch in Bild 153 dargestellt.

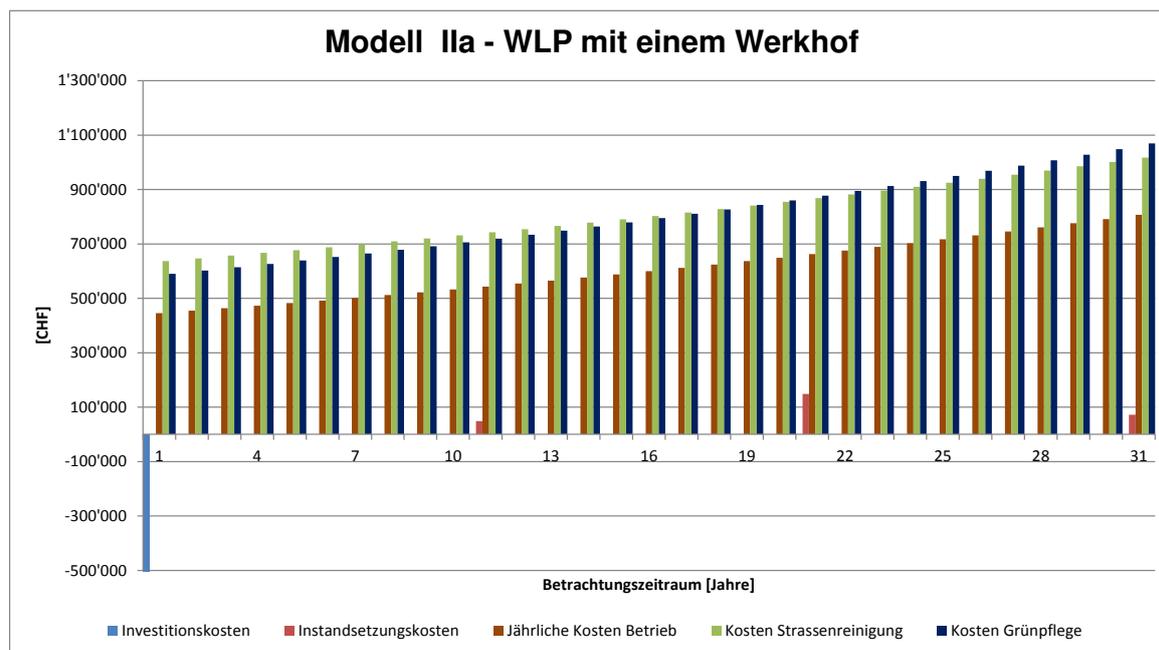


Bild 153: WLP mit einem Werkhof und Routenplanung - Barwerte über 30 Jahre

8.2.2 Modell Ila: WLP mit zwei Werkhöfen und Routenplanung

Das Modell Ila „WLP mit zwei Werkhöfen mit Routenplanung“ stellt eine Erweiterung des Modell Ila mit einem Werkhof dar. Während die Leistungsberechnung, die Berechnung der Siedlungsschwerpunkte respektive die Tourenplanung analog zu Modell Ila „WLP mit einem Werkhof“ durchgeführt wird, soll folgend gezeigt werden, wie sich die Kostenstruktur bei Einsatz eines zweiten Werkhofstandortes im siedlungsübergreifenden Gebiet bzw. eines weiteren Depot-Standortes auswirkt.

Aufgrund der vorhandenen siedlungsübergreifenden Netzgrösse und der Festlegung eines Werkhofstandortes sowie eines zusätzlichen Depots ist es möglich, einen der drei bestehenden Werkhofstandorte zu liquidieren. Dieser Umstand wird im Cash Flow basierendem NPV-Modell als Einnahme verbucht.

Folgende einnahmen- und ausgabenbasierte Cash Flows fließen in die Modellbildung beim Modell IIa „WLP mit zwei Werkhöfen mit Routenplanung“ mit ein (Bild 154):

- **Einmalige Cash Flows**
 - Werkhof-Umbaukosten
 - Abbruchkosten
 - Restrukturierungs- bzw. Umnutzungskosten
 - Liquidationserlöse aus Auflösungen nicht benötigter Werkhöfe
 - Etc.

- **Aperiodische Cash Flows**
 - Instandhaltungskosten (der bestehenden zwei Werkhöfe)
 - Instandsetzungskosten abhängig von den Nutzungsdauern der jeweiligen Bauteile

- **Periodische Cash Flows (jährlich)**
 - Kosten des laufenden Betriebes
 - Verwaltungskosten
 - Werkhofkosten
 - Gebäudekosten
 - Materialkosten
 - Kosten der Strassenreinigung
 - Zusätzliche Berücksichtigung von Leerfahrten zum Siedlungsschwerpunkt bzw. Fahrten des Depot-Standortes
 - Kosten der Grünpflege

Schemata	Modell IIa: WLP mit zwei bestehenden Werkhöfen und Routenplanung	Investitionskosten [CHF]	Erneuerungszyklus [Jahre]
<p>2 Werkhöfe:</p>	Werkhof - Restrukturierungskosten (1 Werkhof)	2'000'000	
	(z.B. Gebäudeerweiterung, Umbau, etc.)	2'000'000	30
	Finanzierungskosten (z.B. Kredit 3% p.a.)	543'334	
	Erlöse aus Werkhofauflösung	-1'456'666	
	Auflösung eines Werkhofes	-1'456'666	30
	Instandsetzungskosten 2 Werkhöfe	150'000	
	Diverses in Abh. der Bauteil-Lebensdauer (Fenster, Heizung, etc.)	70'000	10
		80'000	20
	Jährliche Kosten Betrieb		
	Verwaltungskosten	-	-
	Werkhofkosten	-	-
	Gebäudekosten	-	-
	Materialkosten	-	-
	Leistungsbereich Strassenreinigung		
	Jährliche Reinigungskosten auf Basis Reinigungshäufigkeit	-	-
	Maschinisten und Handarbeit	-	-
	IKZ-Leerfahrten (An- und Zufahrten Werkhof)	-	-
	Leistungsbereich Grünpflege		
Jährliche Grünpflegekosten auf Basis Service Level	-	-	

Bild 154: Modell IIa mit zwei Werkhöfen - NPV-Berechnungsgrundlagen

Bild 155 zeigt die errechneten Cash Flows bei Anwendung des Modells Ila „WLP mit zwei bestehenden Werkhöfen mit Tourenplanung“ über einen Betrachtungszeitraum von 30 Jahren.

Es sei kritisch angemerkt, dass durch einen zusätzlichen Depot-Standort die Leistungsfähigkeit der interkommunalen Kooperation zwar erhöht werden kann, jedoch durch einen zweiten Depot-Standort auch erhöhte Kosten des Unterhalts sowie der Lagerhaltung im Depot auftreten. Diese Kosten überwiegen in Bezug auf die Ersparnisse, die durch eine Minimierung von Leerfahrten durch den zweiten Standort erreicht werden können.

Es obliegt den Gemeinden, die Entscheidung über einen zweiten Depot-Standort abzuwiegen und sich besonders dem Aspekt zu widmen, wie sich die Siedlungsgebiete im interkommunalen Gemeindegebiet entwickeln werden.

Kann von einer markanten zukünftigen Vergrößerung des Siedlungsgebietes ausgegangen werden, so kann durch einen zweiten Depotstandort eine grössere Flexibilität und eine höhere Leistungsfähigkeit erreicht werden. Auch bei topografisch höher gelegenen Gemeinden mit ausgeprägten Wintermonaten ist die Überlegung über weitere Depots im Gemeindegebiet anzustreben, da dadurch eine höhere Flexibilität im Einsatz und bei Sofortmassnahmen (wie beispielsweise im Winterdienst) möglich werden.

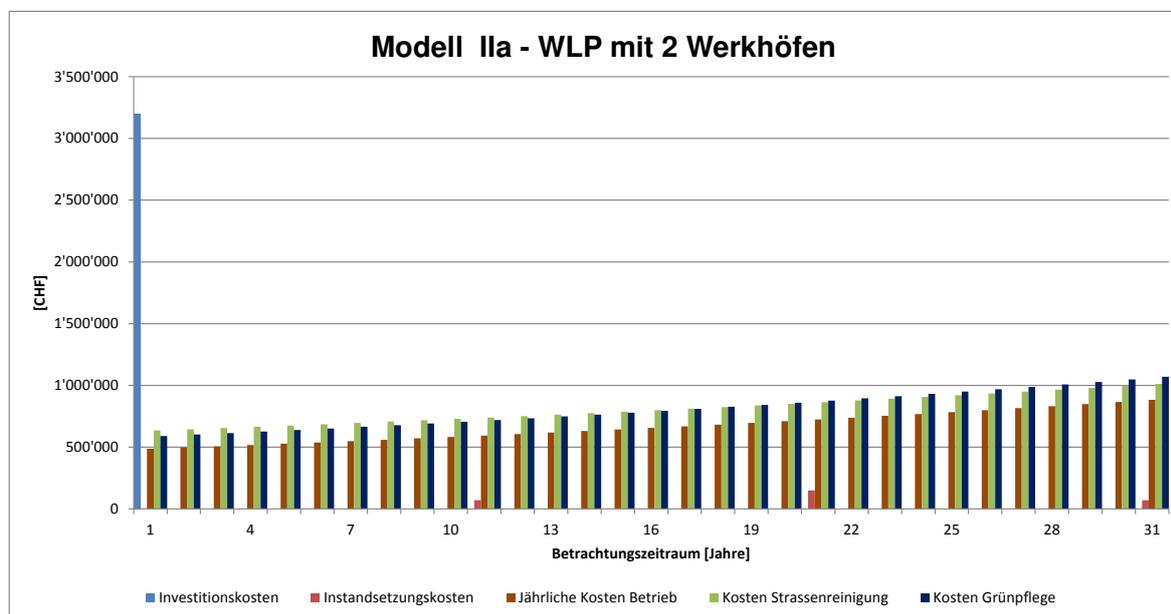


Bild 155: WLP mit zwei Werkhöfen und Routenplanung - Barwerte über 30 Jahre

8.2.3 Modell IIb: „Grüne Wiese“-Modell

Während in den vorherigen Modellberechnungen stets davon ausgegangen wird, dass bestehende Werkhöfe bzw. bereits bestehende und am Strassennetz erschlossene Gebäude nach einer Umnutzung als Werkhofstandorte für eine siedlungsübergreifende Kooperation Anwendung finden, wird nun ein Modell IIb „Grüne Wiese“-Modell vorgestellt, dessen Optimierungszielfunktion davon ausgeht, dass jeder Punkt in der Landschaft einer Gemeinde ein möglicher Standort eines Werkhofes ist.

Die Bezeichnung „Grüne Wiese“-Modell wird dadurch gerechtfertigt, dass jeder Standort innerhalb der Gemeindegrenzen einer siedlungsübergreifenden Kooperation als möglicher Werkhofstandort gesehen werden kann. Da dieser auch „auf grüner Wiese“, sprich auf unerschlossenem Gemeindegebiet aufgrund der Optimierungs-Zielfunktion zu liegen kommen könnte, müssen im Zuge der Anwendung dieses Modells zusätzliche Kostentreiber (z. B. Grundstückserwerb, Neuerschliessung des Grundstückes sofern aus gemeindespezifischen Rahmenbedingungen überhaupt möglich) berücksichtigt werden.

Die Lages des Werkhofstandortes wird somit anhand der folgenden Optimierungszielfunktion berechnet werden (detaillierte Erläuterungen dazu in Kapitel 7.3):

$$F(x, y) = \sum_{i=1}^m \frac{(c_{ij}^{Leerfahrt} b_i) + w_{ij}^{prod}(A_i)}{v_i(\Omega)} \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} + K_{Land}^{var}(x, y) + K_{Erschl.}^{var}(x, y) \rightarrow \min.$$

Mit

$K_{Land}^{var}(x, y)$	Standortabhängige Grundstückskosten	[CHF]
$K_{Erschl.}^{var}(x, y)$	Standortabhängige Erschliessungskosten	[CHF]
K_{Fahrt}^{var}	Variable Kosten, die infolge von Fahrdistanzen und –häufigkeiten entstehen	
c_i	Fahrtkostenansatz pro Stunde und Fahrt	[CHF/(h*ME)]
b_i	Einsatzhäufigkeiten/Anzahl der Fahrten vom Werkhof zu den Nachfrageknoten	[ME]
$v_i(\Omega)$	Geräteabhängige Durchschnittsgeschwindigkeit	[km/h]

Zur Optimierung der Gesamtkosten müssen die in der Zielfunktion definierten Variablen festgelegt werden. Im ersten Schritt bedarf es der Festlegung von Siedlungsschwerpunkten in den Gemeinden, die durch eine leistungsbezogene Routenplanung aufgrund verfügbarer Geräte in den Gemeinden zu eruieren sind.

Nach Identifikation der Siedlungsschwerpunkte müssen gemeindespezifische Kostenansätze für folgende Punkte festgelegt werden:

- Unproduktive Fahrtkostenansätze für Wegstrecken (Leerfahrten) vom Werkhof zum Siedlungsschwerpunkt
- Fahrtkostenansätze für produktive (wertschöpfende) Tätigkeiten
- Definition der siedlungsübergreifenden Reinigungshäufigkeit; diese beeinflusst wesentlich die zu reinigende interkommunale Netzlänge sowie die Anzahl der Leerfahrtdistanzen vom Werkhof zum Siedlungsgebiet
- Geschwindigkeiten sowohl im Betrieb (z. B. Kehrgeschwindigkeit bei Durchführung von Strassenreinigungsmassnahmen) als auch bei voller Fahrt ohne betriebliche Tätigkeit (z. B. Fahrt zum Einsatzort); diese gerätespezifischen Daten sind den Geräteherstellern zu entnehmen.

Dem Bild 156 sind die Inputdaten für die Optimierung des am besten geeigneten Werkhofstandortes anhand der Standortkoordinaten (x,y) als auch der gemeindespezifischen Beiwerte zu entnehmen.

Beispielgemeinden	Koordinaten		Beiwerte		
	X	Y	c_i	b_i	v_i
Gemeinde 1 - S1	691107	236174	119.00	36.00	5.50
Gemeinde 1 - S2	692199	235890	119.00	12.00	5.50
Gemeinde 2 - S1	689512	243234	119.00	24.00	5.50
Gemeinde 2 - S2	689141	242823	119.00	12.00	5.50
Gemeinde 3 - S1	685715	243895	119.00	48.00	5.50
Gemeinde 3 - S2	687752	244649	119.00	48.00	5.50

Bild 156: Eingabedaten der Werkhof-Lageoptimierung

Zusätzlich zu den genannten Input-Daten aus Bild 156 werden Gemeindegebiete mit unterschiedlichen Grundstückspreisen definiert, die ebenso wesentlichen Einfluss auf die Wahl eines optimalen Werkhofstandortes unter der Voraussetzung eines Werkhofneubaus haben.

Die **Grundstückspreise** wurden im vorliegenden Berechnungsbeispiel gebietsweise nach einem festgelegten Raster und zufallsverteilt zwischen 800 und 1000 CHF pro m^2 festgesetzt. Diese Annahmen sind in den Gemeinden zu überprüfen, genauso wie der Umstand, dass nicht auf jedem gewählten Grundstück einer Gemeinde aus baurechtlicher Sicht ein Werkhofstandort installiert werden kann. Es ist somit notwendig, dass Gemeinden bereits vorab nicht bebaubare Zonen im siedlungsübergreifenden Gebiet definieren.

Tabelle 30 zeigt einen Ausschnitt der einzelnen Iterationsstufen im Excel-Tool zum Auffinden lokaler (Kosten-)Minima.

Tabelle 30: Iterationen im Excel-Tool zum Auffinden lokaler Kostenminima

Gemeinde	Koordinaten Gemeinde	Koordinate x	Koordinate y	Kosten	Grundpreis	Gesamtkosten	Aktuelles Kostenminimum
1	691107/236174	684215	237390	7291157.3	900	7291157.307	42864441.37
2	692199/235890	684215	237390	3949204	900	11240361.31	42864441.37
3	689512/243234	684215	237390	6135694.1	1000	17376055.45	42864441.37
4	689141/242823	684215	237390	3944091.8	1000	21320147.27	42864441.37
5	685715/243895	684215	237390	7373022.1	200	28693169.4	42864441.37
6	687752/244649	684215	237390	10426115	1000	39119284.08	42864441.37
1	691107/236174	684215	238890	7610045.8	900	7610045.83	39119284.08
2	692199/235890	684215	238890	4054444.9	900	11664490.69	39119284.08
3	689512/243234	684215	238890	5597247.3	1000	17261737.99	39119284.08
4	689141/242823	684215	238890	3676614.8	1000	20938352.78	39119284.08
5	685715/243895	684215	238890	5866340.4	200	26804693.15	39119284.08
6	687752/244649	684215	238890	9058942.4	1000	35863635.58	39119284.08
1	691107/236174	684215	240390	8133003.2	900	8133003.174	35863635.58

Bild 157 zeigt das Ergebnis der excel-basierten Optimierung eines Standortes „auf der grünen Wiese“ mit den Werkhofstandort-Koordinaten (x,y).

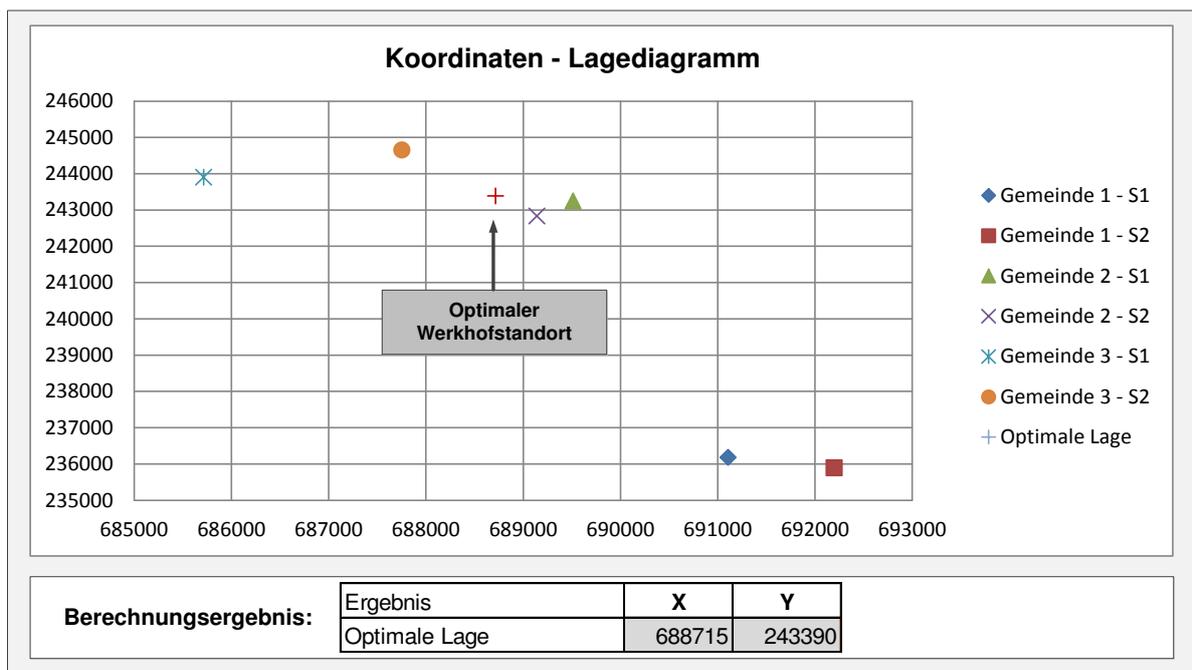


Bild 157: Lagediagramm eines optimalen Werkhofstandortes in der Ebene

Nachdem der optimale Werkhofstandort ermittelt wurde, bedarf es in weiterer Folge einer NPV-Berechnung zur Vergleichbarkeit der Varianten, die analog zur Berechnung der Eigenleistungen sowie zur Berechnung der Modell Ila – WLP herangezogen werden kann.

Im Unterscheid zu den beiden vorherigen vorgestellten WLP-Modellen wird nun davon ausgegangen, dass ein Werkhofneubau notwendig wird. In weiterer Folge werden Erschliessungskosten berücksichtigt, die notwendige Neuerschliessungen ans vorhandene Strassennetz (Bau einer Verbindungs- bzw. Stichstrasse zum vorhandenen Strassennetz), Erschliessungen durch Versorgungsleitungen (Wasser, Strom, etc.) notwendig machen.

Folgende einnahmen- und ausgabenbasierte Cash Flows fliessen in die Modellbildung beim Modell IIb „Grüne Wiese- Modell mit Routenplanung“ mit ein (Bild 158):

▪ **Einmalige Cash Flows**

- Abbruchkosten (von eventuellen bestehenden Gebäuden am Grundstück)
- Kosten für einen Werkhofneubau
- Erschliessungskosten (Anschlussstrasse, Versorgungseinrichtungen etc.)
- Liquidationserlöse aus Werkhofauflösungen der alten bestehenden Werkhöfe
- Etc.

▪ **Aperiodische Cash Flows**

- Instandhaltungskosten des neu errichteten Werkhofes
- Instandsetzungskosten abhängig von den Nutzungsdauern der jeweiligen Bauteile des neu errichteten Werkhofes

▪ **Periodische Cash Flows (jährlich)**

- Kosten des laufenden Betriebes
 - Verwaltungskosten
 - Werkhofkosten
 - Gebäudekosten
 - Materialkosten
- Kosten der Strassenreinigung
 - Zusätzliche Berücksichtigung von Leerfahrten zum Siedlungsschwerpunkt bzw. Fahrten des Depot-Standortes
- Kosten der Grünpflege
 - Kosten der Strassenreinigung
 - Kosten der Grünpflege

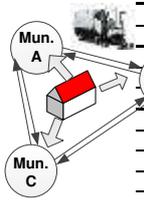
Schemata	Modell II b: «Grüne Wiese»-Modell mit Werkhofneubau und Routenplanung	Investitionskosten [CHF]	Erneuerungszyklus [Jahre]
	Grundstückskosten - neuer Werkhof	2'500'000	
		1'700'000	30
	Baukosten - neuer Werkhof	7'000'000	
		7'000'000	30
	Erschliessungskosten	300'000	
	Anschluss an bestehendes Strassennetz	200'000	30
	Anschluss an Energieversorgung (Wasser, Strom, etc.)	100'000	30
	Erlöse aus Werkhofauflösung	-4'370'000	
	Auflösung der drei bestehenden Werkhöfe	-4'370'000	30
	Instandsetzungskosten Werkhof	70'000	
	Diverses in Abh. der Bauteil-Lebensdauer (Fenster, Heizung, etc.)	20'000	10
	Gesamt: 1% der HK	50'000	20
	Jährliche Kosten Betrieb		
	Verwaltungskosten	-	-
	Werkhofkosten	-	-
	Gebäudekosten	-	-
	Materialkosten	-	-
	Leistungsbereich Strassenreinigung		
	Jährliche Reinigungskosten auf Basis Reinigungshäufigkeit	-	-
	Maschinisten und Handarbeit	-	-
Leistungsbereich Grünpflege			
Jährliche Grünpflegekosten auf Basis Service Level	-	-	

Bild 158: Modell IIb "Grüne Wiese" mit Routenplanung – NPV-Berechnungsgrundlagen

Bild 159 zeigt die errechneten Cash Flows bei Anwendung des Modells 2a „WLP mit zwei bestehenden Werkhöfen mit Tourenplanung“ über einen Betrachtungszeitraum von 30 Jahren.

Bei NPV-Berechnung des vorliegenden „Grüne Wiese“-Modells gilt es zu berücksichtigen, ob es sich um eine finanzierungsneutrale Betrachtung handelt oder ob anfallende Finanzierungskosten in die Beispielrechnung miteinbezogen werden.

Zudem muss in den Gemeinden geklärt werden, wie mit Liquidationserlösen aus dem Verkauf der alten Werkhofliegenschaften sowie aus dem Verkauf von Einrichtungsgegenständen und nicht mehr benötigten Inventar umgegangen wird. Diesen Aspekt der finanzierungsneutralen oder finanzierungsberücksichtigenden NPV-Berechnung gilt es einheitlich bei allen Varianten zu verfolgen, um später die Vergleichbarkeit der Aufgabenerfüllungsvarianten zu gewährleisten.

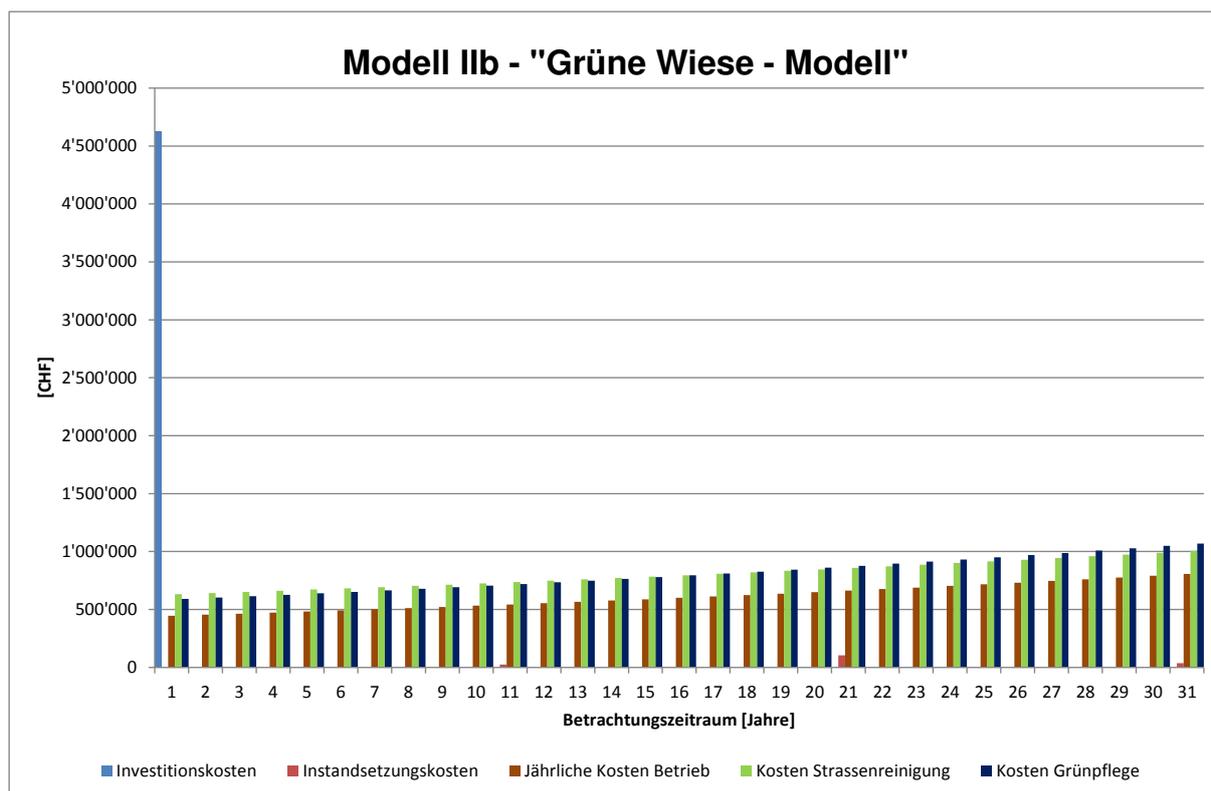


Bild 159: Modell IIb "Grüne Wiese" mit Routenplanung - Barwerte über 30 Jahre

8.2.4 Gegenüberstellung der Aufgabenerfüllungs-Varianten

Zur Ergebnis- und Variantenbeurteilung bedarf es schlussendlich der Zusammenführung aller Ergebnisse und der Gegenüberstellung der berechneten Modell-Varianten. Dazu wird das bereits vorgestellte *Net-Present-Value-Differenzaxiom* angewendet, das die Vorteilhaftigkeit einer IKZ folgendermassen postuliert:

$$NPV_{t_B}^{Eigen} > NPV_{t_B}^{IKZ}$$

Eine Durchführungsvariante ist somit **relativ vorteilhaft**, wenn die Summe der jeweiligen Barwerte relativ kleiner ist als die der anderen zur Wahl stehenden Varianten.³⁹⁷

$$\Delta NPV_{t_B}^{Eigen- IKZ} = NPV_{t_B}^{Eigen} - NPV_{t_B}^{IKZ} > 0$$

$$\Delta NPV_{t_B}^{Eigen- IKZ} = \sum_{t=1}^n \frac{C_t^{Eigen} - C_t^{IKZ}}{(1 + q)^{(t-t_B)}} > 0$$

³⁹⁷ Vgl. GÖTZE, U. (Investitionsrechnung 2008), S. 71

Die Vorteilhaftigkeit der Varianten ist folgendermassen definiert:

Wenn $\Delta NPV_{t_B}^{Eigen-IKZ} > 0$ → Vorteilhaftigkeit der interkommunalen Kooperation (IKZ) gegeben

Wenn $\Delta NPV_{t_B}^{Eigen-IKZ} \leq 0$ → keine Vorteilhaftigkeit bzw. kein Effizienzpotential der interkommunalen Kooperation gegeben

Bild 160 zeigt zusammengefasst die aufsummierten Kapitalwerte der entwickelten Modell-Varianten im Vergleich zur Leistungserbringung in Eigenregie der Beispielgemeinden. Daraus wird ersichtlich, dass das *Net-Present-Value-Differenzaxiom* der Aufgabenerfüllung in Eigenleistung höher ausfällt als jenes der Leistungserfüllungs-Variante einer siedlungsübergreifenden Zusammenarbeit.

$$NPV_{t_B}^{Eigen} > NPV_{t_B}^{IKZ} \quad \rightarrow \text{ok.}$$

$$NPV_{t_B}^{Eigen} > NPV_{t_B}^{Gr.W.} > NPV_{t_B}^{WLP-2} > NPV_{t_B}^{WLP-1} \quad \rightarrow \text{ok.}$$

Es wird deutlich, dass Modell IIa „WLP mit einem Werkhof und Routenplanung“ relativ vorteilhaft ist gegenüber den anderen Modellvarianten.

Das Modell „WLP mit zwei Werkhöfen und Routenplanung“ liegt auf Basis der Beispielrechnung im Mittelfeld, was einerseits in den erhöhten Kosten im Unterhalt von zwei Gebäuden begründet ist. Vorteilhaft beim Vorhandensein von zwei Werkhöfen ist jedoch, dass eine Leistungsflexibilität durch schnellere Einsätze bei Sofortmassnahmen oder eine bessere Anpassungsfähigkeit bei Kapazitätsschwankungen oder zukünftigen Siedlungsentwicklungen erreicht werden kann.

Das Modell IIb „Grüne Wiese“ ist relativ gesehen, die am wenigsten vorteilhafte Variante bezogen auf die vorliegende Beispielrechnung. Dies wird vorwiegend dem Grund geschuldet, dass hohe Investitionskosten aufgrund eines Werkhofneubaus zu tätigen sind, die durch die optimale Lage des Werkhofes und der damit einhergehenden Einsparung an Fahrdistanzen jedoch nicht wett gemacht werden kann.

Zusammenfassend kann anhand von Bild 160 und Bild 161 klar gezeigt werden, dass über eine Lebensdauer von 30 Jahren eine siedlungsübergreifende Kooperation Effizienzsteigerungen und Kosteneinsparungen bewirkt.

NET PRESENT VALUE (NPV)-Methode

TOTAL [CHF]

	WLP-1 Werkhof	WLP-2 Werkhöfe	Grüne Wiese	Summe Eigenleistung Gemeinden
Investitionskosten	-1'413'333	2'007'631	4'630'000	0
Instandsetzungskosten	148'405	163'977	90'657	820'100
Jährliche Kosten Betrieb	11'981'293	13'099'387	11'981'293	26'043'623
Strassenreinigung	16'116'216	16'046'094	15'966'238	23'192'243
Grünpflege	15'870'469	15'870'469	15'870'469	17'773'866
Kapitalwert	42'703'051	47'187'559	48'538'658	67'829'832

Bild 160: Gegenüberstellung der NPV-Ergebnisse - IKZ-3

Bild 161 zeigt grafisch die in Bild 160 dargestellten aufsummierten Barwerte bezogen auf einen Betrachtungszeitraum von 30 Jahren und stellt die Durchführungsvarianten „Grüne Wiese“, ein oder zwei Werkhöfe mit jenen der Eigenleistung der Gemeinden gegenüber.

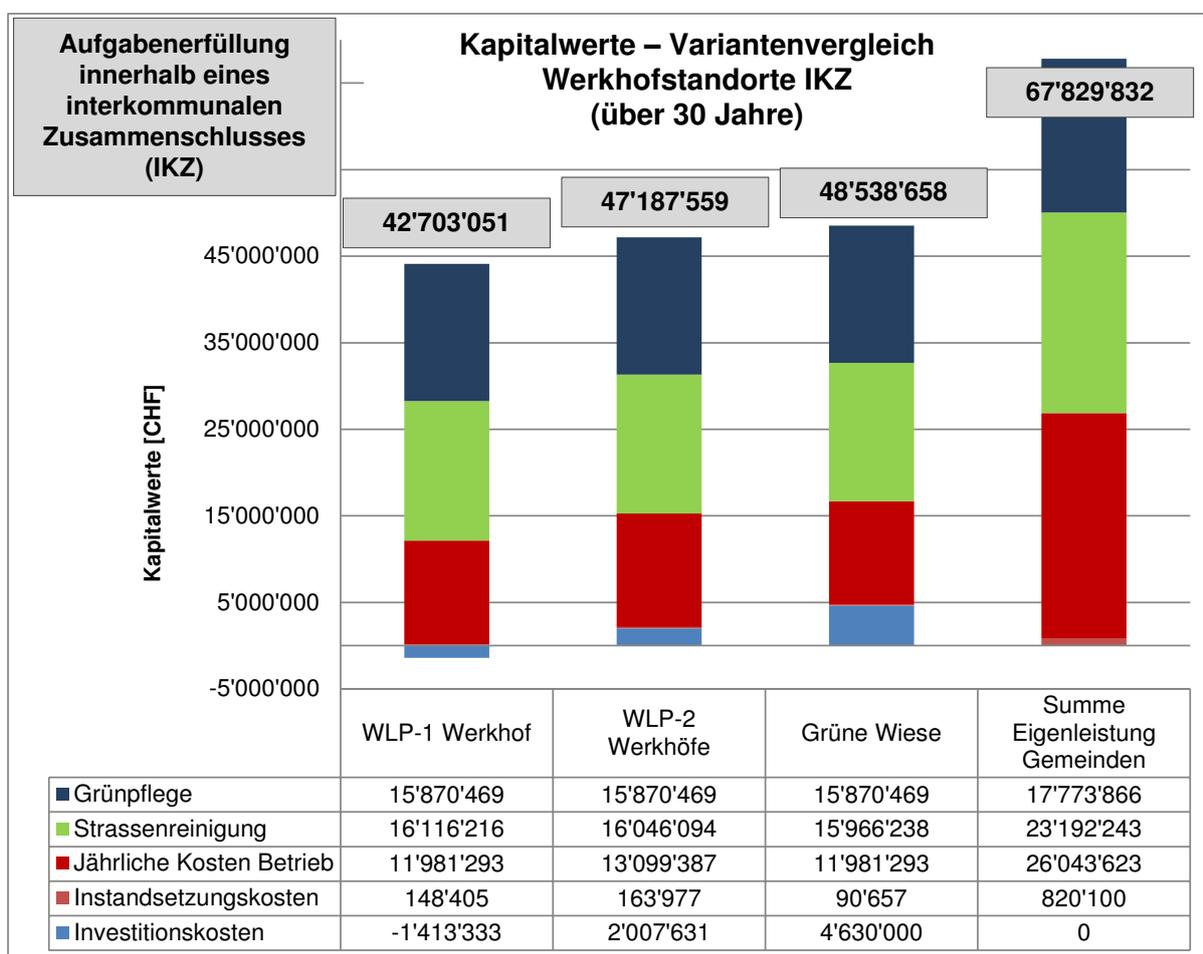


Bild 161: Gegenüberstellung - Kapitalwerte der Aufgabenerfüllungsvarianten über 30 Jahre

Die Differenzen aus den Kapitalwerten der Modellvarianten der Leistungsdurchführung als interkommunaler Zusammenschluss im Vergleich zur Leistungserbringung als Eigenleistung können Bild 162 entnommen werden.

Es wird deutlich, dass die folgenden zuvor postulierten Annahmen bestätigt werden konnten:

$$\text{Allgemein: } \Delta NPV_{t_B}^{\text{Eigen-}IKZ} = NPV_{t_B}^{\text{Eigen}} - NPV_{t_B}^{IKZ} > 0$$

→ok - Vorteilhaftigkeit der interkommunalen Kooperation gegeben

$$\text{Modell WLP-1 Werkhof: } \Delta NPV_{t_B}^{\text{Eigen-WLP-1}} = NPV_{t_B}^{\text{Eigen}} - NPV_{t_B}^{\text{WLP-1}} > 0 \quad \rightarrow \text{ok}$$

$$\text{Modell WLP-2 Werkhöfe: } \Delta NPV_{t_B}^{\text{Eigen-WLP-2}} = NPV_{t_B}^{\text{Eigen}} - NPV_{t_B}^{\text{WLP-2}} > 0 \quad \rightarrow \text{ok}$$

$$\text{Modell Grüne Wiese: } \Delta NPV_{t_B}^{\text{Eigen-Gr.W.}} = NPV_{t_B}^{\text{Eigen}} - NPV_{t_B}^{\text{Gr.W.}} > 0 \quad \rightarrow \text{ok}$$

Differenz zur Eigenleistung	WLP-1 Werkhof	WLP-2 Werkhöfe	Grüne Wiese
Differenz Gemeinde 1	5'574'059	4'076'112	3'622'202
Differenz Gemeinde 2	15'489'681	13'978'762	13'510'079
Differenz Gemeinde 3	3'394'050	1'921'319	1'496'127
Differenz Kapitalwerte gesamt	24'457'790	19'976'193	18'628'409

Bild 162: Differenz der summierten Barwerte im Vergleich zur Eigenleistung

Zusammengefasst zeigt Bild 163 die grafische Auswertung der in Bild 162 berechneten Differenzen aus Leistungserbringung in Eigenregie und Durchführung als interkommunaler Zusammenschluss.

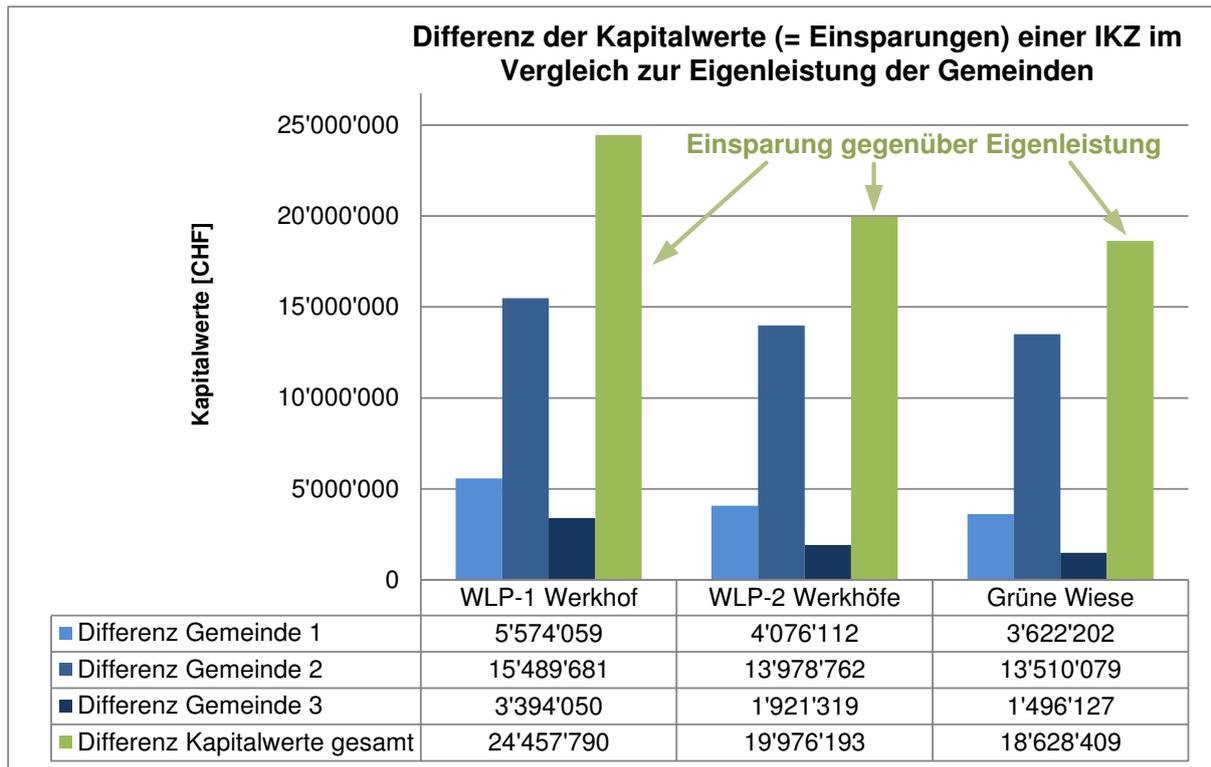


Bild 163: Differenz aus den Kapitalwerten IKZ zur Eigenleistung der Beispielgemeinden

8.2.5 Sensitivitätsanalyse der Beispielrechnung

Im Zuge des Realisierbarkeitstests und der Überprüfung der Anwendungsfreundlichkeit des entwickelten interkommunalen Zusammenarbeitsmodell bedarf es einer Sensitivitätsanalyse, deren Aufgabe es ist zu untersuchen, wie „sensibel“ das Berechnungsergebnis auf Veränderungen der verwendeten Eingangsparameter reagiert und wie sehr sich das Ergebnis durch Veränderung beeinflussen lässt.

Besonders bei der Beurteilung von Investitions- und Vorteilhaftigkeitsentscheidungen im Bereich der Wirtschaftlichkeitsberechnungen ist es erforderlich, die in die Zukunft gerichteten Annahmen (prospektive Betrachtung der Kosten) auf ihre Sensitivität zu untersuchen. So sind beispielsweise prospektive Investitionskosten, auf einen Betrachtungszeitraum von 30 Jahren gesehen, mit einem hohen Grad an Unsicherheit verbunden.

Ebenso sind die dem NPV-Berechnungsmodell zugrunde gelegten einnahmen- und ausgabenbezogenen Cash Flows während des Betrachtungszeitraumes grossen Unsicherheiten unterworfen, die die Ergebnisse der Berechnung wesentlich beeinflussen und zu unterschiedlichen Ergebnissen von Vorteilhaftigkeiten führen können.

Derartige Unsicherheiten sind vorwiegend in folgenden Parametern zu finden:

- Festlegung eines Diskontierungszinssatzes
- Festlegung eines Teuerungsfaktors (für Energiepreise, Löhne, etc.)
- Festlegung des Betrachtungszeitraumes

Zudem wird die interkommunale Netzgrösse (zu bedienendes siedlungsübergreifendes Strassennetz) als sensibler Parameter definiert.

Sensitivitätsfaktor „Diskontierungsfaktor“

Im ersten Schritt wird, wie in Bild 164 ersichtlich, der Diskontierungsfaktor einer Sensitivitätsanalyse unterzogen. Im vorliegenden Beispiel wird die Veränderung des Diskontierungsfaktors von 3% auf 5% untersucht. Aus den Ergebnissen der Sensitivitätsanalyse in Bezug auf den Einflussparameter Diskontierungsfaktor kann festgestellt werden, dass es zwar zu Veränderungen in der Höhe der Kapitalwerte über einen definierten Zeitraum kommt, jedoch die Schwankungen der Modelle untereinander parallel verlaufen und somit die Vorteilhaftigkeitsentscheidung einer Variante gegenüber einer andere nicht beeinflusst wird.

Analoge Analysen wurden ebenso für Veränderungen der **Teuerungsfaktoren** vorgenommen. Auch hier konnte keine wesentliche Veränderung zum Vorteil einer Variante im Vergleich zum berechneten Modell erkannt werden.

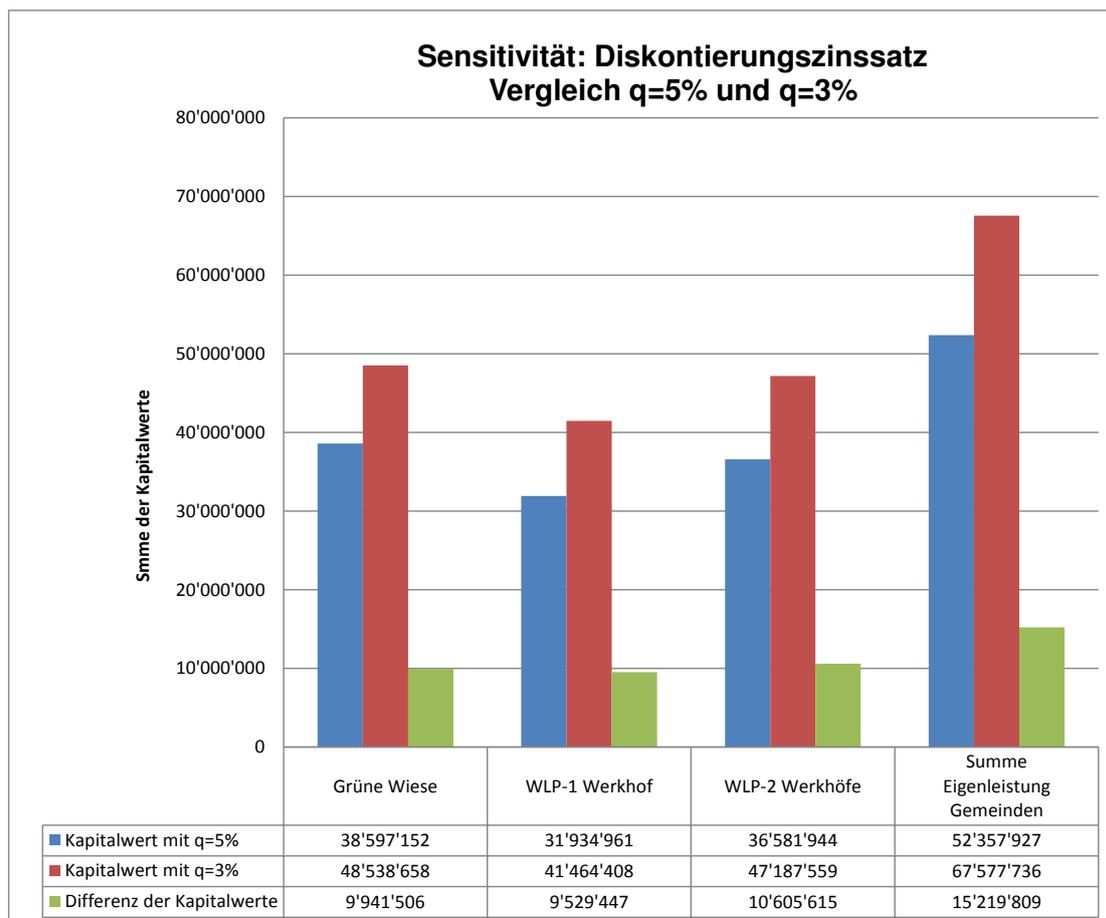


Bild 164: Sensitivitätsanalyse - Diskontierungsfaktor (3% und 5%)

Sensitivitätsfaktor „IKZ-Netzgrösse“

Interessant gestaltet sich die Frage, welchen Einfluss der Parameter „IKZ-Netzgrösse“ auf die Sensitivität der berechneten Werte hat. Diese Frage ist insbesondere in Bezug auf die gemeindespezifischen IKZ-Netzgrößen-Anteile relevant.

Um dieser Frage nachzugehen, wird eine Vergrößerung der IKZ-Netzgrösse angenommen, hervorgerufen durch eine Erhöhung des Reinigungsstandards in den Beispielmunicipalitäten 1 und 2. Beispielmunicipalität 3 hingegen führt den vordefinierten Reinigungsstandard von drei Mal pro Monat fort, während die Municipalitäten 1 und 2 die Reinigungshäufigkeit verdoppeln und somit eine Erhöhung ihres Qualitätsanspruches umsetzen.

Zusammenfassende Veränderungen der Netzgrösse:

- Gemeinde 1 von 1,5 Mal pro Monat auf 3 Mal pro Monat
- Gemeinde 2 von 1,5 Mal pro Monat auf 3 Mal pro Monat
- Gemeinde 3 gleichbleibend 4 Mal pro Monat

Bild 165 zeigt die Sensitivität der Veränderung der Reinigungshäufigkeit in den Gemeinden 1 und 2 und stellt sie den Anteilen der Netzgrößen und den möglichen Einsparungen in den Gemeinden gegenüber.

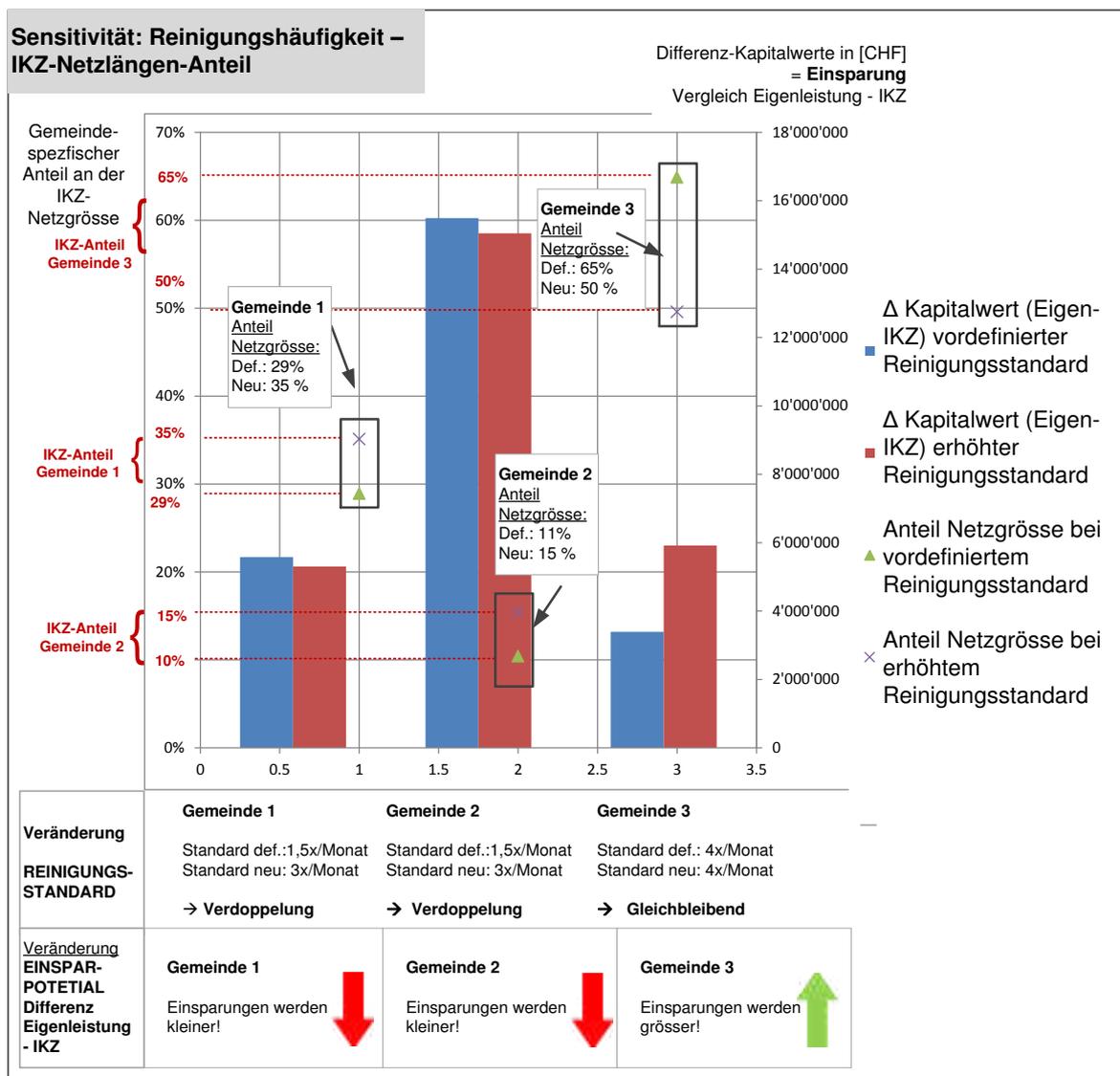


Bild 165: Sensitivität Erhöhung des Reinigungsstandards – IKZ-Netzgrößenanteil

So kann Gemeinde 1 bei Verdoppelung des Service Levels (im vorliegenden Beispiel Verdoppelung der Reinigungshäufigkeit) geringere Einsparungen (als Differenz aus Eigenleistung der Gemeinde und Leistung im interkommunalen Zusammenschluss) erreichen. Anteilsmässig betrachtet am gesamten IKZ-Netz kommt es zu einer Erhöhung der anteiligen Netzgrösse.

Beispielgemeinde 3 hingegen belässt den Reinigungsstandard am vordefinierten Level und damit verbunden die zu reinigende Netzgrösse und kann entsprechend der Erwartung eine Vergrösserung der Einsparungen erreichen. Dies wird auch in der anteiligen Verringerung der IKZ-Netzgrösse von 65% auf 50% ersichtlich.

8.2.6 Abschliessende Beurteilung des Realisierbarkeitstests

Im Rahmen des vorliegenden Realisierbarkeitstests konnte die Anwenderfreundlichkeit und Umsetzbarkeit des interkommunalen Prozessmodells im betrieblichen Strassenunterhalt nachgewiesen werden. Besonders durch die systematische Strukturierung der Prozesse und der Modellschritte zur Umsetzung konnte eine einfache Berechnung einer siedlungsübergreifenden Kooperation erfolgen.

Im Zuge einer Umsetzung einer IKZ bedarf es der Erfassung aller relevanten Einnahmen und Ausgaben im Zuge der Betrachtungsperiode. Während im vorliegenden Beispiel exemplarisch Routinetätigkeiten wie Grünpflege und Strassenreinigung in die NPV-Berechnung miteinbezogen wurden, müssen gemeindespezifisch alle weiteren Leistungsbereiche des betrieblichen Unterhalts im jeweiligen Leistungsumfang berücksichtigt werden.

Einer kritischen Betrachtung bedarf es hinsichtlich der verwendeten Verfahren in der Vorteilhaftigkeitsentscheidung. Obwohl die Kapitalwertmethode zweifelsohne zu den in der wissenschaftlichen einschlägigen Literatur am meisten verwendeten und akzeptierten Verfahren der dynamischen Investitionsrechnung zählt, gilt es dieses Verfahren kritisch zu hinterfragen bzw. mittels Sensitivitätsanalyse zu validieren.

Dazu zählen nach GÖTZE (2008) folgende Modellannahmen im Zuge der Anwendung der Kapitalwertmethode:³⁹⁸

- Alleinige Relevanz des Kapitalwertes (als einzige Zielgrösse)
- Sicherheit der zugrunde gelegten Daten
- Zurechenbarkeit der Einnahmen und Ausgaben zu bestimmten Zeitpunkten
- Festlegung der Höhe der Teuerungsraten und des Diskontierungszinssatzes
- Festlegung der Nutzungsdauern von Bauteilen (bei Instandsetzung beispielsweise)

Im Folgenden werden die Chancen und Risiken bei Anwendung der genannten Beurteilungskriterien hinterfragt:³⁹⁹

Einer Investitions- bzw. Vorteilhaftigkeitsentscheidung liegen oftmals mehrere Zielsetzungen zugrunde. In der vorliegenden Modellrechnung wird der Schwerpunkt auf das alleinige Ziel „Kapitalwert“ gelegt und somit das Hauptaugenmerk auf ein ökonomisch effizientes Handeln. Die Anwendung eines Modells für Mehrzielentscheidungen wird in der vorliegenden Forschungsarbeit nicht behandelt.

³⁹⁸ Vgl. Götze, U. (Investitionsrechnung 2008), S. 80

³⁹⁹ Detaillierte Ausführungen dazu in Götze, U. (Investitionsrechnung 2008), S. 81

Investitionsentscheidungen zum gegenwärtigen Zeitpunkt unterliegen einem Unsicherheitsfaktor in Bezug auf die zur Verfügung stehenden Daten und bedürfen somit einer kritischen Durchsicht und Analyse. Da die Berechnung des Kapitalwertes unter der Annahme von in die Zukunft gerichteten Daten ist, sollte bei langfristigen Investitions- bzw. Vorteilhaftigkeitsentscheidungen stets eine Analyse der Auswirkungen von Unsicherheiten erfolgen.

Bei der Annahme eines vollkommenen Kapitalmarktes wird von einem gleichbleibenden Diskontierungszinssatz ausgegangen. Da in der Realität ein derartiger Markt jedoch nicht existiert und die Zinssätze der Finanzierungsmöglichkeiten unterschiedlich sind, muss besonderes Augenmerk auf die Wahl der Höhe des Kalkulationszinssatzes und im Besonderen auf die Auswirkungen der Höhe des Diskontierungszinssatzes auf den Kapitalwert gelegt werden. Dieser kann durch Variation der Höhe starken Schwankungen unterworfen sein.⁴⁰⁰

Abschliessend sei darauf hingewiesen, dass im vorliegenden Berechnungsbeispiel zur Verifizierung des entwickelten Modells und zur besseren Darstellung der Ergebnisse ausschliesslich die Leistungsbereiche Grünpflege und Strassenreinigung miteinbezogen wurden. In einer ganzheitlichen Untersuchung ist es unabdingbar, alle Leistungsbereiche des betrieblichen Strassenunterhalts in die Berechnung aufzunehmen zur Gewährleistung einer umfassenden und vollständigen Beurteilung.

⁴⁰⁰ Vgl. Kern, W. (Grundzüge der Investitionsrechnung 1976), S. 56; Götze, U. (Investitionsrechnung 2008, Kern, W. (Grundzüge der Investitionsrechnung 1976), S. 83

9 Gesamtmodell – Handlungsempfehlungen

Schweizer Gemeinden befinden sich in einem Spannungsfeld aus selbstverständlich gewordenen hohen Qualitätsanforderungen der Bürger, dem hohen Wettbewerbsdruck über zukünftige Standortvorteile (Steuervorteile) und dem gestiegenen Kostendruck bei der Erbringung öffentlicher Leistungen.

Zudem fühlen sich Schweizer Gemeinden einem immensen Leistungsdruck ausgesetzt, sodass sie oftmals an den Grenzen ihrer Leistungsfähigkeit agieren, um so den immer komplexer werdenden Ansprüchen und Aufgaben gerecht zu werden.

Aus diesen genannten Gründen werden immer öfters (abseits von Fusionsgesprächen) Alternativen zur Eigenleistung in der öffentlichen Aufgabenerfüllung gesucht, die Effizienzsteigerungen erlauben und zugleich es den Gemeinden ermöglichen, den hohen Ansprüchen ihrer Bürger gerecht werden. Das Modell der siedlungsübergreifenden Zusammenarbeit im betrieblichen Strassenunterhalt bietet die Möglichkeit, die Bedenken der Praxis in zukunftsorientierte Chancen umzuwandeln und der Praxis klare Strukturen zu liefern, um langfristig eine interkommunale Zusammenarbeit erfolgsversprechend durchführen zu können. Dies ermöglicht den Gemeinden auch in Zukunft handlungsfähig zu bleiben und so dem Bürger einen attraktiven Standort zu bieten.

Das vorliegende IKZ-Prozessmodell zeigt Handlungsempfehlungen für kommunale Entscheidungsträger auf, indem Methoden zur Leistungsberechnung von Kommunalgeräten vorgestellt wurden, die eine Beurteilung der Geräteleistungen und der zugehörigen Auslastungsgrade erlauben. Damit sollen Gemeinden angehalten werden, ihren Geräteeinsatz aus ressourcen- und kostenmässiger Sicht zu hinterfragen und ihren Maschinenpark hinsichtlich der Auslastungen zu überprüfen.

Des Weiteren wird den Verantwortlichen ein Entscheidungsmodell vorgestellt, das ein systematisches Vorgehen bei Kooperationsbestrebungen bietet und somit einen Leitfaden zur Umsetzung zur Verfügung stellt. Es ist Aufgabe der Gemeinden, sich Klarheit über ihre Zieldefinitionen und gemeindespezifischen Rahmenbedingungen zu verschaffen, um so zielorientiert in Kooperationsgespräche gehen zu können. Zudem werden den kommunalen Ressortverantwortlichen nach einem ersten positiven Eignungstest über eine IKZ Werkzeuge zur Beurteilung eines optimalen Werkhofstandortes sowie Methoden zur Berechnung einer langfristigen Vorteilhaftigkeit zur Verfügung gestellt. Dies setzt jedoch hohe Transparenz seitens der Gemeinde sowie eine hohe Vertrauensbasis gegenüber den Kooperationspartnern voraus.

10 Zusammenfassende Beurteilung und Ausblick

Effizienzsteigerungen und Kostenoptimierung sind Ziele, die in Schweizer Gemeinden und Kantonen aufgrund des Spannungsfeldes aus gesteigerter Komplexität des Leistungsumfangs, den hohen Qualitätsanforderungen der Bürger und der Thematik des kosteneffizienten Handelns immer mehr an Bedeutung gewinnen. Eine effiziente kommunale Aufgabenerfüllung kann allerdings nur dann erfolgen, wenn die Durchführung der Leistung möglichst ressourcenschonend passiert und das Paradigma „value for money“ zum Wohle der Bürger verfolgt wird.

Zur Lösung des genannten Spannungsfeldes wurde im Rahmen der vorliegenden Dissertation ein Prozess- und Entscheidungsmodell einer interkommunalen Kooperation zur wirtschaftlichen Optimierung des betrieblichen Strassenunterhalts entwickelt. Die Zielerreichung wurde dabei mithilfe von folgenden zwei Teilmodellen gesichert:

- **Teilmodell I:**
Prozessleistungs-Kosten-Modell zur optimalen Gerätekonfiguration im betrieblichen Strassenunterhalt
- **Teilmodell II:**
Werkhofstandort-Routen-Modell zur Entscheidungsfindung für interkommunale Kooperationen im betrieblichen Strassenunterhalt

Im vorliegenden Kapitel soll der Beitrag des Dissertationsprojektes zum Stand der Praxis sowie zum Stand der Forschung anhand der in Kapitel 2.2 und Kapitel 3.6 gestellten Leit- und Forschungsfragen analysiert werden. Folgende Fragestellung konnte in Bezug auf Teilmodell I auf operativer Prozessebene beantwortet werden:

Teilmodell I - Forschungsfrage

Wie muss eine **Kosten-Leistungs-Funktion** aufgestellt werden, um den Einsatz von Ressourcen (z. B. Einsatz von Unterhaltsgeräten etc.) im betrieblichen Strassenunterhalt zu optimieren und folglich eine Effizienzsteigerung in den Gemeinden zu erreichen?

Im Teilmodell I wurde ein holistisches Modell zur Leistungsberechnung von Unterhaltsgeräten des betrieblichen Strassenunterhalts unter Berücksichtigung von leistungsvermindernden Faktoren entwickelt. Dabei wurden Abminderungsfaktoren identifiziert, die es erlauben, ausgehend von einer theoretischen Leistung die tatsächliche Nutzleistung der Unterhaltsgeräte zu bestimmen. Auf Basis dieses Berechnungsverfahrens ist es nun möglich, Leistungsgrenzen für die jeweiligen Unterhaltsgeräte abzuleiten, um so den jeweiligen Auslastungsgrad besser bestimmen zu können.

In weiterer Folge wurde auf die Kalkulation von Unterhaltsgeräten eingegangen, die eine kostenmässige Bewertung des Inventareinsatzes erlaubt. Die Interaktion aus den Ergebnissen der Leistungsberechnung sowie der Kostenkalkulation des Inventars lieferte eine Kosten-Leistungs-Funktion für die jeweiligen Unterhaltsgeräte, die die Konzeption eines effizienten und kostengünstigen Geräteclusters erlaubt. Den Gemeinden wird damit die Möglichkeit geboten, Transparenz hinsichtlich ihrer Kosten- und Leistungsstruktur zu schaffen und so innerhalb einer siedlungsübergreifenden Zusammenarbeit wirtschaftlicher zu handeln.

Den kommunalen Entscheidungsträgern konnte auf Basis des Teilmodells I eine Entscheidungsgrundlage für die Bereitstellung von Inventar geliefert werden, die eine effizientere Gestaltung der Prozesse des betrieblichen Strassenunterhalts erlaubt.

Folgende Fragestellung konnten auf Basis der Leit- und Forschungsfrage bezogen auf das Teilmodell II, dem Werkhofstandort-Routen-Modell, beantwortet werden:

Teilmodell II - Forschungsfrage

Wie muss ein **Entscheidungsunterstützungs-Modell** im betrieblichen Strassenunterhalt konzipiert werden, um für eine interkommunale Kooperation einen **optimalen Werkhofstandort unter Berücksichtigung minimaler Wegstrecken** (Routenplanung) und minimaler Gesamtkosten aufzufinden?

Das Teilmodell II stellt den Gemeinden ein Modell zur Entscheidungsunterstützung für das Auffinden eines siedlungsübergreifende Werkhofstandortes zur Verfügung mit dem Ziel minimale Gesamtkosten zu erreichen. Auf Basis graphentheoretischer Überlegungen (Anwendung von Optimierungsverfahren der kürzesten Wege, Warehouse Location Problem, etc.) wurde gezeigt, wie ein optimaler Werkhofstandort innerhalb einer Kooperation in Kombination mit einer optimalen Streckenplanung gefunden werden kann.

Die Beurteilung der Vorteilhaftigkeit einer interkommunalen Zusammenarbeit erfolgt in Form einer dynamischen Wirtschaftlichkeitsanalyse, die in Kapitel 7.4 vorgestellt wurde. Dazu werden anhand von Kapitalwerten über einen Betrachtungszeitraum die Kosten der Leistungserstellung in Eigenregie jenen Kosten der Durchführung in einer siedlungsübergreifenden Kooperation dargestellt.

Anhand eines umfassenden Rechenbeispiels anhand von drei Beispielgemeinden (Realisierbarkeitstest in Kapitel 7.4) konnte nachgewiesen werden, dass das vorliegende Modell einen starken Praxisbezug aufweist und somit eine problemlose Übertragung der Ergebnisse in die Praxis möglich ist.

10.1 Bedeutung der Ergebnisse für die Praxis

Den Lesern und insbesondere den Gemeindevertretern konnte mit der Entwicklung eines interkommunalen Prozessmodells im betrieblichen Strassenunterhalt ein systematisch gegliedertes und strukturiertes Entscheidungsmodell geboten werden, das Gemeinden ein effizienteres Handeln in der Durchführung kommunaler Aufgaben ermöglicht und darüber hinaus insbesondere zur siedlungsübergreifenden Kooperation motivieren soll.

Auf wissenschaftlich fundierten Grundlagen konnte gezeigt werden, wie eine Prozessleistungs-Kosten-Funktion systematisch abgeleitet werden kann, um folglich eine optimale Gerätebereitstellung für eine interkommunale Zusammenarbeit zu ermöglichen.

Basierend auf den Grundlagen des Teilmodells I wurde in Teilmodell II gezeigt, wie ein optimaler, siedlungsübergreifender Werkhofstandort aufgefunden werden kann, der minimale Gesamtkosten und minimale Leerfahrten verursacht. Zudem wird es möglich, unterschiedliche IKZ-Konfigurationen (Gemeindecluster) abzubilden und deren Kostenstruktur auf Basis einer dynamischen Wirtschaftlichkeitsanalyse zu untersuchen.

Die Vorteile des IKZ-Modells für die Praxis sind darin begründet, dass

- eine Entscheidungsgrundlage zur Beurteilung einer siedlungsübergreifenden Zusammenarbeit im betrieblichen Strassenunterhalt geboten wird,
- klare Prozessstrukturen sowohl auf operativer Prozessebene im Zuge der Inventarbereitstellung als auch auf strategischer Ebene im Zuge des Auffindens eines optimalen Werkhofstandortes den kommunalen Entscheidungsträgern präsentiert werden,
- den Gemeinden abseits von Fusionsgesprächen eine Zusammenarbeitsalternative aufgezeigt wird, die Effizienzsteigerungen durch einen optimierten Ressourceneinsatz und eines optimalen siedlungsübergreifenden Werkhofstandortes ermöglichen.

Die Entwicklung des prozessorientierten siedlungsübergreifenden Unterhaltmodells wurde stark praxisorientiert angelegt, um so eine einfache und zielgerichtete Umsetzbarkeit in den Gemeinden zu gewährleisten und den Ressortverantwortlichen bzw. kommunalen Entscheidungsträgern ein neutrales und wissenschaftlich fundiertes Entscheidungsmodell abseits der politischen Diskussionen und Meinungen zu liefern.

Der Hauptnutzen dieser Forschungsarbeit liegt aber vor allem in der Motivation der Gemeinden zum Handeln, um Effizienzpotentiale vollständig auszuschöpfen und Kooperationen zu nutzen zur langfristigen Sicherung der Standort- und Wettbewerbsvorteile.

10.2 Bedeutung der Ergebnisse für die Wissenschaft

Der wissenschaftliche Beitrag der vorliegenden Dissertation besteht in der validen, kreativen, denklolgischen Weiterentwicklung des Modells im betrieblichen Strassenunterhalt sowie der wissenschaftlich deduktiven Strukturierung der Modellentwicklung. Basierend auf forschungsmethodischen Grundlagen liegt der Schwerpunkt der vorliegenden Forschungsarbeit auf einer ziel- und prozessorientierten Vorgehensweise zur Umsetzung einer interkommunalen Zusammenarbeit, deren Zielerreichung mittels zweier Teilmodelle sichergestellt wurde.

Der Beitrag für die Wissenschaft dieses vorliegenden Dissertationsprojektes liegt in der holistischen Modellierung des interkommunalen betrieblichen Strassenunterhalts durch Verknüpfung der optimalen, analytisch ermittelten Gerätekonfiguration und Geräteauslastung des operativen Einsatzes der Unterhaltsgeräte zusammen mit der analytischen Bestimmung des Werkhofstandortes mittels Simulation.

Zur wissenschaftlich fundierten Umsetzung der Modellierung wurden die analytischen Methoden und Verfahren des Operations Research und im engeren Sinne der Graphentheorie auf den Bereich des betrieblichen Strassenunterhalts eingesetzt. Das Auffinden eines optimalen Werkhofstandortes im umfassenden Werkhofstandort-Routen-Modell bedient sich der Methoden und Optimierungsansätze aus dem Operations Research und der Standortplanung und adaptiert dieses Forschungsfeld auf den Bereich des betrieblichen Strassenunterhalts. Des Weiteren wurde die NPV-Berechnungsmethode zur ökonomischen Beurteilung der Vorteilhaftigkeit von Aufgabenerfüllungsvarianten im Bereich des betrieblichen Strassenunterhalts eingesetzt.

Ferner hat das Modell die Fähigkeit, verschiedene IKZ-Konfigurationen (unterschiedliche Gemeindecluster beispielsweise) abzubilden, um daraus eine optimale Gemeindeclustergruppe für eine siedlungsübergreifende Zusammenarbeit abzuleiten.

Die Forschungsleistung des vorliegenden Dissertationsprojektes konnte somit in den folgenden Hauptaspekten identifiziert werden:

- Entwicklung eines Tools zur Entscheidungsfindung für eine optimale Inventarbereitstellung von Unterhaltsgeräten nach dem ökonomischen Minimalprinzip durch eine systematische Strukturierung der operativen Prozesse des betrieblichen Strassenunterhalts anhand formalwissenschaftlicher Verfahren
- Untersuchung potentieller Werkhofstandorte auf Basis graphentheoretischer Optimierungsverfahren (Heuristiken) sowie durch Anwendung von Standortoptimierungsverfahren (Warehouse Location Problem, Standortplanungs-

verfahren in der Ebene etc.) mit dem Ziel minimale Gesamtkosten bei der Umsetzung einer siedlungsübergreifenden Zusammenarbeit zu erreichen.

- Modellierung und Simulation einer optimalen gemeindeübergreifenden Netzgrösse (Untersuchung von IKZ-Gemeindeclustern) anhand graphentheoretischer Optimierungsmethoden zur Minimierung der Wegstrecken und Leerfahrtdistanzen mit dem Ziel minimaler Gesamtkosten (Anwendung von Tourenplanungsmethoden aus dem Operations Research auf den Bereich des kommunalen betrieblichen Strassenunterhalts)
- Beurteilung der Vorteilhaftigkeit einer siedlungsübergreifenden Zusammenarbeit durch Gestaltung eines Wirtschaftlichkeitsbewertungs-modells im Zuge einer lebenszyklusorientierten Betrachtung auf Basis des Verfahrens der dynamischen Investitionsrechnung
- Verknüpfung der beiden Teilmodelle und Interaktion der Ergebnisse aus der optimalen Nutzung des Maschinenparks (optimale Inventarbereitstellung von Unterhaltsgeräten) mit dem Auffinden eines optimalen Werkhofstandortes und zugehöriger Streckenplanung.

Das vorliegende Dissertationsprojekt leistet damit einen fundierten wissenschaftlichen Beitrag einerseits zur Weiterentwicklung des SysBau-Ansatzes nach GIRMSCHIED (2000), sowie andererseits zur Weiterentwicklung des von Professor Girmscheid entwickelten Berechnungsmethode für den optimierten Geräteinsatz und die wirtschaftlich optimierte Werkhofgestaltung von Bauunternehmen. In dieser vorliegenden Dissertation wurde eine wissenschaftliche integrative Modellierung entwickelt, um komplexe Systementscheidungen für eine operative Werkhofausstattung und einen optimalen Werkhofstandort mit zugehöriger Streckenplanung für den betrieblichen Strassenunterhalt auf mathematisch rationaler Grundlage entwickelt. Somit erhalten öffentliche Werkhofverantwortliche einen klaren, systematischen und umsetzungsfähigen Ablauf zur rational gesteuerten, ursachen- und wirkungsbezogenen Entscheidungsfindung der interkommunalen Zusammenarbeit. Ferner wurde die Arbeit hinsichtlich der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung systematisch strukturiert und einer Güteprüfung durch einen systematischen Realisierbarkeitstest als Beispielrechnung mit drei Gemeinden unterzogen.

Das vorliegende Modell liefert somit ein Tool zur Entscheidungsunterstützung im interkommunalen betrieblichen Strassenunterhalt, um auf Basis von rationalen Gründen eine Steuerung und Beeinflussung der Umsetzung einer siedlungsübergreifenden Zusammenarbeit zu ermöglichen und einen rationalen Entscheidungsprozess zu unterstützen, der nicht auf Grund von politischen Meinungen und Diskussionen an Effizienz verliert.

10.3 Ausblick auf den weiteren Forschungsbedarf

Im Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit wurde eine Vielzahl an Forschungsgebieten wissenschaftlich untersucht und innerhalb der Modellentwicklung zusammengeführt. Die Komplexität und der Umfang dieser Vielzahl an Forschungsgebieten zeigen, dass im Zuge der Ausarbeitung des Prozessmodells für interkommunale Kooperationen neue Fragestellungen aufgeworfen wurden, deren Beantwortung als weiterführender Forschungsbedarf anzumerken ist.

Die Grenzen des Modells sind darin begründet, dass aufgrund normativer Vorgaben eine eindeutige Systemabgrenzung des betrieblichen vom baulichen Strassenunterhalt unternommen wurde. Des Weiteren liefert das vorliegende Modell keine „allgemein gültigen Aussagen“; jede getroffene Annahme muss folglich gemeindespezifisch überprüft und analysiert werden. Beim vorliegenden Prozessmodell handelt es sich um ein ökonomisch begründetes, rationales Entscheidungsmodell, das den Ressortverantwortlichen als Unterstützung bei der Umsetzung einer interkommunalen Kooperation dienen soll. Es werden jedoch keine politischen Meinungen sowie steuerrechtliche Fragestellungen etc. in die Modellentwicklung miteinbezogen.

Die Modellentwicklung basiert auf wissenschaftlich und theoretisch fundierten Grundlagen, die in einem Entscheidungsmodell zusammengeführt wurden. Für eine realitätsgetreue Abbildung bedarf es jedoch der Implementierung eines GIS-basierten Computerprogrammes, das die theoretischen Ausarbeitungen des vorgestellten Zusammenarbeitsmodells aufgreift und auf Basis realer Daten eines Strassennetzes und den Strassenabschnitten zugewiesenen Attributen ausführt. Dies betrifft ebenso eine differenzierte Betrachtung jeder einzelnen Route innerhalb der Tourenplanung, deren Zuweisung durch einen computerunterstützten Einsatz auf Basis des realen, vorhandenen Strassennetzes verbessert werden kann.

Grundsätzlich muss angemerkt werden, dass die praxisnahe Umsetzung des in dieser Forschungsarbeit entwickelten Modells nur exemplarisch anhand eines Berechnungsbeispiels getestet werden konnte. Die jeweiligen Eingangsparameter für die Berechnung einer siedlungsübergreifenden Zusammenarbeit müssen bezüglich der realen Ist-Kosten und Ist-Leistungen evaluiert werden. Für eine realitätsnahe Validierung der Ergebnisse bedarf es der Umsetzung des Modells an einem langfristigen Praxistest, um folglich Verbesserungen im Modell berücksichtigen und neue Erkenntnisse aus der praktischen Umsetzung gewinnen zu können.

Bildverzeichnis

Bild 1: Organigramm des Forschungsprojektes ASTRA 2008/004	3
Bild 2: Gemeinden der Schweiz sortiert nach Gemeindetypen	6
Bild 3: Entwicklung der Anzahl Schweizer Gemeinden von 1990 bis 2013	10
Bild 4: Anzahl der Schweizer Gemeindefusionen in den Jahren 1990 bis 2012.....	10
Bild 5: Durchschnittliche Anzahl der Einwohner pro Gemeinden je nach Kanton.....	11
Bild 6: Handlungsfelder des New Public Managements	13
Bild 7: Steuerung des betrieblichen Strassenunterhalts	15
Bild 8: Aufbau der Forschungsarbeit	16
Bild 9: Übersicht der einschlägigen Normen der Länder D-A-CH im betrieblichen Strassenunterhalt .	20
Bild 10: Strassenverkehrsanlagen – Systematisierung nach VSS SN 640 900a.....	21
Bild 11: Massnahmengruppen Strassenunterhalt	22
Bild 12: Aufgabentypen und deren Organisations- und Koordinationsaufwand.....	24
Bild 13: Dimensionen der Nachhaltigkeit im betrieblichen Strassenunterhalt	25
Bild 14: Nachhaltigkeitsaspekte am Beispiel kommunaler Winterdienst.....	26
Bild 15: Einteilung Kehrmaschine mit Richtmassen.....	28
Bild 16: Klassifizierung der Kehrmaschinen im Normenvergleich CH-D.....	29
Bild 17: Einteilung der Kehrmaschinentypen nach SN 640720c (1996)	30
Bild 18: Einteilung der Kehrmaschinen nach DIN EN 15429-1	30
Bild 19: Geräte-Einsatz-Matrix: Einsatzbereiche von Kehrmaschinen.....	32
Bild 20: Kategorisierung der Strassenreinigung nach Aufgabentyp.....	33
Bild 21: Winterdienst-Standard nach VSS SN 640 756a	36
Bild 22: Dringlichkeitsstufen und dazugehörige Massnahmenplanung.....	36
Bild 23: Übersicht über Geräte im kommunalen Winterdienst	37
Bild 24: Einteilung der Schneepflüge	38
Bild 25: Formen der Winterglätte und deren Entstehung	40
Bild 26: Empfohlene Massnahmen und Streumengen zur Glättebekämpfung	40
Bild 27: Vor- und Nachteile abstumpfender und auftauender Streumittel	42
Bild 28: Streumittelverbrauch in Österreich über 5 Jahre	43
Bild 29: Kategorisierung des Winterdienstes nach Aufgabentyp	44
Bild 30: Beispiel eines Ablaufs einer Routenplanung im Strassenbetriebsdienst	46
Bild 31: Strukturebenen von Entscheidungsmodellen.....	50
Bild 32: Einteilung von Optimierungsmodellen.....	54
Bild 33: Forschungstheoretische Grundlagen – Gliederung der Wirklichkeit.....	64
Bild 34: Forschungskonzept als Lösungsansatz	66
Bild 35: Systemtheorie - Arten von Systemdefinitionen	68
Bild 36: Dimensionen des betrieblichen Unterhalts nach der Systemtheorie	69
Bild 37: Managementebenen im betrieblichen Strassenunterhalt.....	70
Bild 38: Anwendung der Graphentheorie am Strassennetz	72
Bild 39: Optimierungsverfahren zur Standortentscheidung und Routenplanung	73
Bild 40: Untergliederung der Produktionsfaktoren	74
Bild 41: Kostenfunktion – Gesamtkosten	75
Bild 42: Kostenfunktion - Durchschnittskosten	76
Bild 43: Kostenfunktion - Grenzkosten	77
Bild 44: Beziehung zwischen den Kostenkurven	78
Bild 45: Zusammenhänge der ertragsgesetzlichen Kostenfunktion	79
Bild 46: Transaktionskosten in Abhängigkeit des Spezifitätsgrades	81
Bild 47: Outsourcing-Strategie - Entscheidungsvorgang	82
Bild 48: Stakeholder-Ziele im betrieblichen Strassenunterhalt.....	84

Bild 49: Übersicht IKZ-Prozessmodell (Teilmodell I und Teilmodell II)	85
Bild 50: Ablaufstruktur des fünfstufigen IKZ-Modells	87
Bild 51: Ablaufschema - Interkommunales Zusammenarbeitsmodell	89
Bild 52: Interaktion der Umfeld bezogenen Rahmenbedingungen einer IKZ	91
Bild 53: Hierarchische Struktur - AHP	95
Bild 54: Relative Gewichtung g_{ij}^{rel} der Beurteilungskriterien.....	96
Bild 55: Absolute Gewichtungsfaktoren der Beurteilungskriterien	97
Bild 56: Relative Gewichtung der Alternativen in Bezug das Beurteilungskriterium Spezifität	98
Bild 57: Relative Gewichtung der Alternativen in Bezug das Beurteilungskriterium Häufigkeit	99
Bild 58: Relative Gewichtung der Alternativen - Beurteilungskriterium Strategische Relevanz.....	101
Bild 59: Relative Gewichtung der Alternativen - Beurteilungskriterium Synergiepotential	102
Bild 60: Gesamtbewertung der Alternativen zur Aufgabenerfüllung	103
Bild 61: Eignungstest - Bewertung der IKZ-Kriterien.....	105
Bild 62: IKZ-PHC - Ausgestaltung der IKZ-Organisation	106
Bild 63: Management,- Haupt- und Supportprozesse im betrieblichen Unterhalt	108
Bild 64: Prozesslandschaft im betrieblichen Strassenunterhalt	109
Bild 65: Organisation-, Koordinations- und Arbeitsteilungsprozess innerhalb der IKZ	111
Bild 66: Grad der interkommunalen Zusammenarbeit	114
Bild 67: Gemeinsame Aufgabenerfüllung.....	115
Bild 68: Sitzgemeindemodell	116
Bild 69: Interkommunaler Zusammenschluss als juristische Person	116
Bild 70: Rechtlich institutionalisierte Formen der Gemeindezusammenarbeit.....	117
Bild 71: Change Management - Arten von Defiziten	120
Bild 72: Steuerungskreislauf - Ebenen der Leistungen und Wirkungen.....	121
Bild 73: Einordnung des Teilmodells I in die Forschungsarbeit	123
Bild 74: Teilmodell I – Prozessleistungs-Kosten-Modell	125
Bild 75: Einordnung der Performance-Begriffe – Übersicht	127
Bild 76: Anforderungen an Performance Measurement Methoden und Indikatoren.....	132
Bild 77: Performance-Würfel	136
Bild 78: Produktionssystem	140
Bild 79: Übersicht der Arten von Effizienzvorteilen	146
Bild 80: Kooperationsmotive für eine interkommunale Zusammenarbeit (IKZ).....	148
Bild 81: Geräte-Einsatz-Matrix.....	151
Bild 82: Geräte-Einsatz-Matrix am Beispiel einer Kehrmachine.....	152
Bild 83: Prozesse innerhalb und ausserhalb des Werkhofes	154
Bild 84: Theoretischer Ansatz der Leistungsberechnung für Baugeräte.....	155
Bild 85: Vierstufige Leistungsberechnung im betrieblichen Unterhalt	157
Bild 86: Ermittlung der Grundleistung durch Betriebsbeiwerte.....	158
Bild 87: Übersicht Objektarten bezogener Geräteausnutzungsgrad.....	160
Bild 88: Ermittlung der Technischen Grundleistung durch technische Abminderungsfaktoren	164
Bild 89: Ermittlung der Nutzleistung durch dynamische Abminderungsfaktoren	167
Bild 90: Ablaufstruktur zur Identifikation der Leistungsmodule im betrieblichen Unterhalt	173
Bild 91: Lebenszyklus dauern bei der Wirtschaftlichkeitsanalyse von Leistungsmodulen.....	175
Bild 92: Selektion der Gerätecluster am Beispiel der kommunalen Strassenreinigung	177
Bild 93: Selektion der Gerätecluster am Beispiel des kommunalen Winterdienstes.....	178
Bild 94: Kalkulation der direkten und indirekten Kosten	180
Bild 95: Inventarkalkulation - AVS pro Jahr.....	183
Bild 96: Inventarkalkulation - Zusätzliche Versicherungen und Gebühren	183
Bild 97: Inventarkalkulation - Totale Fixkosten pro Jahr	184
Bild 98: Inventarkalkulation - Reparatur und Revision	185
Bild 99: Inventarkalkulation - Energiekosten pro Einsatzstunde	186

Bild 100: Inventarkalkulation - Schmiermittelkosten pro Einsatzstunde.....	186
Bild 101: Inventarkalkulation - Übersicht total fixe und variable Kosten	188
Bild 102: Berechnung der gerätespezifischen Leistungsgrenzen	193
Bild 103: Kostenfunktion - Fixe, variable und Gesamtkosten (CC2020).....	195
Bild 104: Abbildung der Einheitskosten einer Kleinkehrmaschine	197
Bild 105: Kosten-Leistungs-Funktion in Abhängigkeit des Auslastungsgrades	198
Bild 106: Vergleich der Gesamtkosten zu Einheitskosten - (Leistungsmodul 2).....	199
Bild 107: Leistungsmodul - Von der Leistungsberechnung zur Kostenfunktion.....	200
Bild 108: Beispielrechnung - Gerätecluster-Varianten für Strassenreinigungsmassnahmen	201
Bild 109: Leistungsmodul Strassenreinigung - Kostenverläufe Einheitskosten zu Gesamtkosten ...	202
Bild 110: Einordnung des Teilmodells II in das Forschungsprojekt	205
Bild 111: Ebenen und Aufgaben der Tourenplanung	206
Bild 112: Schematische Darstellung von Siedlungsschwerpunkten innerhalb einer IKZ.....	210
Bild 113: Übersicht der Optimierungsverfahren zur Standortsuche in Netzwerken	211
Bild 114: Clustering-Routing-Verfahren in der Tourenplanung	215
Bild 115: Charakteristika von Tourenplanungsproblemen	218
Bild 116: Beispiel eines Capacitated Arc Routing-Problems (CARP)	219
Bild 117: Heuristisches Design eines LRP	220
Bild 118: <i>Saving-Verfahren</i> - Erster Optimierungsschritt	222
Bild 119: <i>Saving-Verfahren</i> - Weitere Optimierungsschritte.....	222
Bild 120: Siedlungsraumentwicklung von Rapperswil-Jona.....	223
Bild 121: Entwicklungstendenzen der IKZ-Siedlungsräume	226
Bild 122: Ablaufschema Standort-Routen-Modell	227
Bild 123: Kategorisierung von Werkhof-Standortfaktoren	228
Bild 124: Ursachen für Kosteneffekte durch Standort- und Routenplanungen	230
Bild 125: 2-stufiger Werkhofstandort-Routen-Entscheid	230
Bild 126: Beispiel Model Ib - Schematische Darstellung der Standortbestimmung in der Ebene.....	235
Bild 127: Zweite Stufe der Werkhofstandort-Tourenplanung - Detailanalyse	238
Bild 128: Beispiel LRP - schematische Darstellung Leerfahrten.....	241
Bild 129: Zu berücksichtigende Kostenarten der Standort- und Routenoptimierung	242
Bild 130: Schematischer Ablauf der NPV-Berechnungsmethode	245
Bild 131: Berücksichtigung der Kosten- und Geldwertentwicklung	245
Bild 132: Schweizerische Staatsobligationen.....	247
Bild 133: NPV-Werkhofstandortvariante.....	249
Bild 134: Beispielrechnung - Interkommunaler Zusammenschluss dreier Gemeinden	252
Bild 135: Ist-Situation der drei Beispielgemeinden.....	253
Bild 136: Leistungsmodul – Aufstellen einer Kosten-Leistungsfunktion.....	256
Bild 137: Beispielrechnung – Statischer Ist-Zustand der Gemeinde 1 (Eigenleistung)	257
Bild 138: Beispielrechnung - Statischer Ist-Zustand der Gemeinde 2 (Eigenleistung)	258
Bild 139: Beispielrechnung - Statischer Ist-Zustand der Gemeinde 3 (Eigenleistung)	259
Bild 140: Kosten-Leistungs-Funktion der Beispielgemeinden 1 bis 3	260
Bild 141: Einmalige und periodische Cash Flows - Eigenleistung der Gemeinden 1 bis 3.....	262
Bild 142: Ausgabenbezogene Cash Flows der Gemeinde1 - Eigenleistung.....	263
Bild 143: Ausgabenbezogene Cash Flows der Gemeinde 2 – Eigenleistung.....	264
Bild 144: Ausgabenbezogene Cash Flows der Gemeinde 3 – Eigenleistung.....	264
Bild 145: Kapitalwerte der Beispielgemeinden 1 bis 3 über 30 Jahre	265
Bild 146: Beispielrechnung - IKZ-Simulation mit drei Beispielgemeinden	267
Bild 147: Modell IIa - Berechnung WLP mit Routenplanung	271
Bild 148: Beispielrechnung Tourenplanung - Anwendung des Saving-Algorithmus'	272
Bild 149: Modell IIa mit einem Werkhof und Routenplanung - NPV-Berechnungsgrundlagen.....	273
Bild 150: Beispielrechnung – Statische Kostenaufstellung IKZ mit 3 Gemeinden	274

Bild 151: IKZ-3 - Entwicklung der gerätespezifischen Einheitskosten	275
Bild 152: IKZ-3 Gemeinden: Vergleich der Durchschnittskosten Eigenleistung – IKZ.....	276
Bild 153: WLP mit einem Werkhof und Routenplanung - Barwerte über 30 Jahre	277
Bild 154: Modell IIa mit zwei Werkhöfen - NPV-Berechnungsgrundlagen	278
Bild 155: WLP mit zwei Werkhöfen und Routenplanung - Barwerte über 30 Jahre.....	279
Bild 156: Eingabedaten der Werkhof-Lageoptimierung	281
Bild 157: Lagediagramm eines optimalen Werkhofstandortes in der Ebene	282
Bild 158: Modell IIb "Grüne Wiese" mit Routenplanung – NPV-Berechnungsgrundlagen.....	284
Bild 159: Modell IIb "Grüne Wiese" mit Routenplanung - Barwerte über 30 Jahre.....	285
Bild 160: Gegenüberstellung der NPV-Ergebnisse - IKZ-3	287
Bild 161: Gegenüberstellung - Kapitalwerte der Aufgabenerfüllungsvarianten über 30 Jahre	287
Bild 162: Differenz der summierten Barwerte im Vergleich zur Eigenleistung.....	288
Bild 163: Differenz aus den Kapitalwerten IKZ zur Eigenleistung der Beispielgemeinden	289
Bild 164: Sensitivitätsanalyse - Diskontierungsfaktor (3% und 5%).....	291
Bild 165: Sensitivität Erhöhung des Reinigungsstandards – IKZ-Netzgrößenanteil.....	292

Tabellenverzeichnis

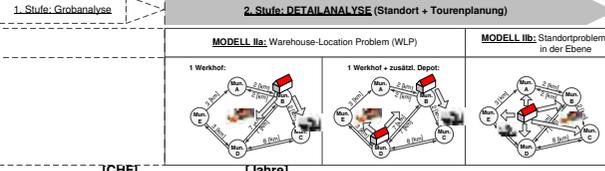
Tabelle 1: Vor- und Nachteile der kommunalen Dezentralisation	7
Tabelle 2: Rückgang der Gemeindeanzahl von 1999 - 2013.....	10
Tabelle 3: Möglichkeiten zur Gewichtung der Beurteilungskriterien	95
Tabelle 4: Gründe zur Vorteilhaftigkeit einer interkommunalen Zusammenarbeit	114
Tabelle 5: Übersicht der Begriffsdefinitionen zur Performance.....	128
Tabelle 6: Übersicht – Begriff Performance Measurement	130
Tabelle 7: Übersicht – Begriff Performance Management	134
Tabelle 8: Abminderungen Bedienungsfaktor η_1	159
Tabelle 9: Abminderungen Betriebsbedingungen	159
Tabelle 10: Geräteausnutzungsgrad - Objekttyp Strasse	160
Tabelle 11: Geräteausnutzungsgrad - Objekttyp Trottoir	161
Tabelle 12: Öffentlicher Verkehr – Haltestellen-Typen	163
Tabelle 13: Beispiel Gerätezustandsfaktor - Kehrmaschine	165
Tabelle 14: Zubehöorzustandsfaktor - Beispiel Besenzustandsfaktor Reinigung.....	166
Tabelle 15: Abminderungsfaktor Bodenbelag	166
Tabelle 16: Abminderungsfaktor Wetter am Beispiel der Strassenreinigung.....	168
Tabelle 17: Abminderungsfaktor Verkehr - Objekttyp Strasse	169
Tabelle 18: Abminderungsfaktoren aufgrund des Verschmutzungsgrades	170
Tabelle 19: Verschmutzungsgrad abhängiger Abminderungsfaktor	170
Tabelle 20: Abminderungen aufgrund des Winterdienststandards	171
Tabelle 21: Inventarkalkulation - Grunddaten Kleinkehrmaschine.....	181
Tabelle 22: Kalkulationsgrundlagen einer Grosskehrmaschine	189
Tabelle 23: Berechnung der Kosten für eine Grosskehrmaschine	190
Tabelle 24: Kalkulationsgrundlagen einer Kleinstkehrmaschine.....	191
Tabelle 25: Berechnung der Kosten für Egholm City Ranger 2200 T	192
Tabelle 26: Beispiel Modell Ib - Schwerpunkte und Einsatzhäufigkeiten der Gemeinden	236
Tabelle 27: Beispiel Modell Ib – Koordinaten und Beiwerte.....	237
Tabelle 28: Beispiel Modell Ib – Definierte Grundstückspreise.....	237
Tabelle 29: Beispiel Modell Ib – Ergebnis optimaler Werkhofstandort.....	238
Tabelle 30: Iterationen im Excel-Tool zum Auffinden lokaler Kostenminima	282

NPV-Berechnung: Modell IIb „Grüne Wiese“-Modell (Ausschnitt 10 Jahre)

IKZ-3: Modell IIb - "Grüne Wiese"

Realisierbarkeitstest

Betrachtungsperiode	30 [Jahre]
Kalkulatorischer Zinssatz	3 [%]
Teuerung	2 [%]
Energiepreiserhöhung	3 [%]
Lohnsteigerung	1 [%]



Modell IIb: "Grüne Wiese" mit Werkhofneubau + Routenplanung		[CHF]	[Jahre]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Grundstückskosten - neuer Werkhof		2'500'000												
		1'700'000	30	1'700'000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Baukosten - neuer Werkhof		7'000'000												
		7'000'000	30	7'000'000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erschliessungskosten		300'000												
Anschluss an bestehendes Strassennetz		200'000	30	200'000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Anschluss an Energieversorgung (Wasser, Strom, etc.)		100'000	30	100'000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlöse aus Werkhofauflösung		-4'370'000												
Auflösung der drei bestehenden Werkhöfe		-4'370'000	30	-4'370'000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Instandsetzungskosten Werkhof		70'000												
Diverses in Abh. der Bauteil-Lebensdauer (Fenster, Heizung, etc.)		20'000	10	20'000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24'380
Gesamt: 1% der HK		50'000	20	50'000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jährliche Kosten Betrieb														
Verwaltungskosten		-	-	62'517	63'767	65'043	66'344	67'670	69'024	70'404	71'812	73'249	74'714	76'208
Werkhofkosten		-	-	62'646	63'899	65'177	66'480	67'810	69'166	70'550	71'961	73'400	74'868	76'365
Gebäudekosten		-	-	20'540	20'951	21'370	21'797	22'233	22'678	23'131	23'594	24'066	24'547	25'038
Materialkosten		-	-	300'000	306'000	312'120	318'362	324'730	331'224	337'849	344'606	351'498	358'528	365'698
Leistungsbereich Strassenreinigung														
Jährliche Reinigungskosten auf Basis Reinigungshäufigkeit		-	-	330'412	337'020	343'760	350'636	357'648	364'801	372'097	379'539	387'130	394'873	402'770
Maschinen und Handarbeit		-	-	302'000	305'020	308'070	311'151	314'262	317'405	320'579	323'785	327'023	330'293	333'596
Leistungsbereich Grünpflege														
Jährliche Grünpflegekosten auf Basis Service Level		-	-	590'380	602'188	614'231	626'516	639'046	651'827	664'864	678'161	691'724	705'559	719'670
TOTAL [CHF]														
Investitionskosten	4'630'000			4'630'000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Instandsetzungskosten	164'623			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24'380
Jährliche Kosten Betrieb	18'888'644			445'703	454'617	463'709	472'984	482'443	492'092	501'934	511'973	522'212	532'656	543'309
Strassenreinigung	24'914'749			632'412	642'040	651'831	661'786	671'911	682'206	692'676	703'324	714'153	725'165	736'366
Grünpflege	25'019'974			590'380	602'188	614'231	626'516	639'046	651'827	664'864	678'161	691'724	705'559	719'670
Lebenszykluskosten	73'617'991			6'368'495	1'698'945	1'729'771	1'761'286	1'793'400	1'826'126	1'859'474	1'893'458	1'928'089	1'963'381	2'023'725
TOTAL [CHF]														
Investitionskosten	4'630'000			4'630'000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Instandsetzungskosten	90'657			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18'141
Jährliche Kosten Betrieb	11'981'293			445'703	441'376	437'091	432'847	428'645	424'483	420'362	416'281	412'239	408'237	404'273
Strassenreinigung	15'966'238			632'412	623'340	614'413	605'628	596'984	588'477	580'105	571'867	563'759	555'779	547'925
Grünpflege	15'870'469			590'380	584'648	578'972	573'351	567'784	562'272	556'813	551'407	546'054	540'752	535'502
Lebenszykluskosten	48'538'658			6'368'495	1'649'364	1'630'475	1'611'826	1'593'413	1'575'232	1'557'280	1'539'554	1'522'051	1'504'768	1'505'842

BARWERT

Literaturverzeichnis

- AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG (Winterdienstleitfaden 2012):**
Winterdienstleitfaden. Holding Graz Services, Graz (Österreich).
- ARINZE, B. (Decision Support Systems Development 1992):**
Decision Support Systems (Dss) Development using a Model of User Inquiry Types - Methodological Proposals and a Case-Study. Systems Practice 5, Nr. 6, 1992, S. 629-650.
- ARN, D., FRIEDERICH, U. (Gemeindeverbindungen in der Agglomeration 1994):**
Gemeindeverbindungen in der Agglomeration. Nationales Forschungsprogramm Stadt und Verkehr, Zürich, 1994.
- ARNOLD, D. (Handbuch Logistik 2008):**
Handbuch Logistik. Springer, Berlin, 2008.
- ARNOLD, D. (Berechnung von Leistungsdaten in der kommunalen betrieblichen Strassenreinigung 2012):**
Berechnung von Leistungsdaten in der kommunalen betrieblichen Strassenreinigung am Beispiel der Stadt Zürich. ETH Zürich, 2012.
- ARNOLD, D., ISERMAN, H., KUHN, A., TEMPELMEIER, H., FURMANS, K. H. (Logistik 2008):**
Handbuch Logistik. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, 2008.
- ARNOLD, V. (Vorteile der Verbundproduktion 1985):**
Vorteile der Verbundproduktion. 1985.
- BALLING, R. (Kooperation: Strategische Allianzen, Netzwerke, Joint Ventures 1998):**
Kooperation: Strategische Allianzen, Netzwerke, Joint Ventures und andere Organisationsformen zwischenbetrieblicher Zusammenarbeit in Theorie und Praxis. Lang, Frankfurt am Main Bern 1998.
- BAMBERG, G., COENENBERG, A. G., KRAPP, M. (Betriebswirtschaftliche Entscheidungslehre 2012):**
Betriebswirtschaftliche Entscheidungslehre. Vahlen, München, 2012.
- BAUDIREKTION KANTON ZÜRICH (Richtlinien Winterdienst 2006):**
Richtlinien Winterdienst. Zürich.
- BAUMOL, W., SPENCE, M. ET AL. (Contestable Markets and the Theory of Industry Structure 1983):**
Contestable Markets and the Theory of Industry Structure Journal of Economic Literature 21, Nr. 3, 1983, S. 981-990.
- BAUMOL, W. J., WOLFE, P. (A warehouse-location problem 1958):**
A warehouse-location problem. 1958.
- BECKER, H. P. (Investition und Finanzierung 2012):**
Investition und Finanzierung Grundlagen der betrieblichen Finanzwirtschaft. Gabler, Wiesbaden, 2012.
- BELLERS, J. (Interkommunale Zusammenarbeit 1997):**
Interkommunale Zusammenarbeit. Lit, Münster, 1997.
- BERGSTROM, A. (More effective winter maintenance method for cycleways 2003):**
More effective winter maintenance method for cycleways. Highway Maintenance Safety, Support and Services, Nr. 1824, 2003, S. 115-122.
- BERLINER, C. (Cost management for today's advanced manufacturing the CAM-I conceptual design 1988):**
Cost management for today's advanced manufacturing the CAM-I conceptual design. Harvard Business School Press, Boston, Massachusetts, 1988.
- BERNDT, R., CANSIER, A. (Produktion und Absatz 2007):**
Produktion und Absatz. Springer, Berlin, 2007.
- BERTALANFFY, L. v. (General system theory 1969):**
General system theory - Foundations, development, applications. George Braziller, New York, 1969.
- BLEICHER, K. (Konzept Integriertes Management 1996):**
Konzept Integriertes Management. Campus-Verlag, Frankfurt/Main etc., 1996.
- BOULDING, K. E. (General Systems-Theory 1956):**
General Systems-Theory - The Skeleton of Science. Management Science 2, Nr. 3, 1956, S. 197-208.
- BRÄUNIG, D. (Öffentliche Verwaltung und Ressourcenbewirtschaftung 2000):**
Öffentliche Verwaltung und Ressourcenbewirtschaftung: Institutionenökonomische Aspekte und betriebswirtschaftliche Rechnungen am idealtypischen Beispiel des Hierarchie- und Vertragsmodells. Nomos-Verlagsgesellschaft, Baden-Baden, 2000.

- BREYER, F. (Mikroökonomik eine Einführung 2005):**
Mikroökonomik eine Einführung. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, 2005.
- BUDÄUS, D. (New Public Management 1998):**
New Public Management. de Gruyter, Berlin, 1998.
- BUNDESAMT FÜR STATISTIK (Baupreisindex 2013):**
Baupreisindex. Nr. Bundesamt für Statistik Schweiz, Neuchatel,, 2013.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR BAU- UND STADTENTWICKLUNG (Massnahmenkatalog Strassenbetriebsdienst MK1 2006):**
Massnahmenkatalog Strassenbetriebsdienst MK1, Umsetzung der Steuerung des Strassenbetriebsdienstes in den Ländern - Steuerungskonzeption. Bonn.
- CAVES, D. W., CHRISTENSEN, L. R., TRETHERAY, M. W. (Economies of density versus economies of scale 1984):**
Economies of density versus economies of scale : why trunk and local service airline costs differ. 1984.
- CLARKE, G., WRIGHT, J. W. (Scheduling of Vehicles from Central Depot to Number of Delivery Points 1964):**
Scheduling of Vehicles from Central Depot to Number of Delivery Points. Operations Research 12, Nr. 4, 1964, S. 568-&.
- COASE, R. H. (The Nature of the Firm 1937):**
The Nature of the Firm. Economica-New Series 4, Nr. 16, 1937, S. 386-405.
- CYPRA, T. (Entwicklung einer Entscheidungsmethode für Massnahmen im Winterdienst auf hochbelasteten Bundesautobahnen 2007):**
Entwicklung einer Entscheidungsmethode für Massnahmen im Winterdienst auf hochbelasteten Bundesautobahnen. ISE, Karlsruhe, 2007.
- DELFMANN W., L. B. (Kostendegressionspotenziale in Logistiksystemen 2004):**
Kostendegressionspotenziale in Logistiksystemen - Theoretische Aufarbeitung und Ableitung von Gestaltungsempfehlungen für Transport- und Lagersysteme. Arbeitsbericht Nr. 105, Nr. Universität zu Köln, 2004.
- DEMPE, S., SCHREIER, H. (Operations Research 2006):**
Operations research - Deterministische Modelle und Methoden. Teubner, Wiesbaden, 2006.
- DEUTSCHER BUNDESTAG ENQUETE-KOMMISSION (Abschlussbericht der Enquete-Kommission - Konzept Nachhaltigkeit 1998):**
Konzept Nachhaltigkeit vom Leitbild zur Umsetzung Abschlussbericht der Enquete-Kommission "Schutz des Menschen und der Umwelt - Ziele und Rahmenbedingungen einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung" des 13. Deutschen Bundestages. Deutscher Bundestag - Kommission Schutz des Menschen und der Umwelt Bonn, 1998.
- DIN EN 15429-1 (Kehrmaschinen - Teil 1: Klassifizierung und Begriffe 2008):**
Kehrmaschinen - Teil 1: Klassifizierung und Begriffe. 2008.
- DINKELBACH, W., KLEINE, A. (Entscheidungslehre 1996):**
Elemente einer betriebswirtschaftlichen Entscheidungslehre. Springer, Berlin etc., 1996.
- DINKELBACH, W., LORSCHIEDER, U. (Entscheidungsmodelle und lineare Programmierung 1990):**
Entscheidungsmodelle und lineare Programmierung : Übungsbuch zur Betriebswirtschaftslehre. Oldenbourg, München 1990.
- DOMSCHKE, W. (Logistik 1995):**
Logistik. Oldenbourg, München, 1995.
- DOMSCHKE, W. (Rundreisen und Touren 1997):**
Rundreisen und Touren. Oldenbourg, München, 1997.
- DOMSCHKE, W. (Logistik: Transport Grundlagen, lineare Transport- und Umladeprobleme 2007):**
Logistik: Transport Grundlagen, lineare Transport- und Umladeprobleme. Oldenbourg, München, 2007.
- DOMSCHKE, W. (Logistik: Rundreisen und Touren 2010):**
Logistik: Rundreisen und Touren. Oldenbourg Wissensch.Vlg, 2010.
- DOMSCHKE, W., DREXL, A. (Standorte 1996):**
Logistik: Standorte. 4., überarb. und erw. Aufl. Oldenbourg, München, 1996.
- DOMSCHKE, W., DREXL, A. (Einführung in Operations Research 2007):**
Einführung in Operations Research. Springer, Berlin, 2007.
- DOMSCHKE, W., SCHOLL, A. (Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre aus entscheidungsorientierter Sicht 2008):**
Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre - Eine Einführung aus entscheidungsorientierter Sicht. Springer, Berlin, 2008.
- DREYER, J. (Prozessmodell zur Gestaltung einer PPP 2008):**
Prozessmodell zur Gestaltung einer Public Private Partnership für den kommunalen Strassenunterhalt in der Schweiz. ETH/ Institut für Bauplanung und Baubetrieb Eigenverlag des IBB an der ETH Zürich, Zürich, 2008.

- DRUCKER, P. F. (Management tasks, responsibilities, practices 1974):**
Management tasks, responsibilities, practices. Heinemann, London, 1974.
- DURTH, W., BERNHARD, B. (Einführung von New Public Management in der betrieblichen Strassenunterhaltung 2001):**
Einführung von New Public Management in der betrieblichen Strassenunterhaltung - Stand und Entwicklungsperspektiven einer Umstellung. Strassenverkehrstechnik Heft 10/2001, 2001.
- DURTH, W., HANKE, H. (Optimierung der Einsatzplanung für den Strassenwinterdienst 1989):**
Optimierung der Einsatzplanung für den Strassenwinterdienst in Städten und Gemeinden. Bundesminister für Verkehr, Bonn-Bad Godesberg, 1989.
- DURTH, W., HANKE, H. (Handbuch Straßenwinterdienst 2004):**
Handbuch Straßenwinterdienst. Kirschbaum, Bonn, 2004.
- DYCKHOFF, H. (Betriebliche Produktion 1994):**
Betriebliche Produktion - Theoretische Grundlagen einer umweltorientierten Produktionswirtschaft. Springer, Berlin [etc.], 1994.
- DYCKHOFF, H. (Produktionstheorie 2006):**
Produktionstheorie - Grundzüge industrieller Produktionswirtschaft. Springer, Berlin, 2006.
- EISELT, H. A., LAPORTE, G. (Location of a New Facility 1988):**
Location of a New Facility on a Linear Market in the Presence of Weights. Asia-Pacific Journal of Operational Research 5, Nr. 2, 1988, S. 160-165.
- EMCH & BERGER BERN AG (Management der Strassenerhaltung 2003):**
Management der Strassenerhaltung (MSE) für Strassennetze in Städten und Gemeinden - Erhaltungsplanung bei Infrastrukturanlagen. Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, [Bern], 2003.
- EUROPEAN FOUNDATION FOR QUALITY MANAGEMENT (BRUSSELS) (EFQM-Modell 2003):**
Das EFQM-Modell für Excellence Version für Öffentliche Dienste und soziale Einrichtungen. EFQM, Brussels, 2003.
- FASTRICH, A. (Erhaltungsstrategien im Strassenunterhalt 2011):**
Entwicklung, Bewertung und Optimierung von lebenszyklusorientierten Erhaltungsstrategien im Strassenunterhalt. Eigenverlag des IBI an der ETH Zürich, IBI - Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement, Zürich, 2011.
- FASTRICH, A., GIRMSCHIED, G. (Optimierungsmodell 2010):**
Optimierungsmodell – Probabilistische Optimierung der Strassenunterhaltsmaßnahmen mittels Markov-Ketten und Monte-Carlo-Simulation. Bauingenieur 85, Nr. 11, 2010, S. 471-481.
- FLEISCHMANN, B., GNUTZMANN, S., SANDVOSS, E. (Dynamic vehicle routing 2004):**
Dynamic vehicle routing based on online traffic information. Transportation Science 38, Nr. 4, 2004, S. 420-433.
- FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRASSEN- UND VERKEHRSWESEN (Kolloquium Strassenbetrieb 2011):**
Strassenbetriebsdienst 2011 - Kolloquium. Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Karlsruhe, 2011.
- FRANTZKE, A. (Grundlagen der Volkswirtschaftslehre 2004):**
Grundlagen der Volkswirtschaftslehre - Mikroökonomische Theorie und Aufgaben des Staates in der Marktwirtschaft. Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 2004.
- FRIEDRICH, U., ARN DANIEL, WICHTERMANN JÜRIG (Neubildung politischer Gemeinden im Kanton Schaffhausen 1998):**
Neubildung politischer Gemeinden im Kanton Schaffhausen. Bern, 1998.
- GASS, S. I., ASSAD, A. A. (Definition of OR 2005):**
Model world: Tales from the time line-the definition of OR and the origins of Monte Carlo simulation. Interfaces 35, Nr. 5, 2005, S. 429-435.
- GEIGER, W. (Die Gemeindeautonomie und ihr Schutz nach schweizerischem Recht 1950):**
Die Gemeindeautonomie und ihr Schutz nach schweizerischem Recht. Polygraphischer Verlag, Zürich, 1950.
- GILLES, R. (Performance Measurement mittels DEA 2005):**
Performance Measurement mittels Data Envelopment Analysis - Theoretisches Grundkonzept und universitäre Forschungsperspektive als Anwendungsfall. Eul, Lohmar, 2005.
- GIRMSCHIED, G. (Bauhof- und Bauinventarmanagement 1999):**
Bauhof- und Bauinventarmanagement als Schlüssel zur Ergebnis- und Liquiditätssteigerung. 1999, S. 20.
- GIRMSCHIED, G. (Wettbewerbsvorteile durch kundenorientierte Lösungen 2000):**
Wettbewerbsvorteile durch kundenorientierte Lösungen – Das Konzept des Systemanbieters Bau (SysBau). Bauingenieur 75, Nr. 1, 2000, S. 1-6.
- GIRMSCHIED, G. (Forschungsmethodik in den Baubetriebswissenschaften 2004):**
Forschungsmethodik in den Baubetriebswissenschaften. Eigenverlag des IBB, Zürich, 2004.

- GIRMSCHIED, G. (NPV-Wirtschaftlichkeitsanalysemodell 2006a):**
NPV-Wirtschaftlichkeitsanalysemodell – Lebenszyklusbetrachtung von kommunalen Strassenunterhalts-PPPs. Bauingenieur 81, Nr. 10, 2006a, S. 455-463.
- GIRMSCHIED, G. (Risikobasiertes probabilistisches LC-NPV-Modell 2006b):**
Risikobasiertes probabilistisches LC-NPV-Modell – Bewertung alternativer baulicher Lösungen. Bauingenieur 81, Nr. 9, 2006b, S. 394-405.
- GIRMSCHIED, G. (Bauproduktionstheorie 2007):**
Bauproduktionstheorie – Struktur des Bauproduktionsprozesses. Bauingenieur 82, Nr. 9, 2007, S. 404-413.
- GIRMSCHIED, G. (Forschungsmethodik 2007):**
Forschungsmethodik in den Baubetriebswissenschaften. Eigenverlag des IBB, Zürich, 2007.
- GIRMSCHIED, G. (Entscheidungsmodell 2007a):**
Entscheidungsmodell – Lebenszyklusorientierte Strategiebildung und Unterhaltsvarianten für Strassennetze. Bauingenieur 82, Nr. 7-8, 2007a, S. 346-355.
- GIRMSCHIED, G. (Entscheidungsmodell 2007b):**
Entscheidungsmodell – Lebenszyklusorientierte Wirtschaftlichkeitsanalyse von Unterhaltsstrategien für Strassennetze. Bauingenieur 82, Nr. 7-8, 2007b, S. 356-366.
- GIRMSCHIED, G. (Systemauswahl und Bereitstellungsvariante 2008a):**
Systemauswahl und Bereitstellungsvariante von Bauproduktionseinrichtungen – Entscheidungsmodell. Bauingenieur 83, Nr. 3, 2008a, S. 136-146.
- GIRMSCHIED, G. (Systemauswahl und Bereitstellungsvariante 2008b):**
Systemauswahl und Bereitstellungsvariante von Bauproduktionseinrichtungen – Prognosemodell. Bauingenieur 83, Nr. 3, 2008b, S. 127-135.
- GIRMSCHIED, G. (Anforderungs-Engineering-Prozessmodell (AEP) 2010):**
Anforderungs-Engineering-Prozessmodell (AEP) – Anforderungsentwicklungsprozess und Zielerreichungs-Controlling – Teil 2. Bauingenieur 85, Nr. 05, 2010, S. 204-209.
- GIRMSCHIED, G. (Strategisches Bauunternehmensmanagement 2010):**
Strategisches Bauunternehmensmanagement prozessorientiertes integriertes Management für Unternehmen in der Bauwirtschaft. Springer, Heidelberg, 2010.
- GIRMSCHIED, G. (Leistungsermittlungshandbuch 2010a):**
Leistungsermittlungshandbuch für Baumaschinen und Bauprozesse. Springer, Berlin, 2010a.
- GIRMSCHIED, G. (Projektentwicklung in der Bauwirtschaft 2010b):**
Projektentwicklung in der Bauwirtschaft - Wege zur Win-Win-Situation für Auftraggeber und Auftragnehmer. Springer, Berlin, 2010b.
- GIRMSCHIED, G., FASTRICH, A. (Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen 2010):**
Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen - Zusatzkosten infolge Vor- und Aufschub von Erhaltungsmaßnahmen. Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK, [Bern], 2010.
- GIRMSCHIED, G., KOLLER, L. (Management im betrieblichen Strassenunterhalt 2014):**
Prozess- und wirkungsorientiertes Management im betrieblichen Strassenunterhalt - Modell einer siedlungsübergreifenden Zusammenarbeit. Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK, Bern, 2014.
- GIRMSCHIED, G., LINDENMANN, H.-P. (Kommunale Strassennetze in der Schweiz 2008):**
Kommunale Strassennetze in der Schweiz: Formen neuer Public Private Partnership (PPP) - Kooperationen für den Unterhalt. Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK, [Bern], 2008.
- GIRMSCHIED, G., MOTZKO, C. (Kalkulation, Preisbildung und Controlling in der Bauwirtschaft 2013):**
Kalkulation, Preisbildung und Controlling in der Bauwirtschaft - Produktionsprozessorientierte Kostenberechnung und Kostensteuerung. Springer Vieweg, Berlin, 2013.
- GLADEN, W. (Performance measurement 2011):**
Performance measurement - Controlling mit Kennzahlen. Gabler, Wiesbaden, 2011.
- GÖTZE, U. (Investitionsrechnung 2008):**
Investitionsrechnung Modelle und Analysen zur Beurteilung von Investitionsvorhaben. Springer, Berlin, 2008.
- GRESKOWIAK, D. (Interkommunale Zusammenarbeit 2004):**
Interkommunale Zusammenarbeit - ein Beitrag zur Haushaltskonsolidierung am Beispiel eines Projektes der Städte Nürnberg-Fürth-Erlangen-Schwabach. in: KGSt (Kommunale Gemeinschaftsstelle für Verwaltungsmanagement) Nr. 3/2004, 2004.
- GRÖMIG, E. (Die industrialisierte Kommunalverwaltung 2004):**
Die industrialisierte Kommunalverwaltung als Zukunftsperspektive, Standardisierung und Optimierungen bieten verbesserte Abläufe und Strukturen in: Innovative Verwaltung 10, 2004, S. S. 11-14.

- GUTENBERG, E. (Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre 1951):**
Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre. Springer, Berlin [etc.], 1951.
- HAASIS, H.-D. (Produktions- und Logistikmanagement 2008):**
Produktions- und Logistikmanagement - Planung und Gestaltung von Wertschöpfungsprozessen. Gabler, Wiesbaden, 2008.
- HÄFELIN, U., MÜLLER, G. (Grundriss des allgemeinen Verwaltungsrechts 1998):**
Grundriss des allgemeinen Verwaltungsrechts. Schulthess, Zürich, 1998.
- HEINHOLD, M. (Investitionsrechnung 1994):**
Investitionsrechnung Studienbuch. Oldenbourg, München etc., 1994.
- HERKENRATH, A., VOIGT, H. (Im Dienste der Bürger : Politik für die Gemeinden 1993):**
Im Dienste der Bürger : Politik für die Gemeinden. Kommunal-Verl., Düsseldorf, 1993.
- HERZOG, B. O. (Fuhrpark-Management 1997):**
Fuhrpark-Management. Luchterhand, Neuwied [etc.], 1997.
- HILGERS, D. (Performance Management 2008):**
Performance Management: Leistungserfassung und Leistungssteuerung in Unternehmen und öffentlichen Verwaltungen. Gabler, Wiesbaden, 2008.
- HÖFELER, C. (Controlling und Privatsektorbeteiligung für den wirtschaftlichen Betrieb kommunaler Strassen 2011):**
Controlling und Privatsektorbeteiligung für den wirtschaftlichen Betrieb kommunaler Strassen - Anforderungen an Steuerungsmodelle. Verlag der Bauhaus-Universität, Weimar, 2011.
- HOFMANN M. (Leitfaden Winterdienst 2011):**
Leitfaden Winterdienst für Bundes- und Landessstrassen. TU WIEN, Institut für Verkehrswissenschaften, Wels (Österreich), 2011.
- HOLZINGER, G., OBERNDORFER, P., RASCHAUER, B. (Österreichische Verwaltungslehre 2001):**
Österreichische Verwaltungslehre. Verl. Österreich, Wien, 2001.
- IFF, A. (Interkantonale und interkommunale Zusammenarbeit 2011):**
Interkantonale und interkommunale Zusammenarbeit: Defizite bezüglich parlamentarischer und direktdemokratischer Mitwirkung. KPM-Verlag, Bern, 2011.
- IHDE, G. B. (Größenersparnisse der Distribution 1976):**
Größenersparnisse der Distribution. Gabler, Wiesbaden, 1976.
- INSTITUT FÜR SCHWEIZERISCHES UND INTERNATIONALES BAURECHT (FREIBURG SCHWEIZ) (Schweizerische Baurechtstagung 2005):**
Schweizerische Baurechtstagung Freiburg 2005 seit 30 Jahren. Institut für Schweizerisches und Internationales Baurecht, Freiburg i. Üe., 2005.
- JOST, P.-J., ALEWELL, D. (Transaktionskostenansatz in der BWL 2001):**
Der Transaktionskostenansatz in der Betriebswirtschaftslehre. Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 2001.
- KERN, W. (Grundzüge der Investitionsrechnung 1976):**
Grundzüge der Investitionsrechnung. Poeschel, Stuttgart, 1976.
- KERN, W. (Handwörterbuch der Produktionswirtschaft 1979):**
Handwörterbuch der Produktionswirtschaft. Poeschel, Stuttgart, 1979.
- KIESER, A., EBERS, M. (Organisationstheorien 2006):**
Organisationstheorien. Kohlhammer, Stuttgart, 2006.
- KLEINE, A. (DEA-Effizienz 2002):**
DEA-Effizienz Entscheidungs- und produktionstheoretische Grundlagen der Data Envelopment Analysis. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden, 2002.
- KLINGENBIEL N. (Performance Measurement-Systeme 1997):**
Performance Measurement-Systeme. WISU Heft 7, 1997, S. S. 655-662.
- KLOSE, A., DREXL, A. (Facility location models for distribution system design 2005):**
Facility location models for distribution system design. European Journal of Operational Research 162, Nr. 1, 2005, S. 4-29.
- KNEIPS, G. (Wettbewerbsökonomie 2001):**
Wettbewerbsökonomie Regulierungstheorie, Industrieökonomie, Wettbewerbspolitik. Springer, Berlin, 2001.
- KÖHLER, R. (Handwörterbuch der Betriebswirtschaft 2007):**
Handwörterbuch der Betriebswirtschaft. Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 2007.
- KOMMUNALE INFRASTRUKTUR (Sauberkeit im öffentlichen Raum 2010):**
Sauberkeit im öffentlichen Raum. Bern, 2010.

- KÖNIG, D. (Theorie der endlichen und unendlichen Graphen 1936):**
Theorie der endlichen und unendlichen Graphen - kombinatorische Topologie der Streckenkomplexe. Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig, 1936.
- KRAUSE, O. (Performance Management 2006):**
Performance Management - Eine Stakeholder-Nutzen-orientierte und Geschäftsprozess-basierte Methode. Dt. Univ.-Verl., Wiesbaden, 2006.
- KREBS, J. (Gestaltung von Synergien 1996):**
Gestaltung von Synergien durch Kooperations- und Konzentrationsstrategien eine interdisziplinäre Analyse ihrer Rechtsprobleme. Lang, Frankfurt am Main, 1996.
- KRÖNERT, N. (Anforderungs-Engineering im Bauwesen 2010):**
Anforderungs-Engineering im Bauwesen. ETH, Zürich, 2010.
- KUEHN, A. A., HAMBURGER, M. J. (A Heuristic Program for Locating Warehouses 1963):**
A Heuristic Program for Locating Warehouses. Management Science 9, Nr. 4, 1963, S. 643-665.
- LADNER, A. (Gemeindereformen zwischen Handlungsfähigkeit und Legimitation 2000):**
Gemeindereformen zwischen Handlungsfähigkeit und Legimitation - ein Forschungsprojekt des Schweizerischen Nationalfonds im Rahmen des Schwerpunktprogramms "Zukunft Schweiz". Institut für Politikwissenschaft [etc.], Bern, 2000.
- LADNER, A., STEINER, R. (Gemeindereformen im Kanton Zürich 2001):**
Gemeindereformen im Kanton Zürich ein Überblick und Vergleich. IOP, Bern, 2001.
- LAWRENCE, P. R., LORSCH, J. W. (Organization and environment managing differentiation and integration 1967):**
Organization and environment managing differentiation and integration. Division of Research, Graduate School of Business Administration, Boston, 1967.
- LEBAS, M. J. (Performance Measurement 1995):**
Performance measurement and performance management. International Journal of production economics 41, 1995, S. 23-35.
- LEBAS/EUSKE IN NEELY, A. D. (Business performance measurement 2002):**
Business performance measurement : theory and practice. 2002, S. xiii, 366 p.
- LI, F. Y., GOLDEN, B., WASIL, E. (The open vehicle routing problem 2007):**
The open vehicle routing problem: Algorithms, large-scale test problems, and computational results. Computers & Operations Research 34, Nr. 10, 2007, S. 2918-2930.
- LIEBLING, T. M. (Graphentheorie in Planungs- und Tourenproblemen 1970):**
Anwendung der Graphentheorie auf Planungs- und Tourenprobleme des städtischen Strassendienstes. Springer, Berlin u.a., 1970.
- LIEBMANN, H.-P. (Grundlagen betriebswirtschaftlicher Standortentscheidungen 1969):**
Grundlagen betriebswirtschaftlicher Standortentscheidungen. Höpfner, Berlin, 1969.
- LIN, C., KWOK, R. (Multi-objective metaheuristics for a location-routing problem 2006):**
Multi-objective metaheuristics for a location-routing problem with multiple use of vehicles on real data and simulated data. European Journal of Operational Research 175, Nr. 3, 2006, S. 1833-1849.
- LINDENMANN H.-P.; ET. AL (Erhaltungsmanagement 2000):**
Erhaltungsmanagement der Strassenverkehrsanlagen MSE 99/00. Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, Bern, 2000.
- LINDER, W. (Schweizerische Demokratie 2012):**
Schweizerische Demokratie: Institutionen - Prozesse - Perspektiven. Haupt, Bern, 2012.
- LUMMERSTORFER, A.-J. (IKZ 2006):**
Interkommunale Zusammenarbeit eine Organisationsalternative mit grossen Potenzialen zur Effektivitäts- und Effizienzsteigerung. Trauner Verlag, Linz, 2006.
- MASSMANN, M. (Kapazitierte stochastisch-dynamische Facility-Location-Planung 2006):**
Kapazitierte stochastisch-dynamische Facility-Location-Planung - Modellierung und Lösung eines strategischen Standortentscheidungsproblems bei unsicherer Nachfrage. Dt. Univ.-Verl., Wiesbaden, 2006.
- NASCHOLD, F., OPPEN, M., WEGENER, A. (Kommunale Spitzeninnovationen 1998):**
Kommunale Spitzeninnovationen : Konzepte, Umsetzung, Wirkungen in internationaler Perspektive. Ed. Sigma, Berlin, 1998.
- NABMACHER, H., NABMACHER, K.-H. (Kommunalpolitik in Deutschland 2007):**
Kommunalpolitik in Deutschland. VS Verlag für Sozialwissenschaften | GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2007.
- NEELY, A. D. (Getting the measure of your business 2002):**
Getting the measure of your business. Cambridge University Press, Cambridge ; New York, 2002.

- OEFFNER, G., SCHMUCK, A. (Verhaltens- und Managementmodelle für den Strassenoberbau 1980):**
Grundlagen zur Entwicklung von Verhaltens- und Managementmodellen für den Strassenoberbau. München-Neubiberg, 1980.
- OHRT, C. (Tourenplanung im Straßengüterverkehr 2008):**
Tourenplanung im Straßengüterverkehr. Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2008.
- PANZAR, J. C., WILLIG, R. D. (Economies of Scope 1981):**
Economies of Scope. American Economic Review 71, Nr. 2, 1981, S. 268-272.
- PENROSE, E. T. (The theory of the growth of the firm 1959):**
The theory of the growth of the firm. Wiley, New York, 1959.
- PERRIDON, L., STEINER, M., RATHGEBER ANDREAS, W. (Finanzwirtschaft der Unternehmung 2012):**
Finanzwirtschaft der Unternehmung. Verlag Franz Vahlen, München, 2012.
- PETERS, M. L. (Vertrauen in Wertschöpfungspartnerschaften 2008):**
Vertrauen in Wertschöpfungspartnerschaften zum Transfer von retentivem Wissen eine Analyse auf Basis realwissenschaftlicher Theorien und Operationalisierung mithilfe des Fuzzy Analytic Network Process und der Data Envelopment Analysis. Gabler, Wiesbaden, 2008.
- PIAGET, J. (Erkenntnistheorie der Wissenschaften 1973):**
Erkenntnistheorie der Wissenschaften vom Menschen: die Wissenschaften vom Menschen und ihre Stellung im Wissenschaftssystem. Ullstein, Frankfurt/M, 1973.
- PICOT, A. (Transaktionskostenansatz 1982):**
Transaktionskostenansatz in der Organisationstheorie : Stand der Diskussion und Aussagewert. Die Betriebswirtschaft Jg. 42, 1982, S. 267-284.
- PICOT, A., DIETL, H. M., FRANCK, E. (Organisation eine ökonomische Perspektive 2008):**
Organisation eine ökonomische Perspektive. Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 2008.
- PINDYCK, R. S., RUBINFELD, D. L. (Mikroökonomie 2009):**
Mikroökonomie. Pearson Studium, München, 2009.
- POPPER, K. R. (Logik der Forschung 2002):**
Logik der Forschung. Mohr Siebeck, Tübingen, 2002.
- PORWOLLIK, J. (Neuorganisation der Strassenmeistereien 2005):**
Neuorganisation der Strassenmeistereien beim Landschaftsverband Westfalen-Lippe. Konferenzbeitrag Strassenbetriebsdienstkolloquium Nr. FGSV, 2005, S. S. 11-16.
- PROELLER, I., SCHEDLER, K. (New Public Management 2003):**
New Public Management. Haupt, Bern, 2003.
- REISS, M. (Change Management 1997):**
Change Management: Programme, Projekte und Prozesse. Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 1997.
- RIECK, J. (Tourenplanung mittelständischer Speditionsunternehmen 2008):**
Tourenplanung mittelständischer Speditionsunternehmen - Modelle und Methoden. Betriebswirtschaftlicher Verlag Gabler, Wiesbaden, 2008.
- RITZ, A. (Evaluation von New Public Management 2003):**
Evaluation von New Public Management: Grundlagen und empirische Ergebnisse der Bewertung von Verwaltungsreformen in der schweizerischen Bundesverwaltung. Haupt, Bern, 2003.
- ROBERTS, L. (Gabler Wirtschaftslexikon 2010):**
Gabler Wirtschaftslexikon. Gabler, Wiesbaden, 2010.
- ROOS, R., SCHLUND, M., BÖHM, P. M., ROSS, D. (Optimaler Fahrzeugeinsatz im Winterdienst auf Bundesautobahnen 1997):**
Optimaler Fahrzeugeinsatz im Winterdienst auf Bundesautobahnen. Bundesministerium für Verkehr, Bonn-Bad Godesberg, 1997.
- RÖSSL, D. (Gestaltung komplexer Austauschbeziehungen 1994):**
Gestaltung komplexer Austauschbeziehungen Analyse zwischenbetrieblicher Kooperation. Gabler, Wiesbaden, 1994.
- SAATY, R. W., VARGAS, L. G. (Analytic hierarchy process 1987):**
The Analytic hierarchy process - theoretical developments and some applications. Pergamon Press, Oxford etc., 1987.
- SCHEDLER, B. (Leistungsmessung in multinationalen Unternehmen 2005):**
Leistungsmessung in multinationalen Unternehmen. Zürich, 2005.
- SCHEDLER, K., PROELLER, I. (New Public Management 2009):**
New Public Management. Haupt, Bern, 2009.

- SHEEL, H. (Effizienzmasse der Data Envelopment Anlysis 2000):**
Effizienzmasse der Data Envelopment Anlysis. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden, 2000.
- SCHNIEDER, E. (Verkehrslleittechnik Automatisierung des Strassen- und Schienenverkehrs 2007):**
Verkehrslleittechnik Automatisierung des Strassen- und Schienenverkehrs. Springer, Berlin, 2007.
- SCHWEIZERISCHE NATIONALBANK (Statistisches Monatsheft 2013):**
Statistisches Monatsheft 2013.
- SCHWEIZERISCHER BAUMEISTERVERBAND (Landesmantelvertrag für das schweizerische Bauhauptgewerbe 2011):**
Landesmantelvertrag für das schweizerische Bauhauptgewerbe Schweizerischer Baumeisterverband Zürich, 2011.
- SCHWEIZERISCHER BAUMEISTERVERBAND (Betriebsinterne Verrechnungssätze (BIV) 2013):**
Betriebsinterne Verrechnungsansätze. SBV, Zürich, 2013.
- SCHWEIZERISCHER BAUMEISTERVERBAND (Inventargrunddaten (IGD) 2013):**
Inventar-Grunddaten (IGD). Schweizerischer Baumeisterverband, Zürich, 2013.
- SCHWEIZERISCHER BAUMEISTERVERBAND (Kalkulationsschema SBV 2013):**
Kalkulationsschema SBV. Schweizerischer Baumeisterverband, Zürich, 2013.
- SEIFFERT, H. (Handlexikon der Wissenschaftstheorie 1994):**
Handlexikon der Wissenschaftstheorie. Dt. Taschenbuch-Verl., München, 1994.
- SIMON, H. A. (Study of decision-making processes 1976):**
Administrative behavior a study of decision-making processes in administrative organization. Free Press, New York, 1976.
- SN 640017A (Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit - Grundnorm 1998):**
Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit - Grundnorm. Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS), Zürich, 1998.
- SN 640040B (Projektierung - Grundlagen, 1992):**
Projektierung - Grundlagen,. Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS), Zürich, 1992.
- SN 640720c (Strassenunterhalt - Reinigung 1996):**
Strassenunterhalt - Reinigung. Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS), Zürich, 1996.
- SN 640750B (Winterdienst - Grundlagen 1989):**
Winterdienst - Grundlagen. Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS), Zürich, 1989.
- SN 640756A (Winterdienst - Dringlichkeitsstufen, Winterdienst-Standard, Routenplan, Routenverzeichnisse und Einsatzplan 1991):**
Winterdienst - Dringlichkeitsstufen, Winterdienst-Standard, Routenplan, Routenverzeichnisse und Einsatzplan. Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS), Zürich, 1991.
- SN 640757A (Winterdienst - Bewegliche Mittel 1993):**
Winterdienst - Bewegliche Mittel. Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS), Zürich, 1993.
- SN 640760B (Winterdienst - Schneecharakterisierung 1995):**
Winterdienst - Schneecharakterisierung. Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS), Zürich, 1995.
- SN 640761A (Winterdienst - Schneeräumung 1994):**
Winterdienst - Schneeräumung. Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS), Zürich, 1994.
- SN 640765A (Winterdienst - Anforderungen an Schneepflüge 1998):**
Winterdienst - Anforderungen an Schneepflüge. Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS), Zürich, 1998.
- SN 640774A (Winterdienst - Anforderung an Streugeräte 1991):**
Winterdienst - Anforderung an Streugeräte. Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS), Zürich, 1991.
- SN 640778A (Winterdienst - Signalisation, bauliche Massnahmen 1997):**
Winterdienst - Signalisation, bauliche Massnahmen. Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS), Zürich, 1997.
- SN 640900A (Erhaltungsmanagement (EM) - Grundnorm, 2004):**
Erhaltungsmanagement (EM) - Grundnorm,. Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS), Zürich, 2004.
- SOMMERER, G. (Produktions- und Kostentheorie 2001):**
Produktions- und Kostentheorie - Grundlagen der betriebswirtschaftlichen Produktions- und Kostentheorie. Verlag Wissenschaft und Praxis, Sternenfels, 2001.
- STEINER, R. (IKZ und Gemeindegzusammenschlüsse in der Schweiz 2002):**
Interkommunale Zusammenarbeit und Gemeindegzusammenschlüsse in der Schweiz - Erklärungsansätze, Umsetzungsmöglichkeiten und Erfolgsaussichten. Haupt, Bern, 2002.

- STEINER, R., REIST, P., RIELLE, Y. (Gemeindebefragung 2005 - Zustand der Gemeinden des Kantons Zürich 2006):**
Gemeindebefragung 2005 - Zustand der Gemeinden des Kantons Zürich. KPM-Verl., Bern, 2006.
- STENBECK, T. (Budgeting Performance-Based Winter Maintenance 2009):**
Budgeting Performance-Based Winter Maintenance: Snow Influence on Highway Maintenance Cost. Journal of Infrastructure Systems 15, Nr. 3, 2009, S. 251-260.
- TAVAKKOLI-MOGHADDAM, R., JAVADIAN, N. E. A. (multi-criteria group scheduling problem 2010):**
Design of a scatter search method for a novel multi-criteria group scheduling problem in a cellular manufacturing system. Expert Systems with Applications 37, Nr. 3, 2010, S. 2661-2669.
- THOM, N., RITZ, A. (Public Management 2008):**
Public Management innovative Konzepte zur Führung im öffentlichen Sektor. Gabler, Wiesbaden, 2008.
- THOMMEN, J.-P. (Betriebswirtschaftslehre 2012):**
Betriebswirtschaftslehre. Versus, Zürich, 2012.
- ULRICH, H. (Gesammelte Schriften 2001):**
Gesammelte Schriften. Haupt, Bern, 2001.
- ULRICH, P. U. H., W., (Wissenschaftstheoretische Grundlagen 1976):**
Wissenschaftstheoretische Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre. . Wirtschaftswissenschaftliches Studium : Zeitschrift für Ausbildung und Hochschulkontakt, , 1976, S. S. 304-309 und 3445-350, 5(7), 304-350. .
- VAHRENKAMP, R., MATTFELD, D. C. (Logistiknetzwerke 2007):**
Logistiknetzwerke - Modelle für Standortwahl und Tourenplanung. Gabler, Wiesbaden, 2007.
- VON GLASERSFELD, E. (Radikaler Konstruktivismus 1996):**
Radikaler Konstruktivismus - Ideen, Ergebnisse, Probleme. Suhrkamp Verlag Frankfurt am Main, Frankfurt am Main, 1996.
- WEBER, A. (Ueber den Standort der Industrien 1909):**
Ueber den Standort der Industrien. Mohr, Tübingen, 1909.
- WEBER, M., WINCKELMANN, J. (Grundriss der verstehenden Soziologie 1990):**
Wirtschaft und Gesellschaft - Grundriss der verstehenden Soziologie. Mohr, Tübingen, 1990.
- WENGER, W. (Multikriterielle Tourenplanung 2010):**
Multikriterielle Tourenplanung. Gabler, Wiesbaden, 2010.
- WETTSTEIN, T. (Gesamtheitliches Performance Measurement 2002):**
Gesamtheitliches Performance Measurement - Vorgehensmodell und informationstechnische Ausgestaltung. [s.n.], Freiburg i. Ü., 2002.
- WICHMANN, M. (Strassenreinigung und Winterdienst in der kommunalen Praxis 2003):**
Strassenreinigung und Winterdienst in der kommunalen Praxis: Rechtsgrundlagen - Organisation - Aufgaben. Erich Schmidt, Berlin, 2003.
- WILLIAMSON, O. E. (Markets and Hierarchies 1975):**
Markets and hierarchies, analysis and antitrust implications : a study in the economics of internal organization. Free Press, New York, 1975.
- WILLIAMSON, O. E., EBRARY INC (The mechanisms of governance 1996):**
The mechanisms of governance. Oxford University Press, New York, 1996.
- WILLIG, R. D. (Multiproduct technology and market structure 1979):**
Multiproduct technology and market structure. 1979.
- YIN, R. K. (Case study research: design and methods. 1994):**
Case study research: design and methods. Sage Publications, Thousand Oaks, 1994.
- ZENTES, J. (Kooperationen, Allianzen und Netzwerke 2005):**
Kooperationen, Allianzen und Netzwerke Grundlagen - Ansätze - Perspektiven. Gabler, Wiesbaden, 2005.
- ZHU, P. (Verfahren zur Lösung kantenorientierter Tourenplanungsprobleme 1989):**
Ein flexibles Verfahren zur Lösung kantenorientierter Tourenplanungsprobleme im Strassenbetriebsdienst. Darmstadt, 1989.
- ZIEGLER, H.-J., BINDER, G. (Computergestützte Transport- und Tourenplanung 1988):**
Computergestützte Transport- und Tourenplanung: Optimierung beim Fahrzeugeinsatz und bei der Gestaltung von Transportanlagen. expert etc., Ehningen bei Böblingen, 1988.
- ZIMMERLI, U. (Bundesverfassung-Konsequenzen für Praxis und Wissenschaft 2000):**
Die neue Bundesverfassung: Konsequenzen für Praxis und Wissenschaft, Tagung vom 21./22. Oktober 1999 an der Universität Bern. Stämpfli, Bern, 2000.

Curriculum Vitae

Persönliche Daten

Dipl.-Ing. Lisa Koller

25.05.1985 Geboren in Graz (Österreich)

Nationalität: Österreich

Ausbildung

2009 – 2014 Promotion – Doktoratsstudium D-BAUG
Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement,
ETH Zürich (Schweiz)

2003 – 2009 Studium Wirtschaftsingenieurwesen – Bauwesen
Technische Universität Graz (Österreich)
Diplomarbeit: „Untersuchung ausgewählter Kapitel der amerikanischen
Bauvertragsnorm Federal Acquisition Regulation“
in Kooperation mit der Bilfinger Berger Hochbau GmbH
Abschluss mit ausgezeichnetem Erfolg

1999 – 2003 Bundesoberstufenrealgymnasium mit naturwissenschaftlichem
Schwerpunkt, Deutschlandsberg (Österreich)
Matura mit ausgezeichnetem Erfolg

Berufliche Erfahrung und Praktika

06/2009 – 02/2014 Wissenschaftliche Mitarbeiterin und Dozentin
Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement,
ETH Zürich (Schweiz)

06/2008 – 03/2009 Trainee
Bilfinger Berger Hochbau GmbH, Vicenza (Italien)

02/2008 – 05/2008 Studentische Mitarbeiterin
Profacto GmbH, Graz (Österreich)

2005 – 2007 Praktika
Granit Bau GmbH, Deutschlandsberg (Österreich)