



Prozess- und wirkungsorientiertes Management im betrieblichen Strassenunterhalt

Modell eines siedlungsübergreifenden Unterhalts

La gestion ciblée et efficace de l'entretien fonctionnel du réseau routier

Process-oriented and effect-oriented management for operations street maintenance – Inter-municipal street maintenance model

ETH Zürich, Eidgenössische Technische Hochschule
IBI Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement
Prof. Dr.-Ing. Gerhard Girmscheid
Dr. Lisa Koller

ETH Zürich, Eidgenössische Technische Hochschule
IVT Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme
Prof. H.-P. Lindenmann, dipl. Ing. ETH
Dr. Frank Schiffmann

WIFpartner AG
Richard Staubli, Dipl. Bauingenieur ETH/SIA, Wirtschaftsingen. STV
Dr. Jennifer Dreyer, Dipl. Wirtschaftsingenieurin FH
Anja Herlyn, Dipl.-Ing. Wasserwirtschaft TU

Federas Beratung AG
Lorenz Frey-Eigenmann, lic. rer. publ. HSG

Forschungsprojekt ASTRA 2008/004 auf Antrag des Bundesamtes für Strassen (ASTRA)

Der Inhalt dieses Berichtes verpflichtet nur den (die) vom Bundesamt für Strassen unterstützten Autor(en). Dies gilt nicht für das Formular 3 "Projektabschluss", welches die Meinung der Begleitkommission darstellt und deshalb nur diese verpflichtet.

Bezug: Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Le contenu de ce rapport n'engage que les auteurs ayant obtenu l'appui de l'Office fédéral des routes. Cela ne s'applique pas au formulaire 3 « Clôture du projet », qui représente l'avis de la commission de suivi et qui n'engage que cette dernière.

Diffusion : Association suisse des professionnels de la route et des transports (VSS)

La responsabilità per il contenuto di questo rapporto spetta unicamente agli autori sostenuti dall'Ufficio federale delle strade. Tale indicazione non si applica al modulo 3 "conclusione del progetto", che esprime l'opinione della commissione d'accompagnamento e di cui risponde solo quest'ultima.

Ordinazione: Associazione svizzera dei professionisti della strada e dei trasporti (VSS)

The content of this report engages only the author(s) supported by the Federal Roads Office. This does not apply to Form 3 'Project Conclusion' which presents the view of the monitoring committee.

Distribution: Swiss Association of Road and Transportation Experts (VSS)



Prozess- und wirkungsorientiertes Management im betrieblichen Strassenunterhalt

Modell eines siedlungsübergreifenden Unterhalts

La gestion ciblée et efficace de l'entretien fonctionnel du réseau routier

Process-oriented and effect-oriented management for operations street maintenance – Inter-municipal street maintenance model

ETH Zürich, Eidgenössische Technische Hochschule
IBI Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement
Prof. Dr.-Ing. Gerhard Girmscheid
Dr. Lisa Koller

ETH Zürich, Eidgenössische Technische Hochschule
IVT Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme
Prof. H.-P. Lindenmann, dipl. Ing. ETH
Dr. Frank Schiffmann

WIFpartner AG
Richard Staubli, Dipl. Bauingenieur ETH/SIA, Wirtschaftsingen. STV
Dr. Jennifer Dreyer, Dipl. Wirtschaftsingenieurin FH
Anja Herlyn, Dipl.-Ing. Wasserwirtschaft TU

Federas Beratung AG
Lorenz Frey-Eigenmann, lic. rer. publ. HSG

Forschungsprojekt ASTRA 2008/004 auf Antrag des Bundesamtes für Strassen (ASTRA)

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

Prof. Dr.-Ing. Gerhard Girmscheid IBI, ETH Zürich

Mitglieder

Prof. Hans Peter Lindenmann	IVT, ETH Zürich
Dr. Lisa Koller	IBI, ETH Zürich (Verfasser Teil A)
Dr. Frank Schiffmann	IMC
Richard Staubli	WIFpartner AG
Dr. Jennifer Dreyer	WIFpartner AG (Verfasser Teil B)
Anja Herlyn	WIFpartner AG (Verfasser Teil B)
Lorenz Frey-Eigenmann	Federas Beratung AG (Verfasser Teil C)

Begleitkommission

Präsident

Rudolf Fässler

Mitglieder

Prof. Hansjörg Frey
Laurent Balsiger
Hans Bär
Alex Bukowiecki
Peter Dürst
Franz Hürlimann
Corrado Minikus

KO-Finanzierung des Forschungsprojekts

Sechs Gemeinden des Kantons Zürich

Antragsteller

Bundesamt für Strassen (ASTRA)

Bezugsquelle

Das Dokument kann kostenlos von <http://www.mobilityplatform.ch> heruntergeladen werden.

Das in Teil A entwickelte Modell bleibt geistiges Eigentum des Autors und alle Rechte der Verwertung dieses Modells verbleiben bei der ETH Zürich. Falls das Modell in eine Programmsprache umgesetzt wird, muss dies von der ETH Zürich genehmigt werden und es fallen entsprechende Lizenzgebühren an.

Inhaltsverzeichnis

Impressum	4
Zusammenfassung	9
Résumé	11
Summary	13
 Teil A	
Prozessmodell zur Entscheidungsfindung für interkommunale Kooperationen im betrieblichen Strassenunterhalt – IBI, ETH Zürich	15
 A-1	Einleitung – Ausgangslage
1.1	Problemstellung
1.2	Besonderheiten der Schweizer Gemeinden
1.2.1	Dezentralisation
1.2.2	Subsidiaritätsprinzip
1.2.3	Autonomie der Gemeinden
1.2.4	Aufgaben der Gemeinden
1.2.5	Fragmentierte Gemeindestrukturen
1.3	Schweizer Gemeinden und das New Public Management (NPM)
1.4	Das NPM im betrieblichen Strassenunterhalt
1.5	ASTRA-Projekt 2008/004
1.6	Aufbau des Forschungsberichts
1.7	Ziele der Forschungsarbeit
A-2	Stand der Praxis und Fragen der Praxis
2.1	Stand der Praxis – Betrieblicher Strassenunterhalt
2.1.1	Normative Grundlagen im betrieblichen Strassenunterhalt
2.1.2	Systematisierung der Aufgaben des betrieblichen Strassenunterhalts
2.1.3	Aspekte der Nachhaltigkeit im betrieblichen Strassenunterhalt
2.1.4	Leistungsbereich Strassenreinigung
2.1.5	Leistungsbereich Winterdienst
2.2	Fragen der Praxis
A-3	Stand der Forschung und Fragen der Forschung
3.1	Entscheidungsmodelle
3.2	Forschungsfeld Betrieblicher Strassenunterhalt allgemein
3.3	Forschungsfeld Operations Research
3.4	Forschungsfeld Wirtschaftlichkeitsanalyse und Effizienzsteigerung
3.5	Forschungsfeld Interkommunale Zusammenarbeit (IKZ)
3.6	Fragen der Forschung
3.7	Forschungslücke
A-4	Einführung in das IKZ-Prozessmodell im betrieblichen Strassenunterhalt
4.1	Erklärung und Aufbau des Modells
4.1.1	Aufbau des interkommunalen Prozessmodells
4.1.2	Beurteilungskriterien kooperationsfähiger Aufgaben
4.1.3	IKZ-Eignungstest
4.1.4	Ausgestaltung der IKZ-Organisation
4.2	Grundlagen der interkommunalen Zusammenarbeit (IKZ)
4.2.1	Vor- und Nachteile einer IKZ
4.2.2	Kommunale Kooperationsformen
4.2.3	Erfolgsfaktoren einer IKZ
A-5	Operatives Prozessmodell – Geräteeinsatzoptimierung
5.1	Einführung in das Performance Management
5.1.1	Leistungsbegriff
5.1.2	Performance – Begriffliche Grundlagen
5.1.3	Performance Measurement
5.1.4	Performance Management
5.2	Prozessleistungsermittlung im betrieblichen Unterhalt
5.2.1	Identifikation der Werkhofprozesse
5.2.2	Prozess-Leistungs-Ermittlung

5.3	Holistische Prozesskosten- und Leistungsoptimierung	111
5.3.1	Prozessleistungs- und Kostenmodell.....	114
5.3.2	Anwendung des Prozessleistungs- und Kostenmodells	127
5.3.3	Teilmodell I – Zusammenfassung und Fazit.....	136
A-6	Operatives Prozessmodell – Werkhofstandort- und Routenoptimierung.....	137
6.1	Werkhof-Standortplanung	137
6.1.1	Grundlagen zur Standortoptimierung.....	138
6.1.2	Werkhofstandort – Net Present Value (NPV)-Berechnungsmethode.....	143
6.1.3	Werkhofstandort-Routen-Modell	147
6.1.4	1. Stufe: Grobanalyse zur indikativen Vorentscheidung	151
6.2	Grundlagen zur Tourenplanung	156
6.2.1	Grundprobleme der Tourenplanung	159
6.2.2	2. Stufe: Standort- Detailanalyse zur Entscheidungsfindung	163
6.2.3	Berücksichtigung der Entwicklungsschwerpunkte in den Gemeinden	166
6.3	Holistische IKZ-Effizienzberechnung	168
6.3.1	Grundlagen der Effizienzanalyse	168
6.3.2	Effektivität und Effizienz – begriffliche Abgrenzung.....	169
6.3.3	Skalenerträge	170
A-7	Realisierbarkeitstest.....	177
7.1	Beispielrechnung IKZ-3: Grundlagen der Berechnung	178
7.1.1	Erfassung des Gemeinde-Ist-Zustandes	179
7.2	Berechnung IKZ von drei Gemeinden (IKZ-3)	189
7.2.1	Modell IIa: WLP mit einem Werkhof und Routenplanung	191
7.2.2	Modell IIa: WLP mit zwei Werkhöfen und Routenplanung	199
7.2.3	Modell IIb: „Grüne Wiese“-Modell und Routenplanung	201
7.2.4	Gegenüberstellung der Aufgabenerfüllungs-Varianten	204
7.2.5	Sensitivitätsanalyse der Beispielrechnung	207
7.2.6	Abschliessende Beurteilung des Realisierbarkeitstests	210
A-8	Gesamtmodell – Handlungsempfehlungen.....	211
A-9	Zusammenfassende Beurteilung und Ausblick	211
9.1	Bedeutung der Ergebnisse für die Praxis	212
9.2	Bedeutung der Ergebnisse für die Wissenschaft.....	213
9.3	Ausblick auf den weiteren Forschungsbedarf.....	215
	Abkürzungen	217
	Abbildungsverzeichnis Teil A.....	218
	Literaturverzeichnis Teil A.....	222
Teil B	Empirische Untersuchung und Praxistest in den Gemeinden – WIFpartner AG ...	229
B-1	Ausgangslage	229
B-2	Empirische Datenerhebung	229
2.1	Ziel der empirische Datenerhebung.....	229
2.2	Systemgliederung	230
2.2.1	Strassenverkehrsanlage	230
2.2.2	Aufbauorganisation	230
2.2.3	Leistungsbereiche und Kostenzuordnung	231
2.2.4	Systematik der Kosten	232
2.3	Datenerhebung	232
2.3.1	Anspruch und Güte	232
2.3.2	Beteiligte Gemeinden.....	233
2.3.3	Vorgehen.....	233
2.3.4	Untersuchungszeitraum	233
2.4	Auswertung und Resultate	234
2.4.1	Grundlagedaten	234
2.4.2	Organisation des betrieblichen Strassenunterhalts	234
2.4.3	Ganglinien	235
2.4.4	Kosten	242
B-3	Praxistest.....	247

3.1	Ziele Praxistest.....	247
3.2	Systemgliederung	247
3.2.1	System Strasse und Systematik der Kosten.....	247
3.2.2	Normierung des Winterdienst.....	247
3.3	Datenerhebung	249
3.3.1	Anspruch und Güte	249
3.3.2	Beteiligte, Untersuchungszeitraum und Datenerhebung	249
3.3.3	Vorgehen.....	249
3.4	Resultate und Auswertung	250
3.4.1	Grundlagedaten	250
3.4.2	Organisation des betrieblichen Strassenunterhalts	251
3.4.3	Ganglinien	253
3.4.4	Kosten	259
Abbildungsverzeichnis Teil B		265
Literaturverzeichnis Teil B		267
Teil C	Rechtliche und organisatorische Aspekte einer interkommunalen Organisation – Federas Beratung AG	269
C-1	Einführende Bemerkungen	269
C-2	Kurzdarstellung möglicher Rechtsformen	269
2.1	A Öffentlich-rechtliche Formen.....	269
2.1.1	Sitzgemeinde mit Anschlussvertrag	269
2.1.2	Zweckverband	270
2.1.3	Selbstständige Gemeindeanstalten (selbständige öffentlich-rechtliche Anstalt)	270
2.1.4	Öffentlich-rechtliche Stiftungen	270
2.2	B Privatrechtliche Formen.....	271
2.2.1	Aktiengesellschaft	271
2.2.2	Gesellschaft mit beschränkter Haftung (GmbH)	271
2.2.3	Genossenschaft	271
2.2.4	Verein	272
2.2.5	Privatrechtliche Stiftung	272
2.3	Handlungsalternativen einer Gemeinde.....	273
2.3.1	Gemeinde als Einkäufer	273
C-3	Gemeinde als (Mit-)Eigentümer	275
C-4	Musterablauf für das Vorgehen	277
Abbildungsverzeichnis Teil C		279
Teil D	Leitfaden für den siedlungsübergreifenden betrieblichen Strassenunterhalt	281
D-1	Musterablauf für das Vorgehen	281
D-2	Leitfaden – Stand der Praxis.....	283
2.1	Stand der Praxis – Betrieblicher Strassenunterhalt	283
2.1.1	Systematisierung der Aufgaben des betrieblichen Strassenunterhalts	283
D-3	Manual zur Geräteeinsatzoptimierung	285
3.1	Prozessleistungsermittlung im betrieblichen Unterhalt	285
3.1.1	Prozess-Leistungs-Ermittlung	287
3.2	Holistische Prozesskosten- und Leistungsoptimierung	292
3.2.1	Anwendung des Prozessleistungs- und Kostenmodells	300
D-4	Leitfaden – Werkhofstandort- und Routenoptimierung	303
4.1	Werkhof-Standortplanung	303
4.1.1	Grundlagen zur Standortoptimierung	303
4.1.2	Werkhofstandort – Net Present Value (NPV)-Berechnungsmethode	306
4.1.3	Werkhofstandort-Routen-Modell	308
4.1.4	1. Stufe: Grobanalyse zur indikativen Vorentscheidung	310
4.1.5	2. Stufe: Standort- Detailanalyse zur Entscheidungsfindung.....	315

4.2	Grundprobleme der Tourenplanung	315
D-5	Leitfaden –Handlungsempfehlungen.....	321
5.1	Bedeutung der Ergebnisse für die Praxis	321
	Abbildungsverzeichnis Teil D.....	323
	Literaturverzeichnis Teil D.....	325
	Projektabschluss	333
	Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen	336

Zusammenfassung

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. Dies führt dazu, dass sich Schweizer Gemeinden einem immensen Leistungsdruck ausgesetzt fühlen, um 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 zu werden.

Im Rahmen des **Forschungsprojektes ASTRA 2008/004 „Prozess- und wirkungsorientiertes Management im betrieblichen Strassenunterhalt“** wurde ein Prozessmodell zur Entscheidungsfindung für interkommunale Kooperationen im betrieblichen Strassenunterhalt zur wirtschaftlichen Optimierung der kommunalen Unterhaltsleistungen entwickelt. Das Modell der siedlungsübergreifenden Zusammenarbeit im betrieblichen Strassenunterhalt bietet den Gemeinden klare und systematische Strukturen und liefert eine objektive Entscheidungsunterstützung, 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.

Der vorliegende Forschungsbericht setzt sich aus den drei Teilen A, B und C zusammen.

In **Teil A des Instituts für Bau- und Infrastrukturmanagement der ETH Zürich** (Autor: L. Koller) erfolgt die Entwicklung eines **Prozessmodells zur Entscheidungsfindung für interkommunale Kooperationen im betrieblichen Strassenunterhalt**. Die Zielerreichung wird in Teil A auf Basis von zwei Teilmodellen (Teilmodell I: Kosten-Leistungs-Modell zur optimalen Gerätekonfiguration und Teilmodell II: Werkhofstandort-Routen-Modell zur Entscheidungsfindung für interkommunale Kooperationen im betrieblichen Strassenunterhalt) sichergestellt.

Das Teilmodell I auf operativer Prozessebene fokussiert auf die Entwicklung und Herleitung einer Zielfunktion zur optimalen Geräteausstattung und -bereitstellung. Basierend auf dem von Girmscheid entwickelten Modell zur Werkhofkonzeptionierung für Bauunternehmen [1] und den dazugehörigen Leistungsberechnungen für Baugeräte [2] wird ein holistisches Modell zur Leistungsberechnung entwickelt, das leistungsmindernde Faktoren identifiziert und in der Berechnung berücksichtigt. Dieses Berechnungsverfahren liefert als Resultat eine Kosten-Leistungs-Funktion für die jeweiligen Unterhaltsgeräte, die es erlaubt, den Einsatz von Ressourcen 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. Aus dem operativen Leistungsmodell können für jedes Leistungsgerät Leistungsgrenzen mit den jeweiligen Kostenparametern simuliert 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 erreicht werden können. Die theoretisch entwickelten Modell-Ergebnisse werden einem **Realisierbarkeitstest** unterzogen, um so die Anwendbarkeit und Praxistauglichkeit des vorliegenden Modells zu testen und zu gewährleisten. Das in Teil A entwickelte Modell bleibt geistiges Eigentum des Autors und alle Rechte der Verwertung dieses Modells verbleiben bei der ETH Zürich. Falls das Modell in eine Programmiersprache umgesetzt wird, muss dies von der ETH Zürich genehmigt werden und es fallen entsprechende Lizenzgebühren an.

In **Teil B der Firma WIFpartner AG** (Autoren: J. Dreyer, A. Herlyn) werden die Auswertungen und Untersuchungsergebnisse einer **empirischen Studie** durchgeführt in Gemeinden des Kantons Zürich und eines durchgeführten **Praxistests** vorgestellt. Die Ergebnisse der Erhebungen dienen als Input zur Modellgestaltung und fliessen in die Berechnungen des in Teil A vorgestellten Realisierbarkeitstest mit ein. Damit ist es möglich, eine realitätsnahe Abbildung des Modells sicherzustellen.

Der **Teil C der Firma Federas Beratung AG** (Autor: L. Frey-Eigenmann) befasst sich mit den **rechtlichen und organisatorischen Aspekten einer interkommunalen Organisation**. Es werden mögliche Kooperations- und Zusammenarbeitsformen vorgestellt und ein Musterablauf für das Vorgehen im Zuge der Umsetzung gezeigt.

Der **Teil D** des vorliegenden Forschungsberichtes stellt einen **Leitfaden zur siedlungsübergreifenden Zusammenarbeit** dar. Er soll als Handlungsleitfaden für Werkhof- und Ressortverantwortliche dienen und ist abschliessend als **Zusammenfassung** des Forschungsberichtes (vorwiegend des Teils A) zu verstehen.

Den Lesern wird mit dem vorliegenden Forschungsbericht 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 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.

Résumé

Les communes suisses sont sous tension en raison des exigences élevées devenues évidentes en matière de qualité de la part des citoyens. Elles sont également confrontées à une forte pression concurrentielle sur les avantages futurs liés à la localisation (avantages fiscaux) et une pression accrue sur les coûts en matière de services publics. De ce fait, les communes suisses se sentent exposées à une pression intense de performance de sorte qu'elles agissent souvent à la limite de leurs capacités pour pouvoir répondre aux exigences et tâches de plus en plus complexes. Pour ces raisons, elles recherchent de plus en plus souvent des alternatives (en marge des discussions de fusion) pour une contribution personnelle dans l'exécution de tâches publiques qui permettraient à la fois d'augmenter l'efficacité et de répondre aux exigences élevées de leurs citoyens. Le modèle de coopération transversale pour l'entretien des routes offre aux communes des structures claires et fournit une aide objective à la prise de décision dans le but de pouvoir mettre en place à long terme une coopération intercommunale réussie. Cela permet aux communes de rester efficaces à l'avenir et donc d'offrir un site attrayant aux citoyens. C'est à cette fin qu'un modèle de processus et de décision de coopération intercommunale pour l'optimisation économique des services d'entretien communaux a été développé dans le cadre du projet de recherche **ASTRA2008/004 « Gestion orientée processus et efficacité dans l'entretien des routes »**. Ce modèle comprend trois parties : A, B et C.

La **partie A**, proposée par l'**Institut pour la gestion de la construction et des infrastructures de l'ETH de Zurich** (auteur : L. Koller), présente le développement d'un modèle de processus pour la prise de décision en matière de coopération intercommunale pour l'entretien des routes. Dans cette partie A, la réalisation des objectifs est garantie sur la base de deux sous-modèles (modèle partiel I : modèle de coût-performance pour la configuration optimale des appareils et sous-modèle II : modèle d'itinéraires du site de dépôt en vue de prendre des décisions pour la coopération intercommunale dans l'entretien des routes). Un modèle holistique pour la conception des ateliers d'entreprises de construction et pour les calculs de prestations correspondants est développé sur la base du modèle développé par Girmscheid ([1],[2]). Le sous-modèle I au niveau de processus opérationnel est axé sur le développement et la dérivation d'une fonction-cible pour un équipement optimal. Sur la base d'une délimitation théorique du système, un modèle holistique a été développé pour calculer la performance et identifier les facteurs réduisant la performance et tenir compte de ces derniers dans les calculs. Cette méthode de calcul fournit une fonction coût-performance pour le matériel d'entretien qui permet d'organiser de façon optimale l'utilisation des ressources, d'une part, pour atteindre un taux élevé d'utilisation des appareils et, d'autre part, pour améliorer l'efficacité dans l'exécution des tâches. Sur la base du modèle de performance opérationnel, les limites de performance peuvent être simulées avec les paramètres de coûts pour chaque appareil. Sur la base des résultats du sous-modèle I, le sous-modèle II fournit aux responsables un modèle pour trouver un lieu de dépôt avec planification des tournées associée, de manière à pouvoir réduire les coûts totaux au minimum grâce à l'utilisation systématique du modèle. Les résultats du modèle théorique sont soumis à un test de faisabilité pour tester et garantir l'applicabilité et l'aspect pratique du modèle.

La **partie B**, élaborée par l'entreprise **WIFpartner AG** (auteurs: J. Dreyer, A. Herlyn), comprend les évaluations et les résultats d'analyse d'une étude empirique réalisées dans les communes du canton de Zurich. Les résultats d'un test sur le terrain y sont présentés. Les résultats des enquêtes sont utilisés comme idées pour la conception du modèle et sont utilisés dans les calculs du test de faisabilité présentés dans la partie A. Ainsi, il est possible de garantir une image du modèle proche de la réalité.

La **partie C** de l'entreprise **Federas Beratung AG** (auteur: L. Frey-Eigenmann) est consacrée aux aspects juridiques et organisationnels d'une organisation intercommunale. Des formes de coopération et de collaboration sont présentées et un scénario-type pour leur mise en œuvre est indiqué.

Partie D constitue un guide pour la collaboration supramunicipale. Il s'agit d'un récapitulatif du rapport des recherches.

Un modèle décisionnel, articulé et structuré de manière systématique et permettant aux municipalités une meilleure efficacité lors de la réalisation de tâches communales, est proposé au lecteur dans ce rapport de recherche. Il s'agit de tirer parti de potentiels dissimulés en mettant en œuvre une gestion opérationnelle active de l'entretien et ainsi en donnant un caractère stratégique et structurel à la prestation. Une gestion prenant en compte les processus et les impacts et ne perdant pas en durabilité et en efficacité à cause de barrières politiques devrait être rendue possible à l'avenir.

Summary

Swiss municipalities are caught in the crossfire between their citizens' high demands on quality that have meanwhile become a matter of course, the high competitive pressure with regard to the benefits of future locations (tax advantages) and the increase in cost pressure in relation to the provision of public services. The result is that Swiss municipalities feel themselves subjected to enormous pressure and stretched to maximum capacity as they battle to meet the ever-growing complexity of the demands and tasks they face. It is for these reasons that alternatives to providing public services (other than fusion negotiations) are becoming more frequently sought after to increase efficiency and enable municipalities to satisfy the high demands of their citizens. The model of cross-community cooperation in the field of operational road maintenance offers municipalities clear structures and provides objective support for the decision-making process with a view to securing successful inter-communal collaboration in the long term. It will enable municipalities to maintain their ability to act and therefore offer their citizens an attractive location in which to live and work. To this end, a process and decision-making model of inter-communal cooperation on the economic optimization of municipal maintenance services was developed within the scope of the research project **ASTRA2008/004 "Process and effect-oriented management in operational road maintenance"**. It consists of parts A, B and C.

Part A by the **Institute for Construction and Infrastructure Management of ETH Zurich** (author: L. Koller) focuses on the development of a decision-making process model for inter-communal cooperation in the field of operational road maintenance. The achievement of objectives in Part A is secured on the basis of two sub-models (Sub-model I: cost-performance model for optimum device configuration and Sub-model II: facility location route model for decision-making in inter-communal collaboration on operation road maintenance). On an operational level, sub-model I focuses on developing and deriving an objective function for determining the ideal range of equipment according to the developed model by Girmscheid ([1],[2]). A holistic performance estimation model that identifies performance-reducing factors and takes them into consideration in cost estimations was developed on the basis of defined theoretical system boundaries. This calculation model provides as a result a cost-performance function for each piece of maintenance equipment that enables optimum resource allocation planning aimed at achieving the best possible use of available resources whilst giving due consideration to aspects of increasing efficiency in relation to task fulfilment. The cost performance model enables the simulation of performance limits for each piece of equipment together with the corresponding cost parameters. Sub-model II builds on the results from sub-model I and provides the persons responsible with a model for determining the ideal inventory depot location and route planning, enabling them to achieve minimum overall costs by systematically applying the model concept. These theory-based model results are subjected to a feasibility check to verify and guarantee the practical suitability of the model in hand. The model developed in part A stays intellectual property of the author. Its copyright and right of usage remain with ETH Zurich. The translation of the model into any programming language or its integration into any piece of software requires a prior written consent of ETH Zurich and licencing fees will apply.

Part B by **WIFpartner AG** (authors: J. Dreyer, A. Herlyn) presents the evaluations and results of an empirical study carried out in municipalities of the canton of Zurich together with those of a practical test. The results of the surveys serve to provide input for the design of the model and flow into the calculations for the feasibility test presented in Part A. They make it possible to ensure model mapping is realistic.

Part C by **Federas Beratung AG** (author: L. Frey-Eigenmann) deals with legal and organizational aspects of inter-municipal organizations. Feasible forms of cooperation and a schedule pattern for the implementation in the municipalities will be presented.

Part D is a guideline for inter-municipal structures with the aim of summing up the relevant topics of this research project.

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. With an active operational street maintenance management hidden potentials can be discovered.

Teil A **Prozessmodell zur Entscheidungsfindung für interkommunale Kooperationen im betrieblichen Strassenunterhalt – IBI, ETH Zürich**

A-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 Gemeinde, 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 durch ökonomische Aspekte vorangetrieben werden, so spielt bei der öffentlichen Hand auch der politische Aspekt eine wesentliche Rolle. Denn erst wenn Politiker die Notwendigkeit des Handelns und des Abweichens von bewährten Strukturen erkennen und hinter ihren Entscheidungen stehen, 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, Bürgerzufrieden und Kosteneffizienz gerecht zu werden. Der von den Bürgern gewünschte hohe Qualitätsstandard der Infrastruktur sowie der ständig steigende Kostendruck auf öffentliche Verwaltung setzt 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 dazugehörigen 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. Aus diesem Grund wurde vom Schweizerischen Bundesamt für Strassen (ASTRA) das **Forschungsprojekt ASTRA 2008/004 „Prozess- und wirkungsorientiertes Management im betrieblichen Strassenunterhalt – Modell einer siedlungsübergreifenden Zusammenarbeit“** initiiert.

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

1.1 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 Zusammenlegung 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.

Insbesondere kleinere Gemeinden stossen vermehrt an ihre Leistungsgrenzen in der kommunalen Aufgabenerfüllung und sind nicht in der Lage die komplexe Vielfalt des Strassenbetriebes qualitäts- und 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.

1.2 Besonderheiten der Schweizer Gemeinden

Schweizer Gemeinden nehmen eine besondere Stellung ein. 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. [3]

Die Schweizer Gemeinden stehen unter der Oberaufsicht der 26 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. [4] Laut Ladner [5] 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. 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.¹ Zudem können Gemeinden in Gemeindetypen (Zentren, Suburbane Gemeinden, Einkommensstarke Gemeinde, Periurbane Gemeinde, Touristische Gemeinden, industrielle Gemeinden etc.) eingeteilt werden (siehe Abb. A-2).

¹ 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

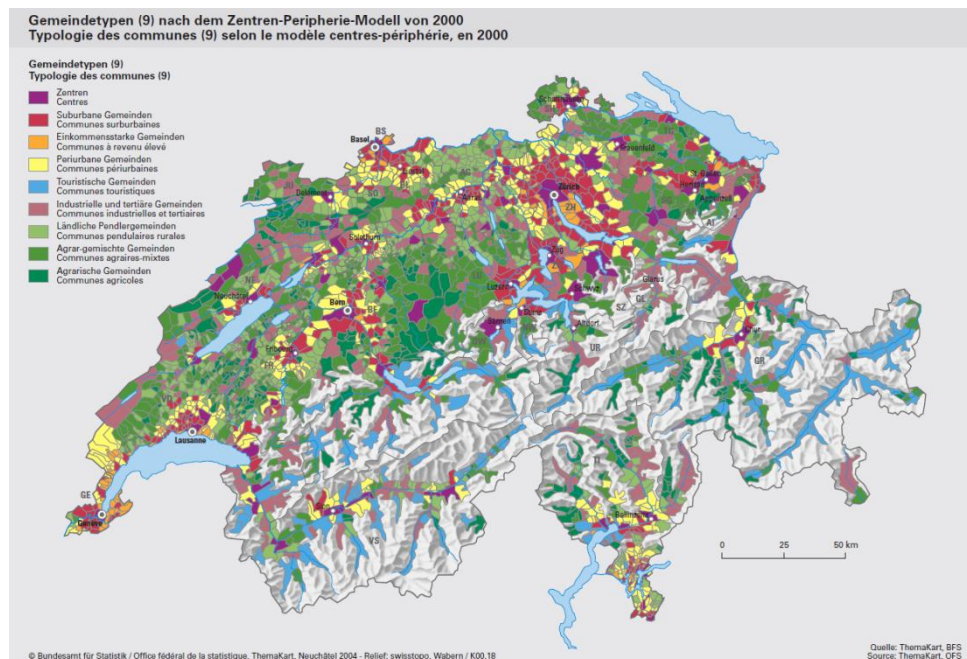


Abb. A-1: Gemeinden der Schweiz sortiert nach Gemeindetypen²

1.2.1 Dezentralisation

Schweizer Gemeinden sind stark durch eine **Dezentralisation der Aufgaben** gekennzeichnet. Häfelin und Müller [6] verstehen unter Dezentralisation „dass die Erfüllung bestimmter sachlicher Aufgaben einem besonderen Verwaltungsorgan ausserhalb der Zentralverwaltung übertragen wird, das über eine gewisse Selbstständigkeit (Autonomie) verfügt“.

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 Abb. A-2 gezeigt.

Vorteile der Dezentralisation	Nachteile der Dezentralisation
• 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)	• Differenzen (Durchführungs- und Entscheidungsspielraum führt zu Differenzen in der Umsetzung von Gesetzen) • Trägheit (Mehrere Akteure sowie unterschiedliche Interessen können zu langen Entscheidungswegen und tragem Agieren führen) • Interessen (Das Gesamtinteresse des Kantons und Bundes rückt hinter die Einzelinteressen)

Abb. A-2: Vor- und Nachteile der kommunalen Dezentralisation [7] [8]

² 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

1.2.2 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 (in [9]) stellte fest: „*So viel kommunale Aufgabenerledigung wie möglich, soviel Staat wie nötig*“.

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 [7] 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.

1.2.3 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.³

Laut Steiner [7] unterliegt die Autonomie der Gemeinden einer dynamischen 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. Friedrich et al. [10] spricht dann von Gemeindeautonomie, wenn Gemeinden selbstständig bestimmen können, welche Aufgaben sie wählen und in welcher Art und Weise die Aufgabenerfüllung zu erfolgen hat.

1.2.4 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. [11] [7]

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: Kehrriichtabfuhr, Ver- und Entsorgung (Wasser, Gas,...), Gemeindestrassen, Kultur- und Sporteinrichtungen

³ Vgl. Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft SR 101, Art. 50, 1999

Trotz grober Zuteilungsmöglichkeiten ist es laut Steiner [7] oftmals schwierig, eine genaue Zuordnung einer jeden kommunalen Aufgabe zu treffen. Vielmehr ist oftmals eine Auslegung der Gesetzestexte gefragt, um konkrete Fragestellungen bezüglich der eindeutigen Zuordnung kommunaler Aufgaben treffen zu können.

1.2.5 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 Personen⁴ zählt, sind in der Tessiner Gemeinde Corippo lediglich ca. 20 Einwohner gemeldet. Daraus ist bereits gut ersichtlich, dass sich die Schweizer Gemeindelandschaft 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, was eine Abnahme von durchschnittlich 30 Gemeinden pro Jahr entspricht.

Die beiden Abb. A-3 und Abb. A-4 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.

Jahr	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

Abb. A-3: Rückgang der Gemeindezahlen von 1999-2013⁵ (Stichtag 1. Januar)

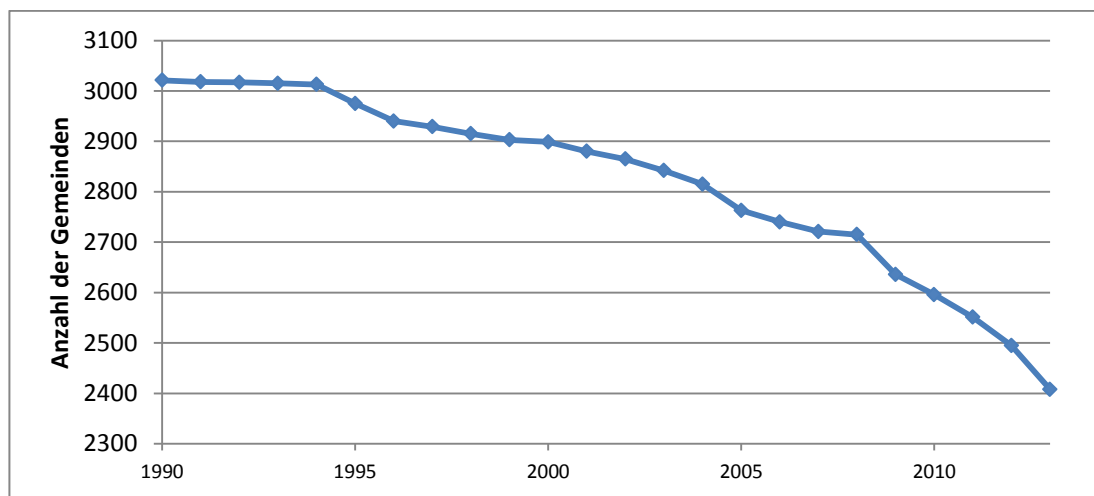


Abb. A-4: Entwicklung der Anzahl Schweizer Gemeinden von 1990 bis 2013 per 1. Januar (Daten abgerufen am 25.02.2013 <http://www.portal-stat.admin.ch/gde-tool/core/xshared/gewo.php?lng=de-de>)

⁴ 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)

⁵ Vgl. Historisches Gemeindeverzeichnis der Schweiz; <http://www.portalstat.admin.ch/gdetool/core/xshared/gewo.php?lng=de-de> ; abgerufen am 25.02.2013

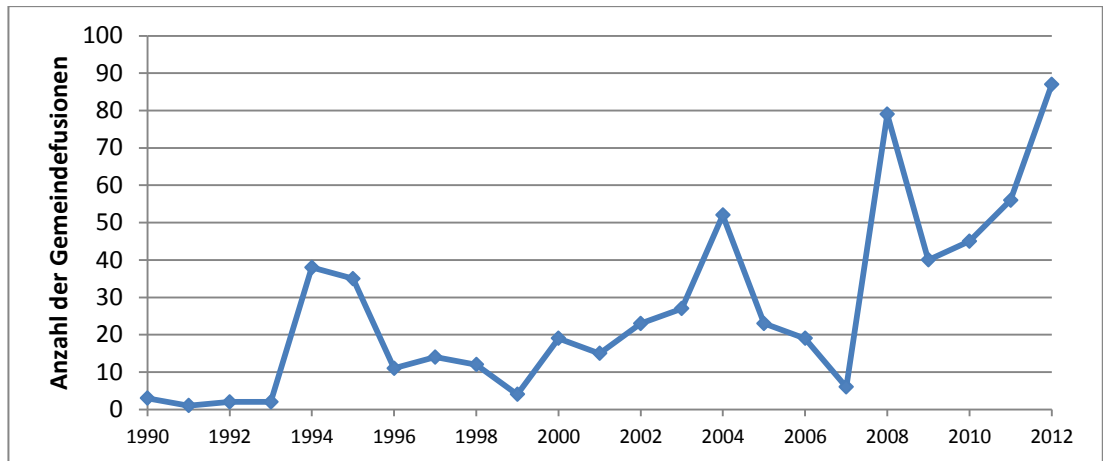


Abb. A-5: Anzahl der Gemeindefusionen von 1990 bis 2012 (Daten <http://www.portal-stat.admin.ch/gde-tool/core/xshared/gewo.php?lng=de-de>)

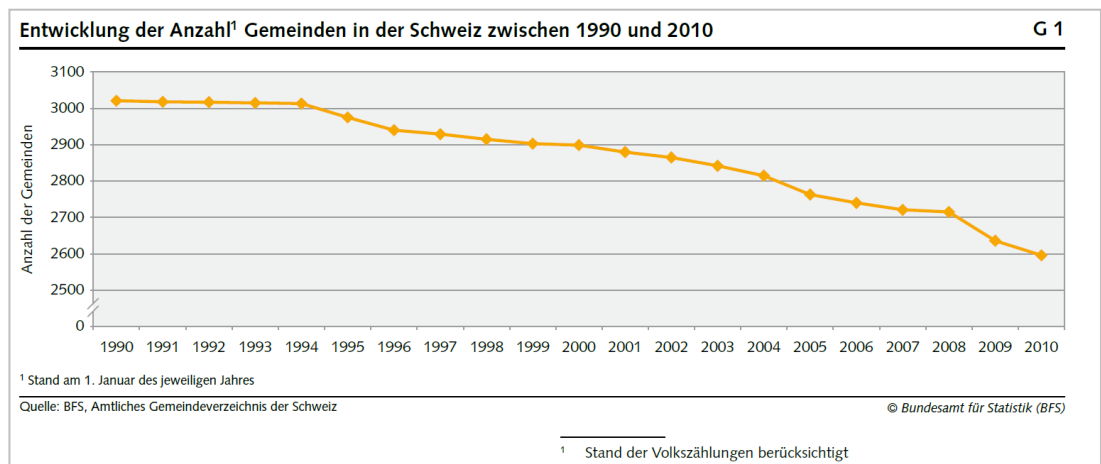


Abb. A-6: Entwicklung der Anzahl Schweizer Gemeinden von 1990 bis 2010⁶

Während sich die Abnahme der Gemeindeanzahl durch Fusionen erklären lässt (siehe Abb. A-5 und Abb. A-6), ist die Zunahme der Anzahl grösserer Gemeinden hauptsächlich durch Bevölkerungswachstum zu erklären. Abb. A-7 zeigt die durchschnittliche Anzahl der Einwohner pro Gemeinde je nach Kanton.

⁶ 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

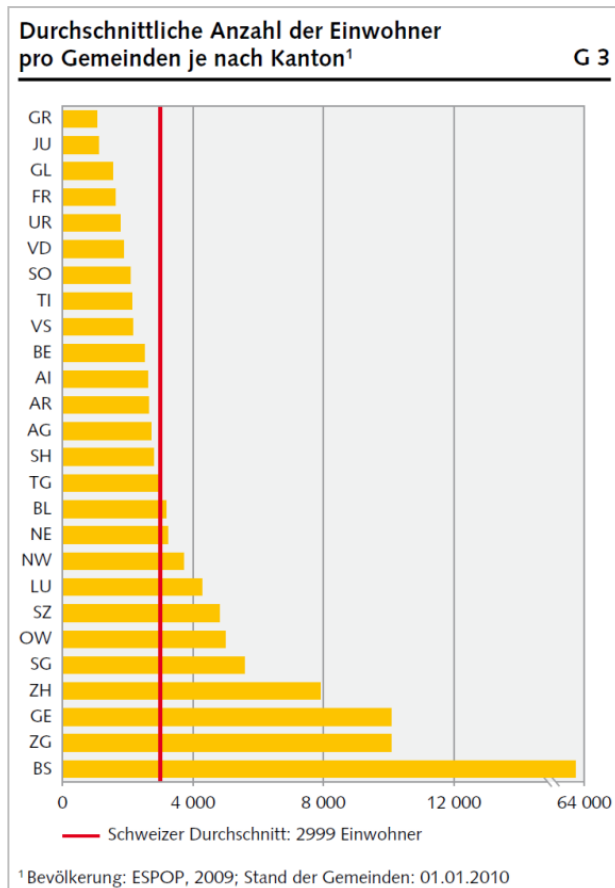


Abb. A-7: Durchschnittliche Anzahl der Einwohner pro Gemeinden je nach Kanton [12]

1.3 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 durch eine Verbesserung der Effektivität und Effizienz sowie durch Bürgerorientierung anstrebt. [13] 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“ [14]. Grundsätzlich werden dem New Public Management folgende Schwerpunkte zu Grunde gelegt: [15] [14]

- **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.) [14]
- **Organisationsorientierung:** Ziel ist es, eine klar Organisation in der öffentlichen Aufgabenerfüllung zu schaffen, die sich durch Hierarchieverflachung, Dezentralisation 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 eine hohe Qualitätsansprüche Rücksicht zu nehmen. Ferner gilt es 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.

Aus diesen Grundsätzen ergeben sich nach Schedler und Proeller [14] folgende Handlungsfelder des Public Managements: (in Anlehnung an [14])

- **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?

Schedler und Proeller [14] formulieren treffend, dass es kein einheitlich umsetzbares NPM-Modell gibt. Vielmehr bedarf es einer (gemeinde-)individuellen Anpassung respektive einer unterschiedlichen nationalen Ausprägung.

1.4 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 [16] 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 den 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 (Einführung von 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 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.

Neben der Steigerung der Wirtschaftlichkeit (**Wettbewerbsorientierung**) soll ebenso eine höhere Kostentransparenz erreicht werden, um flexibel im Umfeld agieren zu können und um die Wettbewerbsfähigkeit sowohl intern als auch extern verbessern zu können. [17]

1.5 ASTRA-Projekt 2008/004

Das Forschungsprojekt „**Prozess- und wirkungsorientiertes Management im betrieblichen Strassenunterhalt – Modell des siedlungsübergreifenden Strassenunterhalts**“ 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. Abb. A-8).

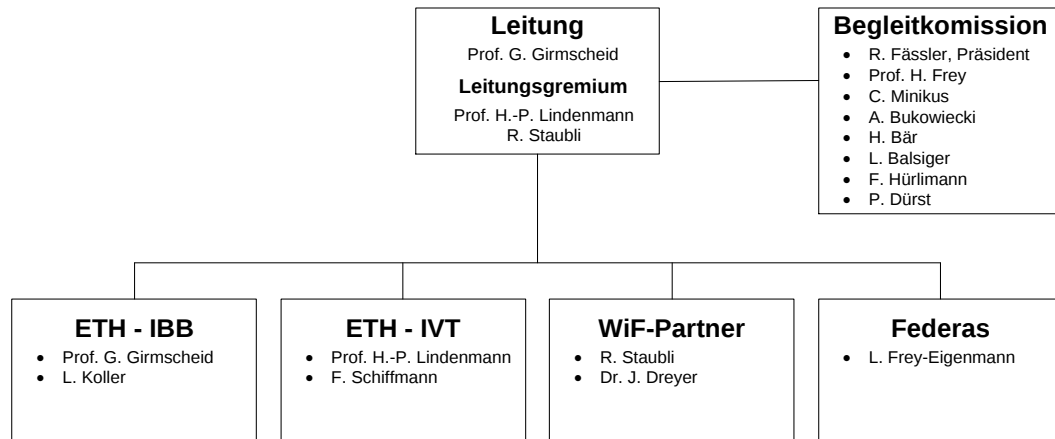


Abb. A-8: Organigramm des Forschungsprojektes ASTRA 2008/004

Das Forschungsteam setzt 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 vorliegenden 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 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 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 wird in der vorliegenden Forschungsarbeit mögliche kommunale Zusammenarbeitsformen aus politischer und rechtlicher Sicht beleuchten.

1.6 Aufbau des Forschungsberichts

Der vorliegende Forschungsbericht setzt sich aus vier Teilen A, B, C und D zusammen. Teil D stellt eine Zusammenfassung des Forschungsberichts (vorwiegend des Teils A) dar und dient als Leitfaden zur Umsetzung einer interkommunalen Zusammenarbeit im betrieblichen Strassenunterhalt.



Abb. A-9: Aufbau des Forschungsberichtes ASTRA 2008/004 - Hauptthemengebiete

1.7 Ziele der Forschungsarbeit

Das Ziel des Forschungsprojektes ASTRA 2008/004 „Prozess- und wirkungsorientiertes Management im betrieblichen Strassenunterhalt - Modell des siedlungsübergreifenden Unterhalts“ 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 Ebene 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 Leerfahrtskosten 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 Organisation und dem Einsatz effizienter Betriebsmittel 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 Prozessmodells auf Basis eines Realisierbarkeitstests.

A-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 (Stöckli in [18]). 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.

	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“	
	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“		
Winterdienst und Straßenbetriebsdienst-ausstattung	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 - Frontanbauausrüstungen - Teil 1: Feste Frontanbauplatten“ 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“ CEN/TS 15518-4 „Winterdienstausstattung - Straßenzustands- und Wetterinformationssysteme - Teil 4: Prüfverfahren bei stationären Einrichtungen“ EN 15593-1 „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	<u>VSS:</u> SN 640720c „Strassenunterhalt, Abfallentsorgung“ SN 640720c „Strassenunterhalt, Reinigung“ SN 640712a „Strassenunterhalt, Sprechfunk“ SN 640727a „Entsorgung im Strassenbetrieb“ SN 640764b „Winterdienst, Unterhaltungsgeräte“ 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, Unterführungen“ SN 640247a „Winterdienst, Überführungen“ SN 640210 „Winterdienst, Strassenabschnitt“ SN 640650 „Winterdienst, Rasplatz“	<u>EGSV:</u> 1) Technische Lieferbedingungen: Technische Lieferbedingungen und Richtlinien für Fahrzeuge des Straßenunterhaltungs- und -betriebsdienstes (TLF): - Teil A - Allgemeines - Teil B 1 - Mehrzweck-Geräteträger mit Anbauplate nach DIN 76 060 Form B - Teil B 2 - Lastkraftwagen mit Anbauplate nach DIN 76 060 Form - Teil B 3 - Streugeräte Technische Lieferbedingungen und Richtlinien für Geräte des Straßenunterhaltungs- und -betriebsdienstes (TLG): - Teil A - Allgemeines - Teil B1 - Anbaumähergeräte - Teil B2 - Handgeführte Motormähergeräte - Teil 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	<u>RVS:</u> Qualitätssicherung Betrieb: 12.01 Grundlagen 12.01.10 Organisation 12.01.12 Standards in der betrieblichen Erhaltung von Landesstraßen (Juni 2008) 12.02 Fahrzeuge und Geräte 12.02.10 Allgemeines 12.02.11 Einheitliche Kennzeichnung von Fahrzeugen und Geräten (Februar 1981) 12.02.20 Fahrzeuge 12.02.21 Kraftfahrzeuge A: Hydraulikanlagen in Winterdienstkraftwagen (April 1979) 12.02.22 Kraftfahrzeuge B: Vorbauplate für Winterdienst-Lastkraftwagen (Februar 1981) 12.02.30 Geräte zur Kommunikation 12.02.31 Sprechfunkgeräte (Mai 1988) 12.04 Winterdienst 12.04.10 Organisation und Durchführung 12.04.11 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

Abb. A-10: Übersicht der einschlägigen Normen in D-A-CH

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 Girmscheid und Lindenmann [19], Lindenmann et al. [20] vorgeschlagen und in VSS-Norm SN 640 900a [21] definiert, die Strassenverkehrsanlage in folgende Teilsysteme gegliedert (Abb. A-11):

- 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 Unterbau Böschungen Entwässerungs- anlagen	Brücken Tunnel Mauern Entwässerungs- anlagen	Beleuchtung Lüftung Verkehrsregelung Sicherheits- und Schutzeinrichtungen	Wasser Abwasser Elektroanlagen Gas Telekom	Parkplätze Rastplätze Grünanlagen Werkhöfe

Abb. A-11: Strassenverkehrsanlagen - Systematisierung nach VSS SN 640 900a [21]

Aufbauend auf die die Systematisierung der Strassenverkehrsanlage wird nach VSS-Norm SN640 900a den Teilsystemen Massnahmengruppen (Erhaltungsmassnahmen) zugeordnet und beschrieben. Dazu zählen (vgl. Abb. A-12): [21]

- Überwachung
- Betrieblicher Unterhalt
- Baulicher Unterhalt
- Veränderungen

	Fahrbahnen	Kunstbauten	Technische Ausrüstung	Werkleitungen	Nebenanlagen
Überwachung	Polizeiliche Überwachung Zustandskontrollen, -erhebung	Beobachtung Inspektion Kontrollmessung Funktionskontrollen	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

Abb. A-12: Massnahmengruppen Strassenunterhalt (in Anlehnung an [21])

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

Girmscheid und Lindenmann [19] und ebenso Dreyer [22] nahmen eine Einteilung der oben genannten Aufgabenbereiche in **Routine- und Koordinationsaufgaben** vor, wobei bei Koordinationsaufgaben eine weitere Unterscheidung in planbare Aufgaben (strategisch) und Ad-hoc-Aufgaben (taktisch) vorgenommen werden muss.

Routineaufgaben zeichnen sich dadurch aus, dass sie wiederkehrend auftreten und daher vorhersehbar und planbar sind. Diese Art der Aufgaben sind 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. [22]

Abb. A-13 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.

BETRIEBLICHER STRASSENUNTERHALT		
Aufgaben- typ Organisa- tionsaufwand	PLANBAR	VERÄNDERLICH
HOCH	▪ Strassenreinigung - Grundleistung ▪ Grünpflege ▪ Organisation - Geräte-und Einsatzplanung	▪ Winterdienst ▪ Reinigung nach unvorhersehbaren Naturereignissen
GERING	▪ Beleuchtung ▪ Technische Dienste ▪ Kleiner baulicher Unterhalt aufgrund von Verschleiss	▪ Kleiner baulicher Unterhalt aufgrund unvorhersehbarer Schäden

Abb. A-13: Aufgabentypen und deren Organisations- und Koordinationsaufwand

2.1.3 Aspekte der Nachhaltigkeit im betrieblichen Strassenunterhalt

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 Nachhaltigkeit [23] bestehend aus ökologischer, sozialer und ökonomischer Dimension, zugrunde gelegt und im entwickelten Modell berücksichtigt (Abb. A-14). 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. 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.

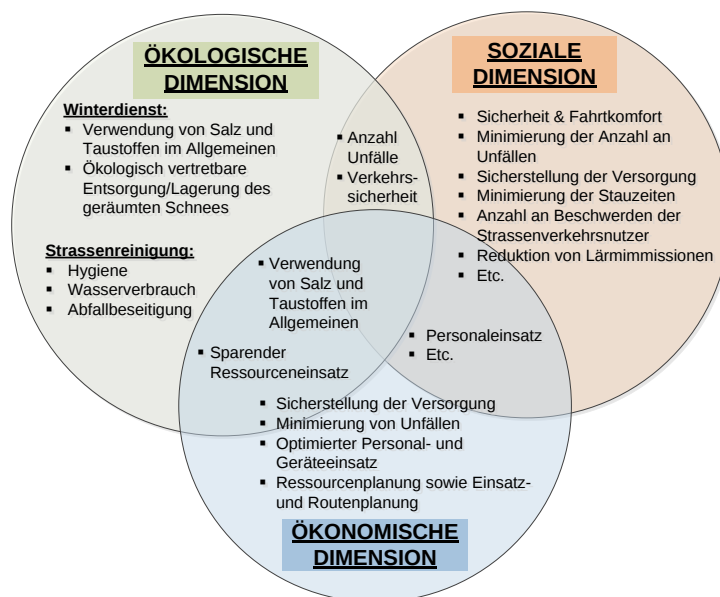


Abb. A-14: Dimensionen der Nachhaltigkeit im betrieblichen Strassenunterhalt

Abb. A-15 zeigt mögliche anzustrebende Ziele der Nachhaltigkeit am Beispiel des Winterdienstes. Diese werden als Oberziele

- Minimierung des Umwelteinflusses
- Optimierung des Ressourceneinsatzes sowie
- Qualitätssteigerung

zusammengefasst.

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 Winterdiensteinsatz
	Inventar	Inventarkosten pro Stunde Winterdiensteinsatz
		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

Abb. A-15: Nachhaltigkeitsaspekte am Beispiel kommunaler Winterdienst

2.1.4 Leistungsbereich Strassenreinigung

Die Strassenreinigung hat zum Ziel, jegliche 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, Parkierungsanlagen 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 15429-1 [24] 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 aufammelt. Die Entladung des Schmutzbehälters kann an definierten Entladestationen, Mülldeponien, Zwischenlagerplätzen oder im Werkhof erfolgen.

Das Aufnahmeverfahren des Kehrortes kann in drei Arten unterteilt werden:

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

Bei der **mechanischen Aufnahme** wird das Kehrort mittels Kehrwalze und Förder- bzw. Hebesystem in den Auffangbehälter transportiert. Dieses Verfahren findet in der Praxis nur mehr selten Anwendung. Die **pneumatische Kehrortaufnahme** 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 Kehrort 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

Klassifizierung der Reinigungsgeräte

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

- Durchfahrtsbreite
- Höhe
- Wischbreite
- Behältervolumen
- Motorleistung

in unterschiedliche **Maschinentypen** (Abb. A-16) kategorisiert. [25]

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

Abb. A-16: Einteilung Kehrmaschine mit Richtmassen [25]

Die Klassifizierung der Kehrmaschine erfolgt meist auf Basis des Rauminhalts in $[m^3]$ des Auffangbehälters. Unter **Rauminhalt** versteht man nach DIN EN 15429-1 das gesamte Innenvolumen des Auffangbehälters. Abb. A-17 zeigt die Klassifizierung der Kehrmaschinen im Vergleich Schweiz zu Deutschland.

Die Schweizer Norm SN 640 720c [25] nimmt eine Unterteilung der Kehrmaschinen in vier Kategorien vor:

- Einachskehrmaschine
- Kleinkehrmaschine
- Mittel-Kehrmaschine
- Gross-Kehrmaschine

Abb. A-17 zeigt detailliert die Einteilung der Kehrmaschinentypen in Gross-, Mittel-, Klein- und Einachskehrmaschinen nach Schweizerischer SN 640720c (1996) mit ihren Spezifikationen in Bezug auf Wischbreite, Behältervolumen und zugehöriger Kehrgeschwindigkeit, der insbesondere in Kapitel 5.2.2 in der Leistungsberechnung Bedeutung beigegeben wird.

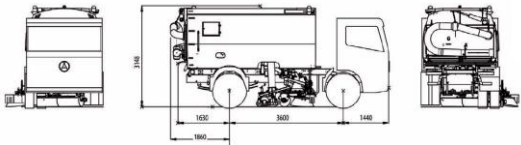
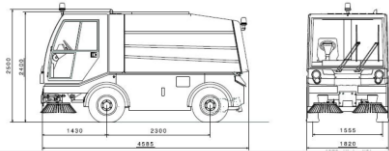
Kehrmaschinentyp	Kehrmaschinen-Spezifikationen	Schematischer Aufbau / Bild
Gross-kehrmaschine	Wischbreite: 2-3 m Behältervolumen: 5-9 m ³ Kehrgeschwindigkeit: Ca. 15 km/h	 (Quelle: Aebi Schmidt)
Mittel-kehrmaschine	Wischbreite: 2-2.60 m Behältervolumen: 2-4.5 m ³ Kehrgeschwindigkeit: Ca. 10 km/h	 (Quelle: 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)

Abb. A-17: Einteilung der Kehrmaschinentypen nach SN 640720c [25]

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 [25] mögliche Einsatzbereiche definiert.

Abb. A-18 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. [26]

	Handarbeit Travail manuel	Einachskehr- 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 dès 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

Abb. A-18: Geräte-Einsatz-Matrix: Einsatzbereiche von Kehrmaschinen [25]

Aufgabentypen in der Strassenreinigung

Wie in Kapitel 2.1.2 erläutert, können Aufgaben des betrieblichen Unterhalts in Routineaufgaben sowie betrieblich planbare Aufgaben und Ad-hoc-Aufgaben unterteilt werden. Abb. A-19 zeigt die Kategorisierung des Leistungsbereiches Strassenreinigung in planbare und strategisch veränderliche Aufgabentypen und zeigt deren Organisations- bzw. Koordinationsaufwand innerhalb des interkommunalen Zusammenschlusses.

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		
Aufgaben- typ Organisa- tionsaufwand	PLANBAR	VERÄNDERLICH
HOCH	▪ Einsatzplanung der Unterhaltsgeräte und des Reinigungspersonals ▪ Routenplanung und Einteilung der Kehrbezirke	▪ Reinigungsmassnahmen nach unvorhersehbaren Ereignissen / Witterung / Höhere Gewalt
GERING	▪ Routineaufgaben wie Grundreinigung von Strassen, Plätzen, Haltestellen, Trottoirs, etc.	▪ ...

Abb. A-19: 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 [27].

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.“⁷

Im Besonderen sei auf die VSS-Norm SN 640 750b [28] 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

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 761a [29]

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 [30]. Dabei werden auf normativer Basis (VSS SN 640 761a) Standards vorgeschrieben, die es innerhalb eines bestimmten Zeitraumes durch Planung entsprechender Räumungsmassnahmen zu erreichen gilt. Die Unterteilung der Winterdienst-Standards sind Abb. A-20 zu entnehmen.

Die Winterdienst-Standards werden in folgende Kategorien untergliedert:

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

⁷ Bundesverfassung BV Art. 83 Absatz 2

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

Abb. A-20: Winterdienst-Standard nach VSS SN 640 756a [31]

Die Organisation des Winterdienstes in der Schweiz erfolgt über die sogenannten **Dringlichkeitsstufen** (Abb. A-21). 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“ [31]

		Anwendungsbereich	Massnahme
Dringlichkeitsstufe	1	- Hochleistungsstrassen (Autobahnen, Autostrassen) - Hauptverkehrsstrassen, Teilstrecken - 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	- Quartierstrassen - Fussgängerverbindungen und Treppenanlagen zu Schulhäusern - Industrie- und Gewerbeanlagen - Wichtige öffentliche Parkplätze	Schneeräumung: In den darauffolgenden 4 Stunden Winterglätte: Je eine weitere Stunde

Abb. A-21: Dringlichkeitsstufen und dazugehörige Massnahmenplanung (in Anlehnung an [31])

Geräte im kommunalen Winterdienst – Schneeräumung

Auf Basis der VSS SN 640 757a [32] werden unter beweglichen Mitteln Traktionsmittel, Maschinen und Geräte verstanden, die zur Schneeräumung und Bekämpfung der Winterglätte eingesetzt werden können. Folgende Geräte sollen dabei vorzugsweise eingesetzt werden: [32]

- Schneepflüge
- Schneebürsten
- Schneeschleudern
- Schneefräsen
- Schneefrässchleudern
- Eishobel, Aufrau- und Planiergeräte

- Ladeschaufeln usw.

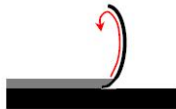
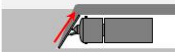
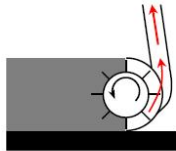
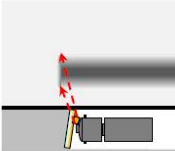
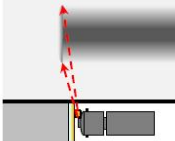
Kenndaten	Systemskizze	Draufsicht	Beispiel
Schneepflug Räumgeschwindigkeit: 10 – 70 km/h Räumleistung: - Maximal Schneehöhe: max. 0,8m (Keilpflug) Wurfweite: bis 1m			
Schneefräse Räumgeschwindigkeit: 1 - 12 km/h Räumleistung: bis 2.500 t/h Maximal Schneehöhe: ~ 1,4m Wurfweite: bis 20m			
Schneeschieleuder Räumgeschwindigkeit: 1 - 12 km/h Räumleistung: bis 1.600 t/h Maximal Schneehöhe: bis 3,5m Wurfweite: über 40m			

Abb. A-22: Übersicht über Geräte im kommunalen Winterdienst [33]

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 ist hierbei auch auf die Anforderungen an Schneepflüge gelegt, die in der Schweiz in der VSS-Norm SN 640 765a [34] geregelt und definiert werden. Die Schneepflugtechnik kann grob in folgende Pflugarten unterschieden werden [30].

- Einscharpflug
- Mehrscharpflug
- Keilpflug

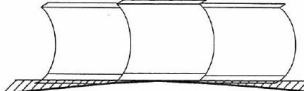
Einscharpflug	Mehrscharpflug	Keilpflug
Einscharpflug Räumergebnis auf gewölbter Fahrbahn unbefriedigend  Keine Anpassung	Mehrscharpflug mechanisch Räumergebnis auf gewölbter Fahrbahn befriedigend  Horizontale Anpassung	 (Quelle: www.eder-kommunal.de, 2013)

Abb. A-23: Einteilung Schneepflüge (in Anlehnung an [30])

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 760b [35] definiert und geregelt. Da der Schnee je nach herrschendem 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 1 bis 2 Schneepflüge und Schneeschleudern eingesetzt werden können, müssen für Schneehärten von 3 bis 4 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 [30]. 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 3.3⁸ 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, welche zwingend eingehalten werden müssen, (StoV, ChemRRV) berücksichtigt werden.

Gemäss **VSS SN 640 772b** [32] wird folgendes Inventar zur Glättebekämpfung empfohlen:

- 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. Das Zusammenwirken und die Art der Entstehung kann Abb. A-24 entnommen werden. Je nach Einflussparameter entstehen oben genannte Winterglättearten auf die es mit unterschiedlichen Winterdienstmassnahmen zu reagieren gilt.

⁸ ChemRRV, Chemikalien- Risikoreduktions- Verordnung SR814.81

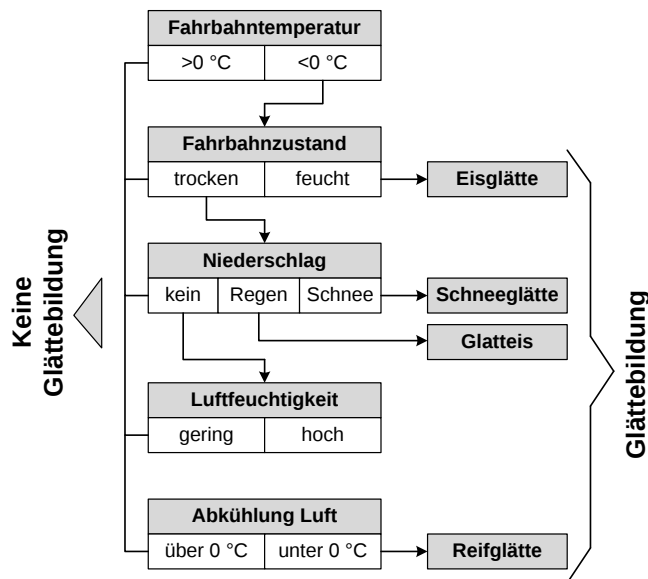


Abb. A-24: Formen der Winterglätte und deren Entstehung [30]

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 774a [36], 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 (Abb. A-25).

Streumengenermittlung in Abhängigkeit von Niederschlag, Fahrbahntemperatur und Verkehr										
Durch die begrenzte Streumenge von max. 40 g/m ² sowie die physikalisch gegebene Tauwirkung von Natriumchlorid NaCl ist eine schwarze Fahrbahn nur bis zu einer Schneefallmenge von 1 cm im Streumlauf erreichbar. Hier ist eine Räumfahrt und das Streuen von 10 g/m ² die bessere Strategie. Dabei wird eine Trennschicht zwischen Fahrbahn und Schnee erzeugt, die weitere Räumfahrten erleichtert.										
Niederschlag 0,0 mm bis 0,25 mm - Schneehöhe 0,0 mm bis 2,5 mm Reifbildung bzw. gerade wahrnehmbarer Schneefall										
Streumenge in [g/m ²]	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10
250	7	14	21	27	33	39	10	10	10	10
500	8	16	23	30	36	10	10	10	10	10
1.000	10	19	28	36	10	10	10	10	10	10
1.500	12	23	34	10	10	10	10	10	10	10
2.000	15	29	10	10	10	10	10	10	10	10
2.500	18	35	10	10	10	10	10	10	0	0
3.000	22	10	10	10	10	10	0	0	0	0
3.500	27	10	10	10	10	0	0	0	0	0
4.000	33	10	10	10	10	0	0	0	0	0
Niederschlag 0,25 mm bis 0,5 mm - Schneehöhe 2,5 mm bis 5 mm gerade wahrnehmbarer Schneefall										
Streumenge in [g/m ²]	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10
250	15	28	10	10	10	10	10	10	10	10
500	16	31	10	10	10	10	10	10	10	10
1.000	20	38	10	10	10	10	10	10	10	10
1.500	24	10	10	10	10	10	10	10	10	10
2.000	29	10	10	10	10	10	10	10	10	10
2.500	36	10	10	10	10	10	10	10	0	0
3.000	10	10	10	10	10	10	0	0	0	0
3.500	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0
4.000	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0
Niederschlag 0,5 mm bis 0,75 mm - Schneehöhe 5 mm bis 7,5 mm leichter Schneefall										
Streumenge in [g/m ²]	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10
250	22	10	10	10	10	10	10	10	10	10
500	24	10	10	10	10	10	10	10	10	10
1.000	29	10	10	10	10	10	10	10	10	10
1.500	36	10	10	10	10	10	10	10	10	10
2.000	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
2.500	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0
3.000	10	10	10	10	10	10	0	0	0	0
3.500	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0
4.000	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0
Niederschlag 0,75 mm bis 1 mm - Schneehöhe 7,5 mm bis 10 mm leichter bis mäßiger Schneefall										
Streumenge in [g/m ²]	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10
250	29	10	10	10	10	10	10	10	10	10
500	32	10	10	10	10	10	10	10	10	10
1.000	39	10	10	10	10	10	10	10	10	10
1.500	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
2.000	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
2.500	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0
3.000	10	10	10	10	10	10	0	0	0	0
3.500	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0
4.000	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0

Abb. A-25: Empfohlene Massnahmen und Streumengen zur Glättebekämpfung [33]

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 sind 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 [30]:

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

Taumittel	Vorteile 	Nachteile 
Abstumpfende Streumittel (Splitt, Sand, Asche,...)	▪ 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	▪ 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 Kehrtaufwand ▪ Nachstreuen häufig notwendig
Auftauende Streumittel (Trocken-, Feuchtsalz, etc.)	▪ Aufbringen auf mehreren Fahrbahnen gleichzeitig ▪ Grosse Reichweiten möglich ▪ Auch auf Strecken mit hoher Verkehrsbelastung geeignet ▪ Gute Dosiermöglichkeiten ▪ Lange Wirksamkeit bei hoher Verkehrsdichte ▪ Geringe Reinigungskosten	▪ Erfahrungen im Streudienst notwendig hinsichtlich der Streumengen für einen umweltschonenden Einsatz ▪ Viele Abhängigkeitsfaktoren bezüglich der Streusalzausbringung (Niederschlag, Temperatur, Wind, etc.) ▪ Höhere Investition in Streugeräte

Abb. A-26: Vor- und Nachteile abstumpfender und auftauender Streumittel (in Anlehnung an [30], [37])

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.

Wichtig für ein effizientes Salzmanagement ist vor allem ein kontinuierliches Monitoring der Salzbestände in den Lagern. Laut Badelt in [38] 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. Abb. A-27 zeigt beispielhaft die Tausalzverbräuche in Österreich im Winter der Jahre 2005 bis 2010 sowie deren durchschnittlichen Streumittelverbrauch.

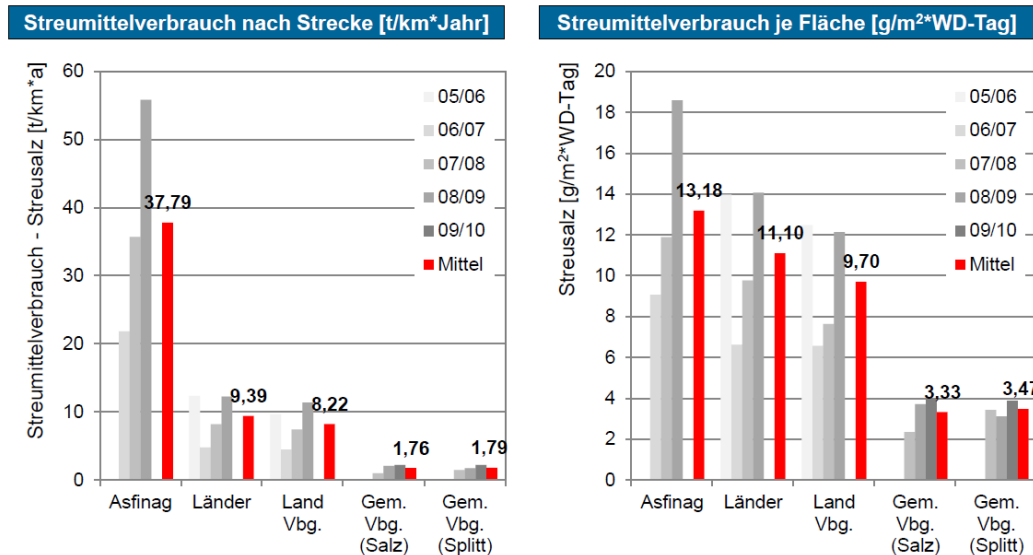


Abb. A-27: Streumittelverbrauch in Österreich über 5 Jahre [33]

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. In Abb. A-28 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	▪ Einsatzplanung der Rämmaschinen ▪ Routenplanung und Einteilung der Räumbezirke	Situations- bzw. wetterbedingte Planung/Entscheidung über die ▪ Schneeräumung ▪ Bekämpfung der Winterglätte ▪ Unerwartete Fahrzeugreparatur
GERING	▪ Vor- und Nacharbeiten im Winterdienst (z.B. Einsatzdokumentation,...) ▪ WD-Alarmierung ▪ Bestellung der Betriebsmittel (Salz, Verschleissteile, usw.)	▪ Nachbestellung des Salzvorrats

Abb. A-28: 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 - bis 18 Stunden im Voraus),
- Strassenzustandsberichte (Automobilclub Schweiz ACS, Touring Club Schweiz 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 Glätteisgefahr 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 normalen 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 Winterdienst VSS SN 640 756a [31]

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.

Signalisation, bauliche Massnahmen VSS SN 640 778a [39]

Signalisationen und bauliche Massnahmen werden eingesetzt, um die Verkehrssicherheit zu gewährleisten sowie die Effizienz der Unterhaltsarbeiten steigern. Unter Signalisation fallen gemäss VSS SN 640 778a 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 Signalisationsverordnung 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.

2.2 Fragen der Praxis

Das Bundesamt für Strassen (ASTRA), kantonale, kommunale und private Strassenbetreiber verfolgen effizienzsteigernde Massnahmen im Bereich des 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 für Ressortverantwortliche oftmals 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 somit 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.
- 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:

Leitfrage 1 – Teilmodell I

Wie kann für eine siedlungsübergreifende Zusammenarbeit eine optimale Gerätekonfiguration (in Abhängigkeit der Leistungen und unter Berücksichtigung des geforderten Qualitätsstandards) nach dem ökonomischen Minimalprinzip sichergestellt werden?

Folgende Fragestellungen haben sich in Bezug auf die strategische Ebene des betrieblichen Strassenunterhalts in der Praxis entwickelt:

Leitfrage 1 – Teilmodell II

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?

Leitfrage 2 – Teilmodell II

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 Modellen. Nutzniesser der Resultate sind politische Entscheidungsträger und Verantwortliche für den betrieblichen Strassenunterhalt der Gemeinden, die Kooperationen im betrieblichen Unterhalt mit anderen Gemeinden eingehen möchten, indem sie das entwickelte Unterhaltmodell anwenden und ihre Organisation und Verwaltungsstruktur anpassen. Die Anwendung des siedlungsübergreifenden Unterhaltmodells ermöglicht es, Optimierungspotentiale im betrieblichen Strassenunterhalt zu erkennen und auszuschöpfen.

A-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 in der kommunalen Aufgabenerfüllung der Verwaltungen. Diese umfassen Optimierungsbestrebungen bezogen auf die gesamte Strassenverkehrsanlage einschliesslich der Kunstbauten, der Ver- und Entsorgungsleitungen. Besonders im Bereich der interkommunalen Zusammenschlüsse 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 folgend 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 [40] als (vereinfachtes) Abbild eines realen Problems oder Systems gesehen werden. Die Abbildung eines solchen realen Problems bedingt, analog zur realen Welt, eine Vielzahl an Entscheidungssituationen, die es mithilfe eines Entscheidungsmodelles zu lösen gilt. Demzufolge werden Entscheidungsmodelle und darin behandelte Entscheidungssituationen anhand von Zielgrössen definiert. [41]

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. [40]

Ein Entscheidungsmodell wird durch die folgenden charakteristischen Elemente geprägt:

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

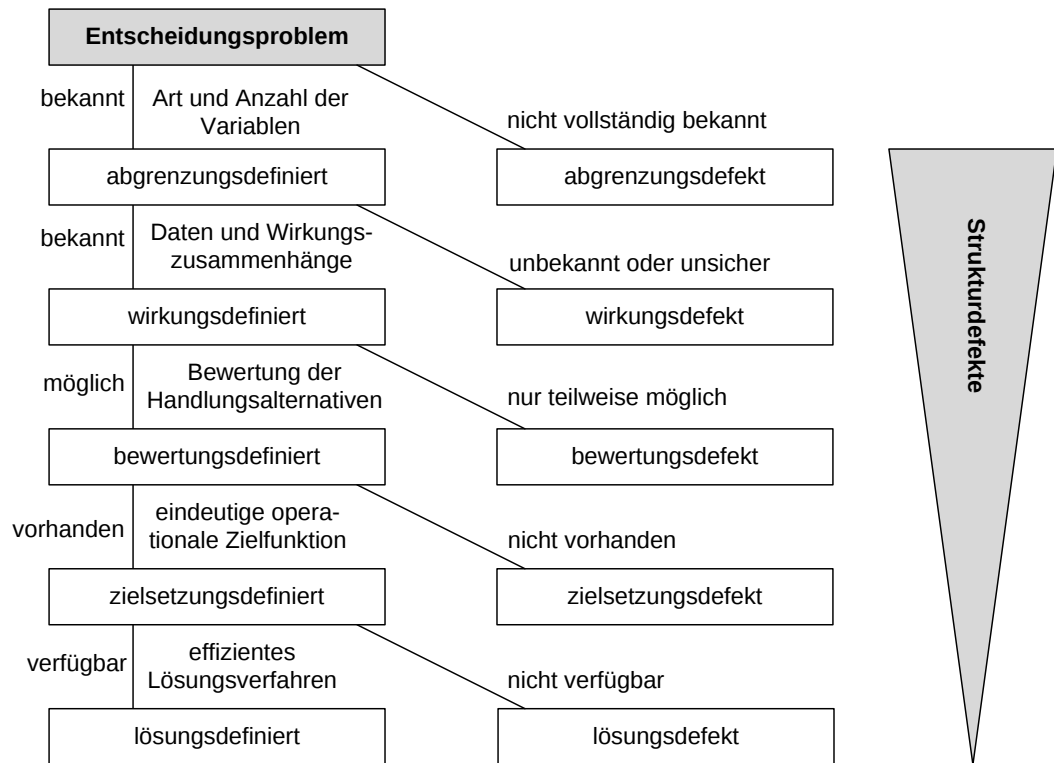


Abb. A-29: Strukturebenen von Entscheidungsmodellen [42]

Abb. A-29 zeigt die Klassifikation von Entscheidungsmodellen, wobei der Grad der Strukturiertheit des Entscheidungsproblems von oben nach unten zunimmt.

Von einem abgrenzungsdefinierten Problem spricht man beispielsweise dann, wenn dem Entscheider die Art und Anzahl der Variablen und somit der Handlungsalternativen nicht, oder nicht vollständig bekannt sind. Sind die Ursache-Wirkungs-Beziehungen bzw. die daraus folgenden Wirkungszusammenhänge nicht erkennbar, so spricht man von einem wirkungsdefinierten Entscheidungsproblem. Von einem wohlstrukturierten bzw. effizient lösbaeren Problem kann dann ausgegangen werden, wenn zur Lösung des Modells ein effizientes Lösungsverfahren existiert. [43]

Das entwickelte Forschungsmodell stützt sich im Wesentlichen auf den Ansatz der kybernetischen, systemorientierten Managementtheorie, die abgeleitet aus der Systemtheorie, die Entwicklungen des St. Galler Management-Modells von Ulrich [44] und Bleicher [45] integrieren.

Dabei lassen sich drei Management- oder Handlungsebenen unterscheiden (Abb. A-30):

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

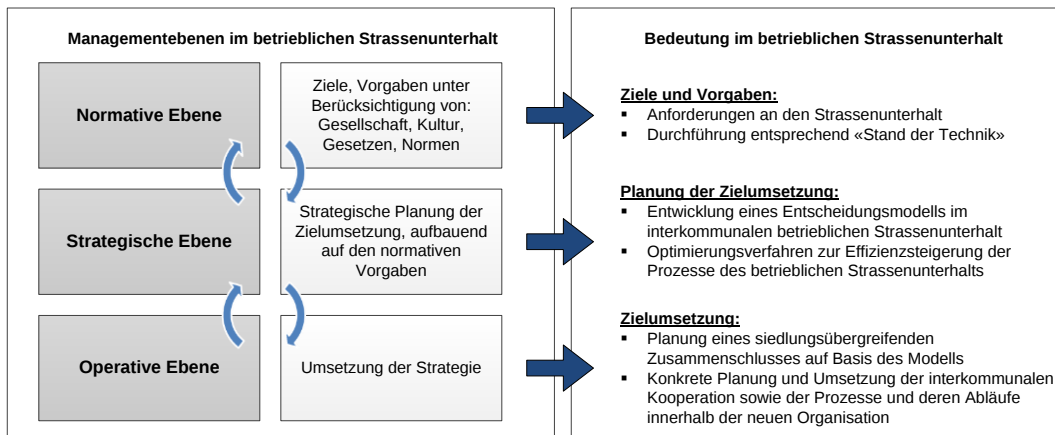


Abb. A-30: Managementebenen im betrieblichen Strassenunterhalt (in Anlehnung an [45])

Der Fokus der vorliegenden Forschungsarbeit liegt auf der strategischen und operativen Managementebene, wobei auf Ersterer 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.

Die operative Ebene dient zur Zielumsetzung, wobei die auf strategischer Ebene entwickelten Konzepte realisiert, kontrolliert und überwacht werden. Wichtig ist dabei die Kenntnis darüber, dass es sich um einen dynamischen Prozess handelt, der ständige Interaktionen mit der übergeordneten strategischen Ebene erfordert.

3.2 Forschungsfeld Betrieblicher Strassenunterhalt allgemein

Die ersten Bestrebungen im **Erhaltungsmanagement** von Strassen im deutschsprachigen Raum wurden von Oefner und Schmuck [46] unternommen. Lindenmann et al. [47] entwickelte ein Erhaltungsmanagementkonzept im Bereich der VSS-Normung des kommunalen Strassenunterhalts. Emch & Berger AG in Zusammenarbeit mit Forschungspartnern [48] beschäftigte sich mit der Optimierung des Systems Strasse in Zusammenhang mit Versorgungseinrichtungen wie Abwasser, Gas-, Elektrizitäts- und Wasserversorgung sowie Telekommunikationsleitungen. Wichmann [49] 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 [50] und Schnieder [51], die sich insbesondere mit der Dimensionierung und Ausstattung von Werkhöfen auseinandersetzten. Roos et al. [52] 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 [53] mit der prozessorientierten Durchführung und Organisation des Winterdienstes. Cypra [54] 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 [55] und Bergström [56] mit den Auswirkungen des Winterdienstes auf die Unterhaltskosten von Strassen.

3.3 Forschungsfeld Operations Research

Viele Entscheidungsprobleme verwenden zur Lösung der Probleme **Optimierungsverfahren**, die eine reale Entscheidungssituation möglichst genaue widerspiegeln und mit Hilfe von mathematischen Methoden eine möglichst genau 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.“ [57]

Abb. A-31 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 (multi-kriteriell) 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		Totalmodell vs. Partialmodell
Simulationsmodelle		
Entscheidungs- bzw. Optimierungsmodelle	Qualitative Modelle	

Abb. A-31: Einteilung möglicher Optimierungsmodelle (in Anlehnung an [58])

Verfahren aus dem Operations Research können grob in folgende Gebiete unterteilt werden [58] [59] [60]:

- 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: [61]

- 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 [62] geschaffen, der den Anstoss für die weitere Erforschung und mathematische Formulierung dieses Optimierungsproblems anstoss.

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 [63], der erstmals die Anwendung der Graphentheorie auf Planungs- und Tourenprobleme des städtischen Strassendienstes im Raum Zürich untersuchte. Des Weiteren erforschte Durth [64] die Optimierung der Einsatzplanung für den Strassenwinterdienst in Städten und Gemeinden. Zhu [65] entwickelte ein flexibles Verfahren zur Lösung von kantenorientierten Tourenplanungsproblemen im betrieblichen Strassenunterhalt.

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 .

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, die kürzesten Wege in Graphen (im vorliegenden Forschungsprojekt 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.



Abb. A-32: Anwendung der Graphentheorie auf ein Strassennetz

Zur Bestimmung kürzester Wege können laut Graphentheorie zwei grundsätzliche Verfahren unterschieden werden:

- 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 in Kapitel 6.1 vorgestellt und angewendet.

3.4 Forschungsfeld Wirtschaftlichkeitsanalyse und Effizienzsteigerung

Am **Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement der ETH Zürich** im Bereich der kommunalen Strassenerhaltung wurde von Girmscheid [66] und Girmscheid [67] 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 Girmscheid [68], Girmscheid und Fastrich [69] sowie Girmscheid [70] 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 Unterhaltsmassnahmen sowie ein LC-Erhaltungsoptimierungsmodell zur Definition einer optimalen Erhaltungsvariante.

Im Bereich des Bauinventarmanagements zeigt Girmscheid [71] ein mögliches Bauhof- und Bauinventarmanagementkonzept zur Ergebnis- und Liquiditätssteigerung auf. Des Weiteren wurde von Girmscheid ([72] und [73]) 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 Leistungsermittlungsverfahren ermöglichen den Bauunternehmen eine optimale Auswahl von Bereitstellungsvarianten von Bauproduktionseinrichtungen. Grosses Potential in Bezug auf Effizienzsteigerungen in der Aufgabenerfüllung sieht zudem Porwollik [74] in der Netz- und Standortoptimierung zur Erreichung einer besseren Auslastung des Fahrzeug- und Geräteparks.

Höfeler [75] 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.

3.5 Forschungsfeld Interkommunale Zusammenarbeit (IKZ)

Mögliche Formen von interkommunaler Zusammenarbeit und Gemeindegemeinschaften in der Schweiz werden in Steiner [76] diskutiert. Dieser zeigt die Ursachen und Konsequenzen interkommunaler Kooperationen und Gestaltungsempfehlungen für die politischen Behörden auf.

Steiner et al. [77] 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 [78] 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. Die Ausnutzung von Effektivitäts- und Effizienzsteigerungspotentialen in Kooperationen wird in Zentes [79] behandelt, wohingegen allgemeine Grundlagen zur Organisation und deren Entwicklung in Picot et al. [80] geliefert werden.

Am Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement der ETH Zürich wurde die Grundlage für ein siedlungsübergreifendes Unterhaltsmodell in Girmscheid et al. [19] gelegt, worin mögliche Formen von PPP-Kooperationen für den Strassenunterhalt dargestellt werden. Dreyer [22] entwickelte dazu auf wissenstheoretischer Basis ein Prozessmodell zur Gestaltung einer Public Private Partnership für den kommunalen Strassenunterhalt in der Schweiz.

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.

3.6 Fragen der Forschung

Sowohl in der Praxis als auch in der Forschung mangelt es an Modellen, die den Gemeindevertretern 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 können auf Basis der erarbeiteten Forschungsgrundlagen durch Forschungsfragen ergänzt werden. Demzufolge können auf den Grundlagen des Standes der Praxis und Forschung folgende zu klärende **Forschungsfragen** (aufbauend auf den zuvor definierten Leitfragen in Kapitel 2.2) gebildet werden:

Forschungsfrage – Teilmodell I

Wie muss eine Kosten-Leistungs-Funktion abgebildet 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?

Des Weiteren lässt sich zu Teilmodell II, dem Werkhof-Standort-Routen-Modell, in Bezug auf mögliche organisatorische Aspekte auf operativer Prozessebene, folgende Forschungsfrage ableiten:

Forschungsfrage – Teilmodell II

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 auszufinden?

Mit den beiden vorliegenden Teilmodellen I und II wird dem Anwender ein wissenschaftlich fundiertes Modell zur Entscheidungsfindung 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 Baumanagements liegen umfangreiche Erkenntnisse zu Leistungsberechnungen und Leistungsmessungen von Bauproduktionseinrichtungen vor, die eine Systematik in der Leistungserfassung aufzeigen [2]. Neben dem Bereich der Bauprozessoptimierungen steht ebenso das Wissenschaftsgebiet der Kooperationen im Fokus von aktuellen Forschungsanstrengungen. Dennoch fehlen gerade im Verwaltungsbereich des betrieblichen Strassenunterhalts und im Speziellen in der interkommunalen Kooperation in diesem Aufgabengebiet umfassende Modelle zur Entscheidungsfindung. Insbesondere bleibt die Frage unbeantwortet, unter welchen Parametern der operative Einsatz in einer interkommunalen Zusammenarbeit im betrieblichen Strassenunterhalt gestaltet werden muss, um dem Umstand der nicht voll umfänglich genutzten Geräte in den Werkhöfen sowie unausgelastetem Personal entgegenzuwirken.

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 Forschungsprojekt 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.
- 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. 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 und prozessorientiert aufbereitet, den langfristigen möglichen Nutzen aufzeigt sowie die Gemeinden motiviert neue Wege der Partnerschaft zu gehen und Veränderungen als Chancen zu sehen.

A-4 Einführung in das IKZ-Prozessmodell im betrieblichen Strassenunterhalt

Das in dieser Forschungsarbeit konzipierte Modell zur siedlungsübergreifenden Zusammenarbeit im betrieblichen Strassenunterhalt wurde unter holistischen und wissenschaftlich anerkannten Aspekten und Theorien 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. Abb. A-33 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 gemeindespezifisch zu evaluieren gilt.
- **Nutzer:** Die Nutzer der Strassenverkehrsanlage verfolgen primär den hohen Anspruch der Sicherstellung der Verkehrssicherheit und wünschen einen hohen Fahrkomfort 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.

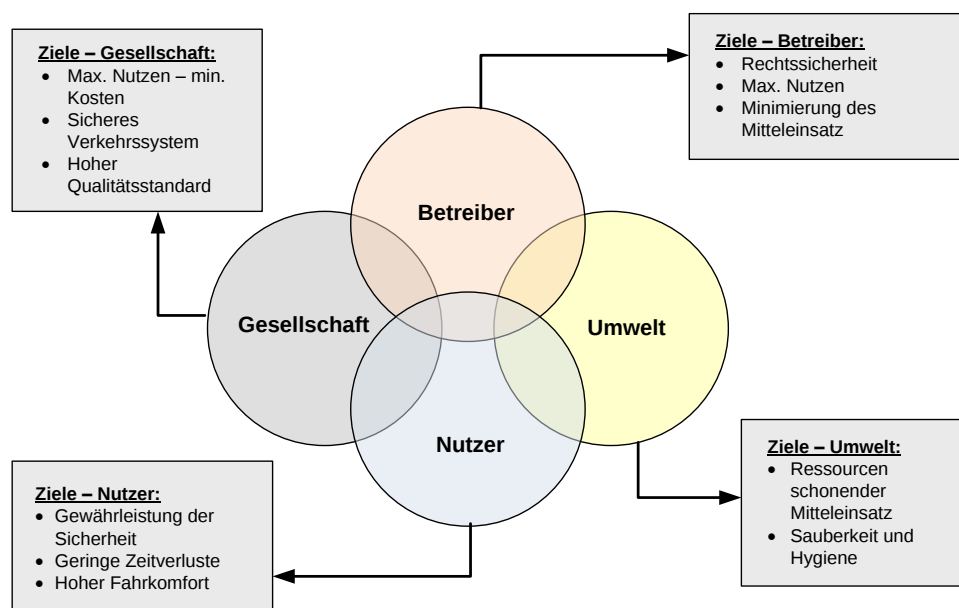


Abb. A-33: Stakeholder-Ziele im betrieblichen Strassenunterhalt

4.1 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:**
Kosten-Leistungs-Modell zur optimalen Gerätekonfiguration im betrieblichen Strassenunterhalt
- **Teilmodell II:**
Werkhofstandort-Routen-Modell zur Entscheidungsfindung für interkommunale Kooperationen im betrieblichen Strassenunterhalt

Abb. A-34 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.

Das **Teilmodell I (Kosten-Leistungs-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:

- Prozess-Ermittlung und 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.

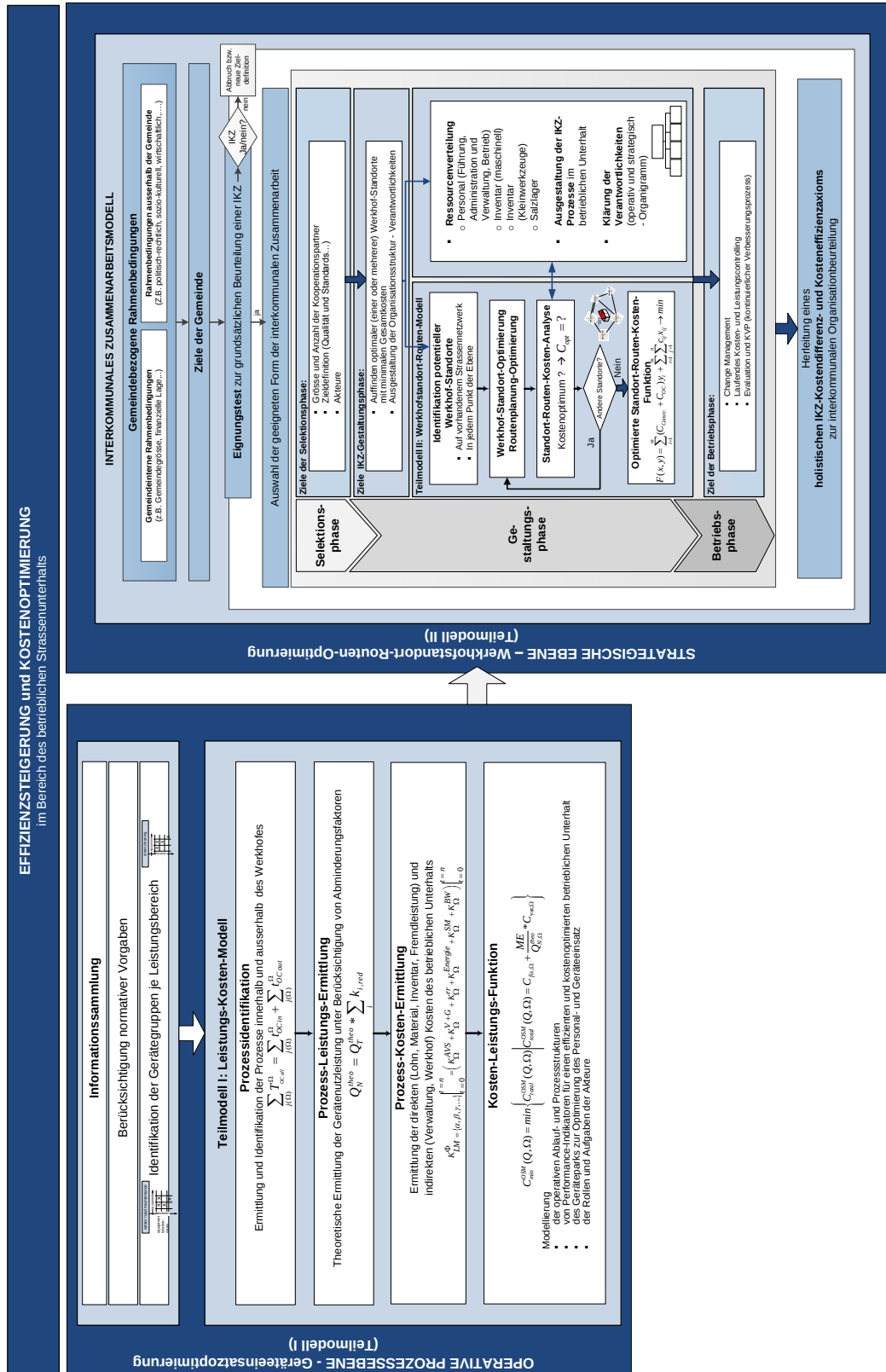


Abb. A-34: Ablaufschema des IKZ-Prozessmodells (Teilmodell I und Teilmodell II)

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 werden sowohl betriebliche als auch administrative Sprungkosten je nach Grösse des zu bedienenden Strassennetzes in die Berechnung miteinbezogen. Die Umsetzung und Anwendbarkeit der Modellergebnisse erfolgt in einem abschliessenden Realisierbarkeitstest.

4.1.1 Aufbau des interkommunalen Prozessmodells

Das interkommunale Zusammenarbeitsmodell (IKZ-Modell) gliedert sich in **fünf Stufen** wie in Abb. A-35 ersichtlich. IKZ-Phase A1 bis A3 (IKZPHA1-3) zeigt die ersten notwendigen und grundlegenden Schritte im Zuge der Entscheidungsfindung über eine siedlungsübergreifende Kooperation.

In Phase IKZ-PHA3 gilt es einen Eignungstest zur ersten grundsätzliche Einschätzung der Machbarkeit durchzuführen (siehe Kapitel 4.1.3). 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 Abb. A-36).

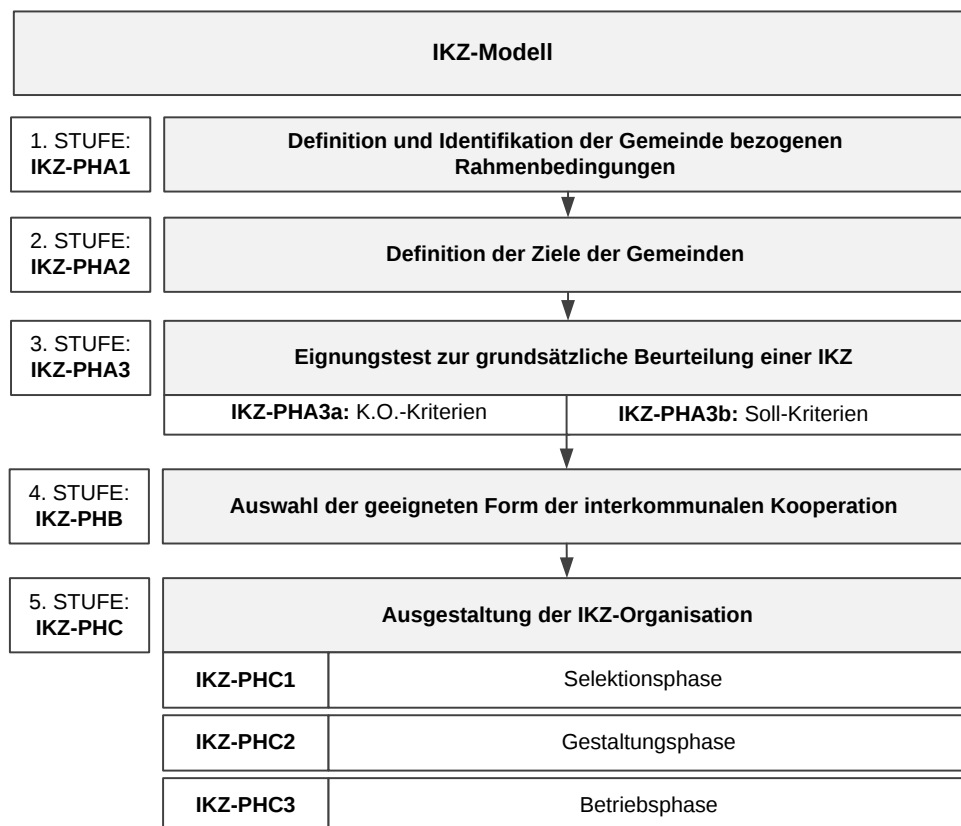


Abb. A-35: Ablaufstruktur des fünfstufigen IKZ-Modells

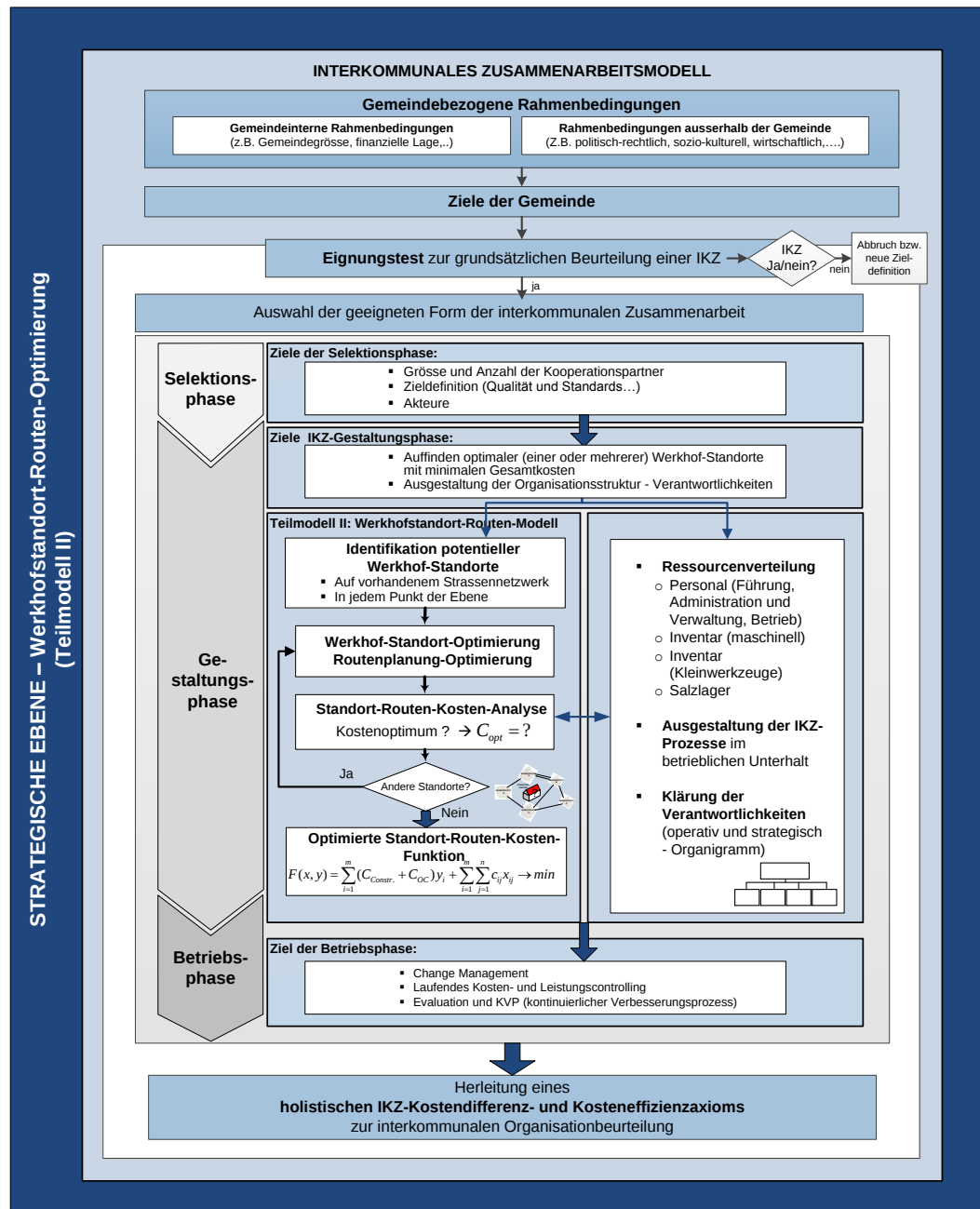


Abb. A-36: Ablaufschema des Werkhofstandort-Ruten-Modells (Teilmodell II)

Im Folgenden wird anhand des fünfstufigen Ablaufprozesses (Abb. A-35 und Abb. A-36) das Vorgehen bei der Umsetzung einer möglichen siedlungsübergreifenden Kooperation erläutert.

IKZ-Phase 1: Definition und Identifikation 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. [7]

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: [78], [81]

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

Abb. A-37 stellt schematisch die Interaktionen zwischen den einzelnen Rahmenbedingungen des regionalen Umfeldes in Zusammenhang mit den Leistungsbereichen des betrieblichen Strassenunterhalts.

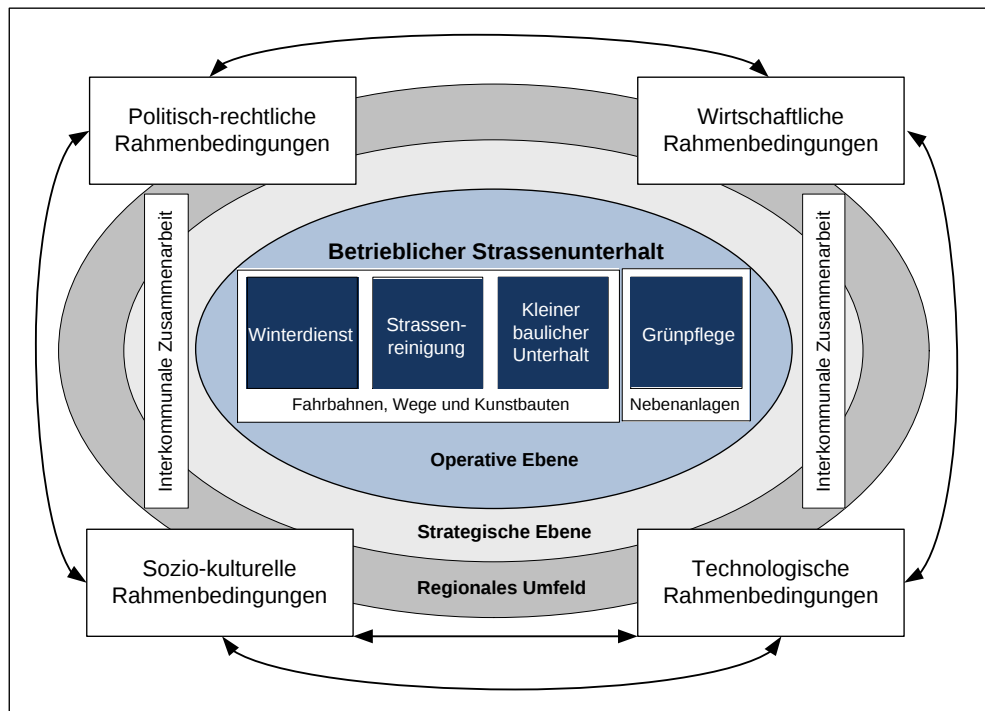


Abb. A-37: Interaktion der Umfeld bezogenen Rahmenbedingungen einer IKZ

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 [82]. Ein weiterer Faktor im politisch-rechtlichen Bereich kann der Finanzausgleich zwischen den Gemeinden dar. In der Schweiz werden laut Steiner 70% aller Gemeindefinnahmen durch Steuern und Gebühren eingehoben. Aus diesem Grund wird ersichtlich, dass ebenso die Steuerpolitik und der interkommunale wie auch interkantonale Finanzausgleich einen wesentlichen 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 [76] 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. [7]

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. [83]

Wirtschaftliche externe Rahmenbedingungen sind von überaus wichtiger Bedeutung für die Bildung einer IKZ, jedoch üben sie zumeist nur indirekten Einfluss aus. 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 bewirken soll oder andererseits aus Gründen der Effektivität zur Erreichung einer besseren Leistungserbringung innerhalb der kommunalen Aufgaben [78] [84]. Somit lässt sich festhalten, dass je nach finanzieller Situation einer Gemeinde die Forcierung zur Umsetzung einer IKZ unterschiedlich stark ausfällt. Balling [85] stellt dazu bereits fest, dass vor allem eine Knappheit an Ressourcen zu einer erhöhten Kooperationsbereitschaft führt, um mithilfe einer IKZ diesem Umstand besser entgegenwirken zu können. [85]

Unter **technologischen externen Rahmenbedingungen** versteht man das Bestreben einer Gemeinde die Aufgabenerfüllung mit möglichst technologisch fortschrittlichen Geräten und Equipment durchzuführen. Da interkommunale Zusammenschlüsse 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 aufgrund der Topografie der Gemeinden beeinflusst wird. Zudem spielt die Lage der Gemeinden untereinander eine Rolle bei der Auswahl eines oder mehrerer Werkhofstandorte.

Neben den externen Einflüssen sind zudem die **gemeindeinternen Rahmenbedingungen** jeder kooperationswilligen Gemeinde zu prüfen. Diese lassen sich, ebenso wie vorherige externe 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 betrachtet als Angaben zur Charakterisierung einer Gemeinde. 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“ wie Steiner [7] treffend feststellt. (siehe dazu auch [5])

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.

Nach positiver Zieldefinition aller Beteiligten wird an dieser Stelle auf die Beurteilung der Kooperationsfähigkeit kommunaler Aufgaben eingegangen.

4.1.2 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 und unter Verwendung einer entscheidungstheoretischen Methode (*Analytic hierarchy process (AHP)-Methode*) beurteilt werden.

Im Folgenden wird unter Verwendung der „**Analytic hierarchy process**“ (**AHP**)-**Methode** AHP-Methode 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.

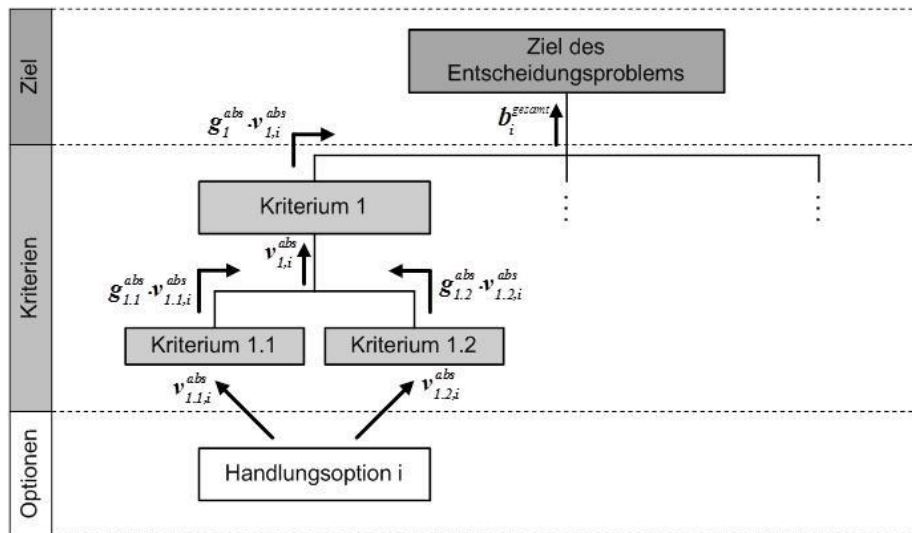


Abb. A-38: AHP-Hierarchiestufen [61]

Die Beurteilung der Kooperationsfähigkeit der Bereiche des betrieblichen Strassenunterhalts beruht auf den Grundlagen der Transaktionskostentheorie. Abb. A-39 zeigt die zur Bewertung verwendete hierarchische Struktur unter Anwendung der AHP-Methode. Dabei werden die Transaktionscharakteristika

- Spezifität,
- Häufigkeit,
- Strategische Relevanz und
- Synergiepotential

als Hautbeurteilungskriterien zur Erreichung des Oberzieles „Optimale Form der Aufgabenerfüllung“ herangezogen. Zur Lösung des Entscheidungsproblems wird im ersten Schritt das Oberziel definiert was in weiterer Folge zur Identifikation und Definition von Entscheidungskriterien führt. Ebenso müssen zur Zielerreichung Alternativen definiert werden. 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.

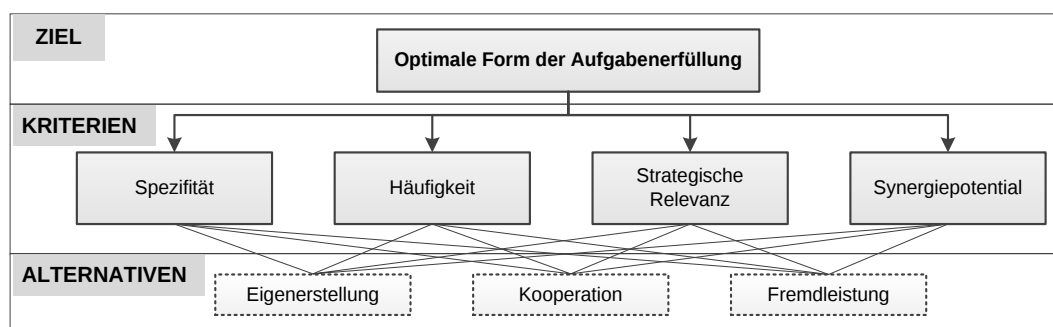


Abb. A-39: Hierarchische Struktur - AHP

Vorgehensweise zur Beurteilung der Kooperationsfähigkeit

Im ersten Schritt wird eine Gewichtung der Beurteilungskriterien relativ zueinander vorgenommen. Abb. A-40 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.

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.

Abb. A-40: Möglichkeiten zur Gewichtung der Beurteilungskriterien

Abb. A-41 zeigt die Gegenüberstellung und relative Gewichtung der in Abb. A-39 definierten Beurteilungskriterien. Entscheidend dabei ist, dass die Gewichtung paarweise und als relative Beziehung zueinander vorgenommen wird.

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

Abb. A-41: 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 somit die relative Gewichtung der Beurteilungskriterien vorgenommen wurde,

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

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 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.

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

Abb. A-42 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	$\rightarrow g_{SP}^{abs} = 0.41$	$\rightarrow 41\%$

Abb. A-42: 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 [86] verstehen darunter „die exklusive Bereitstellung, Gestaltung und den besonderen Einsatz von Ressourcen“. Proeller und Schedler [87] sehen Spezifität als eine „exklusive Ausrichtung und zur Verfügung Stellung von Ressourcen für eine bestimmte Leistung“.

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	$\rightarrow v_{S,KF}^{rel} = 1/2$

Abb. A-43: Relative Gewichtung der Alternativen - Beurteilungskriterium Spezifität

Abb. A-43 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. $\lambda = 3.0142$.

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 2.1.2 dargestellt, können Aufgaben im Bereich des betrieblichen Unterhalts in Routine- und Ad hoc-Aufgaben eingeteilt werden. [88], [22]

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 Koordinationskosten [89] 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. [85] [78] Abb. A-44 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	$\rightarrow v_{H,EK}^{rel} = 1/2$
Eigenerstellung : Fremdbezug	$\rightarrow v_{H,EF}^{rel} = 1/3$
Kooperation : Fremdbezug	$\rightarrow v_{H,KF}^{rel} = 1$

Abb. A-44: Relative Gewichtung der Alternativen - 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.

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

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

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 [90] 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“ 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“ [91] durchgeführt werden kann.

Abb. A-45 zeigt die relative Gewichtung der Alternativen Eigenerstellung, Kooperation und Fremdbezug in Bezug auf das Beurteilungskriterium der strategischen Relevanz zueinander.

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

Abb. A-45: 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 Kommunale Gemeinschaftsstelle für Verwaltungsmanagement KGSt 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 Tüftung von Investitionen, der Bedarf an Spezialgeräten, Reduzierung von Stückkosten etc. [82]

Im vorliegenden Fall wird für Leistungen im Bereich des betrieblichen Strassenunterhalts das Synergiepotential bei Kooperationen höher bewertet als jenes im Falle einer Eigenerstellung. Abb. A-46 zeigt die vorgenommenen relativen Gewichtungen in Bezug auf das Beurteilungskriterium Synergiepotential.

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

Abb. A-46: 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.

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

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

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:

$$\begin{aligned}
 b_{opt}^{gesamt} &= \max \left\{ b_i^{gesamt} \right\}_{i=1}^n \\
 b_{opt}^{gesamt} &= \left\{ b_{opt}^{gesamt} \mid b_{opt}^{gesamt} = \max \left\{ b_i^{gesamt} \right\}_{i=1}^n \right\}
 \end{aligned}$$

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

Abb. A-47: Gesamtbewertung der Alternativen zur Aufgabenerfüllung

Abb. A-47 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. Ausgestaltung der IKZ-Organisation

4.1.3 IKZ-Eignungstest

Der erste Schritt zur Überprüfung der Umsetzung 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 (siehe dazu auch [92]).

Die Phase IKZ-Phase A3 „Eignungstest“ besteht aus zwei Unterstufen:

- IKZ-Phase A3a: Definition von K.O.-Kriterien
- IKZ-Phase A3b: Definition von IKZ-Soll-Kriterien

Die Stufe IKZ-Phase A3a hat zum Ziel, alle Kriterien zu erfassen, die unabdingbar sind und bei einer interkommunalen Kooperation vollständig erfüllt sein müssen. Diese sogenannten K.O.-Kriterien [93] (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.

Abb. A-48 gibt einen Überblick über die Phasen IKZ-Phase A3a und IKZ-Phase A3b und zeigt mögliche Bewertungsprozeßsätze 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.

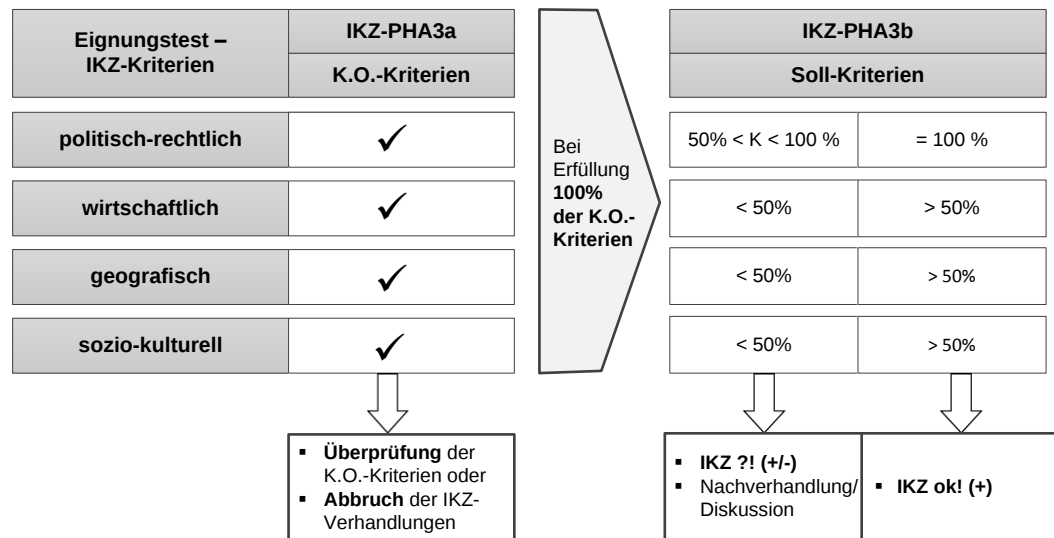


Abb. A-48: Eignungstest - Bewertung der IKZ-Kriterien

Wurden alle K.O.-Kriterien der Phase IKZ-Phase A3a positiv beurteilt, kann in die zweite Stufe (IKZ-Phase A3b), der Beurteilung und Bewertung der **Soll-Kriterien**, übergegangen werden. Soll-Kriterien müssen gemeindespezifisch in den Kategorien politische-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 (siehe Abb. A-48). Dies genannten Prozentsätze müssen jedoch gemeindespezifisch überprüft und festgelegt 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.

4.1.4 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 durchlaufen werden (Abb. A-49):

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

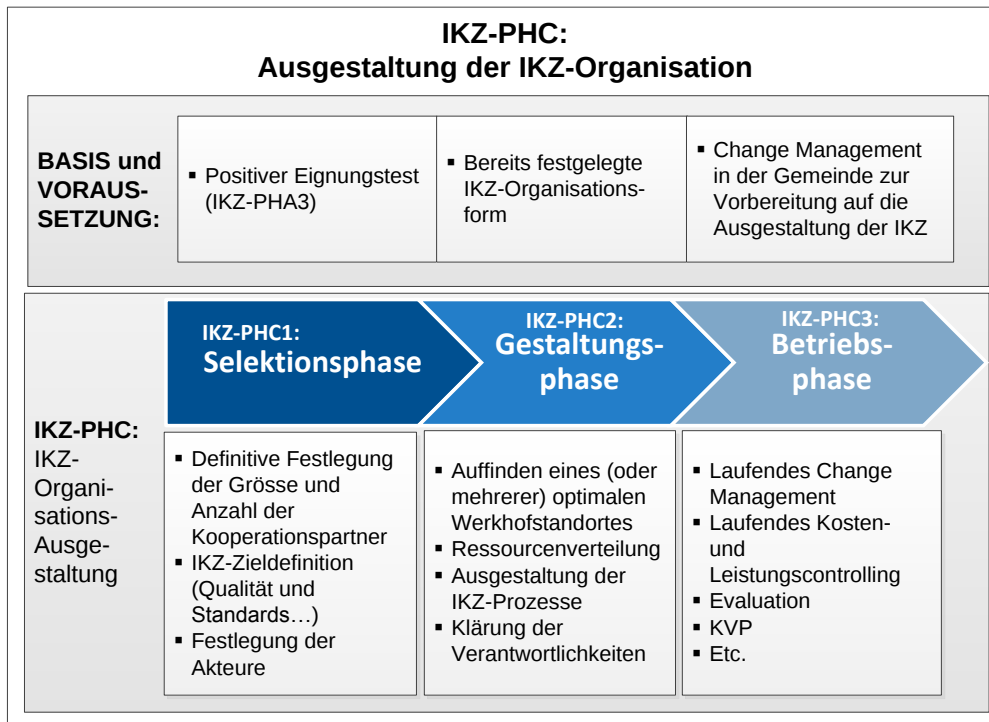


Abb. A-49: IKZ-PHC - Ausgestaltung der IKZ-Organisation

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 Punkt 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?
 - Etc.

Die **IKZ-Gestaltungsphase** (IKZ-Phase C2) baut auf die IKZ-Selektionsphase (IKZ-Phase C1) 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 [78]. Laut [78] 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. Zur Ausgestaltung einer möglichen siedlungsübergreifenden Kooperation sind in Abb. A-51 einerseits Support- und Hauptprozesse auf operativer Ebene sowie andererseits Managementprozesse auf strategischer Ebene dargestellt.

Es ist von besonderer Wichtigkeit, dass eine klare Strukturierung anhand von Prozessen aufgestellt wird, um so eine systematische Vorgehensweise bei der Erstellung eines Performance Managements zu gewährleisten.

Nach Girmscheid [94] können die Prozesse des Strassenbetriebs in

- Führungs- bzw. Managementprozesse
- Kernprozesse und
- Supportprozesse

unterschieden werden (Abb. A-50).

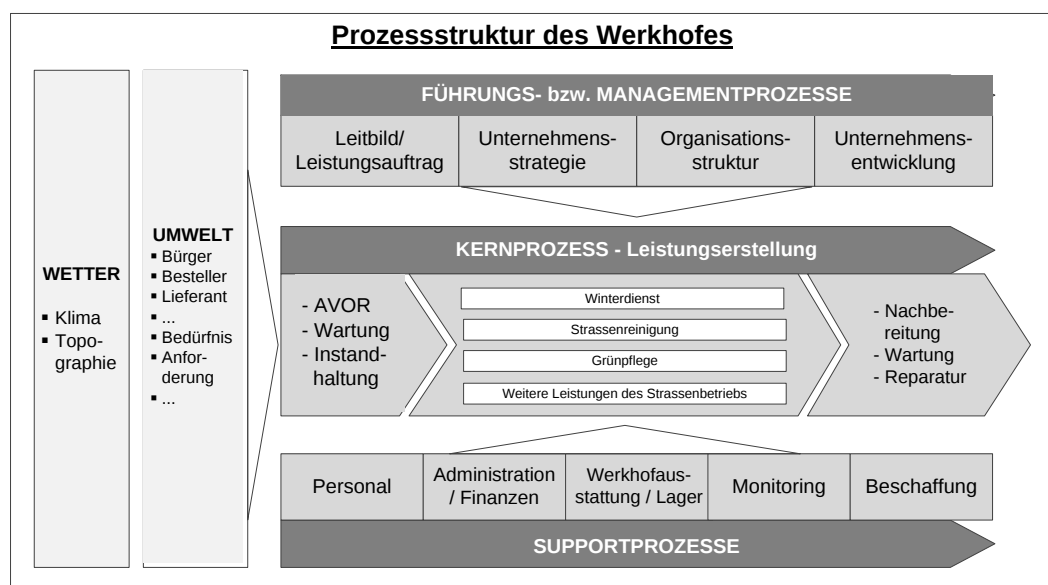


Abb. A-50: Prozesse im Strassenbetriebsdienst (in Anlehnung an [94])

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. 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.

Alle getroffenen Entscheidungen auf strategischer Ebene haben einen wesentlichen Einfluss auf die Kernprozesse, die die eigentliche Leistungserstellung darstellen. Dazu zählen im Wesentlichen alle Abläufe und Prozesse, die zum Bereich des Betrieblichen Strassenunterhalts zählen sowie alle Nach- und Vorbereitungsaktivitäten wie die

Arbeitsvorbereitung (AVOR), Wartung und in Instandhaltung der Geräte und Materialien im Werkhof.

Die Kernprozesse bilden die operative Ebene der Unternehmung. Um deren Umsetzung zu gewährleisten, bedarf es einer Vielzahl an Unterstützungs- bzw. **Supportprozessen**. Zu den Supportprozessen des Werkhofes zählen massgeblich: [94]

- 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 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.

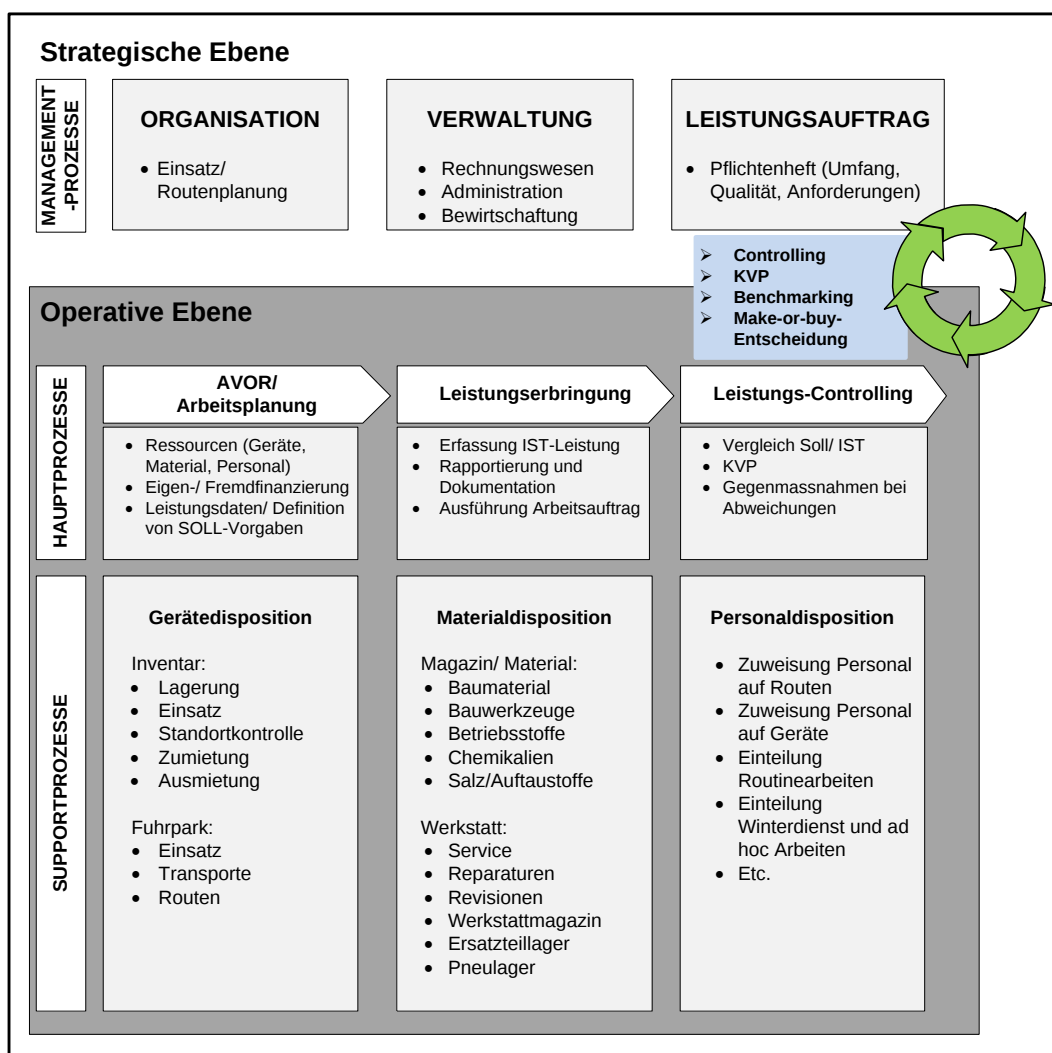


Abb. A-51: Management-, Haupt- und Supportprozesse im betrieblichen Strassenunterhalt [17]

Organisationsprinzipien

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 [95] und Girmscheid [94] 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 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).

Abb. A-52 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. [94]

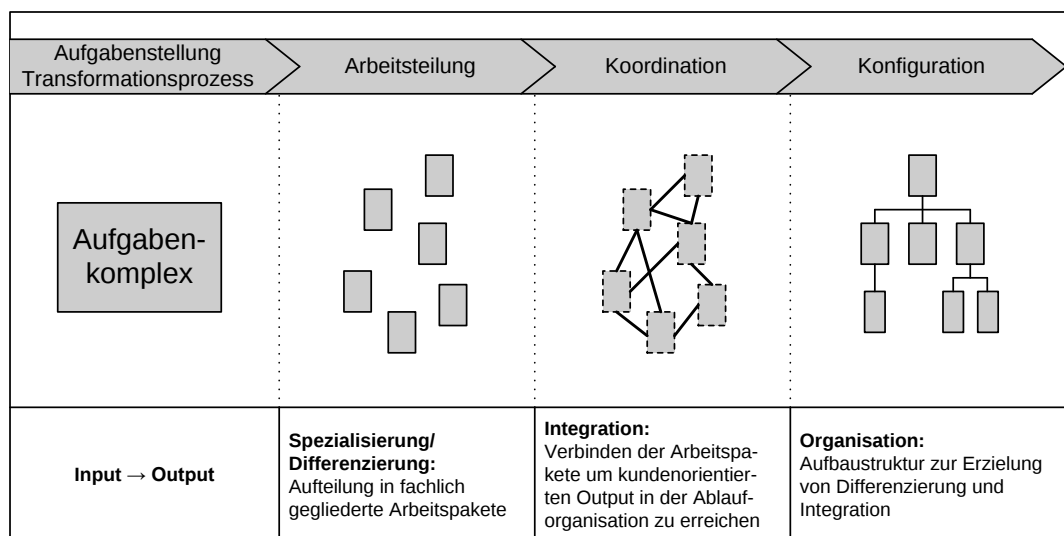


Abb. A-52: Organisations-, Koordinations- und Arbeitsteilungsprozess innerhalb der IKZ [94]

Die Ressortverantwortlichen bzw. kommunalen Entscheidungsträger müssen sich darüber im Klaren sein, dass eine perfekte Organisation ein **laufendes Veränderungsmanagement** erfahren muss und eine **ständige Organisationaufgabe** 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.

4.2 Grundlagen der interkommunalen Zusammenarbeit (IKZ)

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.[12]

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 [96]. Dies hat zur Folge, dass gerade einwohnerschwache Gemeinden immer öfters an ihre Leistungsgrenzen stossen und somit grosser Handlungsbedarf in Bezug auf gemeindeübergreifende Kooperationen gegeben ist. Das folgende Kapitel geht näher auf die Begrifflichkeit einer „Interkommunalen Kooperation“ ein und beleuchtet mögliche Kooperationsgründe und in weiterer Folge die Formen einer interkommunalen Zusammenarbeit. Rechtliche und organisatorische Aspekte einer interkommunalen Kooperation werden in Teil C der Fa. Federas Beratung AG beleuchtet.

Unter **interkommunaler Zusammenarbeit** (infolge kurz IKZ genannt) versteht Steiner [76] 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. (Vgl. auch Friedrich [97])

4.2.1 Vor- und Nachteile einer IKZ

Die Abwägung der Vor- und Nachteile einer interkommunalen Kooperation wird häufig in der einschlägigen Literatur diskutiert. (Vgl. dazu [5], [78]) 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 Ressourcen zu erreichen. [79] Bedeutend ist dabei beispielsweise die Aufteilung des finanziellen Risikos bei Tötigung gemeinsamer Investitionen. 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, eigenes Wissen weiterzugeben um dadurch neue Kompetenzen aufbauen zu können und von Synergieeffekten zu profitieren. [98]
- 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 [5] spricht hierbei von einer „massgeschneiderten“ Kooperation zur öffentlichen Aufgabenerfüllung.

Untenstehende Tabelle fasst die eben genannten Gründe zur Vorteilhaftigkeit einer interkommunalen nochmals in einer kurzen Darstellung mit den wesentlichsten Inhalten zusammen.

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

4.2.2 Kommunale Kooperationsformen

Für welche Art der Kooperationsform sich eine Gemeinde entscheidet, bildet einen wesentlichen Erfolgsfaktor für das Gelingen einer IKZ. Entscheidend ist, dass jede Zusammenschlussituation als Einzelfall betrachtet und dementsprechend hinsichtlich der optimalen und gemeindespezifischen Organisationsform analysiert wird. Die rechtlich und organisatorischen Aspekte von möglichen kommunalen Kooperationsformen werden näher in Teil C erläutert.

Entscheidend für die Klassifizierung ist der Grad der Zusammenarbeit. Dieser kann von informell bis hin zu formell als rechtlich institutionalisierte Zusammenarbeit reichen. Abb. A-53 zeigt grafisch mögliche Formen der Zusammenarbeit auf.

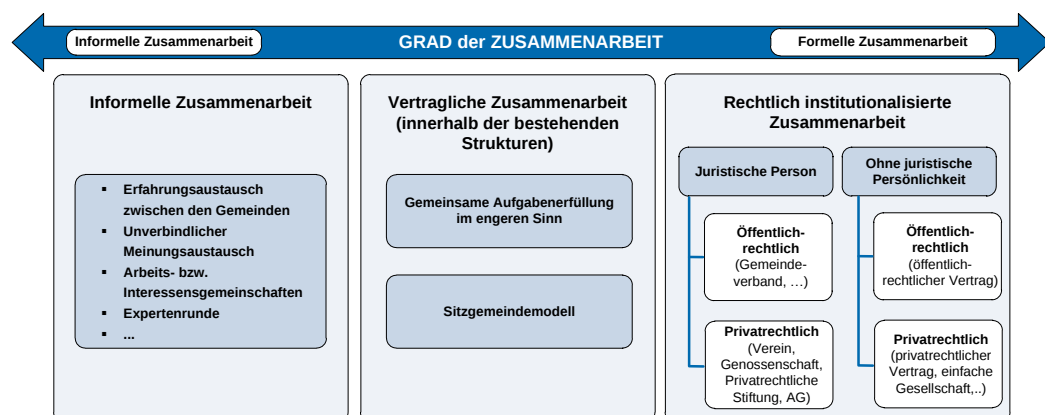


Abb. A-53: Grad der interkommunalen Zusammenarbeit (in Anlehnung an [22], [93])

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.

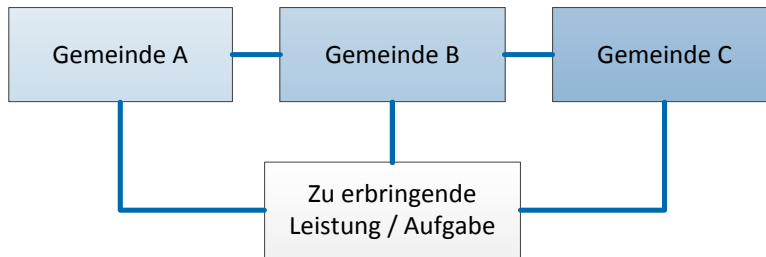


Abb. A-54: Gemeinsame Aufgabenerfüllung [7]

Unter einer **gemeinsamen Aufgabenerfüllung** versteht man eine Zusammenarbeit von Gemeinden in einem bestimmten Aufgabengebiet, wobei die bestehenden Strukturen 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. Eine gemeinsame Aufgabenerfüllung ist meist dann sinnvoll, wenn es sich um Aufgabengebiete handelt, deren Bereiche nur wenig kapitalintensive Koordination bzw. Kontrolle erfordern.

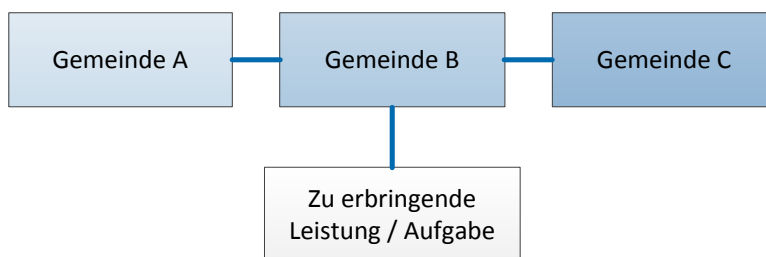


Abb. A-55: Sitzgemeindemodell [7]

Von einer **Sitzgemeinde** 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 beschränktes Kontroll- bzw. Mitspracherecht verfügen. Ein Sitzgemeindemodell kommt meist dann zum Einsatz, wenn es sich um operative Tätigkeiten handelt, deren Leistungsbereich klar abgrenzbar ist.

Bei einer interkommunalen Zusammenarbeit, die als Aufgabenträger eine **juristische Person** (Abb. A-56) installiert, wird nach Steiner ein neues Rechtssubjekt geschaffen „mit eigenem Willen, eigenen Rechten und eigenen Pflichten“ [7]. Die Gemeinden sind bei Anwendung dieser Form der Zusammenarbeit nur mehr mittelbar an der kommunalen Aufgabenerfüllung beteiligt, indem sie Vertreter in den Organen bestellen.

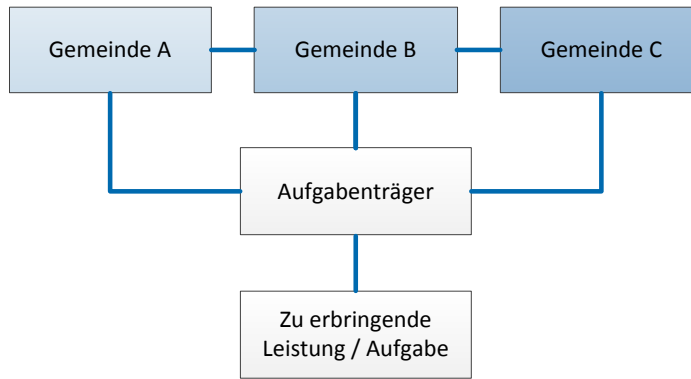


Abb. A-56: Interkommunaler Zusammenschluss als juristische Person [7]

Wie in Abb. A-57 ersichtlich, kann bei einer interkommunale Zusammenarbeiten zwischen privatrechtlich und öffentlich-rechtlich konstituierten juristischen Personen unterschieden werden: [99], [7], [10]

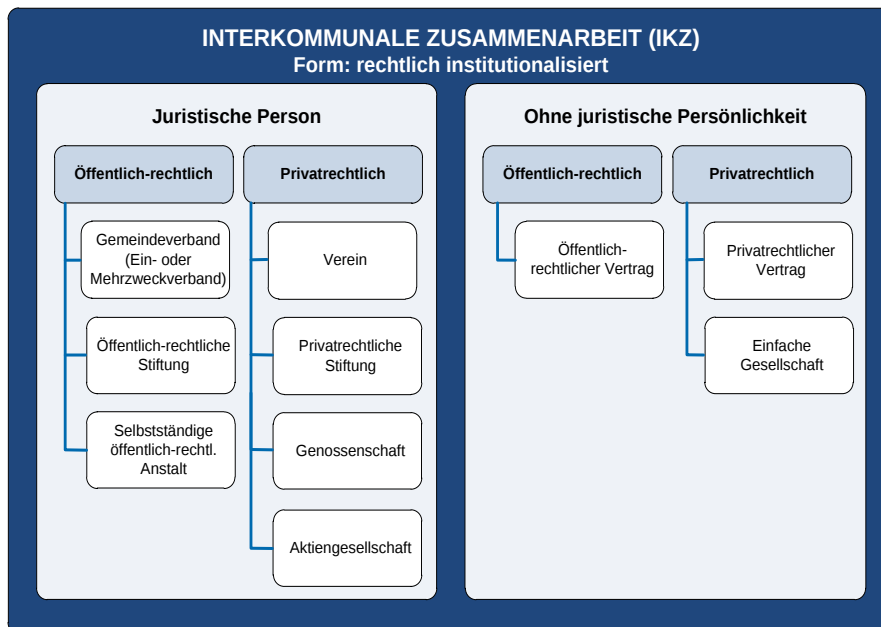


Abb. A-57: Rechtlich institutionalisierte Formen der Gemeindezusammenarbeit

4.2.3 Erfolgsfaktoren einer IKZ

Die Umsetzung einer interkommunalen Zusammenarbeit im betrieblichen Strassenunterhalt ist eine sehr komplexe Aufgabe, die von den Beteiligten ein hohes Mass an Kooperationsbereitschaft 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.[79] Ein interkommunaler Zusammenschluss erfordert einen Wandel innerhalb des bestehenden Gemeindegefüges und daher auch 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 [100] 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 ([101] [78]). Neuerungen in der bestehenden Struktur bringen ebenso Widerstände der Bevölkerung mit sich. Nach Thom und Ritz [81] resultiert dieser Widerstand aus folgenden Gegebenheiten:

- Personen bzw. Personengruppen erzeugen Widerstand
- Die Umsetzungsart bzw. Art der Initiierung führen 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. Grundsätzlich können nach Reiss [100] fünf Arten von Defiziten identifiziert werden, die zu Widerständen führen können:

- **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 Arbeitsverdross führen

Laut Thom und Ritz [81] 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“.

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.

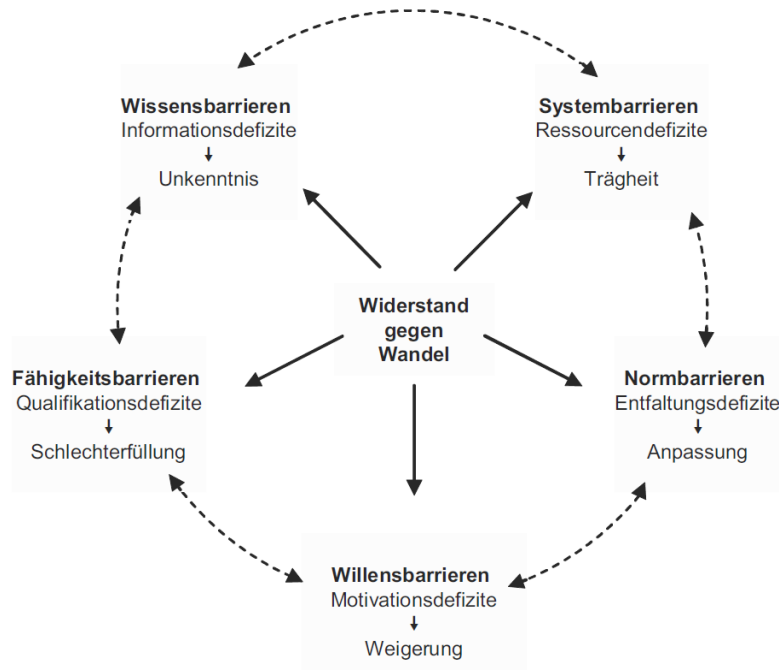


Abb. A-58: Change Management - Arten von Defiziten [81]

Eine Entscheidung über einen interkommunalen Zusammenschluss im betrieblichen Strassenunterhalt erfordert von den kommunalen Entscheidungsträgern eine Vielzahl an Informationen und Wissen. Nach Thom und Ritz [81] 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. 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 Abb. A-59 schematisch dargestellt wird.

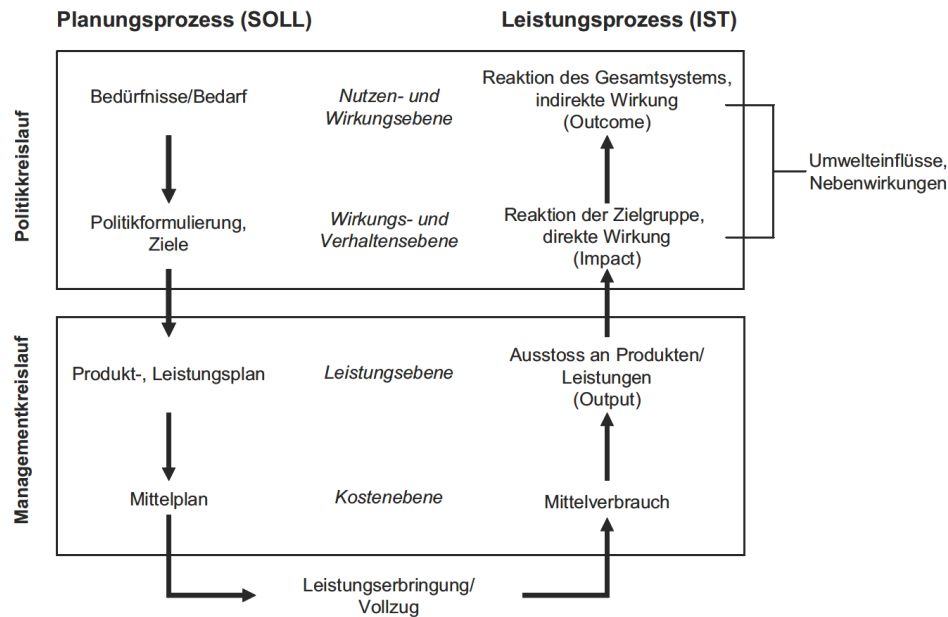


Abb. A-59: Steuerungskreislauf - Ebenen der Leistungen und Wirkungen [81]

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“. [81]

Nach Schedler und Proeller [14] 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“.

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.

A-5 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 „Kosten-Leistungs-Modell“ auf operativer Ebene bildet die Grundlage für die Entwicklung des Teilmodells II „Werkhofstandort-Routen-Modell“ und wird in weiterer Folge erarbeitet und erläutert.

Ziel des Kosten-Leistungs-Modells (Teilmodell I) ist es

- ein Prozessmodell zur Leistungsberechnung unter Berücksichtigung von leistungsvermindernden Faktoren zu entwickeln basierend auf den Grundlagen zur Leistungsermittlung von Baumaschinen von Girmscheid,
- eine Kosten-Leistungsfunktion zu entwickeln auf Basis derer eine optimale Geräteauswahl sowie eine kostengünstige Bildung von Geräteclustern erfolgen kann,
- den kommunalen Ressortverantwortlichen eine Entscheidungsgrundlage für die Bereitstellung von Unterhaltungsgeräten (Aufzeigen von Leistungsgrenzen sowie Erhöhung des Auslastungsgrades) 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 und dem vorhandenen Budget vorhanden sind. 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 Prozessmodell (Abb. A-60) entwickelt, dass sich aus einer

- Prozess- Ermittlung und Prozessidentifikation
- Prozess-Leistungs-Ermittlung sowie
- Prozess-Kosten-Ermittlung

zusammensetzt.

Darauf aufbauend wird eine Kosten-Leistungs-Funktion entwickelt, die einerseits Performance Indikatoren in den verschiedenen Leistungsbereichen für einen effizienten und kostenoptimierten betrieblichen Unterhalt liefert und es andererseits eine optimale Gerätekonfiguration nach dem ökonomischen Minimalprinzip sicherzustellen.

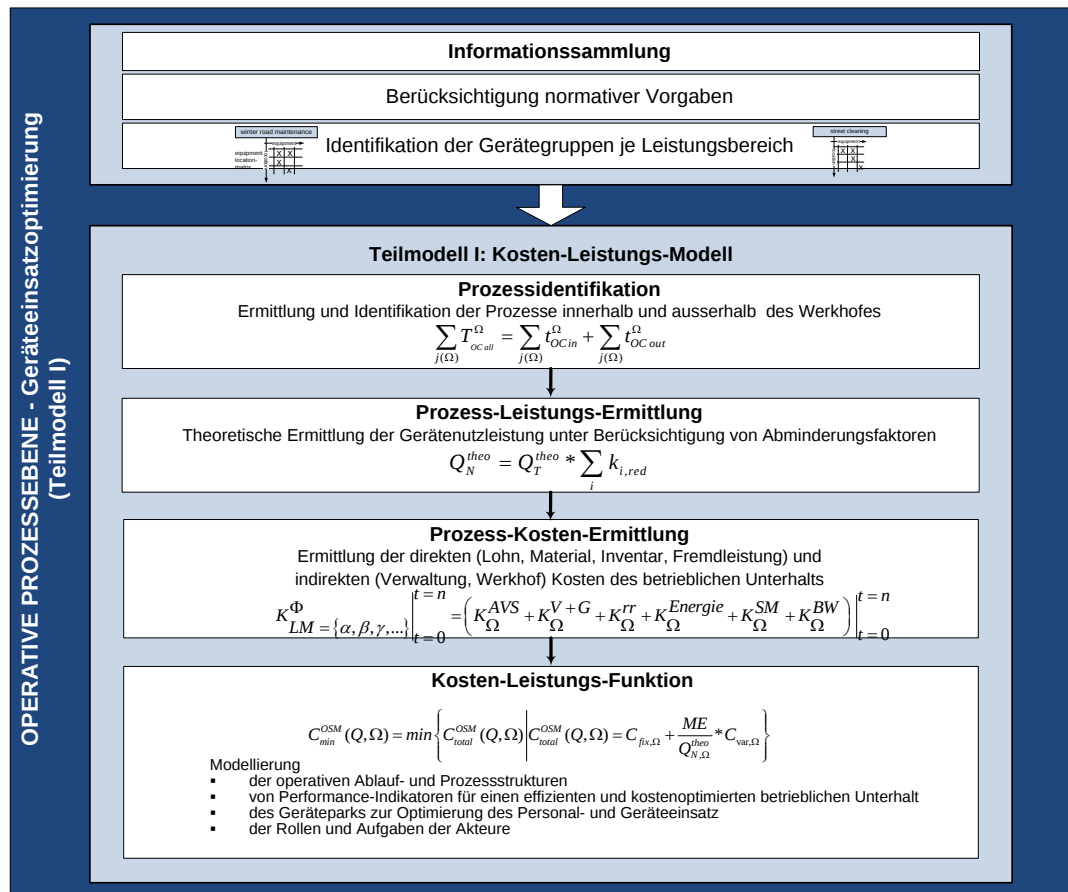


Abb. A-60: Teilmodell I – Kosten-Leistungs-Modell

5.1 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 Gemeindegemeinschaften usw.)

Im Zuge der Bestrebungen des *New Public Managements*⁹ 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. Das vorliegende Forschungsprojekt 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 gemeindegemeinschaftlichen Anforderungen zu ermitteln und daraus Leistungs- bzw. Effizienzverbesserungspotentiale abzuleiten.

Im Folgenden wird auf die unterschiedlichen Facetten des Leistungsbegriffes eingegangen.

⁹ Nähere Ausführungen dazu in Kapitel Teil A1.3 "Schweizer Gemeinden und das New Public Management NPM"

5.1.1 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 Unterhaltsgeräten) analysiert.

5.1.2 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.

Abb. A-61 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.

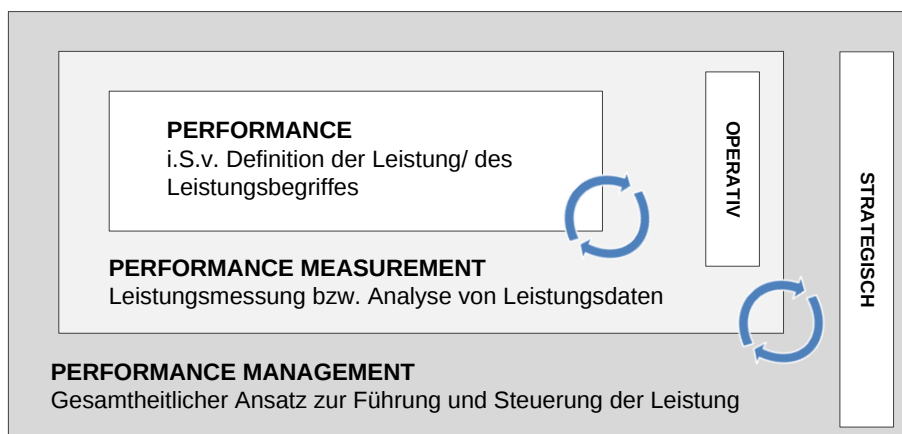


Abb. A-61: Einordnung der Performance-Begriffe - Übersicht

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 Begriffes 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.

Abb. A-62 zeigt die Vielfalt an Definitionen zum besseren Verständnis des Performance-Begriffes.

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.“ [102]</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.“ [103]</i>
Wettstein (2002)	<i>“Performance kann aufgefasst werden als Grad der Zufriedenheit der relevanten Anspruchsgruppen (degree of stakeholder satisfaction).“ [104]</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“ [105]</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.“ [106]</i>
EFQM (2003)	<i>„Performance is the level of attainment achieved by an individual, team, organisation or process.“ [107]</i>

Abb. A-62: Übersicht - Begriff Performance

5.1.3 Performance Measurement

Nach der Einleitung in den Begriff der *Performance* erfolgt nun die Erweiterung hinsichtlich der Leistungsmessung zum *Performance Measurement* (oder 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 Abb. A-61).

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.

Abb. A-63 zeigt den Überblick über die Begriffsdefinitionen des Performance Measurements.

Bezugsquelle	Performance Measurement - Begriffsdefinition
Klingenbiel (1997)	<i>„Generelle Zielsetzung des Performance Measurement ist eine Verbesserung der ebenenspezifischen Leistung einer Organisation.“</i> [108]
Neely (1995)	<i>„Performance Measurement can be defied as the process of quantifying the efficiency and effectiveness of action“</i> [109]
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.“</i> [105]
Gabler Wirt- schaftslexikon (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.“</i> [110]
Berliner / Brimson (1988):	<i>“Performance measurement is a key factor in ensuring the successful implementation of a company’s strategy.”</i> [111]

Abb. A-63: Übersicht - Begriff Performance Measurement

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.

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.

Girmscheid [112] und Krönert [113] entwickelten ein Anforderungs-Engineering-Prozessmodell, das zur Zielerreichungsprüfung für Projektsteuerer, Architekten sowie TU- und Systemanbieter in der Baubranche herangezogen werden kann.

Zur klaren Strukturierungen der Begrifflichkeiten in dieser Forschungsarbeit wird folgend auf die Begriffsdefinitionen eingegangen.

Kennzahlen sind eine „Zusammenfassung von quantitativen, d.h. in Zahlen ausdrückbaren Informationen für den innerbetrieblichen (betriebsindividuelle Kennzahlen) und zwischenbetrieblichen (Branchen-Kennzahlen) Vergleich“ [110, 114]. 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“ [115] [114]. 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 (Vgl. auch [115], [106]). 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 Abb. A-63 erläuterten Definitionen wird die Relevanz geeigneter Kennzahlen bzw. Indikatoren zur Prozess- bzw. Organisationsbeurteilung deutlich.

Abb. A-64 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.

Anforderungs-kategorie	Anforderungs-gruppe	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	Einfache Art der benötigten Daten
		Geringe Quantität benötigter Daten
	Umsetzbarkeit	Konzeptionelle Unterstützung
		Technische Unterstützung
	Ergebnisqualität	Sensitivität der Ergebnisse
		Stabilität der Ergebnisse
	Ergebnisakzeptanz	Interpretierbarkeit der Ergebnisse
		Hoher Bekanntheitsgrad der Methoden

Abb. A-64: Anforderungen an Performance Measurement Methoden und Indikatoren [115]

Auf Basis einer Ursachen-Wirkungsbeziehung lassen sich unterschiedliche Ebenen des Performance Measurement 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. [106] 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 von folgenden Leistungsbereichen des betrieblichen Strassenunterhalts ausgegangen¹⁰:

- 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.

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.

5.1.4 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. Abb. A-65 zeigt die Einordnung innerhalb der Performance-Begrifflichkeiten.

Abb. A-65 gibt einen Überblick über mögliche Definitionen des Performance Managements.

¹⁰ Der Schwerpunkt wird in der vorliegenden Forschungsarbeit auf die Leistungsbereiche Strassenreinigung und Winterdienst gelegt. Die Untersuchung der Leistungsbereiche Technischen Dienste und Beleuchtung ist nicht Gegenstand dieser Arbeit.

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“ [103]
Lebas / Euske (2002)	“ Performance management is the process of creating alignment.” [102]
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.“ [106]
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.“ [116]

Abb. A-65: Übersicht - Begriff Performance Management

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: (in Anlehnung an [116])

- **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
- 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 Nichterreichung des geforderten Leistungszieles bzw. Berücksichtigung von Erkenntnissen und Erfahrungen aus den Performance Indikatoren für zukünftige Handlungen (**Kontinuierlicher Verbesserungsprozess KVP**)

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 [106] 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.“ [106]

Auf Basis dessen wurde ein Leistungs- oder Performance-Würfel entwickelt, der grafisch die Mehrdimensionalität der Leistung im betrieblichen Unterhalt darstellen soll und den Anforderungen von Performance-Indikatoren gerecht wird.

Performance-Würfel

Zur besseren Darstellung der Mehrdimensionalität des Performance-Begriffes sei an dieser Stelle der Performance-Würfel (Abb. A-66) gezeigt, der die unterschiedlichen Aspekt hinsichtlich der Performance-Dimensionen (in Anlehnung an [116])

- Leistungsart
- Zeit
- Unternehmensebene

darstellen soll.

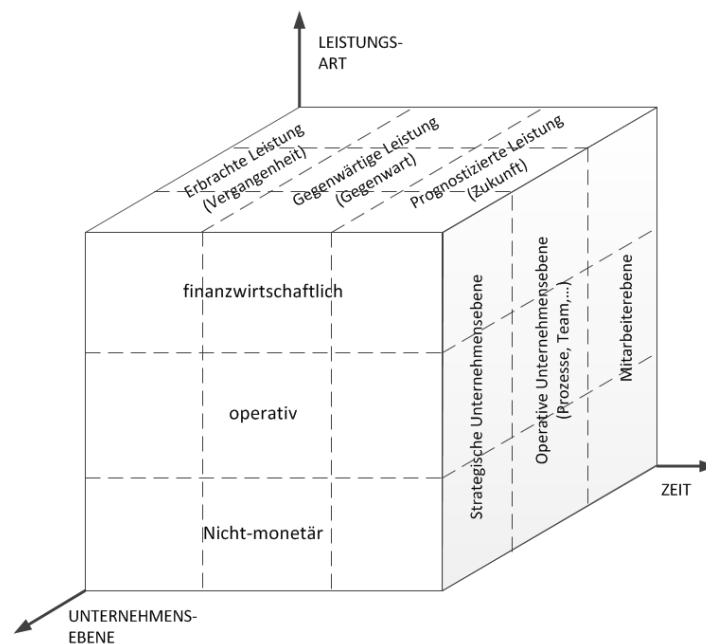


Abb. A-66: Performance-Würfel

Dimension Leistungsart

Ähnlich wie in der Unternehmensführung wird anhand des Performance-Würfels zwischen harten und weichen Faktoren zur Abbildung des Erfolges eines Unternehmens unterschieden. [110] 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/Kennzahlen¹¹ 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, die beispielsweise die geleisteten Arbeitsstunden, Betriebsstunden der eingesetzten Geräte oder bezogen auf den betrieblichen Strassenunterhalt zum Beispiel die Anzahl der gereinigten Kilometer Strassen abbilden können. 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 [110]. 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.

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.

¹¹ Zur Begriffsdefinition bzw. begrifflichen Abgrenzung von Indikatoren und Kennzahlen siehe Kapitel Teil A5.1.3

5.2 Prozessleistungsermittlung 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 Abb. A-67).

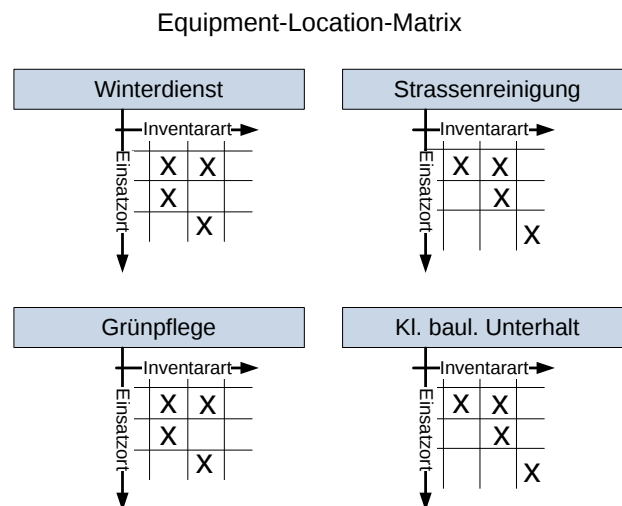


Abb. A-67: Equipment-Location-Matrix

Beispiel Strassenreinigung:

Die normative Basis im Bereich der Strassenreinigung für eine derartige Zuordnung bildet die VSS-Norm SN 640 720c [25], welche den diversen Einsatzorten (von Autobahnen bis Trottoirs) optimale Geräte aufgrund ihrer Gerätespezifikationen zuweist. Am Beispiel der Strassenreinigung¹² wurde die Einteilung dementsprechend in

- Handreinigung
- Einachskehrmaschine
- Kleinkehrmaschine
- Mittelkehrmaschine
- Grosskehrmaschine

vorgenommen.

Abb. A-68 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“

¹² Grundlagen siehe auch Kapitel Teil A2.1.4 Leistungsbereich Strassenreinigung

(hellgraues Feld) und „geeignet“ (dunkelgraues Feld).

Auf Basis der SN 640 720c

Bucher Schörling CityCat 2020



...ungeeignet
...teilweise geeignet
...geeignet

Maschinentyp Type d'engin	Durchfahrtsbreite Largeur de passage (m)	Höhe Hauteur (m)*	Wischbreite Largeur de nettoyage (m)	Behältervolumen Volume du conteneur (m³)	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)

Einsatz- gebiet

Handarbeit Travail manuel	Einachskehr- 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 collective				
Quartierstrasse Route de quartier				
Altstadtgasse Ruelle de vieille ville				
Fussgängerbereich Zone piétonne				
Rad- und Fussweg Place 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				

Abb. A-68: Geräte-Einsatz-Matrix am Beispiel einer Kehrmaschine

5.2.1 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 Girmscheid [2] entwickelte Gesamtkonzept zur Leistungsermittlung bildet im vorliegenden Forschungsprojekt 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 Abb. A-69 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.

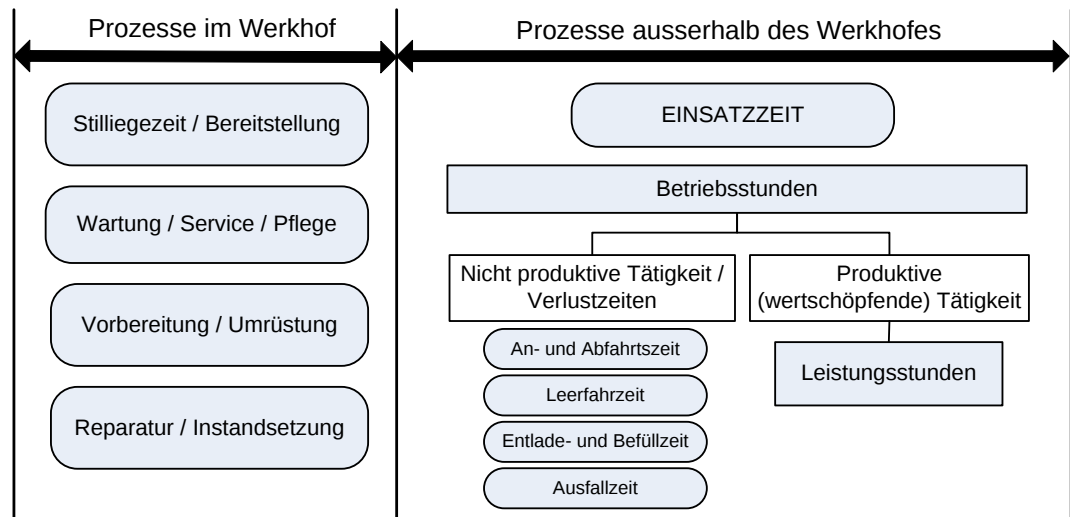


Abb. A-69: Prozesse innerhalb und ausserhalb des Werkhofs (in Anlehnung an [2])

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 Teil A Kapitel 6.1 wird insbesondere auf die Werkhofstandort- und Routenoptimierung eingegangen. Dabei spielen besonders graphentheoretische Überlegungen zu kürzesten Wegen zwischen Werkhof und Einsatzort eine Rolle.

5.2.2 Prozess-Leistungs-Ermittlung

Zur Ermittlung der Prozess-Leistung wird auf Leistungsbegriffe aus der Bauproduktion zurückgegriffen. Girmscheid [2] 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.

Leistungsbegriffe in der Bauproduktion

Die Leistungsermittlung der Geräte von Girmscheid [2] erfolgt auf vierstufiger Ebene (siehe Abb. A-70), wobei die **theoretische Leistung** Q_T den Ausgangspunkt bildet und die Geräteleistung in Abhängigkeit von gerätebedingten, konstruktiven Parametern unter optimalen Betriebsbedingungen darstellt.

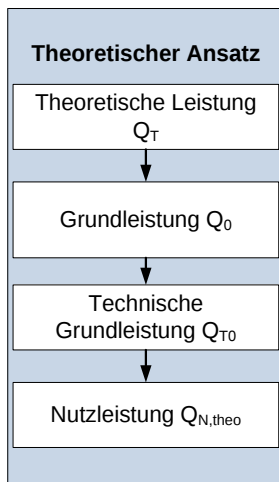


Abb. A-70: Leistungsberechnung von Baumaschinen nach Girmscheid [2]

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. 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. [2]

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. [2]

Leistungsbegriffe im betrieblichen Strassenunterhalt

In Anlehnung an die Leistungsermittlung in der Bauproduktion erfolgt jene im betrieblichen Strassenunterhalt. Ausgangspunkt bildet hierbei die theoretische Grundleistung des verwendeten Unterhaltsgerätes. Auf Basis von Abminderungsfaktoren wird in einem mehrstufigen Verfahren (siehe Abb. A-71) eine mögliche Nutzleistung des Inventars berechnet.

Im Zuge der Berechnung der tatsächlichen Nutzleistung bedient man sich spezifischer Reduktionsfaktoren, die eine Verminderung der Leistung bedingen. Diese können einerseits als fix 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) unverändert bleiben. Andererseits müssen 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 $k_{i,red}$. [2]

$$Q_N^{theo} = Q_T^{theo} * \sum_i k_{i,red}$$

Abb. A-71 zeigt grafisch den notwendigen Berechnungsprozess und die aufeinanderfolgenden Schritte, die im Zuge der Bestimmung der tatsächlichen Performance im jeweiligen Leistungsbereich nötig sind.

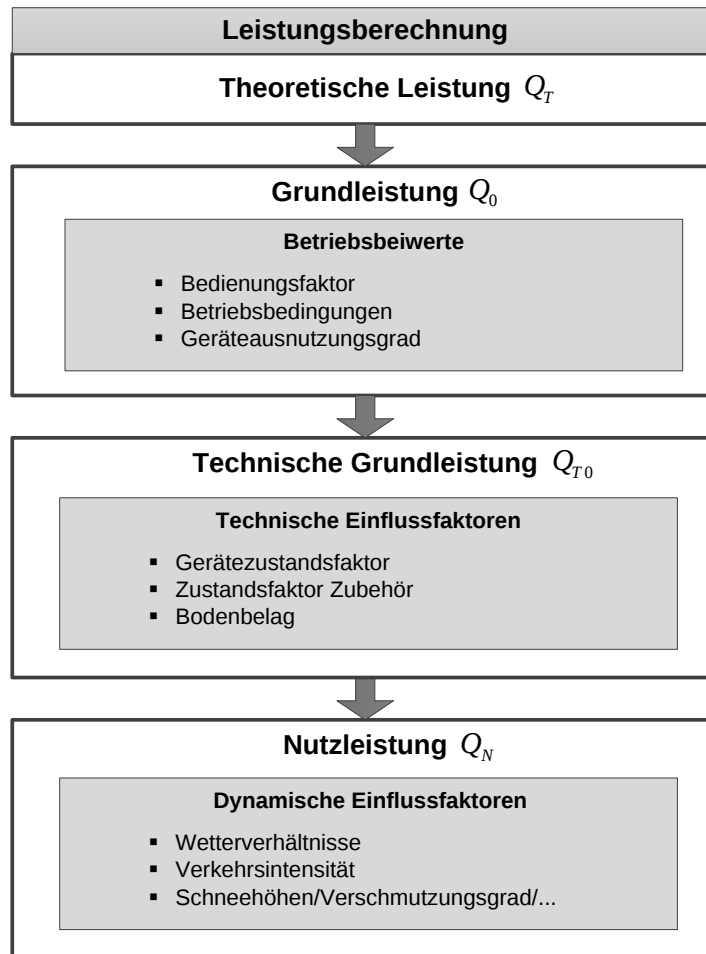


Abb. A-71: Vierstufige Leistungsberechnung im betrieblichen Unterhalt

Zur Ermittlung der Leistung des Gerätes soll Abb. A-71 als Leitfaden für die schrittweise Berechnung dienen, der folgend detailliert beschrieben wird. Ausgehend von einer theoretischen Leistung werden stufenweise die Berechnungsschritte bis hin zur endgültig erreichbaren Nutzleistung dargestellt.

Schritt 1: Berechnung der Grundleistung Q_0

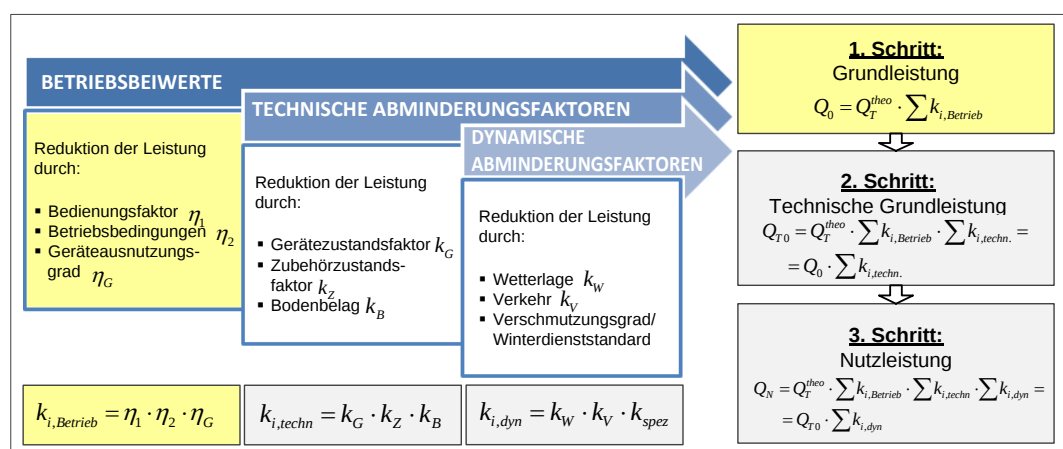


Abb. A-72: Ermittlung der Grundleistung durch Betriebsbeiwerte

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. Betriebsbeiwerte umfassen folgende Teilkomponenten: [2]

- η_1 Bedienungsfaktor []
- η_2 Betriebsbedingungen []
- η_G Geräteausnutzungsgrad [%]

Der **Bedienungsfaktor** η_1 nach Girmscheid [2] berücksichtigt die Qualifikation sowie Leistungsbereitschaft der Mitarbeiter und im Speziellen des Geräteführers. Ist ein Mitarbeiter nicht entsprechend ausgebildet oder verfügt 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) eine wesentliche Rolle.

Bedienungsfaktor	η_1
Geübter Fahrer	1.00
Durchschnittlicher Fahrer	0.85
Ungeübter Fahrer	0.75

Abb. A-73: Abminderungen Bedienungsfaktor η_1 [2]

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.

Betriebsbedingungen	η_2
Sehr gut	1.00
Gut	0.95
mittel	0.85
schlecht	0.80

Abb. A-74: Abminderungen Betriebsbedingungen [2]

Der **Geräteausnutzungsgrad** η_G [2] 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. Abb. A-75 zeigt die Objektarten Strasse, Trottoir und Platz in Bezug auf ihre Abminderungen und unter Berücksichtigung der Berechnung zusätzlicher Längen.

Der **Geräteausnutzungsgrad** des **Objekttyps 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...	▪ Lage der Strasse (Kernzone, innerorts, ausserorts,...) ▪ Parkplätze	▪ Hindernisse/Möblierung ▪ Haltestellen - öffentlicher Verkehr (vorwiegend manuelle Arbeit)	▪ Treppen (manuelle Arbeit) ▪ Hindernisse/Möblierung ▪ Geometrie des Platzes
Zusätzliche Längen durch...	▪ Verkehrsinseln ▪ Radwege ▪ Zusätzlicher Randabschluss ▪ Fahrbahnverbreiterung/ zusätzliche Fahrspur	▪ Radweg ▪ Zusätzlicher Randabschluss ▪ Ein- und Ausfahrten	

Abb. A-75: Übersicht Objektarten bezogener Geräteausnutzungsgrad

Abb. A-74 zeigt je nach Platzverhältnissen (breite oder schmale Strasse, Kernzone / Altstadt, etc.) die statischen Abminderungsfaktoren in Bezug auf den 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

Abb. A-76: Geräteausnutzungsgrad - Objekttyp Strasse

Abb. A-77 zeigt die Abminderungsfaktoren des Objekttyps Trottoir, die sich aus der Häufigkeit der Hindernisse in Bezug auf eine bestimmte Trottoir-Länge ergeben.

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	

Abb. A-77: Geräteausnutzungsgrad - Objekttyp Trottoir [117]

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.

In Bezug auf Haltestellen (Tramhaltestellen, Bushaltestellen, etc.) müssen verschiedene Typen und Zusammensetzung hauptsächlich in der Reinigung unterschieden werden. Abb. A-78 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.

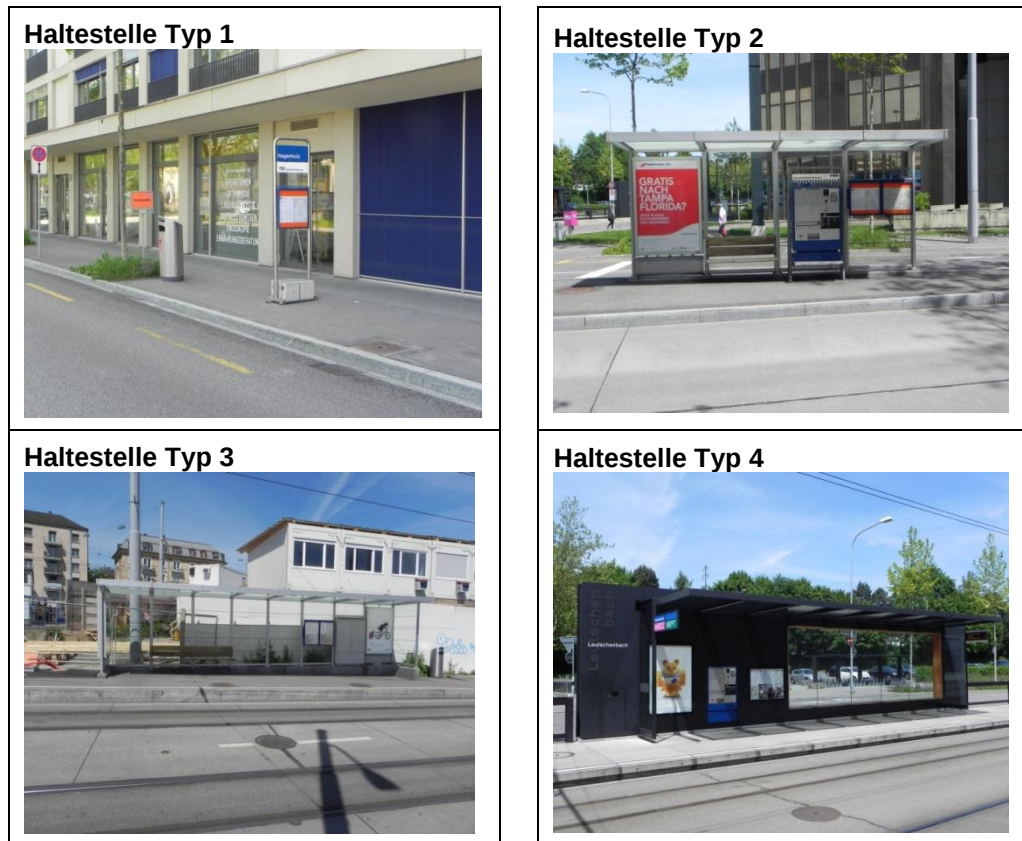


Abb. A-78: Öffentlicher Verkehr - Haltestellen-Typen [117]

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: [2]

$$Q_0 = Q_T^{theo} \cdot \sum k_{i,Betrieb} \quad \text{mit} \quad k_{i,Betrieb} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_G$$

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	[%]

2. Schritt: Berechnung der technischen Grundleistung Q_{T0}

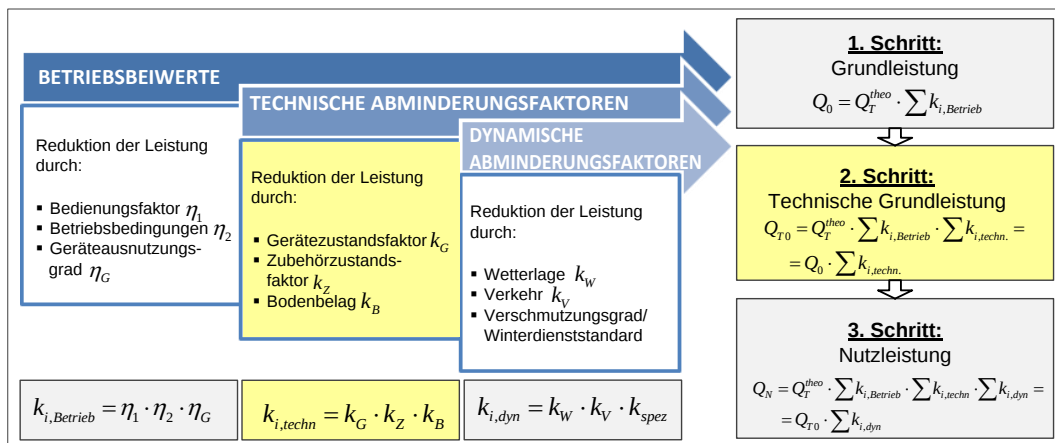


Abb. A-79: Ermittlung der Technischen Grundleistung durch technische Abminderungsfaktoren

Im zweiten Schritt der Berechnung werden technische Einflussgrößen als Abminderungsfaktoren auf die Grundleistung berücksichtigt.

Unter **technischen Einflussgrößen** versteht man jene Messgrößen, die von den technisch möglichen Idealbedingungen eines Geräteinsatzes abweichen und so eine Reduzierung der Leistung verursachen. Technische Abminderungsfaktoren beziehen sich im Wesentlichen auf das verwendete Gerät 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
- Zubehörszustandsfaktor k_Z
- Bodenbelag k_B

Der **Gerätezustandsfaktor** [2] 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. Abb. A-80 zeigt mögliche Abminderungsfaktoren in Bezug auf den Gerätezustandsfaktor einer Kehrmaschine.

Gerätezustandsfaktor Kehrmaschine ¹³	$k_{G,Kehr}$
0 – 2000 Betriebsstunden	1.00
2000 – 6000 Betriebsstunden	0.90
6000 – 10000 Betriebsstunden	0.85

Abb. A-80: Beispiel Gerätezustandsfaktor - Kehrmaschine

¹³ Unter der Annahme, dass eine Kehrmaschine mit ca. 10.000 Betriebsstunden ausgemustert wird

Der **Zubehöorzustandsfaktor** 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 Zubehöorzustandsfaktor 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 ständigen Einflüssen ausgesetzt und unterliegen somit grossem Verschleiss. Diesem Umstand wird mit dem Besenzustandsfaktor Rechnung getragen und berücksichtigt folglich die eventuelle Abnutzung der Bürsten und letztlich eine Verminderung der Reinigungsleistung. 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,...) sind die Besenstunden für Wischmaschinen gesondert zu ermitteln.

Abb. A-81 stellt exemplarisch für den Teilbereich der Reinigung die Reduktion der Leistung aufgrund des Besenzustandsfaktors der verwendeten Reinigungsbürsten dar.

Besenzustandsfaktor ¹⁴	$k_{Z,Besen}$
0 – 20 Besenstunden	1.00
2 – 40 Besenstunden	0.90
40 – 60 Besenstunden	0.80

Abb. A-81: Zubehöorzustandsfaktor - Beispiel Besenzustandsfaktor Reinigung

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.[25] Abb. A-82 zeigt mögliche Faktoren zur Verminderung der Leistungsfähigkeit auf Basis des vorherrschenden Bodenbelages.

Bodenbelag	k_B
Asphalt / Beton	1.00
Pflasterung, vermörtelt	0.90
Pflasterung mit Sandfugen	0.80

Abb. A-82: Abminderungsfaktor Bodenbelag

¹⁴ Annahme: Verwendung von Stahlbesen;

Die Berechnung der **technischen Grundleistung** Q_{T0} [2] ergibt sich durch Reduktion der Grundleistung Q_0 um technische Abminderungsfaktoren $k_{i,techn}$ wie folgt:

$$Q_{T0} = Q_T^{theo} \cdot \sum k_{i,Betrieb} \cdot \sum k_{i,techn} = Q_0 \cdot \sum k_{i,techn}$$

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	Gerätezustandsfaktor	[]
k_Z	Zubehörzustandsfaktor	[]
k_B	Bodenbelag	[%]

Schritt 3: Berechnung der tatsächlichen Nutzleistung Q_N

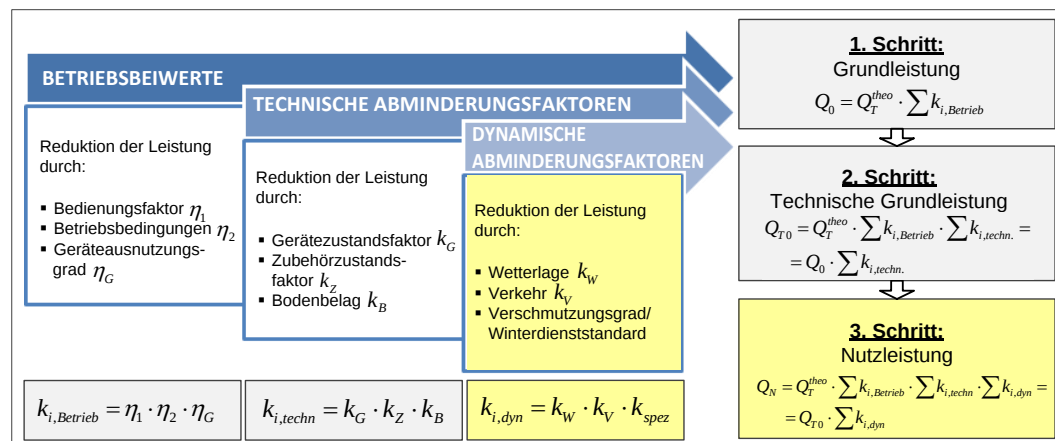


Abb. A-83: Ermittlung der Nutzleistung durch dynamische Abminderungsfaktoren

Im dritten und letzten Schritt der Leistungsberechnung werden **dynamische Abminderungsfaktoren** berücksichtigt, die als Ergebnis die gewünschte Nutzleistung Q_N errechnen.

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 europäisch gemässigten Breitengraden 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 der 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.

Abb. A-84 zeigt mögliche Abminderungsfaktoren aufgrund der Wetterbedingungen am Beispiel der Strassenreinigung.

Wetterlage	k_w
Trockene Fahrbahn	1.00
Nasse Fahrbahn	0.90
Nasse Fahrbahn bei Regenschauern	0.80

Abb. A-84: Abminderungsfaktor Wetter am Beispiel der Strassenreinigung

Im Zuge der Leistungsermittlung ist auch dem **Verkehr** eine wesentliche Bedeutung beizumessen. Insbesondere im städtischen Bereich kommt es oftmals aufgrund hoher Verkehrsaufkommen zu Behinderungen, die auch die Leistungsfähigkeit der Kommunalgeräte wesentlich beeinflussen. Abb. A-85 zeigt Formen der Abminderungen auf Basis der vorherrschenden Verkehrsqualitäten.[118]

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

Abb. A-85: Abminderungsfaktor Verkehr - Objekttyp Strasse

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 Verschmutzungsgrad¹⁵ 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

Der Verschmutzungsgrad an sich wird auf einer Skala von 1 (= leichte Verschmutzung) bis 3 (= starke Verschmutzung) vorgenommen (siehe Abb. A-86).

Verschmutzungsgrad		k_{VG}
STUFE 1	Leichte Verschmutzung	0,90
STUFE 2	Mittlere Verschmutzung	0,70
STUFE 3	Starke Verschmutzung	0,50

Abb. A-86: Abminderungsfaktoren aufgrund des Verschmutzungsgrades

Abb. A-87 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 eine Verschmutzungsgrad der Stufe 3 einen erhöhten Leistungsaufwand und somit eine Abminderung von 20% der Leistung auf 0,80 bedeutet.

¹⁵ 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. 119. Kommunale Infrastruktur, *Sauberkeit im öffentlichen Raum*, 2010: Bern.

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> Exkreme, Scherben und Spritzen	

Abb. A-87: Verschmutzungsgrad abhängiger Abminderungsfaktor

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. Abb. A-88 zeigt mögliche Winterdienst-Abminderungs-faktoren 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

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

Abb. A-88: Abminderungen aufgrund des Winterdienststandards

$$Q_N = Q_T^{theo} \cdot \sum k_{i,Betrieb} \cdot \sum T_{i,techn} \cdot \sum k_{i,dyn} = Q_{T0} \cdot \sum k_{i,dyn}$$

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 Ver	[]
k_{spez}	Spezifische Abminderung je Leistungsbereich	[]

Im vorliegenden Kapitel wurde gezeigt, wie auf Basis von spezifischen Abminderungsfaktoren die Leistungsermittlung für Unterhaltsgeräte ausgehend von der theoretischen Grundleistung hin zur tatsächlichen Nutzleistung erfolgen kann. Es ist zu berücksichtigen, dass es sich bei den vorliegenden Ansätzen um Annahmen handelt, die es gemeinde- und gerätespezifisch anzupassen bzw. zu ermitteln gilt.

Auf Basis der entwickelten Leistungsberechnung für Unterhaltsgeräte im betrieblichen Strassenunterhalt erfolgt eine holistische Prozesskosten- und Leistungsoptimierung, um für eine siedlungsübergreifende Kooperationen eine optimale Inventarausstattung nach dem ökonomischen Minimalprinzip zu ermöglichen.

5.3 Holistische Prozesskosten- und Leistungsoptimierung

Eine erfolgreiche kommunale Aufgabenerfüllung erfordert eine detaillierte Planung aller Prozesse und die Abbildung der Abhängigkeiten 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.

Die Grundlagen dazu wurden bereits in Girmscheid [120] und Girmscheid [121] gelegt. Darin wurde eine generische Systemgliederung eines Bauwerks vorgenommen und die jeweiligen Produktionsmittel, Verbrauchsfaktoren etc. mit ihren Leistungs- und Kostenfunktionen den Bauproduktionsprozessen zugeordnet.

Abb. A-89 zeigt die Ablaufstruktur der Arbeitsvorbereitung als *top-down*-Betrachtung sowie den Kontinuierlichen Verbesserungsprozess (KVP) als *bottom-up*-Betrachtung zur Identifikation und laufenden Optimierung der Leistungserbringungsprozesse.

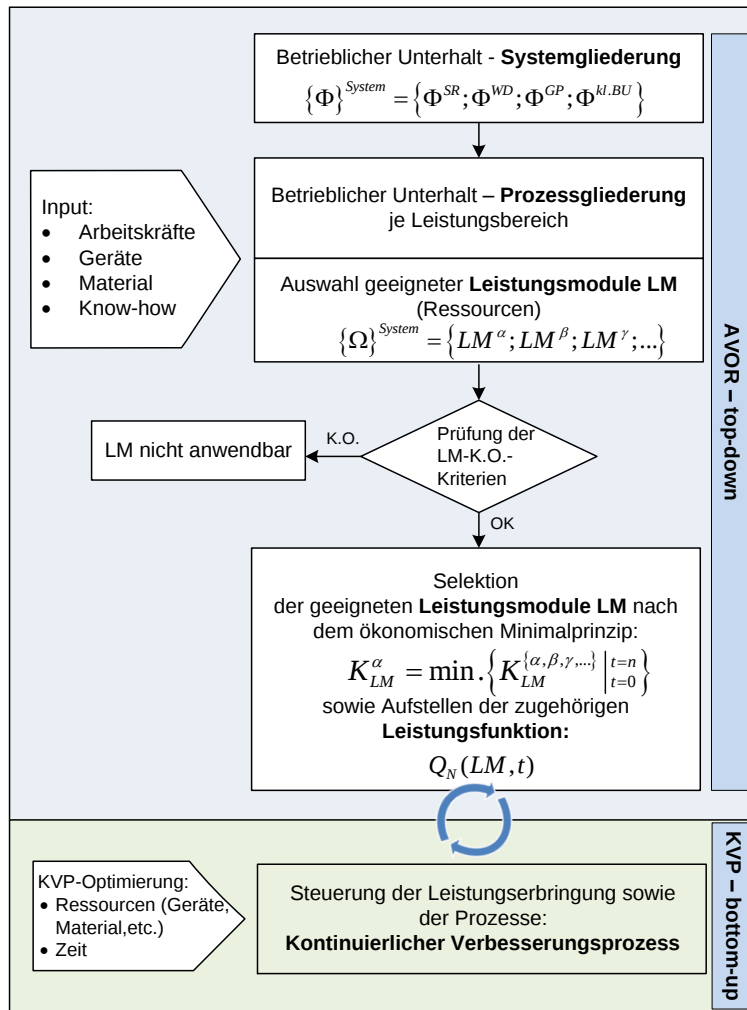


Abb. A-89: Ablaufstruktur zur Identifikation der Leistungsmodule im betrieblichen Unterhalt (in Anlehnung an Girmscheid [121])

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 $\Phi^{kl.BU}$.¹⁶ 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. [121] Je nach Grösse des zu bedienenden Strassennetzes beispielsweise, muss die Zusammensetzung der Leistungsmodule je Leistungsbereich unterschiedlich erfolgen.

¹⁶ Die Leistungsbereiche der Technischen Dienste sowie der Beleuchtung werden in der vorliegenden Forschungsarbeit nicht näher untersucht.

$$\{\Omega\}^{System} = \{LM^{\alpha}; LM^{\beta}; LM^{\gamma}; \dots\}$$

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 (respektive 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 Girmscheid ([67] und [73]) 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.

Abb. A-90 zeigt schematisch die Lebenszyklusdauern je Leistungsmodul in Bezug auf deren Wert.

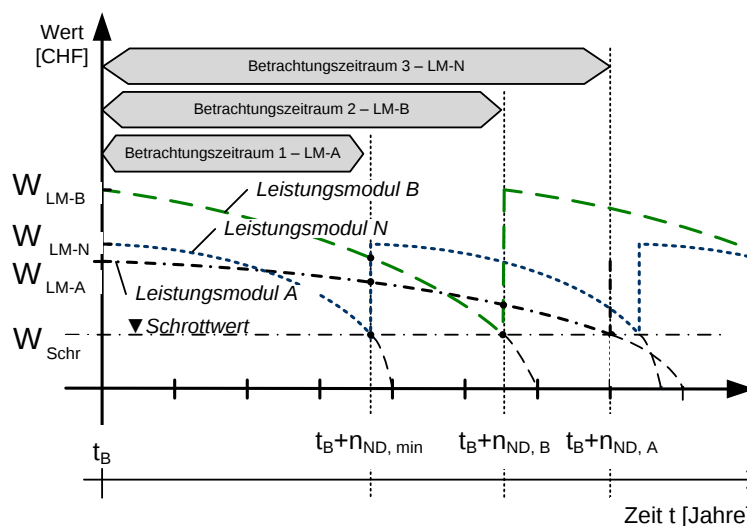


Abb. A-90: Lebenszyklusdauern bei der Wirtschaftsanalyse von Leistungsmodulen (in Anlehnung an [72], [67])

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. [121]

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.

$$K_{LM}^{\alpha} = \min \left\{ K_{LM}^{\{\alpha, \beta, \gamma, \dots\}} \middle| t=0 \right\} \quad \dots \text{mit Annahme z. B. } \alpha \text{ als kostengünstigste Variante}$$

Die 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. [94]

Das vorliegende Prozessleistungs- und Kostenmodell ermöglicht es den kommunalen Entscheidungsträgern rational begründbare Entscheidungen bei der Zusammenstellung der Leistungsmodule zu treffen und bietet eine rationale Entscheidungsgrundlage bei der Beschaffung von Geräten und der Dimensionierung des Fuhrparkes.

5.3.1 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 5.2.2 beschrieben wurden, sowie aus der jeweiligen Kostenstruktur je Leistungsmodul.

Der Selektionsprozess der Leistungsmodule für die Zusammenstellung eines optimalen Geräteclusters erfolgt 2-stufig:

1. Schritt: Auffinden des Kostenminimums des gewählten Geräteclusters unter Berücksichtigung der geforderten gemeindespezifischen Leistung
2. 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.

Abb. A-91 zeigt die Selektion der Gerätecluster im Bereich der Strassenreinigung, wobei als Input die zu bewirtschaftende Netzgrösse verwendet wird. Diese müssen auf Basis der in Teil A Kapitel 5.2 beschriebenen Einsatzbereiche kategorisiert und mit einem entsprechenden Service Level (für Winterdienst- und Strassen-reinigungsarbeiten) versehen werden.

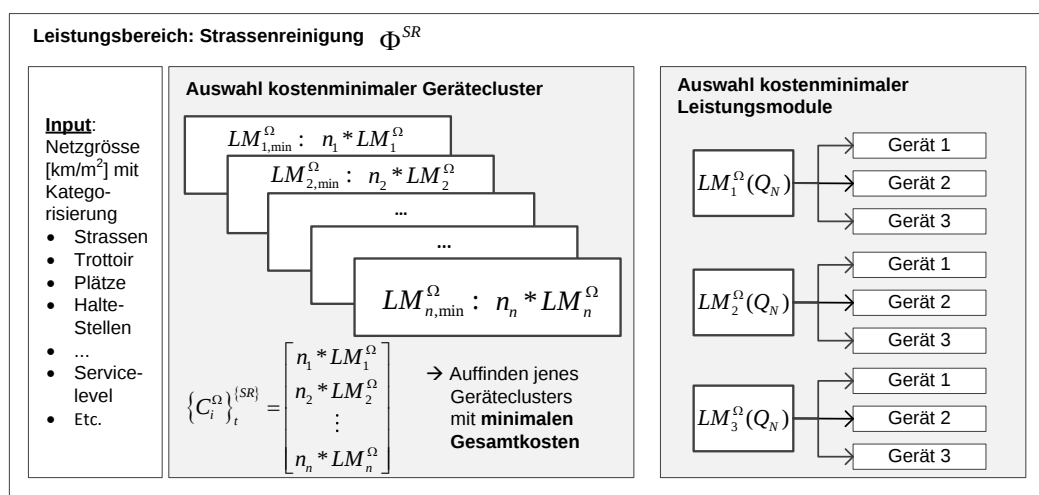


Abb. A-91: Selektion der Gerätecluster am Beispiel der kommunalen Strassenreinigung

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.

$$\{C_i^\Omega\}_{t \in \{\Phi\}} = \begin{bmatrix} n_1 * LM_1^\Omega \\ n_2 * LM_2^\Omega \\ \vdots \\ n_n * LM_n^\Omega \end{bmatrix}$$

In ähnlicher Form erfolgt die Selektion der Gerätecluster im Winterdienst (Abb. A-92). 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 Bemessungsformel [30] 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]

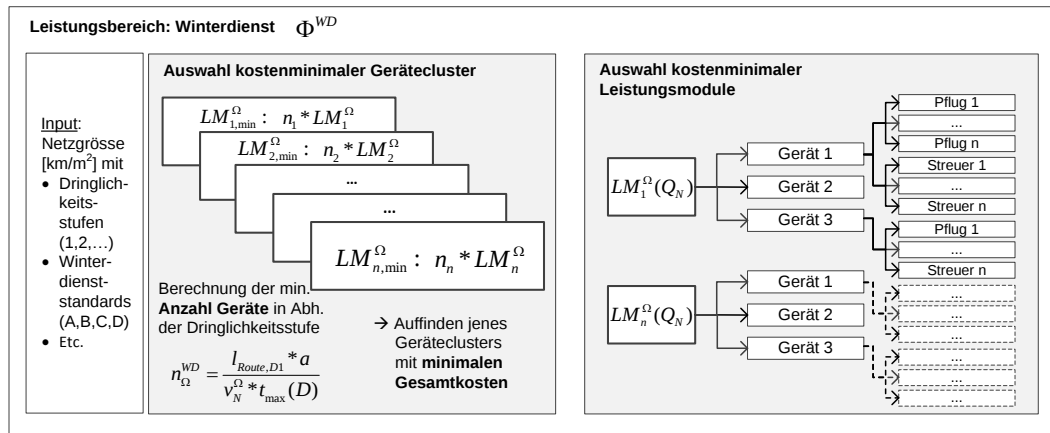


Abb. A-92: Selektion der Gerätecluster am Beispiel des kommunalen Winterdienstes

In der Auswahl der kostenminimalen Leistungsmodule im Bereich des Winterdienstes (Abb. A-92) 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 indirekten Einfluss auf die Werkhofkosten mit sich bringt und zudem unterschiedliche Verfahrensabwicklungen erfordert

Kostenkalkulation der Leistungsmodule

Im Folgenden wird die **Kalkulation der Leistungsmodule** eingegangen, die auf den Grundlagen des Schweizerischen Baumeisterverbandes [122] und Girmscheid und Motzko [123] basiert. Grundsätzlich kann in der Kalkulation zwischen direkten und indirekten Kosten unterschieden werden. Zu Letzteren 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 Teil A Kapitel 6.1 ff näher erläutert.

Direkte Kosten lassen sich direkt zum Leistungsgebiet zuordnen, wobei hier nochmals zwischen Eigen- und Fremdleistungskosten unterschieden werden muss. Bei einer Eigenleistung werden die direkten Kosten in die Anteile

- Lohn L_{Φ}^{dir}
- Material M_{Φ}^{dir}
- Inventar L_{Φ}^{dir}
- Fremdleistung

untergliedert.

Nach einer ausführlichen Diskussion der Thematik der Leistungsberechnung von Unterhaltsgeräten wird folgend auf die Kalkulation von Leistungsmodulen eingegangen.

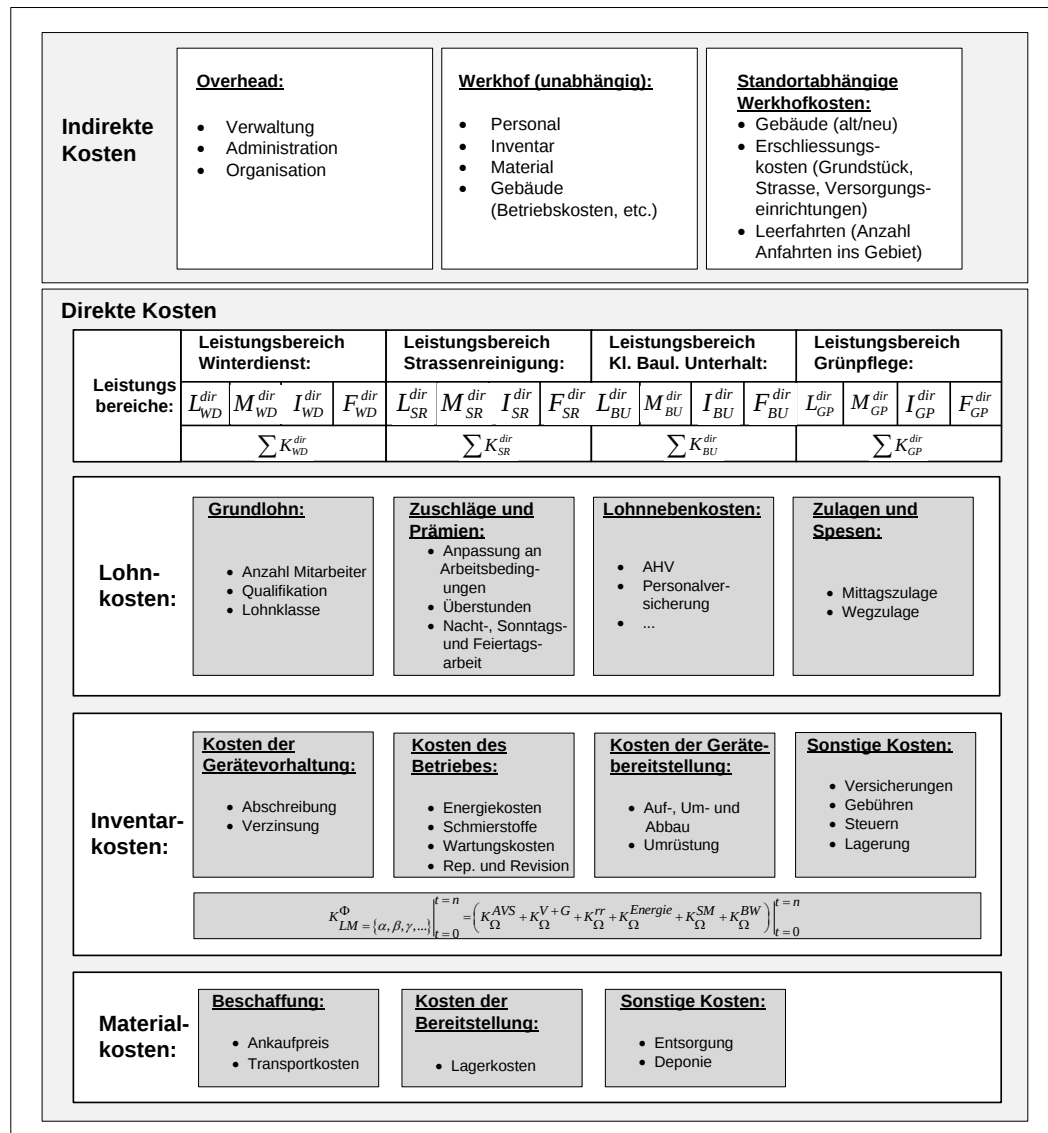


Abb. A-93: Kalkulation der direkten und indirekten Kosten

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 zusammensetzt¹⁷. Unter Berücksichtigung der Zuschläge und Prämien für beispielsweise Überstunden, Nacht- und Sonntagsarbeit etc. können die Lohnnebenkosten (Alters- und Hinterlassenenversicherung 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. [124] [122]

Berechnung Inventarkosten einer Kleinkehrmaschine

Die Berechnung der Inventarkosten erfolgt in der Unterteilung von fixen und variablen Kosten. In der Inventarkalkulation wird von folgenden jährlichen Fixkosten ausgegangen: [124]

¹⁷ Die Lohnklassen und Höhe der Mindest-Grundlöhne werden im Bauhauptgewerbe im Schweizerischen Landesmantelvertrag (LMV) festgelegt.

- 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. Abb. A-94 zeigt die Berechnungsgrundlagen basierend auf den Inventargrunddaten 2013 [125] und den Betriebsinternen Verrechnungssätzen [126] des Schweizerischen Baumeisterverbandes.

Gerät	City Cat 2020	
Strassenreinigungsmaschine, sf	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

Abb. A-94: Inventarkalkulation - Grunddaten City Cat 2020

Unter **Amortisation** wird die Tilgung einer Schuld als Rückfluss des Kapitaleinsatzes verstanden [124]. 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 (lineare Abschreibung). Als vereinfachte Annahme wird in der vorliegenden Kalkulation von einer linearen Abschreibung ausgegangen.

$$\text{Amortisation} = \frac{\text{Neuwert (NW)}}{\text{Nutzungsdauer (ND)}} \quad [\text{CHF} / \text{Jahr}]$$

Wird im Zuge der Berechnung ein Restwert des Inventars berücksichtigt, der den Wiederverkaufswert des Gerätes berücksichtigt, so ergeben sich daraus folgende Amortisationskosten:

$$\text{Amortisation} = \frac{\text{Neuwert (NW)} - \text{Restwert (RW)}}{\text{Nutzungsdauer (ND)}} \quad [\text{CHF} / \text{Jahr}]$$

In weiterer Folge wird die **Verzinsung** mit 6% (als konstanter Wert aus dem BIV [126]) 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. Abb. A-95 zeigt die Berechnung für Abschreibung, Verzinsung und Stationierung (AVS) pro Jahr.



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

Amortisati

Neuwert (NW)

Nutzungsdauer (ND)

=

180000

8

=

22500.00

CHF

Verzinsung

Neuwert (NW) x Zinssatz (ZS)

2 x 100

=

180000

2

x

6

100

=

5400.00

CHF

Feuer-/Elementarrisiko

Neuwert (NW) x Feuer-/Elementarrisiko (FE)

100

=

180000

x

0.59

100

=

1062.00

CHF

Stationierung

Neuwert (NW) x Stationierung (S)

100

=

180000

x

2

100

=

3600.00

CHF

Jahreskosten

=

32562.00

CHF

Berechnung - AVS pro Vorhaltemonat

Ansatz in CHF pro Monat

Jahreskosten x 30

Verrechnungstage (VT)

=

32562.00

x

30

210

=

4651.71

CHF

Ansatz in % pro Monat

Ansatz in CHF pro Monat x 100

Neuwert (NW)

=

4651.71

x

100

180000

=

2.58

%

Berechnung - AVS pro Einsatzstunde (EH)

Ansatz in CHF pro Stunde

Ansatz in CHF pro Monat x Verrechnungstage (VT)

Einsatzstunden x 30

=

4651.71

x

365

1500

x

30

=

37.73

CHF

Abb. A-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. Abb. A-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 - Schwenverkehrsabgabe	IGD, Spalte 9	=		600.00 CHF
MB	Maschinenbruchversicherung	IGD, Spalte 22	Neuwert (NW) x $\frac{MB}{100}$	=	x $\frac{\div}{100}$ = 0.00 CHF
KV	Kaskoversicherung	IGD, Spalte 23	Neuwert (NW) x $\frac{KV}{100}$	=	180000 x $\frac{0.50}{100}$ = 900.00 CHF
SB	Selbstbehalt Kasko	IGD, Spalte 24	Kasko (KV) x $\frac{SB}{100}$	=	900 x $\frac{25.00}{100}$ = 225.00 CHF
			Jahreskosten	=	2390.00 CHF

Abb. A-96: Inventarkalkulation - Zusätzliche Versicherungen und Gebühren

Die Summe der totalen fixen Kosten ergibt sich für die gewählte Kleinkehrmaschine aus folgender Summation (siehe auch Abb. A-97):

$$K_{LM, fix}^{\Phi} = \left(K_{\Omega}^{AVS} + K_{\Omega}^{V+G} \right) \Big|_{t=0}^{t=n}$$

$\{\alpha, \beta, \gamma, \dots\}$ = Leistungsmodul-Varianten

$K_{LM, fix}^{\Phi}$ Totale Fixkosten des Inventars für Leistungsmodul-Varianten [CHF]

K_{Ω}^{AVS} Kosten für Abschreibung, Verzinsung und Stationierung [CHF]

K_{Ω}^{V+G} Kosten aus zusätzlichen Versicherungen und Gebühren [CHF]



Institut für Bau- und
 Infrastrukturmanagement
 Professur für Bauprozess- und
 Bauunternehmensmanagement
 Prof. Dr.-Ing. Gerhard Girmscheid

City Cat 2020 - Basis: IGD 2013

Berechnung - Total Fixe Kosten pro Jahr

Jahreskosten für Abschreibung, Verzinsung, Stationierung	=	32562.00 CHF
Jahreskosten für Zusätzliche Versicherungen & Gebühren	=	2390.00 CHF
Jahreskosten	=	34952.00 CHF

Berechnung - Total Fixe Kosten pro Monat

Ansatz in CHF pro Monat	$\frac{\text{Jahreskosten} \times 30}{\text{Verrechnungstage (VT)}} = \frac{34952.00 \text{ CHF} \times 30}{365}$	=	2872.77 CHF
Ansatz in % pro Monat	$\frac{\text{Ansatz in CHF pro Monat} \times 100}{\text{Neuwert (NW)}} = \frac{2872.77 \text{ CHF} \times 100}{160000}$	=	1.80 %

bzw.

Monatskosten für Abschreibung, Verzinsung, Stationierung	=	4070.25 CHF
Monatskosten für Zusätzliche Versicherungen & Gebühren	=	298.75 CHF
Ansatz in CHF pro Monat	=	4369.00 CHF

Berechnung - Total Fixe Kosten pro Einsatzstunde (EH)

Ansatz in CHF pro Stunde	$\frac{\text{Ansatz in CHF pro Monat} \times \text{Verrechnungstage (VT)}}{\text{Einsatzstunden (EH)} \times 30} = \frac{4369.00 \text{ CHF} \times 365}{1500 \times 30}$	=	35.44 CHF
--------------------------	---	---	-----------

Abb. A-97: Inventarkalkulation - Totale Fixkosten pro Jahr

Zur Berechnung der Inventar-Gesamtkosten ist es erforderlich neben den totalen fixen Kosten pro Jahr ebenso die variablen Kosten zu bestimmen, deren Höhe von der Häufigkeit des Inventareinsatzes (beispielsweise von der Anzahl der zu reinigenden Kilometer des Strassennetzes) abhängig ist. Darunter fallen:

- Kosten für Reparaturen und Revisionen (rr)
- Kosten für Energie und
- Kosten für Schmiermittel (SM)
- Bedienungs- und Wartungskosten (BW)

$$K_{LM, var}^{\Phi} = \left(K_{\Omega}^{rr} + K_{\Omega}^{Energie} + K_{\Omega}^{SM} + K_{\Omega}^{BW} \right) \Big|_{t=0}^{t=n}$$

$K_{LM, var}^{\Phi}$ 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. 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 die 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 zu 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 Mo

$$\frac{\text{Neuwert (NW)} \times \text{Reparatur/Revision (rr)} \times 30}{\text{Nutzungsdauer (ND)} \times \text{Verrechnungstage (VT)} \times 100}$$

=

180000

x

100

x

30

8

x

210

x

100

=

3214.29 CHF

Ansatz in % pro Monat

$$\frac{\text{Ansatz in CHF pro Monat} \times 100}{\text{Neuwert (NW)}}$$

=

3214.29

x

100

180000

=

1.79%

Berechnung - Reparatur und Revision (RR) pro Einsatzstunde (EH)

Ansatz in CHF pro St

$$\frac{\text{Ansatz in CHF pro Monat} \times \text{Verrechnungstage (VT)}}{\text{Einsatzstunden (EH)} \times 30}$$

=

3214.29

x

210

600

x

30

=

37.50 CHF

Abb. A-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 Werden werden jährlich in den Betriebsinternen Verrechnungssetzen (BIV) [126] publiziert.



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

Motorenleistung (P) x Anzahl x Energieverbrauch (EV) x Energiepreis (EP) =

60

x

1

x

0.17

x

1.88

=

19.18 CHF

Elektromotor:

EK pro Stunde

Motorenleistung (P) x Anzahl x Energieverbrauch (EV) x Energiepreis (EP) =

x

x

x

=

0.00 CHF

100

100

Druckluftmotor:

EK pro Stunde

Motorenleistung (P) x Anzahl x Energieverbrauch (EV) x Energiepreis (EP) =

x

x

x

=

0.00 CHF

100

100

Energiekosten von Maschinen mit mehreren Motoren:

EK pro Stunde

$\sum_{i=1}^n EK_i$

=

19.18 CHF

Abb. A-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	$\frac{\text{Energiekosten (EK)} \times \text{Schmiermittelverbrauch (SV)}}{100} = \frac{19.20}{100} \times \frac{25}{100} =$	4.80 CHF
SK pro Stunde	$\frac{\text{Schmiermittelkosten (SK)}}{\text{Einsatzstunden}} =$	

Abb. A-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 [125]¹⁸. Auf Basis vorhandener Erfahrungswerte wird von einer Wartung von vier Stunden wöchentlich ausgegangen, was einem Wartungsfaktor von 0,10 entspricht.

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. [125]

Zusammengefasst kann die Berechnung der Inventarkosten nach folgender Formel erfolgen:

$$K_{LM}^{\Phi} = \{\alpha, \beta, \gamma, \dots\} \left|_{t=0}^{t=n} = \left(K_{\Omega}^{AVS} + K_{\Omega}^{V+G} + K_{\Omega}^{rr} + K_{\Omega}^{Energie} + K_{\Omega}^{SM} + K_{\Omega}^{BW} \right) \right|_{t=0}^{t=n}$$

$\{\alpha, \beta, \gamma, \dots\}$ = Leistungsmodul-Varianten

Abb. A-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 Schweizerischem Baumeisterverbandes.

¹⁸ Pos. 566.132 (BIV)



Institut für Bau- und
Infrastrukturmanagement
Professur für Bauprozess- und
Bauunternehmensmanagement
Prof. Dr.-Ing. Gerhard Girmscheid

Pos-Nr.: **Kalkulationsbeispiel Inventar
Kehrmaschine City Cat 2020**

Kalkulationsgrundlagen

Mittlerer Neuwert	180'000	CHF	
Nutzungsdauer	8	Jahre	
Vorhaltemonate pro Jahr	210	Tage =	7 Monate
Einsatzstunden pro Jahr	600	Stunden	
Energieverbrauch Antrieb	0.17	l/kWh	
Energieverbrauch Zweitmotor			
Maschinist	M2	68.00	CHF/h
Wartungsfaktor		0.20	

Fixkosten pro Jahr

Fixkosten pro Jahr				Franken	% von NW
Amortisation			CHF	22'500.00	12.5%
Verzinsung	Zinssatz	6.00 %	CHF	5'400.00	3.0%
Feuer- und Elementarrisiko		0.59 % von NW	CHF	1'062.00	0.6%
Stationierung		2.00 % von NW	CHF	3'600.00	2.0%
Haftpflicht		0.30 % von NW	CHF	475.00	0.3%
Verkehrssteuer		0.10 % von NW	CHF	190.00	0.1%
Bewilligungen und Gebühren		0.40 % von NW	CHF	600.00	0.3%
Maschinenbruchversicherung		% von NW	CHF	-	0.0%
Kaskoversicherung		0.50 % von NW	CHF	900.00	0.5%
Selbstbehalt		0.13 % von Kasko	CHF	225.00	0.1%

Total Fixkosten pro Jahr CHF **34'952.00** **19.42 %**

Total Fixkosten pro Vorhaltemonat CHF **4'993.14** **2.77 %**

Total Fixkosten pro Einsatzstunde CHF **58.25**

Variable Kosten

Variable Kosten				Franken	% von NW	
Reparatur + Revision	pro Jahr	100.000	% von NW	CHF	22'500.00	12.5%
Reparatur + Revision	pro Vor- haltemonat	7	Monate/Jahr	CHF	3'214.29	
Reparatur + Revision	pro Stunde			CHF	37.50	
Energie		1.88	CHF/l	CHF	19.18	
Schmiermittel		25	% von Energie	CHF	4.79	

Total variable Kosten pro Einsatzstunde CHF **61.47**

Total fixe und variable Kosten pro Einsatzstunde CHF **119.72**

Abb. A-101: Inventarkalkulation - Übersicht fixe und variable Kosten

Inventarkosten einer Grosskehrmaschine

Die Grosskehrmaschine des Types City Cat 5000 entspricht einer selbstfahrenden Strassenreinigungsmaschine (BIV Pos-Nr.: 566.142). Die Grundlagen zur Kostenkalkulation sind in Abb. A-102 dargestellt.

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

Abb. A-102: Kalkulationsgrundlagen für City Cat 5000

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 gefahrene Kilometer wird sich deutlich die Senkung der Kosten bei höherer Auslastung des Gerätes zeigen. Gemäss empirischer Erhebungen des Teils B 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.

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	

Abb. A-103: Berechnung der Kosten für City Cat 5000

Abb. A-103 zeigt die Kalkulation einer Grosskehrmaschine, wobei totale fixe und variable Kosten pro Einsatzstunde von ca. 175 CHF resultieren.

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 Abb. A-104 dargestellt.

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

Abb. A-104: Kalkulationsgrundlagen für Egholm City Ranger

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 Auswertungen des Teils B 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.

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
Haftpflcht (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	

Abb. A-105: Berechnung der Kosten für Egholm City Ranger 2200 T

Die Kostenkalkulation des Egholm ist in Abb. A-105 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.

5.3.2 Anwendung des Prozessleistungs- und Kostenmodells

Zur Erreichung eines Prozess-Gesamtkosten-Leistungsmodells (Teilmodell I) werden die in den vorherigen Kapiteln diskutierten Ergebnisse zusammengeführt. Dazu erfolgt eine Synthese der Ergebnisse aus der vorgestellten Leistungsberechnung der Unterhaltsgeräte den kalkulierten Kosten, um so die Durchschnittlichen Gesamtkosten (DGK) je Gerät und Leistungsmodul zu berechnen. Diese sollen in weiterer Folge den Gesamtkosten in Abhängigkeit von den geleisteten/gefahrenen Kilometern pro Jahr gegenübergestellt werden. Als Basis der in Kapitel 5.2.2 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 (Abb. A-106):

$$Q_N^{\Omega} = Q_T^{theo} * (\eta_1 * \eta_2 * \eta_3) * (k_G * k_Z * k_B) * (k_W * k_V * k_{spez.})$$

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

Abb. A-106: 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. [127] Basierend auf der in Abb. A-106 dargestellten Leistungsberechnung können **gerätespezifische Leistungsgrenzen** (maximale Nutzleistung) errechnet werden, die die Grundlage für die Zusammenstellung der Gerätecluster bilden.

Im Folgenden wird den Grundlagen der Kostentheorie die Berechnung der Leistungs- und Kostenfunktion der jeweiligen Leistungsmodule erläutert. Im ersten Schritt gilt es, die aus der Inventarkalkulation gewonnen fixen und variablen Kosten zu einer Gesamtkostenfunktion zusammenzufügen:

$$K_{CC2020}^{SR}(x) = K_{CC2020}^{SR}(x) = K_{CC2020}^{SR\,fix} + K_{CC2020}^{SR\,var}(x)$$

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 Verschleisssteile 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 folgendermassen beschrieben werden:

$$K_{CC2020}^{SR}(x) = K_{CC2020}^{SR\,var} * x^p + K_{CC2020}^{SR\,var} * x + K_{CC2020}^{SR\,fix}$$

$$K_{CC2020}^{SR}(x) = 7.69x^{1.10} + 3.49 * x + 34'395$$

Der aus der Kostenfunktion resultierende Verlauf der fixen und variablen Kosten sowie der Gesamtkostenverlauf sind in Abb. A-107 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) [128]. Sprungfixe Kosten veranschaulichen beispielsweise den Zukauf eines weiteren Gerätes, das notwendig wird, sobald die vordefinierte gerätespezifische Leistungsgrenze (siehe Abb. A-106) erreicht wurde.

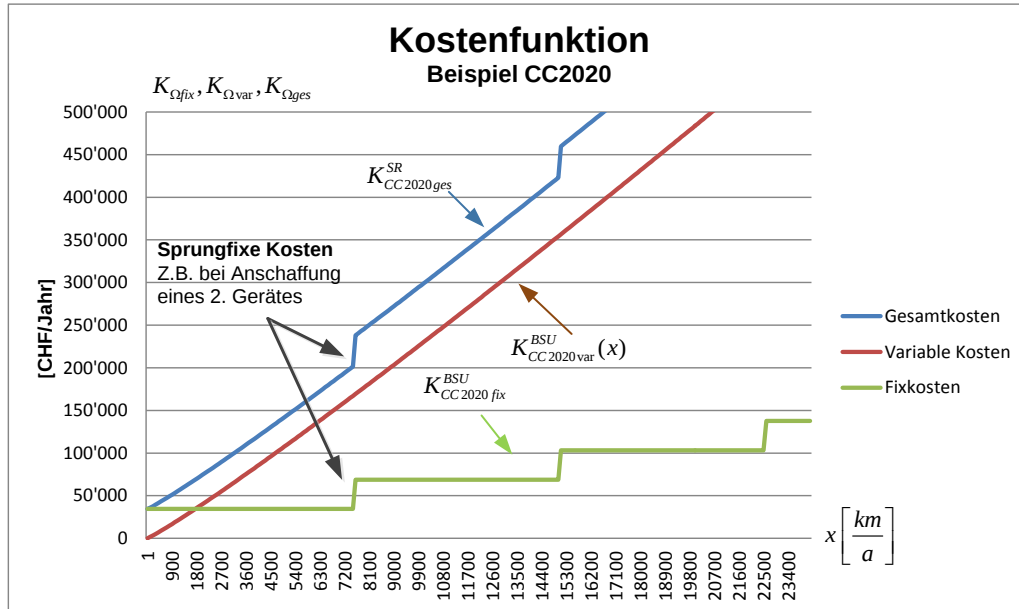


Abb. A-107: Kostenfunktion - Fixe, variable und Gesamtkosten (CC2020)

Für die Entwicklung der Kostenfunktion für ein Leistungsmodul bestehend aus mehreren Unterhaltsgeräten sind Kenntnisse über die jeweiligen Leistungsgrenzen unerlässlich. Anhand folgender Berechnungsformel können die Kosten in Abhängigkeit der Geräteanzahl dargestellt werden:

$$K_{\Omega}^{BSU} = K_{\Omega}^{BSU}(x) = \left[n_{\Omega} * K_{\Omega fix}^{BSU} \right] + K_{\Omega var}^{BSU}(x)$$

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 (= gerätespez. 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 der Berechnung der Gesamtkosten abgebildet werden:

$$K_{\Omega}^{BSU}(Q, \Omega) = \left[n_{\Omega} * K_{\Omega fix}^{BSU} \right] + \frac{ME}{Q_{N, \Omega}} * K_{\Omega var}^{BSU}(x) \quad [\text{CHF/a}]$$

$$K_{\Omega}^{BSU}(Q, \Omega) \text{ Leistungs-, und geräteabhängige Gesamtkosten} \quad [\text{CHF/a}]$$

$$K_{\Omega fix}^{BSU} \text{ geräteabhängige Fixkosten} \quad [\text{CHF/a}]$$

$$\frac{K_{\Omega var}^{BSU}}{ME}(x) \text{ geräte- und leistungsabhängige variable Kosten} \quad [\text{CHF/a}]$$

$$\frac{ME}{Q_{N, \Omega}} \text{ Auslastungsgrad des Gerätes – Quotient aus gefahrener Strecke zu geräteabhängiger Nutzleistung} \quad [\text{km/Jahr}]$$

Für die weitere Analyse der gerätespezifischen Kostenfunktion bedarf es einer genaueren Betrachtung der

- **Einheitskosten** resp. Durchschnittskosten (durchschnittliche Gesamtkosten DGK, durchschnittliche fixe Kosten DFK und durchschnittliche variable Kosten DVK)
- 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 **durchschnittlichen Gesamtkosten (DGK) respektive Einheitskosten**:

$$DK_{CC2020}^{SR} = \frac{K_{CC2020}^{SR}(x)}{x} = \frac{K_{CC2020 fix}^{SR}}{x} + \frac{K_{CC2020 var}^{SR}(x)}{x}$$

$$DK_{CC2020}^{SR} = \frac{K_{CC2020 fix}^{SR}}{x} + K_{CC2020 var}^{SR} * x + K_{CC2020 var}^{SR}$$

$$DK_{CC2020}^{SR} = \frac{34395}{x} + 7.69 * x^{0.1} + 3.49$$

Neben den durchschnittlichen Gesamtkosten respektive gerätespezifischen **Einheitskosten** können zudem **durchschnittliche fixe Kosten (DFK)** und **durchschnittliche variable Kosten (DVK)** berechnet werden, die sich jeweils aus der Division der fixen respektive variablen Kosten durch die Ausbringungsmenge ergeben. Bei 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:

Durchschnittlich fixe Kosten (DFK)

$$DFK_{CC2020}^{SR}(x) = \frac{K_{CC2020 fix}^{SR}}{x}$$

$$DFK_{CC2020}^{SR}(x) = \frac{34395}{x}$$

Durchschnittlich variable Kosten (DVK)

$$DVK_{CC2020}^{SR}(x) = \frac{K_{CC2020var}^{SR}(x)}{x}$$

$$DVK_{CC2020}^{SR}(x) = 7.69 \cdot x^{1.10} + 3.49$$

Aus den errechneten Durchschnittskosten (DGK, DFK und DVK) ergeben sich die in Abb. A-108 dargestellten Kostenverläufe. Zur Erreichung eines kosteneffizienten Strassenunterhaltes gilt es, die Durchschnittskosten pro Kilometer möglichst zu minimieren.

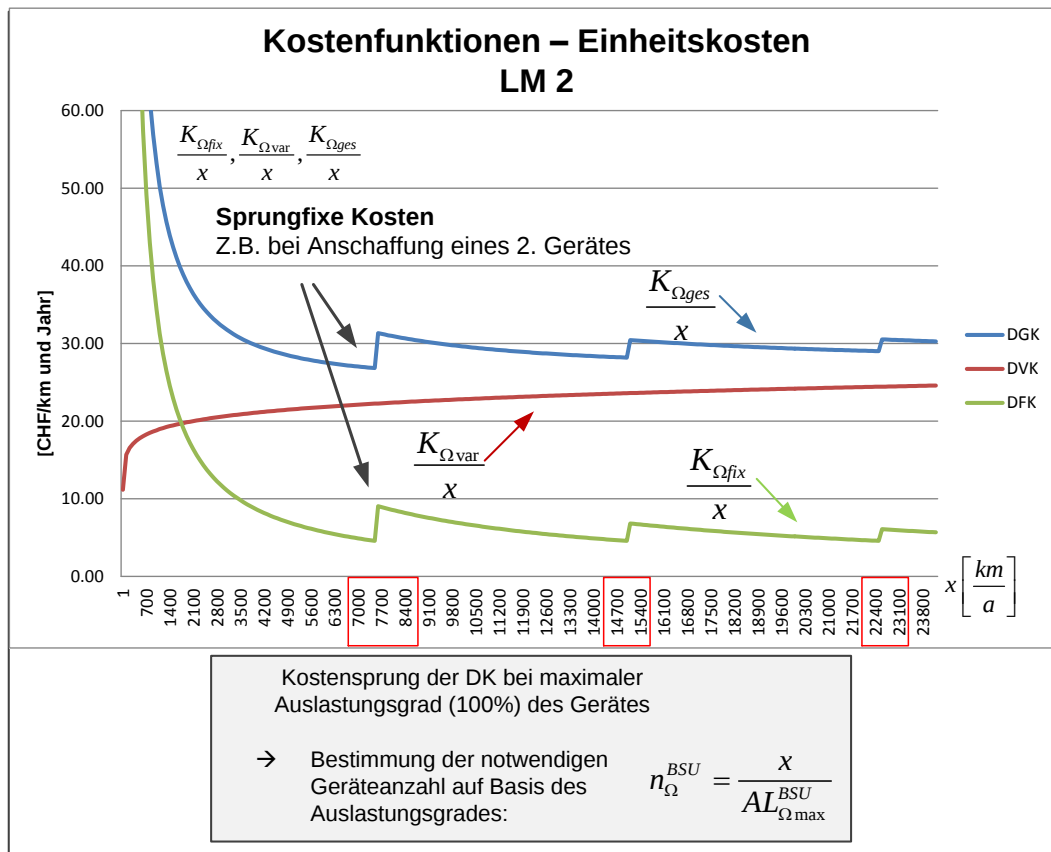


Abb. A-108: Durchschnittlich fixe, variable Kosten und DGK (CC2020)

Auf Basis der Kostengrößen Gesamtkosten und Durchschnittskosten sowie der gerätespezifischen Leistungsgrenzen können, wie in Abb. A-108 ersichtlich, die minimalen Durchschnittskosten den Inventar-Gesamtkosten je Leistungsmodul gegenübergestellt werden.

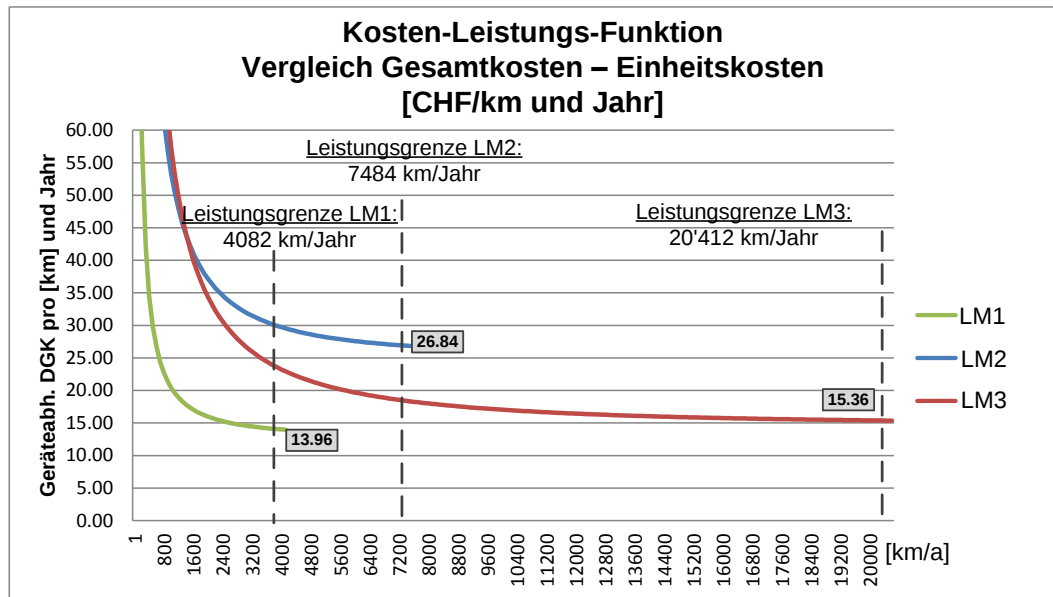


Abb. A-109: Kosten-Leistungs-Funktion in Abhängigkeit des Auslastungsgrades

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. [129], [128]

$$GK_{CC2020}^{SR}(x) = K_{CC2020}^{SR}{}'(x) = \frac{K_{CC2020}^{SR}(x)}{dx}$$

$$GK_{CC2020}^{SR}(x) = \frac{d}{dx}(7.69x^{1.10} + 3.49 \cdot x + 34395)$$

$$GK_{CC2020}^{SR}(x) = 8.459 \cdot x^{\frac{1}{10}} + 3.49$$

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.

Abb. A-110 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 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.

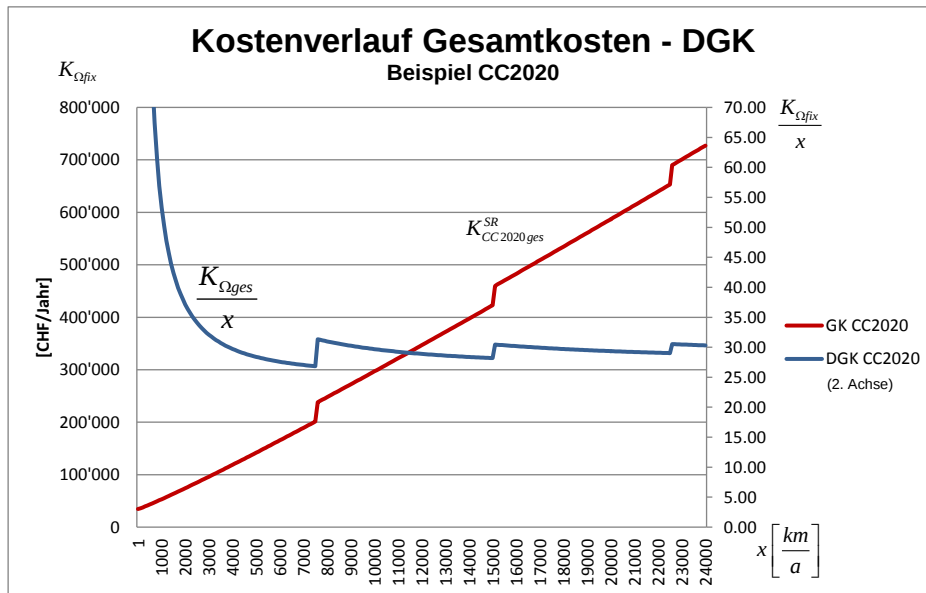


Abb. A-110: Vergleich der Gesamtkosten zu Einheitskosten

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. Abb. A-111 zeigt eine Zusammenfassung der Kostenanalyse eines Leistungsmoduls 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.

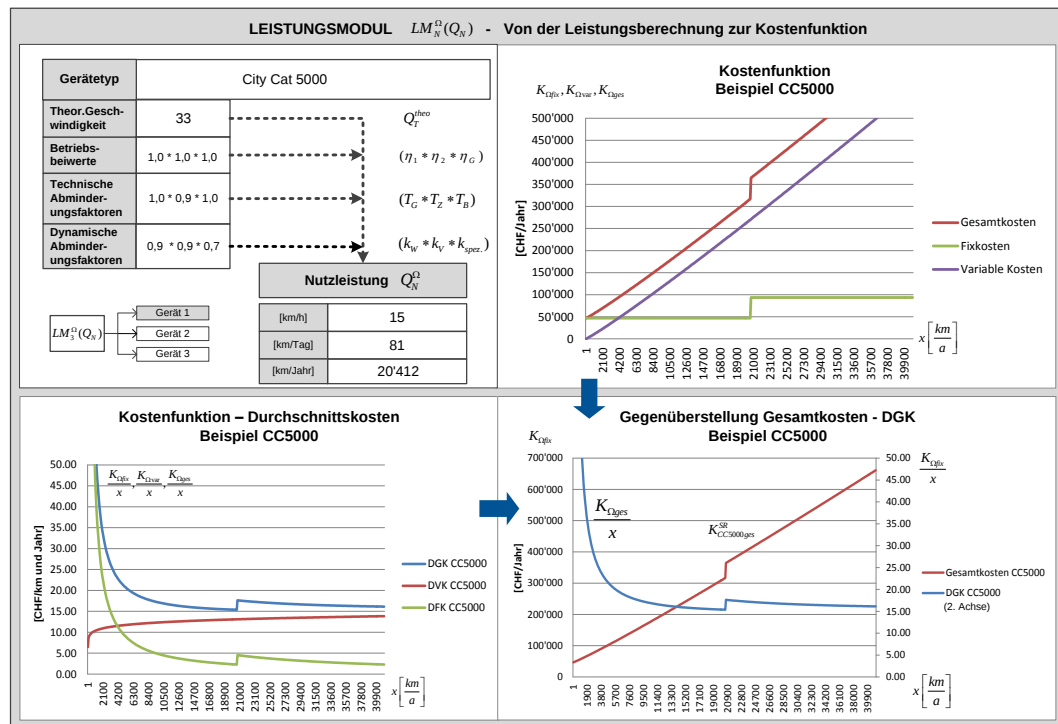


Abb. A-111: Leistungsmodul - Von der Leistungsberechnung zur Kostenfunktion

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 LM2 und zwei LM1
- **Variante 2:** Durchführung der Reinigungsarbeiten mit einem LM 3 und zwei LM1

Abb. A-112 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.

Input:
Netzgrösse [km]
Strassen: 16'000 km
Trottoir & Plätze: 4'000 km

Auswahl kostenminimaler Gerätecluster

$$\{C_i^{\Omega}\}_t^{[SR]} = \begin{bmatrix} n_1 * LM_1^{\Omega} \\ n_2 * LM_2^{\Omega} \\ \vdots \\ n_n * LM_n^{\Omega} \end{bmatrix}$$

→ ZIEL:
Auffinden jenes Geräteclusters mit **minimalen Gesamtkosten** und **minimalen Stückkosten**

zu reinigende km	Auslastungs-grad	Fixkosten	variable Kosten	Gesamt-kosten	benötigte Maschinen	DGK [GK/km]	DVK (x)	DFK (x)	Grenz-kosten (GK)
[km/a]	[%]	[CHF/a]	[CHF/a]	[CHF/a]	[ME]	[CHF/a]	[CHF/a]	[CHF/a]	[CHF/a]
Variante 1: bei z.B. 14000 km für LM2 und 6000 km für LM1									
14'000	187%	68'790	328'544	328'717	2	23.48	23.47	4.91	25.47
6'000	147%	19'417	71'162	90'564	2	15.09	11.86	3.24	7.88
20'000		88'207	399'706	419'281	4	39	35	8	33
Variante 2: bei z.B. 14000 km für LM3 und 6000 km für LM1									
14'000	69%	46'835	177'682	224'517	1	16	13	3	13.70
6'000	147%	19'417	71'162	90'564	2	15	12	3	7.88
20'000		66'252	248'845	315'082	3	31	25	7	22

Abb. A-112: Beispielrechnung - Gerätecluster-Varianten für Strassenreinigungsmassnahmen

Abb. A-113 zeigt für die in die Berechnung miteinbezogenen Leistungsmodule LM1, LM2 und LM 3 die Höhe der jeweiligen Gesamtkosten und durchschnittlichen Gesamtkosten (DGK) auf und stellt die Ergebnisse der in Abb. A-112 errechneten Kostengrössen grafisch dar.

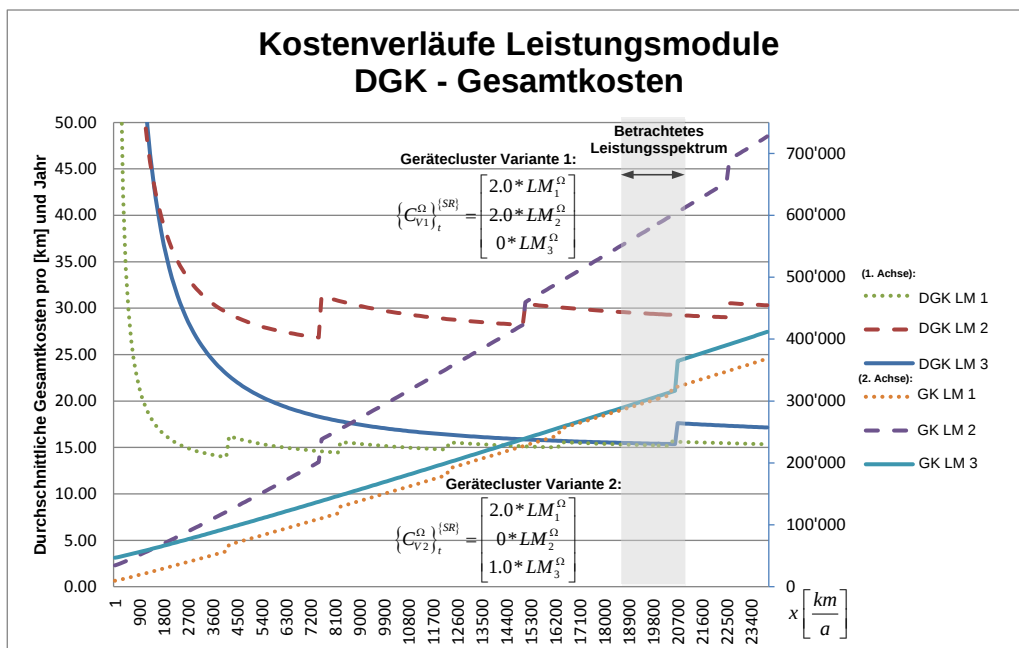


Abb. A-113: Leistungsmodule SR - Kostenverläufe Einheitskosten – Gesamtkosten

5.3.3 Teilmodell I – Zusammenfassung und Fazit

Das Teilmodell I zur Optimierung des Geräteeinsatzes und der Gerätebereitstellung auf operativer Prozessebene beantwortet die Frage, wie eine optimale Gerätebereitstellung für Werkhöfe erfolgen kann. 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 basierend auf den Grundlagen von Girmscheid [2] wurde gezeigt, wie auf Basis der gerätespezifischen theoretischen Grundleistung durch leistungsvermindernde Faktoren eine tatsächlich mögliche Nutzleistung errechnet werden kann. Dabei wurden systematisch 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, Einheitskosten und 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 dar, wie die Zusammensetzung der Leistungsmodule zu Geräteclustern erfolgen kann, um eine optimierte Kosten-Nutzen-Funktion zu erhalten unter Beachtung der gemeindespezifischen (Qualitäts-) Anforderungen.

Das Teilmodell I beantwortet somit die in Kapitel 3.6 Teil A genannte Forschungsfrage, wie eine optimale Gerätekonfiguration nach dem ökonomischen Minimalprinzip gestaltet werden muss. Den kommunalen Entscheidungsträgern bzw. Ressortverantwortlichen wird somit eine Entscheidungsgrundlage geboten, die es ermöglicht, den Unterhaltsgerätepark effizient zusammenzusetzen, um folglich hohe Auslastungsgrade der Unterhaltsgeräte zu erreichen und den gesamten betrieblichen Strassenunterhalt effizienter zu gestalten.

A-6 Operatives Prozessmodell – Werkhofstandort- und Routenoptimierung

6.1 Werkhof-Standortplanung

Standortentscheidungen gehören zu den wichtigsten Entscheidungen, die eine Gemeinde bzw. eine interkommunale Kooperation 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 Drexel [130] ist es die Aufgabe der Standortplanung, „aus einer Menge potentieller Standorte einen bzw. mehrere so auszuwählen, dass eine weitestgehende Übereinstimmung zwischen Standortanforderungen und Standortbedingungen mit dem Ziel der Maximierung des wirtschaftlichen Erfolges gewährleistet wird“. 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. Abb. A-114 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

Abb. A-114: 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. Die Aufgabe der Erstellung des Tourenplanungskonzeptes sowie der Dimensionierung des Fuhrparks erfolgt hingegen sowohl auf strategischer 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 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.

6.1.1 Grundlagen zur Standortoptimierung

Das Operations Research (OR) stellt diverse Methoden zur Lösung von Standortproblemen zur Verfügung. In der Standorttheorie werden folgende Modelle unterschieden: [130], [131], [132]

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 sowohl in den Knoten als auch in auf beliebigen Punkten der Kanten eines Strassennetzes.

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. [132]

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist, dass durch diskrete Modelle nicht nur die Eröffnung neuer Standorte berücksichtigt werden kann, sondern auch die Schliessung bereits vorhandener Standorte. [133] Dies trägt vor allem jenem Umstand Rechnung, dass es bei erfolgreichen interkommunalen Kooperationsgesprächen alte Werkhofstrukturen zu überdenken gilt. Es sollte 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. Minmax-Lokationsproblem
- Unkapazitierte bzw. kapazitierte Standortprobleme
- Einstufiges bzw. mehrstufiges Modell
- Statisches bzw. dynamisches Modell
- Einprodukt- bzw. Mehrproduktmodell
- Elastische bzw. unelastische Nachfrage

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 er-

folgen (vorwiegend bei innerbetrieblicher Standortplanung) sowie als Modell mit euklidischer Metrik, das sich für betriebliche Standortbestimmungen eignet. [130]

Im vereinfachten, in der Literatur vielfach zitierten *Steiner-Weber-Problem* 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

$$d_{ij} = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \quad \text{zu minimierende Euklidische Entfernung}$$

$$b_j \quad \text{Bedarf bzw. Nachfrage einer Leistung in den Gemeinden}$$

Folgende partielle Ableitungen können aus der Zielfunktion gebildet werden: [130]

$$\frac{\partial F}{\partial x} = \sum_{j=1}^n \frac{b_j * (x - x_i)}{\sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}} \quad \text{bzw.} \quad \frac{\partial F}{\partial y} = \sum_{j=1}^n \frac{b_j * (y - y_i)}{\sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}}$$

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, würde sich die Wahl des neuen Standortes auf das vorhandene Strassennetz begrenzen.

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 respektive Kategorisierungen (z. B. Reinigungshäufigkeiten, Winterdienststandards etc.) abbilden.

Abb. A-115 zeigt eine schematische Darstellung von Siedlungsschwerpunkten innerhalb einer siedlungsübergreifenden Zusammenarbeit. Darunter wird der geometrische Schwerpunkt gewichtet mit dem geforderten Qualitätsstandard verstanden.

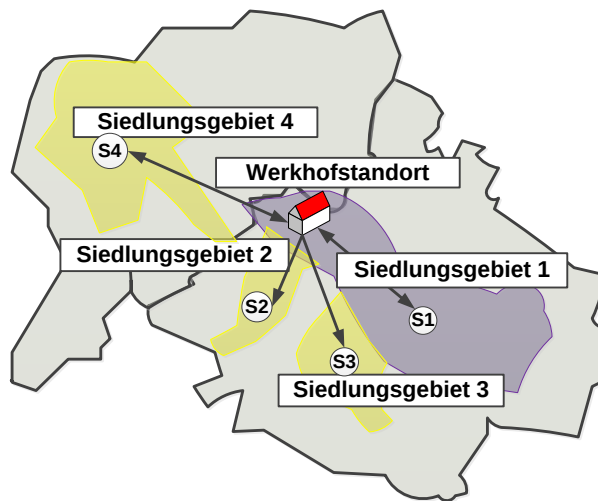


Abb. A-115: Schematische Darstellung von Siedlungsschwerpunkten innerhalb einer IKZ

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 oder mehrerer potentieller Standorte die Summe der Fixkosten sowie variable Betriebs- bzw. Transportkosten zu minimieren.

Abb. A-116 zeigt eine Übersicht der am häufigsten verwendeten Netzwerkmodelle. Als gegebene Parameter in den Netzwerkmodellen 1 bis 3 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 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 [134]. 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>		
Geg.: • Nachfragerknoten • Potentielle Standorte • Distanzen zwischen Nachfragerknoten und potentiellen Standorten Ges.: Summe der minimalen Abstände zwischen Nachfragerknoten und allen Standorten unter vollständiger Deckung des Bedarfs		
Typ 1	Typ 2	Typ 3
Median-Modell Geg.: Wie Minisum-Problem + • Anzahl potentieller Standorte • Gewichte der Nachfrageknoten	Warehouse Location Modell Geg.: Wie Minisum-Problem + • Mögliche Kapazitätsbeschränkung	Hub & Spoke Modell Geg.: Wie Minisum-Problem + • Mögliche Kapazitätsbeschränkung
Ges.: Lage von x Standorten, um die Summe der Entfernungen zwischen Nachfrageknoten und Standorten (Median) zu minimieren.	Ges.: Lage und Anzahl von Standorten, um die Summe der Entfernungen zwischen Nachfragerknoten und Standorten (unter Einhaltung einer Kapazitätsbeschränkung) zu minimieren.	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.

Abb. A-116: 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.

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:

$$\sum_{i \in I} x_{ij} = 1 \quad \dots \text{garantiert, dass jeder Siedlungsschwerpunkt einem Werkhofstandort zugeordnet wird}$$

$$\sum_{i \in I} y_i = m \quad \dots \text{definiert die Anzahl der Werkhofstandorte (Mediane)}$$

$$x_{ij}, y_i \in \{0,1\} \quad \dots \text{für alle } i \in I, j \in J$$

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. Anfahrtshäufigkeiten)
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-Problem) 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.

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 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 ([130], [134]). In der vorliegenden Bearbeitung wird nur von einstufigen WLPs ausgegangen, da die Aufgabenerfüllung direkt vom Werkhof aus an den Einsatzort erfolgt. Zudem kann zwischen einem kapazitierten und einem unkapazitierten WLP unterschieden werden, wobei letzterem Lokationsproblem die Annahme zugrunde liegt, dass die Kapazität (z. B. Grösse, Lager, Leistung) 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. [134]

Allgemein kann das WLP folgendermassen beschrieben werden: [130]

$$\min F(x, y) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} + \sum_{i=1}^m K_{fix} y_i$$

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 ($y_i=1$))

6.1.2 Werkhofstandort – Net Present Value (NPV)-Berechnungsmethode

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. [41] Nach Heinhold [135] sind im Wesentlichen die Bezugnahme auf Ein- und Auszahlungen sowie die Einbeziehung von mehreren Betrachtungszeiträumen Merkmale, die dynamische Investitionsmodelle von statischen unterscheiden.

Dynamische Modelle können insbesondere für die Beurteilung von **Vorteilhaftigkeitsentscheidungen** von Varianten bei Verwendung einer Zielgrösse herangezogen werden. Dabei werden der Berechnung der Vorteilhaftigkeit folgende Modellprämissen zugrunde gelegt: [41]

- 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 die Investitionsvarianten werden mit 30 Jahren festgelegt. Diese sind 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 zu bewerten. [41]

Die **dynamische Investitionsrechnung** stellt dabei die Verfahren der

- Internen Zinsfussmethode
- Annuitätenmethode
- Kapitalwertmethode (Netto Barwert oder Net-Present-Value (NPV)-Methode)

zur Verfügung [136]. Für den Werkhofstandort-Entscheidungs 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. [19]

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-

Entscheidungen 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 [41] definiert als die „Summe aller auf einen Zeitpunkt ab- bzw. aufgezinnten Ein- und Auszahlungen, die durch die Realisation eines Investitionsobjektes verursacht werden“. Unter der Annahme eines vollkommenen Kapitalmarktes wird ein einheitlicher Kalkulationszinssatz der Berechnung zugrunde gelegt.

Die Berechnung des Kapitalwertes der Werkhofstandort-Varianten erfolgt dabei in einer zweistufigen Berechnung (Abb. A-117). 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.

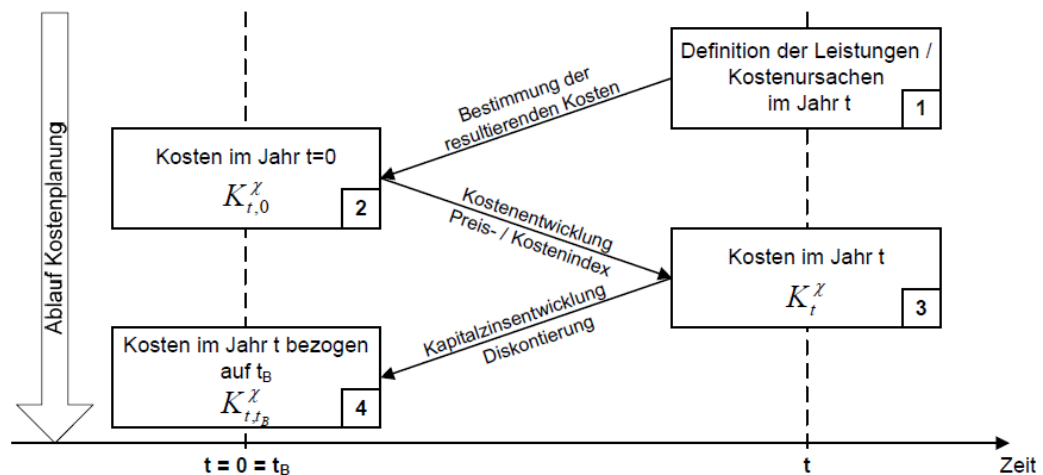


Abb. A-117: Schematischer Ablauf der NPV-Berechnungsmethode [61]

Im zweiten Schritt erfolgt die Berücksichtigung des Diskontierungssatzes und der spezifischen Teuerungsindizes, die die gegenwärtigen Ausgaben auf die zu den erwartenden Preissteigerungen (für beispielsweise Löhne, Material, etc.) aufzinst. [93]

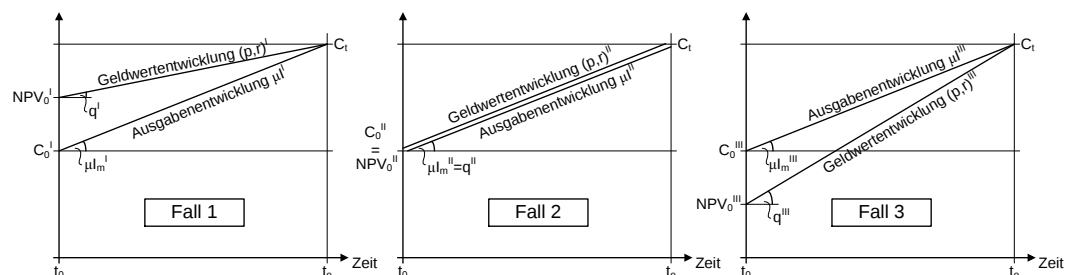


Abb. A-118: Berücksichtigung der Kosten- und Geldwertentwicklung [93]

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 durchzuführen, 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 Abb. A-119). [66] [137] Der Kalkulationszinssatz hat zusammenfassend folgende zwei Funktionen: [138], [139]

- 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 Baupreisindex [140], der für die einzelnen Sparten des Baugewerbes laufende Aktualisierungen publiziert.

in Prozent / En pour-cent										
Jahresmittel ² Monatsende Datum	CHF								EUR	USD
	Obligations der Eidgenossenschaft								Deutsche Staats- anleihen Obligations de l'Etat allemand	US-Treasury Bond issues
Moyenne annuelle ² Fin de mois Date	Obligations de la Confédération								Obligations du Trésor américain	
	2 Jahre	3 Jahre	4 Jahre	5 Jahre	7 Jahre	10 Jahre ³	20 Jahre	30 Jahre	10 Jahre	10 Jahre
	2 ans	3 ans	4 ans	5 ans	7 ans	10 ans ³	20 ans	30 ans	10 ans	10 ans
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2003	0.79	1.14	1.46	1.72	2.16	2.63	3.48	3.85	4.29	4.36
2004	1.11	1.42	1.70	1.94	2.32	2.73	3.36	3.61	4.23	4.53
2005	1.14	1.32	1.48	1.62	1.85	2.11	2.55	2.78	3.46	4.38
2006	1.98	2.11	2.20	2.28	2.39	2.50	2.67	2.74	3.85	4.83
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	2.93	3.22	3.32	4.20	4.05
2009	0.52	0.82	1.12	1.39	1.82	2.22	2.72	2.88	3.61	3.75
2010	0.44	0.59	0.78	0.98	1.31	1.65	2.06	2.11	3.00	3.48
2011	0.35	0.48	0.66	0.84	1.16	1.48	1.86	1.93	2.83	2.97
2012	-0.08	-0.12	-0.04	0.10	0.37	0.66	1.05	1.18	1.69	1.86
2012 10	-0.06	-0.14	-0.08	0.03	0.30	0.60	1.02	1.16	1.60	1.76
2012 11	-0.10	-0.17	-0.13	-0.02	0.24	0.53	0.95	1.10	1.47	1.65
2012 12	-0.12	-0.16	-0.09	0.02	0.26	0.56	1.00	1.16	1.38	1.81
2013 01	0.09	0.10	0.18	0.28	0.51	0.79	1.22	1.37	1.65	2.08
2013 02	0.03	0.00	0.06	0.17	0.42	0.72	1.15	1.30	1.52	1.95
2013 03	-0.01	-0.05	0.02	0.15	0.42	0.75	1.20	1.36	1.32	1.92
2013 04	-0.08	-0.12	-0.07	0.05	0.31	0.61	1.06	1.22	1.26	1.74
2013 05	-0.06	-0.06	0.03	0.18	0.46	0.76	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	1.76	2.64
2013 07	-0.01	0.05	0.21	0.40	0.75	1.10	1.54	1.69	1.76	2.75
2013 08	-0.01	0.05	0.22	0.42	0.78	1.14	1.60	1.75	1.94	2.93
2013 09	-0.02	0.01	0.17	0.36	0.73	1.11	1.60	1.77	1.82	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 Nullcoupon Anleihen bezeichnet. Die Schätzung der Kassazinssätze bzw. der Fälligkeits-/Zinsstruktur erfolgt unter Verwendung des erweiterten Nelson/Siegel-Verfahrens (vgl. Erläuterungen im *Quartalsheft* SNB, 2/2002 S. 64–73).
Ces rendements sont ce qu'on appelle des taux d'intérêt au comptant. Par taux d'intérêt au comptant on entend des rendements d'emprunts 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° 2/2002, p. 64 à 73).

² Jahresmittel berechnet aus Tageswerten (bis Ende 1997 für die Kategorien der Kolonnen 1 bis 7 nur Monats- und Monatsendwerte verfügbar).
Moyenne annuelle calculée à partir des valeurs journalières (jusqu'à fin 1997, seules les valeurs des lundis et des fins de mois sont disponibles pour les catégories des colonnes 1 à 7).

³ An Stelle der früher publizierten Durchschnittsrendite für Obligations der Eidgenossenschaft (alle Anleihen) kann der 10-Jahres-Kassazinssatz verwendet werden.
Le taux d'intérêt au comptant pour les emprunts à 10 ans peut être utilisé à la place du rendement moyen publié précédemment pour l'ensemble des emprunts de la Confédération.

Abb. A-119: Schweizerische Staatsobligationen [141]

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 $t=0$)

Zusätzlich zu oben genannter Formel müssen auch 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 Abb. A-120):

- 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

Abb. A-120 zeigt grafisch Einnahmen und Ausgaben in ihren aperiodischen oder periodischen Ausprägungen im Laufe des Betrachtungszeitraumes.

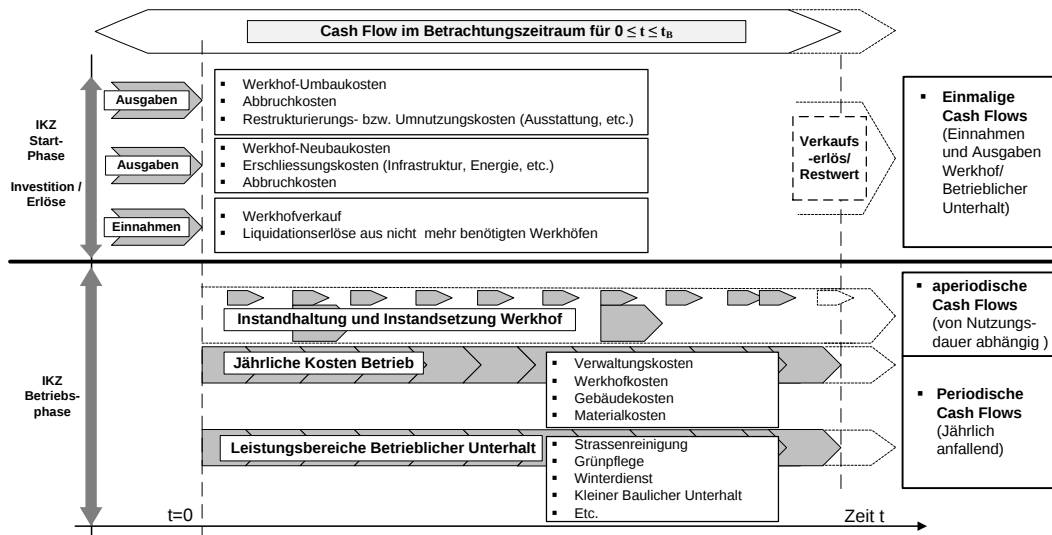


Abb. A-120: NPV-Werkhofstandortvariante

Zur Beurteilung der Vorteilhaftigkeit der siedlungsübergreifenden Kooperation im Vergleich zu der Leistungserbringung in Eigenregie bedarf es einer Gegenüberstellung der jeweiligen Net-Present-Values.

Dazu wird ein *Net-Present-Value-Differenzaxiom* eingeführt, das folgendermassen definiert ist:

$$NPV_{t_B}^{Eigen} > NPV_{t_B}^{IKZ}$$

Eine Durchführungsvariante des betrieblichen Unterhalts ist dann absolut vorteilhaft, wenn der Net-Present-Value grösser ist als Null. Von einer relativen Vorteilhaftigkeit der zu vergleichenden Durchführungsvarianten spricht man dann, wenn die Summe der jeweiligen Barwerte relativ kleiner sind als die der anderen zur Wahl stehenden Varianten. [41]

$$\Delta NPV_{t_B}^{Eigen-IKZ} = NPV_{t_B}^{Eigen} - NPV_{t_B}^{IKZ} > 0$$

$$\Delta NPV_{t_B}^{Eigen-IKZ} = \sum_{t=1}^n \frac{C_t^{Eigen} - C_t^{IKZ}}{(1+q)^{(t-t_B)}} > 0$$

Wenn $\Delta NPV_{t_B}^{Eigen-IKZ} > 0$ → Vorteilhaftigkeit der interkommunalen Kooperation gegeben

Wenn $\Delta NPV_{t_B}^{Eigen-IKZ} \leq 0$ → keine Vorteilhaftigkeit bzw. kein Effizienzpotential der interkommunalen Kooperation gegeben

6.1.3 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 [131]. Abb. A-121 zeigt schematisch die Prozessabfolge im Zuge einer Standortplanung.

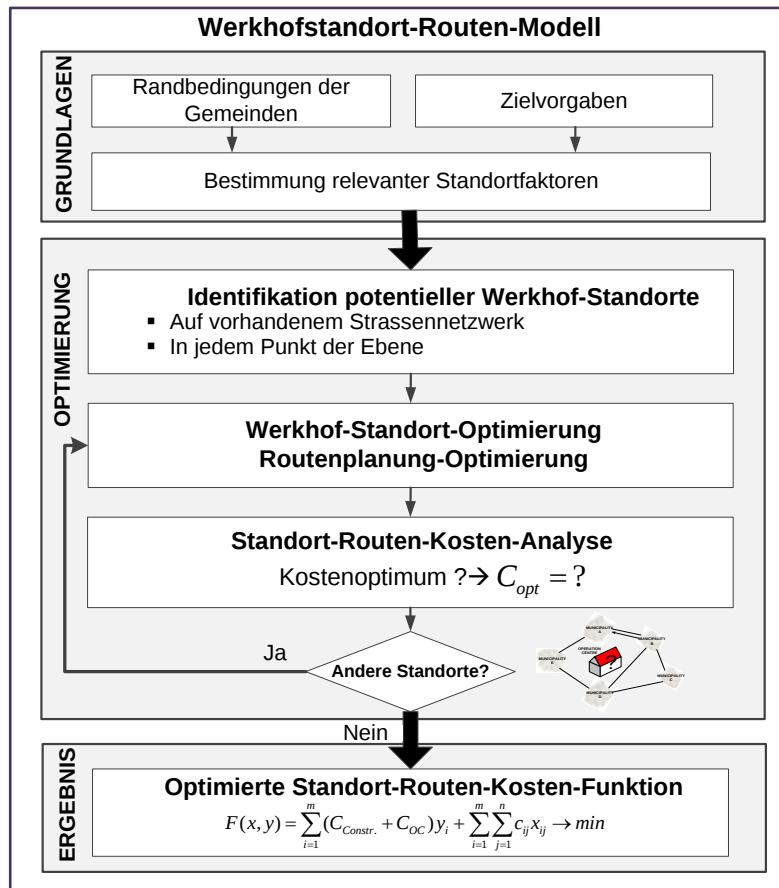


Abb. A-121: Ablaufschema Standort-Routen-Modell

Die Basis der Standortplanung bildet die Festlegung der gemeindespezifischen Randbedingungen sowie der Zielvorgaben der beteiligten Kommunen. Auf Basis dessen können relevante **Standortfaktoren** entwickelt werden, die es ermöglichen, potentielle Standorte aufgrund einheitlicher Kriterien zu bewerten und zu vergleichen.

Abb. A-122 zeigt wichtige Standortfaktoren, die im Zuge des Entscheidungsprozesses berücksichtigt werden müssen. Diese sind den Kategorien Grundstück, Infrastruktur, Beschaffung und Entsorgung sowie Kosten im Allgemeinen zuzuordnen.

Grundstück	Infrastruktur	Beschaffung + Entsorgung	Kosten	Arbeitsmarkt
				
– Lage des Grundstücks – Grösse des Grundstücks – Grundstückspreis – Expansionsmöglichkeit – Erschliessung	– Strassennetz – Verkehrsanbindung – Transportdistanzen – Energieversorgung	– Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe – Energie – Wasser – Abfallbeseitigung	– Land und Boden – Lohnkosten – Beschaffungskosten – Transportkosten – Steuern – Etc.	– Potential (Anzahl) – Qualifikation – Mobilität – Etc.

Abb. A-122: Mögliche Werkhof-Standortfaktoren

In weiterer Folge kann auf die Standortsuche bzw. die Definition der gewünschten Standortfaktoren eingegangen werden. Dies kann dadurch erfolgen, dass bereits bestehende bzw. potentielle Standorte einer Standortoptimierung respektive einer Überprüfung auf Basis der definierten Standortfaktoren unterzogen werden.

Eiselt und Laporte [142] beschreiben wie Standortanforderungen und deren Ziele in Standortmodellen klassifiziert werden können. Diese können aufgrund der vielfältigen gemeindespezifischen Anforderungen sehr vielfältig 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 z. B. 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 [143] 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. Nach der Erarbeitung der notwendigen Grundlagen und der Festlegung von Entscheidungsvariablen müssen potentielle Werkhofstandorte erhoben und definiert werden. Diese können einerseits bereits bestehende Gebäude bzw. Werkhöfe sein, aber auch lediglich Grundstücke respektive bebaubare Flächen innerhalb der Grenzen der Gemeindekooperation.

Abb. A-123 zeigt mögliche Ursachen für Kosteneffekte [144] 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 Leerfahrzeiten 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.

URSACHEN für KOSTENEFFEKTE		
Werkhof-Standort- und Routenoptimierung	Sinkende Stückkosten	Steigende Stückkosten
	Transportmittel: - Höhere Auslastung - Grössere Fahrzeuge Prozessgestaltung: - Reduktion von Stillstandzeiten - Vermeidung von Leerfahrten Netzgrösse: - Grösseres Streckennetz zur Erreichung einer höheren Auslastung	Inventar: - Schlechte Auslastung - Hohe Fixkosten Routenplanung: - Längere Distanz und Fahrzeiten durch Umwege - Unnötige Leerfahrten Werkhof: - Schlechte Erschliessung und Erreichbarkeit - Lange An- und Zufahrten

Abb. A-123: 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.

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.

Abb. A-124 zeigt das Verfahren zur zweistufigen Werkhofstandort-Entscheidung, das im ersten Schritt die Identifikation potentieller Standorte mit minimalen Gesamtkosten und im zweiten Schritt die Kombination der minimalen Gesamtkosten aus Routenplanungs- und Werkhofstandortkosten fordert.

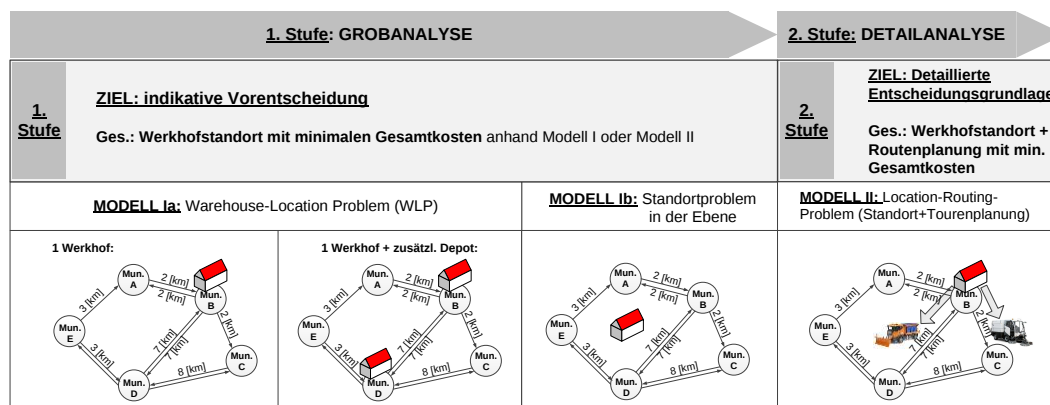


Abb. A-124: 2-stufiger Werkhofstandort-Routen-Entscheid

6.1.4 1. 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). 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.

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 unterzogen werden unter Berücksichtigung der gemeindespezifischen Anforderungen wie beispielsweise des geforderten Qualitätsstandards.

Das Optimierungsproblem besteht darin, jenen optimalen Werkhofstandort zu finden, an dem die Gesamtsumme aus fixen Erststellungs- und/oder Umbaukosten, jährlichen Werkhofkosten (Betriebskosten) 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 (als Darstellung von Siedlungsschwerpunkten).

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 können 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, Werkhofkosten 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 (3-1a) 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 (4-1a) spezifiziert, dass der geforderte zu deckende Bedarf der IKZ 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 (5-1a) stellt eine binäre Entscheidungsvariable der Form 0/1 dar in Abhängigkeit davon, ob der Werkhofstandort realisiert wird (Variabel 1) oder nicht (Variabel 0).

Modell Ib: Formulierung als Standortmodell in der Ebene mit Euklidischer Metrik

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* werden jene Koordination $(x, y) \in \mathbb{R} \times \mathbb{R}$ eines neuen Werkhofstandortes identifiziert, die die Summe zwischen den Nachfrageknoten und dem gewählten Standort minimal werden lassen [145]. Als Nachfrageknoten werden im vorliegenden Modell die Schwerpunkte eines Netzsystems gesehen, in denen eine bestimmte Leistung (Strassenreinigung, etc.) abgerufen werden muss.

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.

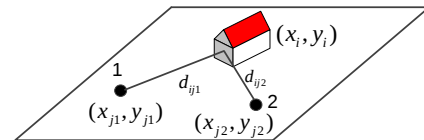
Das Optimierungsproblem in der Ebene kann folgendermassen formuliert werden:

$$F(x, y) = \sum_{i=1}^m (K_{Land} + K_{Erschl.}) y_i + \sum_{j=1}^n d_{ij}^2 x_{ij} \rightarrow \min \quad (1-1b)$$

K_{Land} ... Grundstückskosten [CHF]

$K_{Erschl.}$... Grundstückerschliessungskosten [CHF]

d_{ij}^2 ... Euklidische Metrik [z.b. 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 Neubaus und die allgemeinen Werkhofkosten einerseits und die Euklidische Distanz zwischen neuem Werkhofstandort in der Ebene und den gemeindespezifischen Siedlungsschwerpunkten andererseits 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.

$$d_{ij}^2 = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (3-1b)$$

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 Aufgabenerfüllung 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 – Standortbestimmung in der Ebene („Grüne Wiese Modell“) – gezeigt.

Beispiel zu Modell Ib: Standortmodell in der Ebene mit Euklidischer Metrik

Im vorliegenden Beispiel wird angenommen, dass es sich um eine interkommunale Kooperation 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.

Abb. A-125 zeigt grafisch die räumliche Lage der Gemeinden sowie deren Bedarf (Anfahrthäufigkeiten). 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.

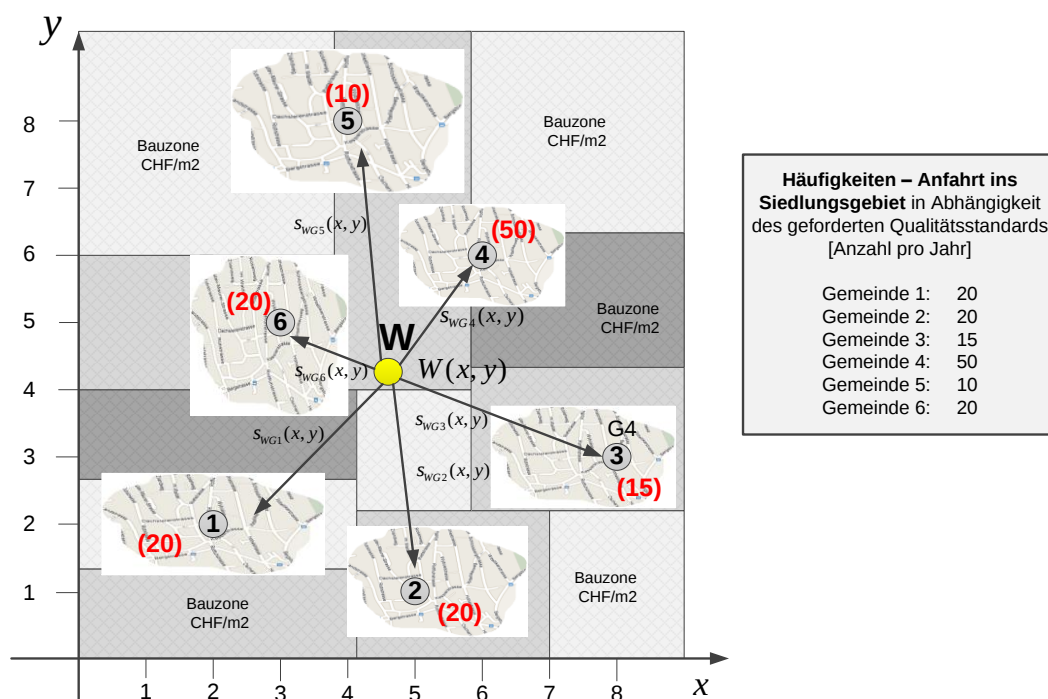


Abb. A-125: Beispiel Model Ib - Schematische Darstellung der Standortbestimmung in der Ebene

Abb. A-126 zeigt die Annahmen der Schwerpunktkoordinaten der Gemeinden und listet die Einsatzhäufigkeiten pro Jahr bezogen auf die Anfahrten in das jeweilige Siedlungsgebiet auf. In der folgenden Berechnung wird jeder Gemeinde eine Koordinate (x, y) in der Ebene zugewiesen, die die Lage der Gemeinden untereinander definiert.¹⁹

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

Abb. A-126: Beispiel Modell Ib - Schwerpunkte und Einsatzhäufigkeiten in den Gemeinden

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.

¹⁹ Anmerkung: Die Häufigkeiten der Anfahrten ins Siedlungsgebiet wurden auf Basis der empirischen Erhebungen des Teils B der Fa. WIFpartner erhoben. (Z. B. Häufigkeit in der Strassenreinigung von 1,6 Mal im Monat entspricht ca. 20 Anfahrten zur Gemeinde pro Jahr)

Die zu optimierende **Zielfunktion** kann dabei wie folgt formuliert werden:

$$F(x, y) = K_{Erstell}^{fix} + \sum_{i=1}^m \frac{c_i b_i}{v_i(\Omega)} \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} + K_{Land}^{var}(x, y) \rightarrow \min.$$

$K_{Erstell}^{fix}$	Fixkosten für die Erstellung des Werkhofes	[CHF]
$K_{Land}^{var}(x, y)$	Standortabhängige Grundstückskosten	[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]

Abb. A-127 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.

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

Abb. A-127: Beispiel Modell Ib – Koordination und Beiwerte

Neben den genannten Beiwerten

- Fahrtkostenansatz c_i (An- und Abfahrt vom Werkhof),
- Bedarfskennzahl b_i in Abhängigkeit zum geforderten Qualitätsstandard und Leistungsumfang in den Gemeinden, sowie der
- geräteabhängige 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 Abb. A-128). Die Grösse dieses Quadranten kann bedarfsgerecht angepasst und verkleinert werden.

Zudem kann festgelegt werden, in welchem Quadranten der Bau eines neuen Werkhofstandortes nicht möglich ist.

[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

Abb. A-128: Beispiel Modell Ib - Grundstückspreise

Nach Durchlaufen des Excel-Optimierungstools können auf Basis der Zielfunktion folgende (x, y)-Koordinaten als kostenoptimaler Werkhofstandort definiert werden (Abb. A-129):

X-Position	5'990	[m]
Y-Position	6'010	[m]
Zielwert	8'372'320	[CHF]

Abb. A-129: Beispiel Modell Ib – Ergebnis optimaler Werkhofstandort

6.2 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. [146]

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. Die Durchführung einer Routenplanung als *Cluster-First-Route-Second-Methode* erfolgt in zwei Stufen (Abb. A-130):

- 1.) **Clustering:** Im ersten Schritt werden alle auszuführenden Aufträge in den Gemeinden zu einer Tour zusammengefasst; d.h. es erfolgt die Zuordnung der Aufträge zu den vorhandenen Fahrzeugen
- 2.) **Routing:** Im zweiten Schritt erfolgt die eigentliche Tourenplanung, wobei festgelegt wird, in welcher Reihenfolge wann welches Fahrzeug welchen Standort bedient.

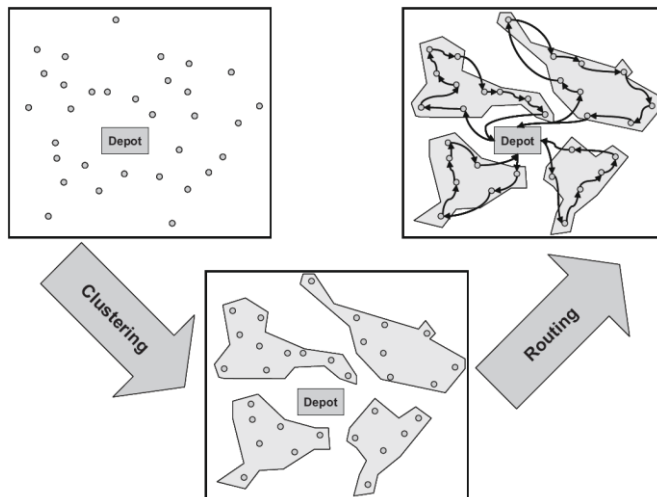


Abb. A-130: Clustering-Verfahren in der Tourenplanung [147]

Der Begriff „Depot“ wird fortfolgend als Werkhofstandort bzw. Lagerstandort angesehen, an denen Arbeitseinsätze beginnen und auch enden. Wird von Touren gesprochen, so werden darunter im vorliegenden Forschungsprojekt geschlossenen Touren verstanden, die einen identischen Start- und Zielpunkt verwenden (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. Ein Tourenplan ist laut Arnold [134] nur dann zulässig, sofern alle Restriktionen (z. B. Planung und Verwendung nur von vorhandenem Inventar, Berücksichtigung gesetzlicher Arbeitszeiten etc.) eingehalten werden. Unter Berücksichtigung der einschlägigen Literatur können vier Fundamentalfälle zusammengefasst werden [147], [148], [149], [150], [151]:

- Minimierung der Transport- und Leerfahrtkosten
- Maximierung des Service Levels/Qualitätsstandards
- Maximierung der Kunden- bzw. Mitarbeiterzufriedenheit
- Minimierung negativer ökologischer Auswirkungen

Die einschlägige Literatur [134] nennt unzählige Ausprägungen von meist praktischen Problemen, die im Rahmen des Operations Research behandelt werden. Abb. A-131 stellt mögliche Charakteristika von Tourenplanungsproblemen dar, die folgende Komponenten beinhalten:

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 werden dann notwendig, wenn beispielsweise eine vollständige Bedienung des Strassennetzes notwendig wird (z. B. in der Strassenreinigung).

Gerätepark: heterogen vs. homogen

Die Zusammensetzung des Geräte- oder 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 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 der Berücksichtigung von An- und Zufahrtswegen 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 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 trägt dem Umstand Rechnung, ob die jeweilige Entfernung zwischen den Einsatzorten 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 der Routenplanung Einschränkungen zuweist (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 Winterdienstsszenarien (z. B. nur Streuung, Schneeräumung mit Streuung, etc.) gerecht werden.

Merkmal		Ausprägung
Kunden	▪ Standort ▪ Datenverfügbarkeit ▪ Auftragsart ▪ Servicebeginn ▪ Vertraglichkeit	▪ Knoten oder Kante ▪ Deterministisch, stochastisch, dynamisch ▪ Ausliefern, Einsammeln, beides ▪ Mit oder ohne Zeitfenster ▪ Kunde-Fahrzeug oder Auftrag-Auftrag
Fuhrpark	▪ Zusammensetzung ▪ Einsatzhäufigkeit ▪ Fahrzeugtypen ▪ Grösse	▪ Homogen oder heterogen ▪ Einfach oder mehrfach ▪ Motorwagen oder Hängerzüge ▪ Vorgegeben oder beliebig
Touren	▪ Art ▪ Beschränkung ▪ Vorgaben	▪ Offen oder geschlossen ▪ Max. Tourdauer etc. ▪ Frei oder Tourgebiete oder Rahmentouren
Netzwerk	▪ Orientierung ▪ Art ▪ Fahrzeit	▪ Symmetrisch oder asymmetrisch ▪ Koordinaten- oder Strassennetz ▪ Konstant oder variabel
Planungs-horizont	▪ Länge ▪ Besuchsfrequenz	▪ Eine oder mehrere Perioden ▪ Einmal oder mehrmals
Ziele	▪ Kosten ▪ Ersatzkriterien	▪ Fixe oder variable Fahrzeugkosten ▪ Fahrzeugzahl, Fahrstrecke, Einsatzzeit, ▪ Lieferservice, Auslastung etc.

Abb. A-131: Charakteristika von Tourenplanungsproblemen (in Anlehnung an [134])

Nach Ziegler und Binder [152] 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. 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.

6.2.1 Grundprobleme der Tourenplanung

In der Tourenplanung können zwei Arten von Grundproblemen unterschieden werden:

- Capacitated Vehicle Routing-Problem (CVRP)
- Capacitated Arc Routing-Problem (CARP)

Während ersteres Problem bei knotenorientierten Tourenplanungsproblemen Anwendung findet, zählt das *Capacitated Arc Routing-Problem* (CARP) zu einem der am häufigsten verwendeten Probleme bei kantenorientierten Tourenplanungen. Kantenorientierte

Probleme haben zudem die Eigenschaft, dass nicht jede Kante bedient werden muss, sondern die Bedienung lediglich einer Teilmenge ausreichend ist. [40]

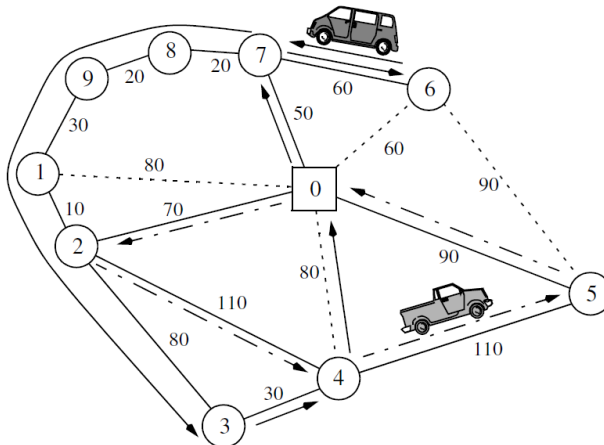


Abb. A-132: Beispiel eines Capacitated Arc Routing-Problems (CARP) [40]

Das vorliegende Optimierungsproblem kann als so genanntes *Location-Routing-Problem* (LRP - als Werkhofstandort-Routen-Problem) zusammengefasst werden. Dieses besteht aus zwei Subproblemen, die folgende Fragestellungen aufwerfen:

- Wo befindet sich der optimale siedlungsübergreifende Werkhofstandort?
- Wie könnte der dazugehörige optimale siedlungsübergreifende Routenplan aussehen?

Abb. A-133 zeigt das Ablaufschema auf heuristischer Basis zur Lösung der Location-Routing-Planung (LRP) für eine interkommunale Kooperation. Dabei werden beim Durchlaufen der jeweiligen Phasen sowohl das Optimierungsproblem eines optimalen Werkhofstandortes als auch eine optimale Routenplanung gelöst bis der Zielfunktionswert ein (Kosten-)Minimum annimmt.

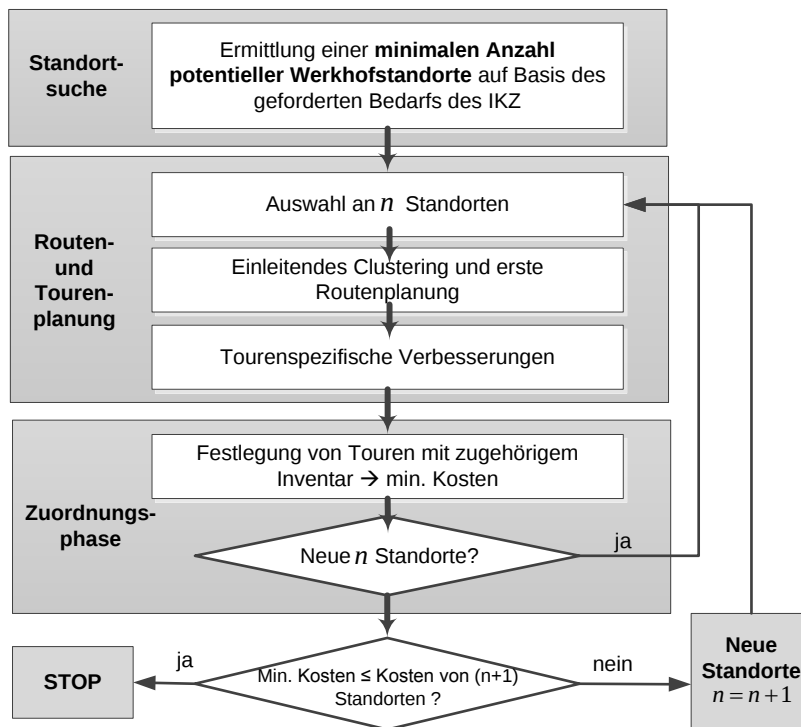


Abb. A-133: Heuristisches Design eines LRP in Anlehnung an [153],[154]

Der erste Schritt – die Phase der Standortsuche – besteht darin, eine minimale Anzahl an potentiellen Standorten festzulegen, die die komplexen gemeindespezifischen Standortanforderungen zur öffentlichen Aufgabenerfüllung erfüllen. Für jeden potentiellen Werkhofstandort erfolgt im ersten Schritt eine Clusterbildung von Routen und darauffolgend eine Routenplanung. Neben dem Optimierungsverfahren des „*Travelling Salesman*“ (TSP) [146], das die graphentheoretische Berechnung der kürzesten Wege in den Vordergrund stellt, führt im Besonderen der „*Saving Algorithmus*“ von [155] zu realitätsnahen Ergebnissen. Der *Saving Algorithmus* zählt zu den Parallelverfahren und fokussiert auf die Optimierung diverser 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. [155]

Das **Saving-Verfahren** hat zum Ziel, alle Touren so zusammenzufassen, dass unter der Berücksichtigung gemeindespezifischer Restriktionen (z. B. Verfügbarkeit von Geräten, Zeitbeschränkungen etc.) grösstmögliche Einsparungen der zurückzulegenden Distanz anzustreben sind. [147]

Zu Beginn des Verfahrens wird eine symmetrische Entfernungsmatrix mit $D = (d_{ij})$ 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* (Ersparnisse) erreicht werden. Diese können folgendermassen definiert werden [130]:

$$s_{ij} = d_{wi} + d_{wj} - d_{ij}$$

Die Ersparnisse s_{ij} sind somit 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.

Abb. A-134 und Abb. A-135 zeigen 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.

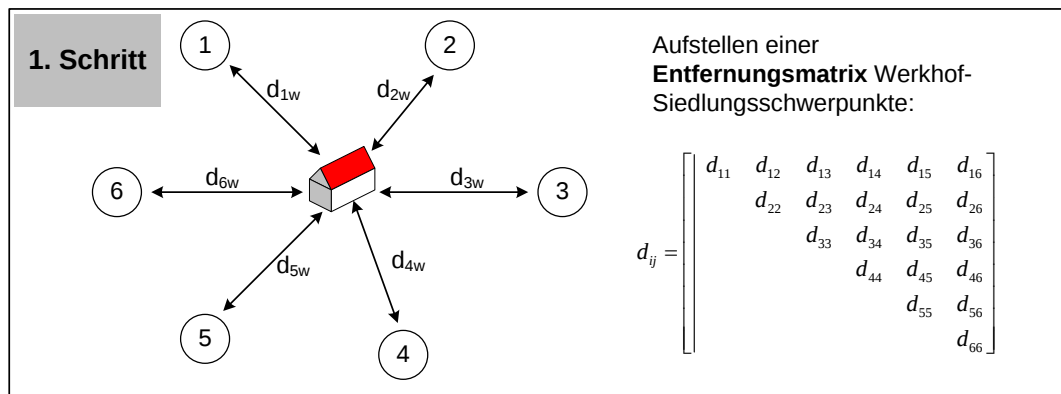


Abb. A-134: Saving-Verfahren - 1. Optimierungsschritt

Im weiteren Schritt müssen alle Ersparnisse $s_{ij} > 0$ nach abnehmenden Werten sortiert werden bis alle positiven Ersparnisse s_{ij} überprüft wurden und kein weiterer Optimierungsschritt mehr möglich ist.

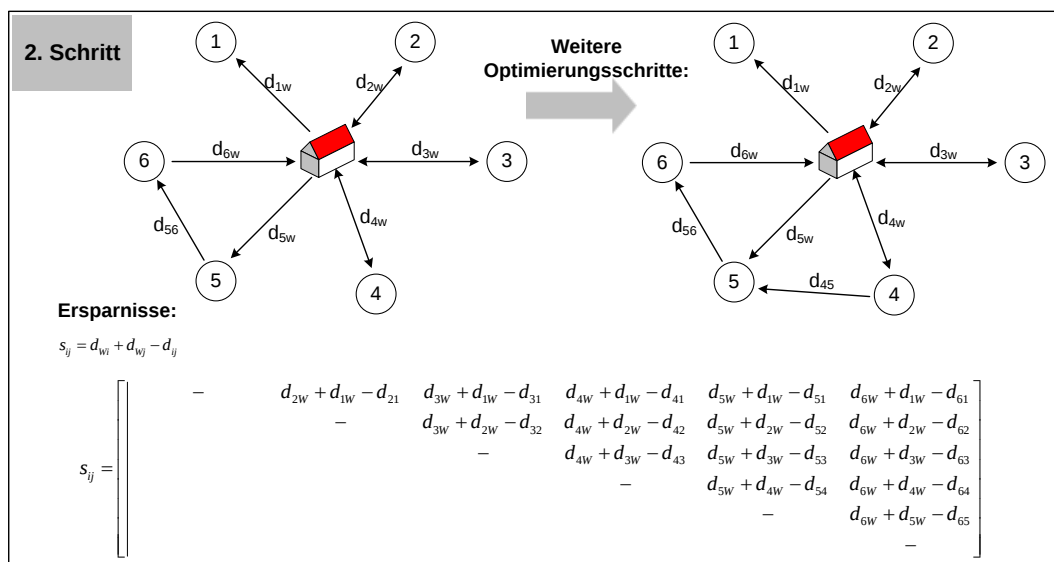


Abb. A-135: Saving-Verfahren - weitere Optimierungsschritte

In der letzten Phase – der so genannten “assignment phase” (Zuordnungsphase) – werden bezogen auf die neu gewählten Werkhofstandorte Anpassungen und Zuordnungen der Routen mit den entsprechend 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.

6.2.2 2. Stufe: Standort- Detailanalyse zur Entscheidungsfindung

Zur Umsetzung der 2. Stufe im Werkhofstandort-Entscheid wird als Entscheidungsgrundlage eine Einführung in die Grundlagen der Tourenplanung gegeben zumal für eine ganzheitliche Betrachtung einer kostenoptimalen Werkhofstandort-Variante nicht nur die Werkhofkosten per se, sondern ebenso die durch den Betrieb entstehenden Kosten entscheidend sein können. Der Übergang der Betrachtungstiefe der zweiten Stufe fordert jedoch, dass die für Schritt 1 benötigten Informationen und gemeindespezifischen Grundsätze, positiv beantwortet werden konnten. Erst dann ist eine Betrachtung eines optimalen Werkhofstandortes mit Berücksichtigung einer wegstreckenoptimalen Tourenplanung sinnvoll.

In den vorliegenden Ausarbeitungen zur Tourenplanung soll die Wichtigkeit einer überlegten und optimierten Routenplanung aufgezeigt werden. Erst durch die Verknüpfung eines optimalen Werkhofstandortes mit einer durchdachten Routenplanung, kann das Inventar optimal und ressourcenschonend eingesetzt werden und nur so ist es möglich, Effizienzpotentiale auszuschöpfen.

Das zugehörige mathematische Optimierungsproblem kann folgendermassen definiert werden:

$$F(x, y) = \sum_{i=1}^m (K_{\text{Restr.}} + K_W) y_i + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k \in K} (c_{ij}^{\text{Leerfahrt}} + w_{ij}^{\text{prod}}(A_i)) x_{ijk} \rightarrow \min \quad (1-2a)$$

$c_{ij}^{\text{Leerfahrt}}$... Leerfahrtkosten für Hin- und Retourfahrten zum Werkhof

$w_{ij}^{\text{prod}}(A_i)$... variable Kosten für wertschöpfende Tätigkeiten in Abhängigkeit von der zu bearbeiteten (Strassen-)Fläche

Die Zielfunktion (1-2a) strebt die Minimierung der totalen Gesamtkosten an, die sich aus Umstrukturierungskosten des Werkhofes, den allgemeinen Werkhofkosten und den distanzabhängigen Fahrtkosten (Leerfahrten und produktive Fahrtzeiten) zusammensetzen. Wird von einem Neubau eines siedlungsübergreifenden Werkhof gesprochen, so müssen ebenso die Bau- bzw. Errichtungskosten sowie die Erschliessungskosten berücksichtigt werden.

Die Fahrtkosten werden hierbei in fixe Leerfahrtkosten für Hin- und Retourfahrten vom und zum Werkhof vom jeweiligen Siedlungsschwerpunkt aus und in 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 zu bearbeitende Fläche ergibt sich einerseits aus der 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 bereits 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.

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n t_{ij} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \tau_{value}(A_i) \leq T_K; \quad \forall k \in K \quad (4-2a)$$

t_{ij} ... Leerfahrtzeit von und zum Werkhof

τ_{value} ... Zeit zur Durchführung wertschöpfender Tätigkeiten

$A_{i,...,i+n}$... zu bearbeitende Fläche in den Gemeinden i,...,i+n

Die Nebenbedingung (4-2a) berücksichtigt auf Basis der gesetzlich maximal erlaubten Arbeitszeiten die maximalen Dauern der Routen.

Eine schematische Darstellung dazu ist in Abb. A-136 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 von den Flächen in den Gemeinden, die bearbeitet werden müssen.

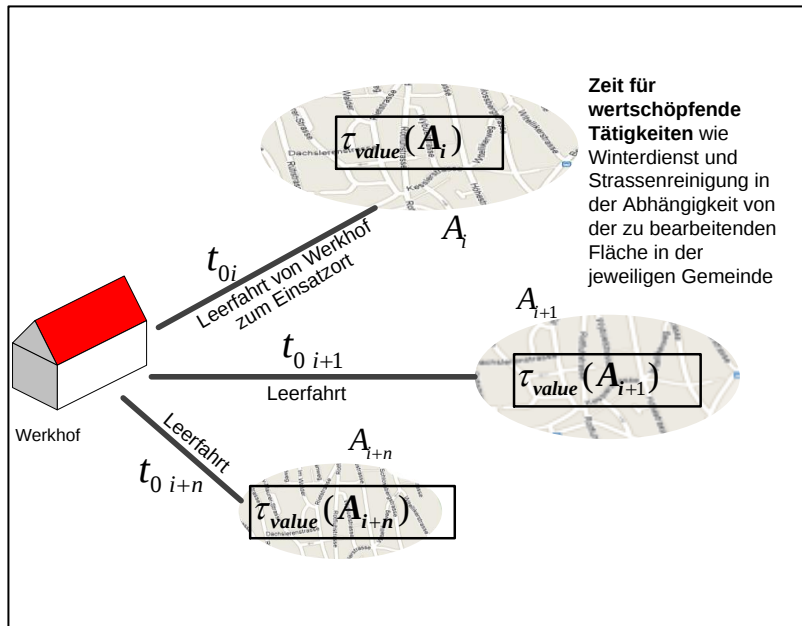


Abb. A-136: Beispiel LRP - schematische Darstellung Leerfahrten

Die Betrachtung von Werkhofstandort-Entscheiden 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.

6.2.3 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.

Abb. A-137 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 in einem weniger grossen Bezugszeitraum, zu berücksichtigen gilt.

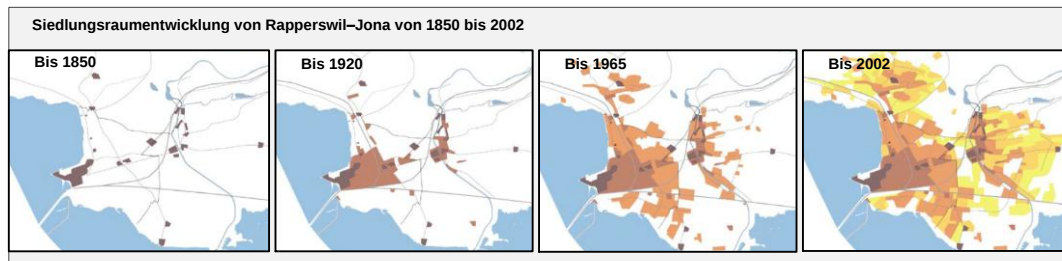


Abb. A-137: Siedlungsraumentwicklung von Rapperswil-Jona

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:

$$\text{Entwicklungspotential: } \left[EP_{Gn,\min}^{BSU}; EP_{Gn,EW}^{BSU}; EP_{Gn,\max}^{BSU} \right]$$

Eine Veränderung des IKZ-Siedlungsgebietes hat zudem wesentlichen Einfluss auf den IKZ-Leistungsumfang. Dieser kann probabilistisch folgendermassen abgebildet werden:

$$\text{Leistungsumfang: } \left[L_{IKZ,\min}^{BSU}; L_{IKZ,EW}^{BSU}; L_{IKZ,\max}^{BSU} \right]$$

Eine Veränderung der Siedlungsgrösse beeinflusst nicht nur den Leistungsumfang, sondern auch wesentlich die Kosten, weshalb die Kostengrössen als probabilistische Verteilung folgendermassen dargestellt werden können:

$$\text{IKZ-Gesamtkosten: } \left[K_{IKZ,\min}^{BSU}; K_{IKZ,EW}^{BSU}; K_{IKZ,\max}^{BSU} \right]$$

Die jeweiligen Leistungs- bzw. Kostenanteile der Leistungsgebiete Φ des betrieblichen Unterhalts können auf Grundlage einer Dichtefunktion innerhalb einer Streubreite dargestellt werden, wie Girmscheid [156] postuliert:

$$f(K_t^{i,\Phi}) = \Xi(K_{t,\min}^{i,\Phi}, K_{t,EW}^{i,\Phi}, K_{t,\max}^{i,\Phi})$$

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 i -ten Kostenanteils im Leistungsbereich Φ im Jahr t

$K_{t,EW}^{i,\Phi}$ Erwartungswert des i -ten Kostenanteils im Leistungsbereich Φ im Jahr t

$K_{t,\max}^{i,\Phi}$ Maximalwert des i -ten Kostenanteils im Leistungsbereich Φ im Jahr t

i Alle Kostenanteile des Leistungsbereiches wie Strassenreinigung, Grünpflege, Winterdienst, etc.

Nach Girmscheid [156] 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 [156]:

$$f(\mu I) = \Xi(\mu I_{\min}, \mu I_{EW}, \mu I_{\max}) \text{ oder } f(q) = \Xi(q_{\min}, q_{EW}, q_{\max})$$

$f(\mu I)$ 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 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.

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.“
[160]

Die klassische Produktionsfunktion nach Gutenberg [161], 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. [162]

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: [157]

- 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 der Effektivität und Effizienz vorgenommen werden.

6.3.2 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 Begrifflichkeiten 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. [163], [115]

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.²⁰ [159] Die Kenntnis über Effektivitäts- und Effizienzkriterien ist entscheidend, um eine systematische Evaluation bei der Bewertung von organisatorischen Gestaltungsalternativen durchführen zu können. [81]

²⁰ Oftmals erfolgt die Verwendung von Produktivität und Effizienz synonym, wenn das Verhältnis von Output zu Input dargestellt werden soll.

Dabei bezeichnet Thom und Ritz [81] 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.

6.3.3 Skalenerträge

Bei interkommunalen Kooperationen stellt sich auch immer wieder die Frage nach dem Vorhandensein von Skalenerträgen. Werden alle Inputs proportional verändert, so spricht man von: [164] [165]

- **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: [165]

$$\varepsilon_{xb} = \frac{\frac{dx}{db}}{\frac{x}{b}} = \frac{\frac{dx}{db}}{\frac{x}{b}} = \frac{\frac{\partial F(bK, bL)}{\partial b}}{\frac{x}{b}} \Big|_{b=1}$$

Es gilt:

$$\varepsilon_{xb} \begin{cases} > 1 & \text{zunehmende} \\ = 1 & \text{für konstante} \\ < 1 & \text{abnehmende} \end{cases} \text{Skalenerträge}$$

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*²¹ stammt aus dem anglo-amerikanischen Raum der 1950er Jahre und bezeichnet die bei steigender Ausbringungsmenge sinkenden Stückkosten eines industriellen Produktes. [166]

Wird von Grössenvorteilen in Bezug auf eine siedlungsübergreifende Zusammenarbeit gesprochen, so sind damit im Sonderfall zunehmende Skalenerträge oder sogenannte „*economies of scale*“ gemeint.

²¹ 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.

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!) [167]. 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, 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: [167] [168]

- **Fixkostendegression:**
Grössenvorteile bei einer 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 verteilen. 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 bedingt 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 [169]²² in den 1950er Jahren und von Caves et al. [170] Mitte der 1980er Jahre zuzuschreiben sind.

Caves et al. [170] 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 [169] den Begriff der **economies of size** ein, die dann vorherrschend sind, wenn eine Vergrösserung des Netzwerkes sinkende Stückkosten bedingt.

²² Der Begriff *economies of size* wurde in seiner Arbeit synonym zu *economies of scale* verwendet.

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 Abb. A-139).

Wird im Zuge der Zusammenarbeit von „*economies of scope*“²³, also **Breiten- oder Verbundvorteilen** gesprochen, so ist damit die Erweiterung der Leistungstiefe bzw. eine durch Kooperation erreichte Vielfalt in der Leistungserbringung gemeint. Der Begriff wurde von Willig [173] 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 [174]. 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 [175].

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. Einsetzbarkeit 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. [176]

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. [167]

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

Es wird ersichtlich, dass Verbundvorteile umso höher sind, je grösser der Grad der Verbundvorteile ist. [167]

Die vorangegangenen Erläuterungen implizieren, dass Verbundvorteile nur dann erreicht werden können, wenn gemeinsame Produktionsfaktoren („sharable inputs“) für die Produktion von mehreren Gütern notwendig sind. [177]

²³ *Economies of Scope* werden synonym für Verbundvorteile, Bündelungsvorteile, Verbundeffekt, Synergieeffekt etc. verwendet; vgl. 171. Arnold, V., *Vorteile der Verbundproduktion*. 1985., S. 270; 172. Knieps, G., *Wettbewerbsökonomie Regulierungstheorie, Industrieökonomie, Wettbewerbspolitik*. Springer-Lehrbuch. 2001, Berlin: Springer. 293 S., S. 22

Die vorangegangenen Erläuterungen implizieren, dass Verbundvorteile nur dann erreicht werden können, wenn gemeinsame Produktionsfaktoren („sharable inputs“) für die Produktion von mehreren Gütern notwendig sind. [177] 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 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. Abb. A-139 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 des Grössenvorteile.

Sinkende Stückkosten (DGK)	Bezugsgrösse	
	Ausbringungsmenge	Produkt
Netzgrösse = konstant	Economies of Density Economies of Scale Economies of Scope Economies of Size	
Netzgrösse = variabel		

Abb. A-139: Übersicht der Arten von Effizienzvorteilen

Abb. A-140 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 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.

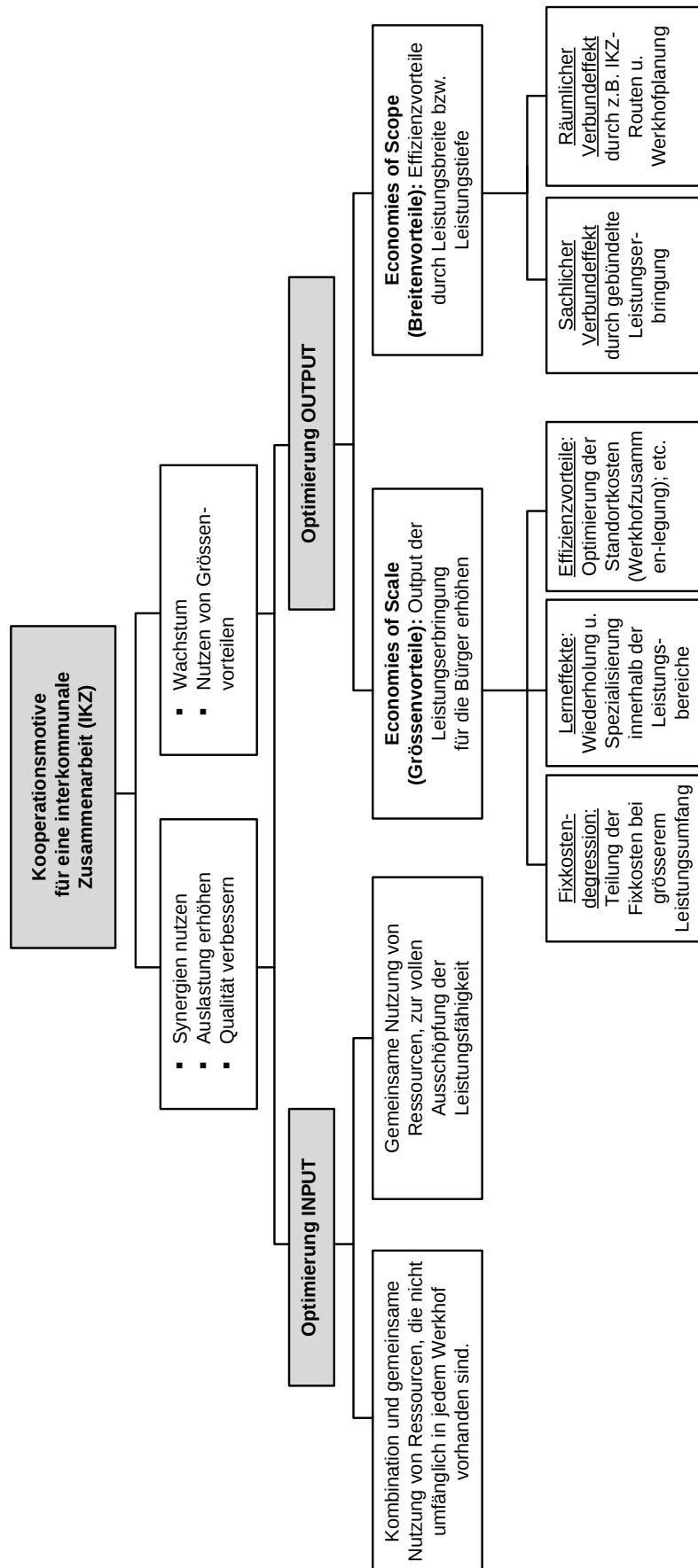


Abb. A-140: Kooperationsmotive für eine interkommunale Zusammenarbeit (IKZ)

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:

$$K_{ges}^{Eigen} > K_{ges}^{IKZ} \text{ bzw.}$$

$$DGK_{ges}^{Eigen} > DGK_{ges}^{IKZ}$$

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 eine interkommunalen Kooperation im betrieblichen Strassenunterhalt an, so gilt es zu untersuchen, ob sich durch eine siedlungsübergreifende Kooperation für die jeweiligen Gemeinden Grössennachteile oder Grössenvorteile ergeben.

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 ein interkommunaler Zusammenschluss lohnt bzw. inwiefern sich Kostenoptimierungen verwirklichen lassen.

A-7 Realisierbarkeitstest

Der Realisierbarkeitstest zur Validierung des siedlungsübergreifenden Zusammenarbeitsmodells wird hinsichtlich seiner Reliabilität (Zuverlässigkeit) sowie der Viabilität der einzelnen Prozessschritte unter Berücksichtigung der Zielfunktion durchgeführt.

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 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?

7.1 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 jeweiligen Gemeinden ihre Aufgabenerfüllung 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 Abb. A-142 ersichtlich. Es handelt sich um drei autonome Gemeinden 1, 2 und 3 mit unterschiedlichen Netzgrößen sowie unterschiedlich geforderten Qualitätsstandards.

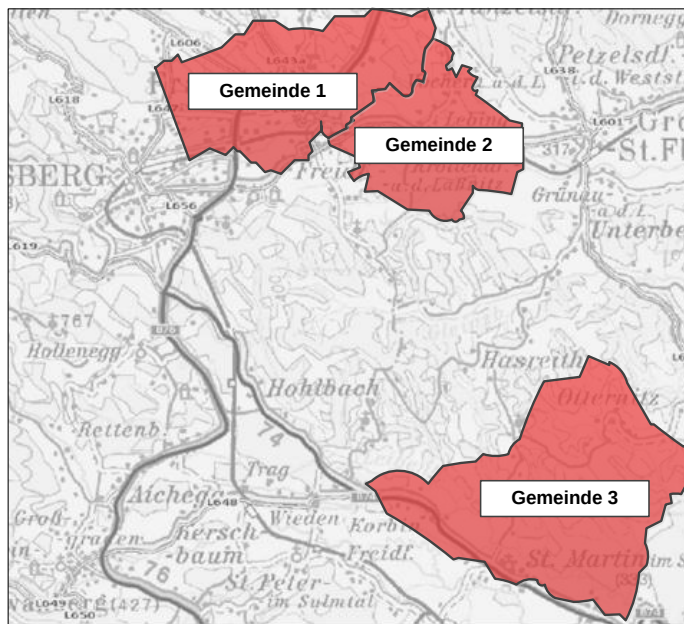


Abb. A-141: Beispielrechnung - Interkommunaler Zusammenschluss dreier Gemeinden

Bei den in Abb. A-142 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.

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 Gemeindefnetzes darstellt.

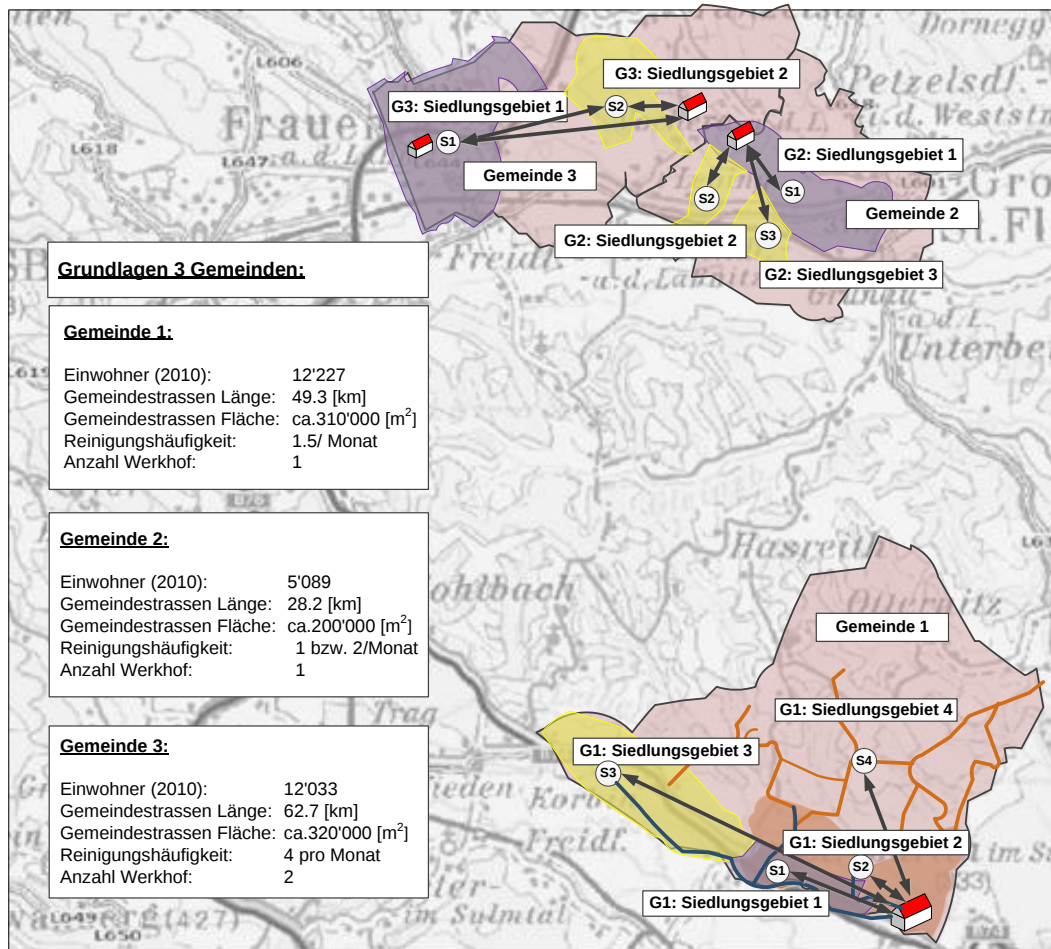


Abb. A-142: Ist-Situation der drei Gemeinden

7.1.1 Erfassung des Gemeinde-Ist-Zustandes

Im ersten Schritt gilt es den Ist-Zustand der Gemeinden 1, 2 und 3 zu untersuchen und auf Basis der in Kapitel 5.3.2 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-Einheitskosten** (Ist-DGK)
 $DGK_{IST}^{\Phi}(x_{G1}), DGK_{IST}^{\Phi}(x_{G2}), DGK_{IST}^{\Phi}(x_{G3})$ sowie den
- **Ist-Grenzkosten** (Ist-GK)
 $GK_{IST}^{\Phi}(x_{G1}), GK_{IST}^{\Phi}(x_{G2}), GK_{IST}^{\Phi}(x_{G3})$

zu erheben.

Einen wesentlichen Punkt bildet die Berechnung des Auslastungsgrades des vorhandenen Inventars in Bezug auf die in Kapitel 5.2.2 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 sowie Fremdleistungskosten wie Beratungskosten, EDV-Kosten, etc.

Zu den **Werkhofkosten** zählen Kosten, die auf Basis koordinativer und organisatorischer Tätigkeiten zur Gewährleistung eines funktionierenden betrieblichen Strassenunterhalts 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 der 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** 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.

Leistungsberechnung und Kostenerfassung – Ist-Situation

Die Berechnung der Leistung des eingesetzten Inventars erfolgt auf Basis der in Kapitel 5.2.2 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.

Abb. A-143 zeigt die Vorgehensweise und Zusammenfassung der Durchführung einer geräteabhängigen **Leistungsberechnung** sowie die **Ergebnisse der Kostenfunktionen** der Gesamtkosten und Durchschnittskosten 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.

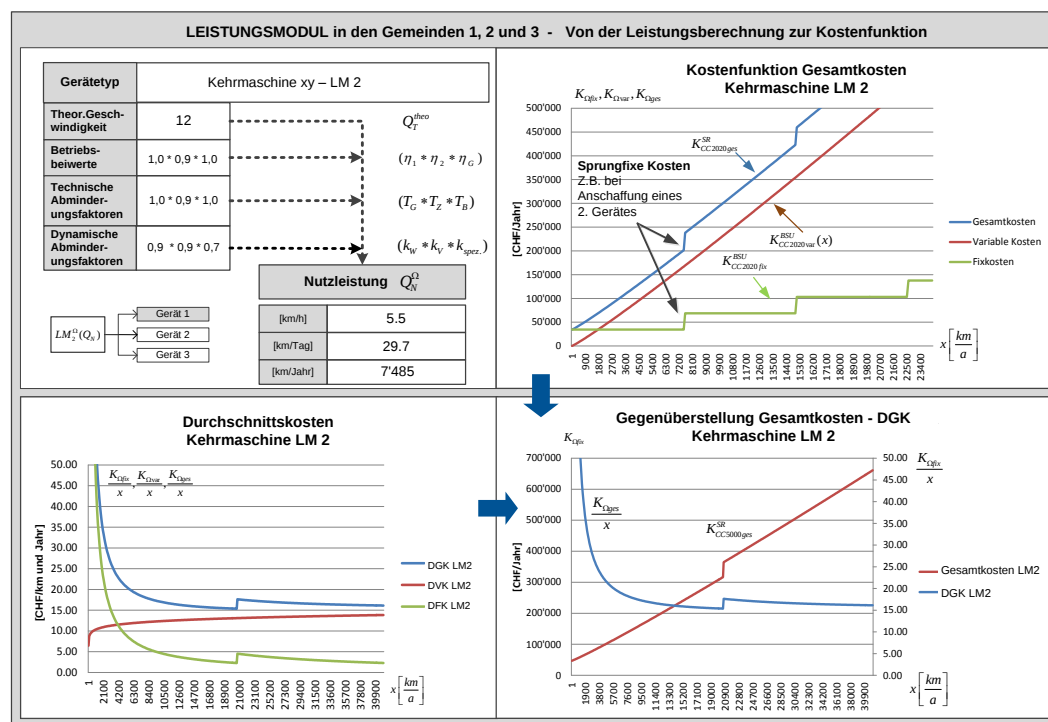


Abb. A-143: Leistungsmodul- Aufstellen einer Kosten-Leistungsfunktion

Abb. A-144, Abb. A-145 und Abb. A-146 zeigen die Auswertungen der Ist-Zustände in den Beispielgemeinden 1, 2 und 3 zu einem statischen Betrachtungszeitpunkt unter Berücksichtigung der zuvor durchgeführten Leistungsberechnung und Erfassung der gerätespezifischen Kostenverläufe.

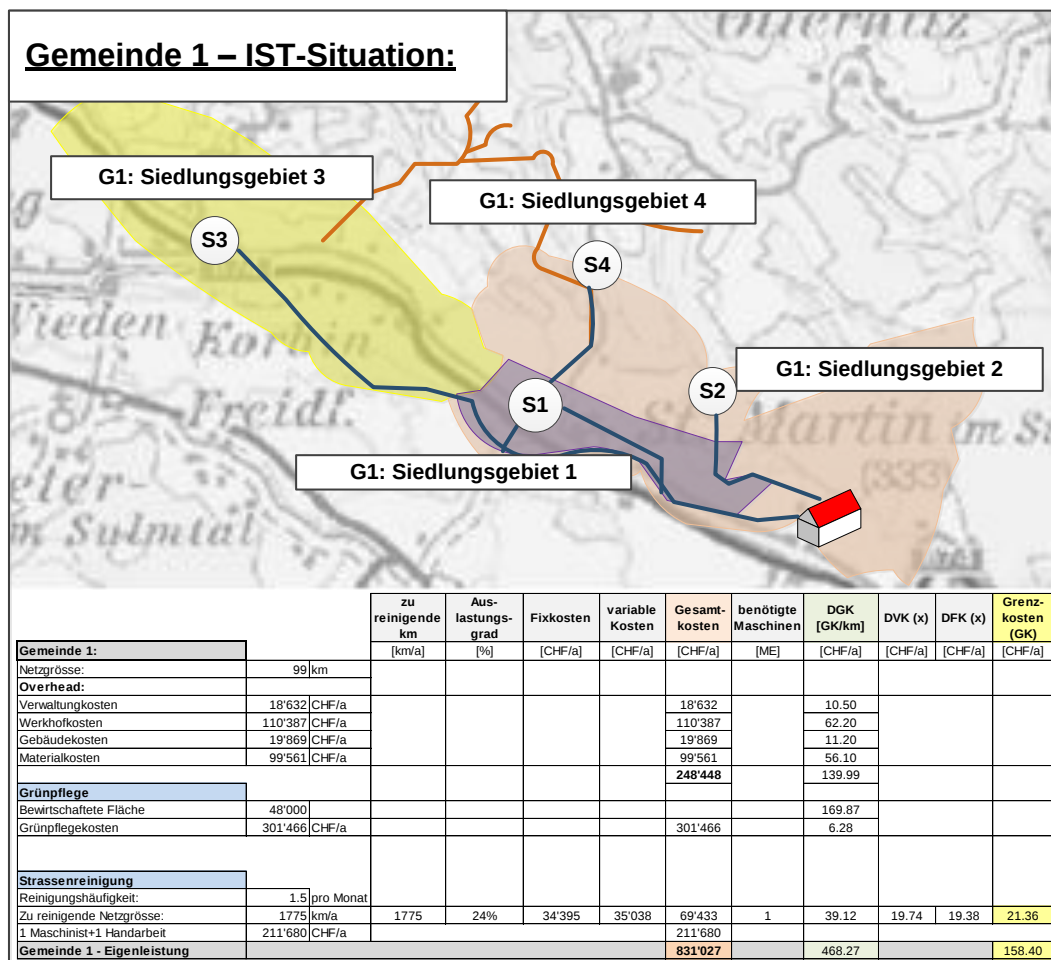


Abb. A-144: Beispielrechnung – Statischer Ist-Zustand der Gemeinde 1 (Eigenleistung)

Analog zu Beispielgemeinde 1 wird die IST-Situation in Beispielgemeinde 2 erhoben wie in Abb. A-145 ersichtlich. Zur Vergleichbarkeit der Kostenwerte wird die Kategorisierung der Kosten in periodische und aperiodische Kosten analog zu Gemeinde 1 übernommen.

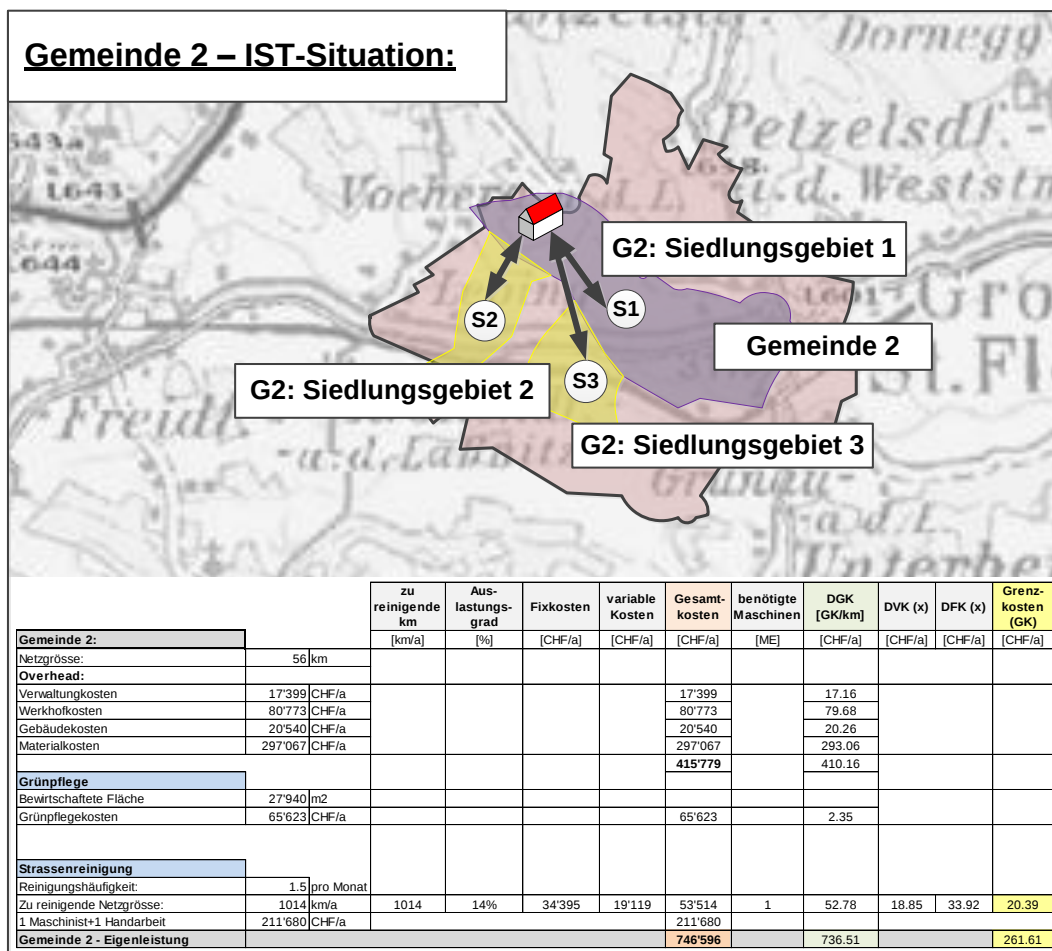


Abb. A-145: Beispielrechnung – Statischer Ist-Zustand der Gemeinde 2 (Eigenleistung)

Analog zu den Beispielgemeinden 1 und 2 wird ebenso in Gemeinde 3 der IST-Zustand erhoben basierend auf der vorhandenen Geräte,- Team- und Organisationsstruktur berechnet. Im Unterschied zu den ersten beiden Gemeinden sind in Gemeinde 3 zwei Werkhofstützpunkte einzurechnen.

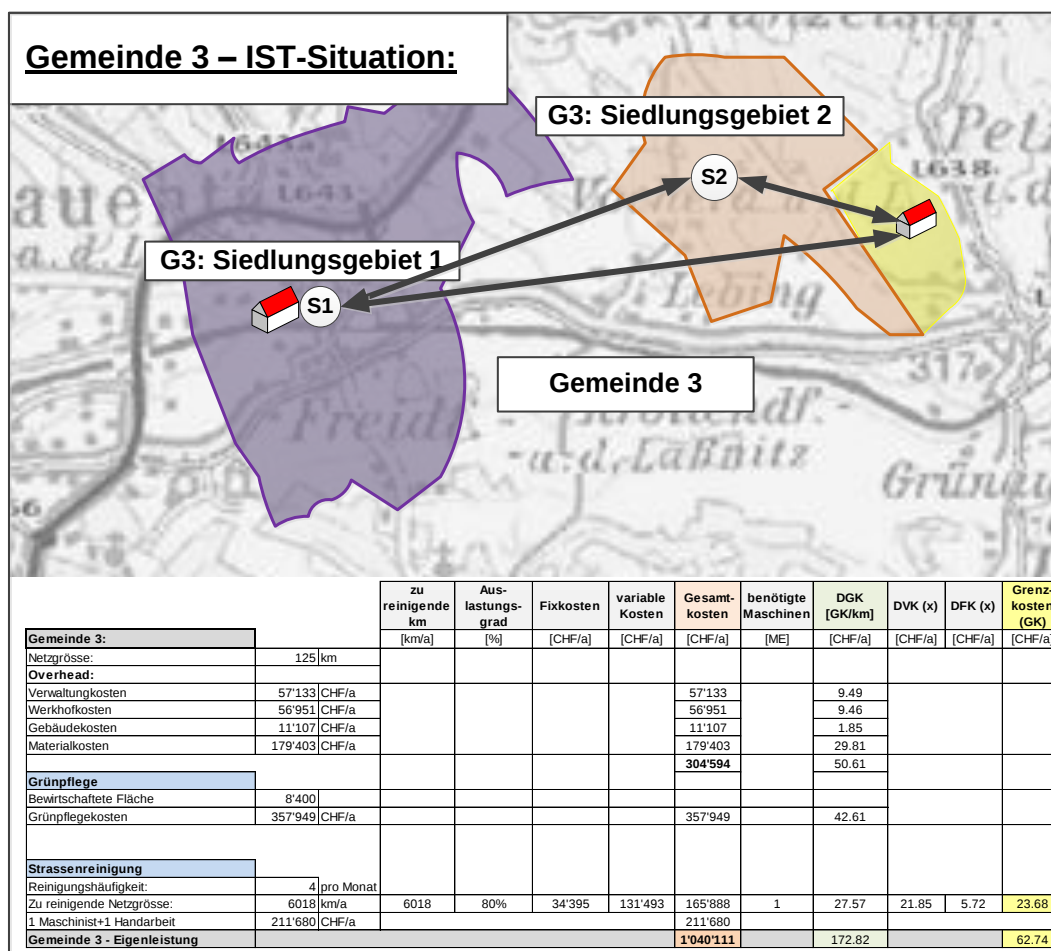


Abb. A-146: Beispielrechnung – Statischer Ist-Zustand der Gemeinde 3 (Eigenleistung)

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 Geräte 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 Strassennetzfläche zurückgeführt werden.

Abb. A-147 verdeutlicht den gegenwärtigen Zustand der nicht ausgelasteten Geräte anhand der entwickelten Kostenfunktion der Einheitskosten. Während Beispielmunicipie 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.

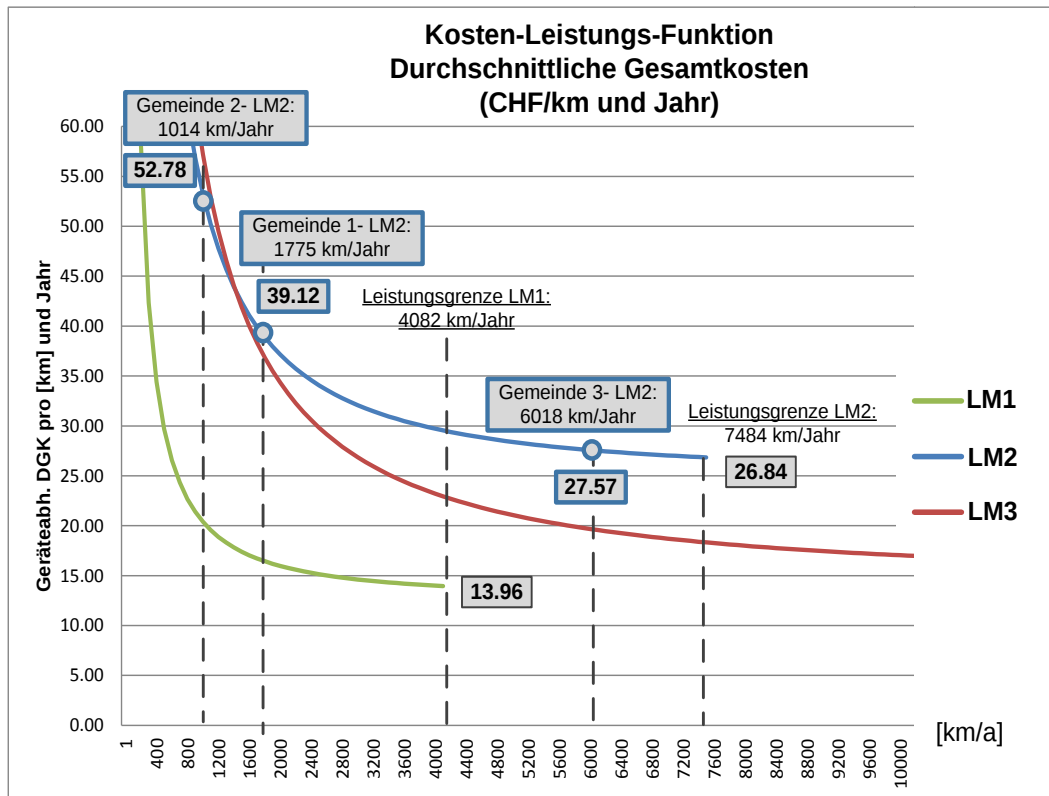


Abb. A-147: Kosten-Leistungs-Funktion der Beispielmunicipien 1 bis 3

Die zuvor dargestellten Ergebnisse (Abb. A-144, Abb. A-145 und Abb. A-146) stellen jedoch nur eine statische Betrachtung der Ist-Situation der Gemeinden dar. Um jedoch ganzheitlich die Wirtschaftlichkeit einer Leistungserbringungsvariante beurteilen zu können, bedarf es einer umfassenden Kapitalwert- bzw. NPV-Methode (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 schaffen.

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

$NPV_{t_B}^{Gn}$ Net-Present-Value 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.

Abb. A-148 zeigt die Unterscheidung der einmaligen respektive aperiodischen Kosten und der periodischen Kosten, die jährlich im Zuge der Durchführung der Unterhaltsleistungen anfallen.

Als einmalige respektive 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 Reparaturarbeiten 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	-	-
	Maschinen und Handarbeit	-	-
	Leistungsbereich Grünpflege		
	Jährliche Grünpflegekosten auf Basis Service Level	-	-

Abb. A-148: 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 Abb. A-149 dargestellten ausgabenbezogenen Cash Flows bei einer Durchführung des betrieblichen Unterhalts als Eigenleistung über einen Betrachtungszeitraum von 30 Jahren.

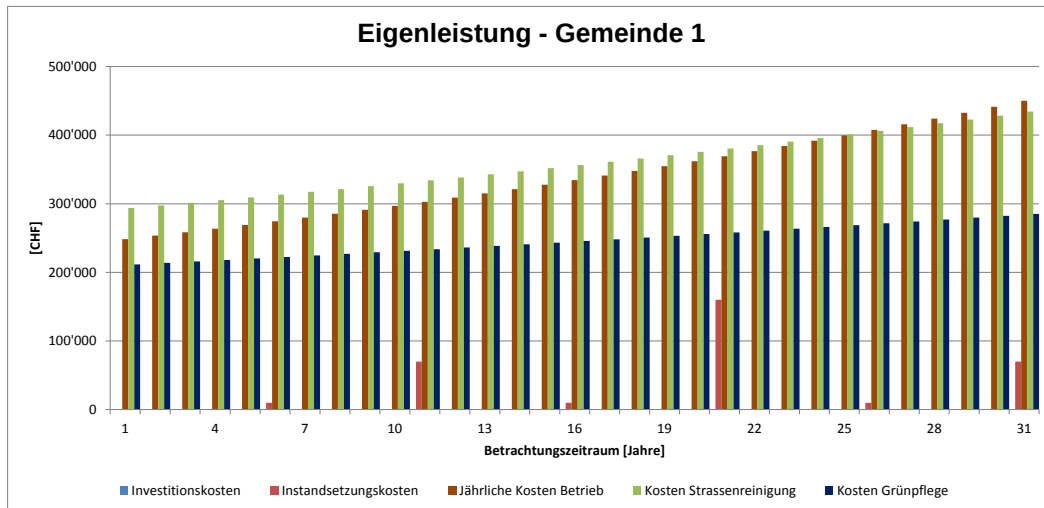


Abb. A-149: Ausgabenbezogene Cash Flows der Gemeinde 1 – Eigenleistung

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.

Abb. A-150 und Abb. A-151 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 Abb. A-149, Abb. A-150 und Abb. A-151 deutlich die aperiodischen Kosten der Instandsetzungsmassnahmen, deren Umsetzung in unregelmässigen Zeitabständen in die Berechnung zur realitätsnahen Abbildung miteinbezogen wurde.

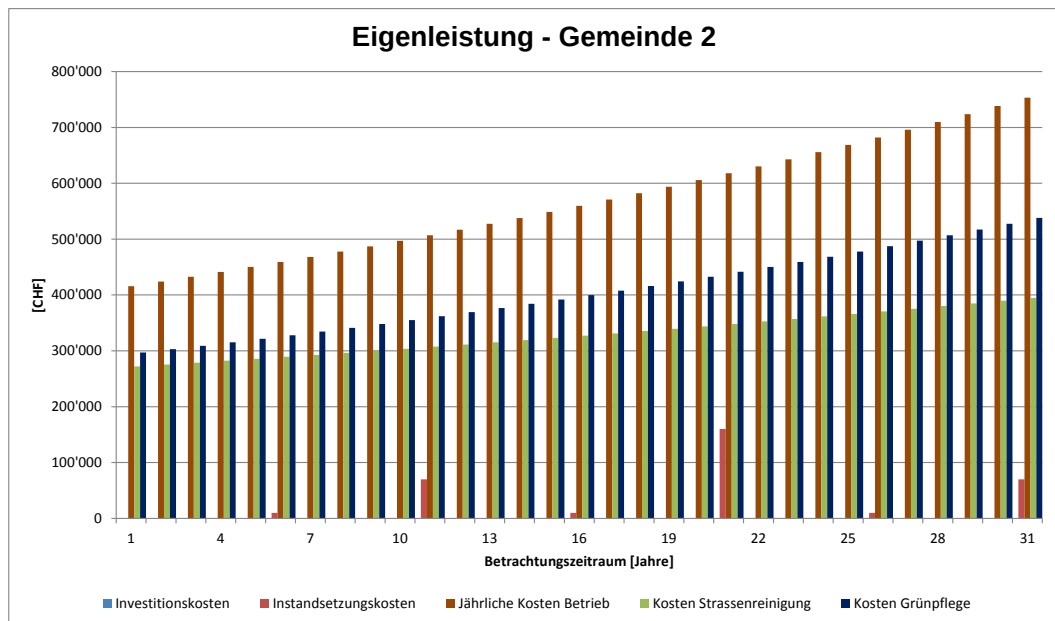


Abb. A-150: Ausgabenbezogene Cash Flows der Gemeinde 2 - Eigenleistung

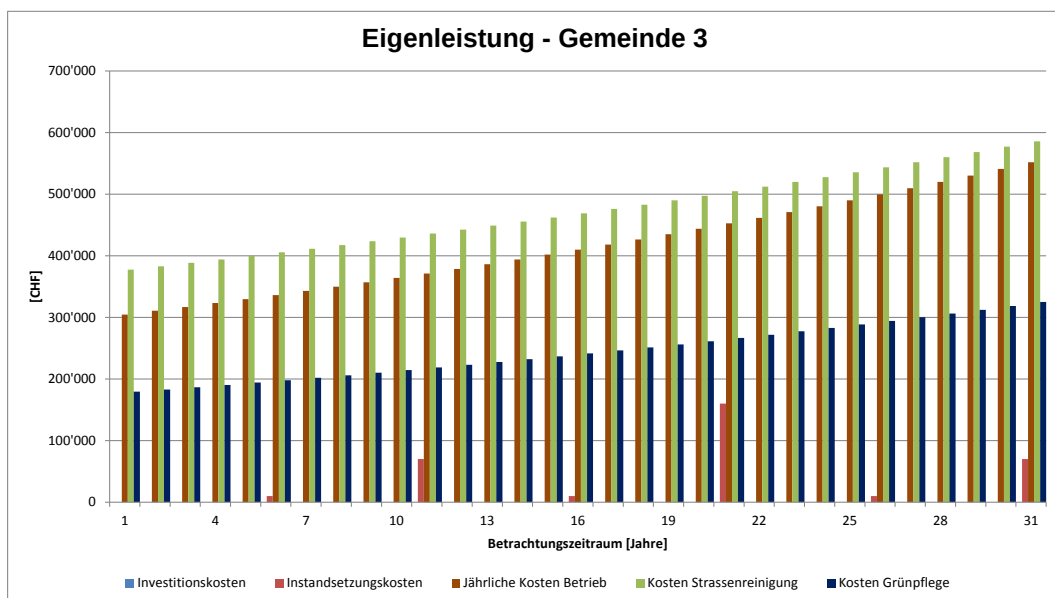


Abb. A-151: Ausgabenbezogene Cash Flows der Gemeinde 3 – Eigenleistung

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.

Abb. A-152 zeigt die auf den gegenwärtigen Zeitpunkt $t=0$ berechneten Kapitalwerte der Eigenleistungen der Beispielmunicipien 1 bis 3 als Resultate der Erhebung des Ist-Zustandes in den Gemeinden bei Durchführung der Leistungen des betrieblichen Unterhalts in Eigenregie.

Die in Abb. A-152 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.

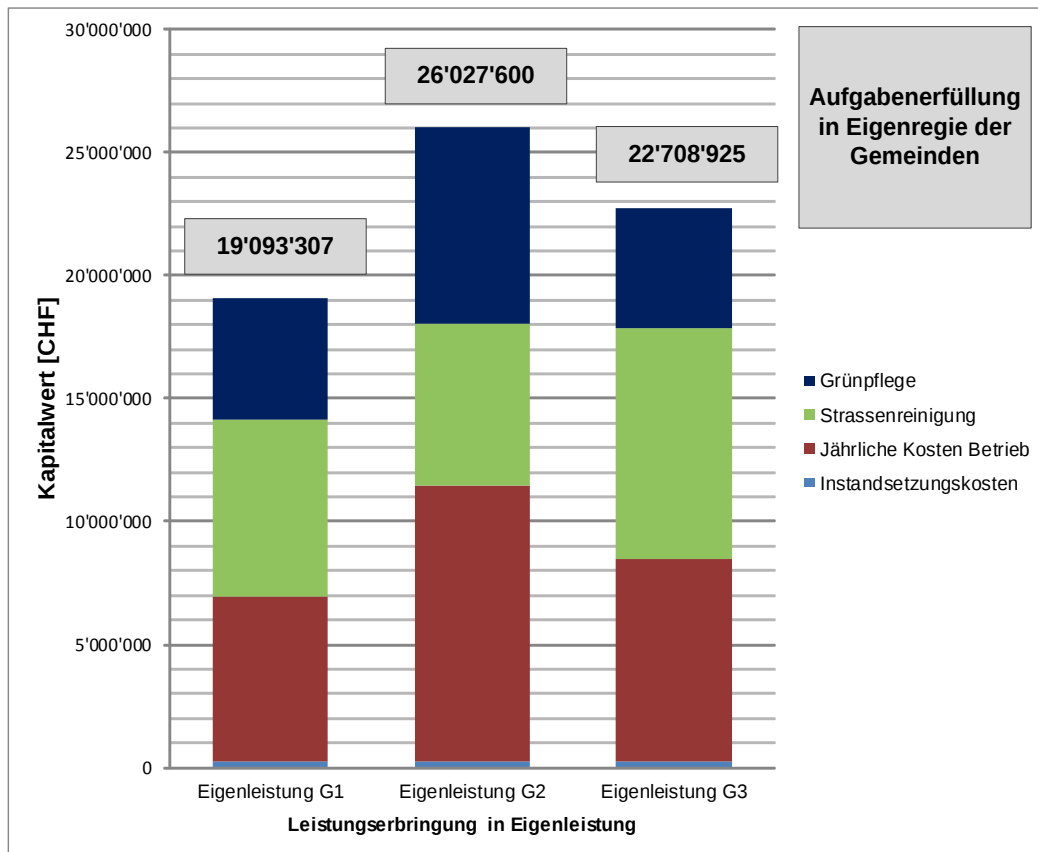


Abb. A-152: Kapitalwerte der Beispielmunicipien 1 bis 3 über 30 Jahre

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.

7.2 Berechnung IKZ von drei Gemeinden (IKZ-3)

Nach Berechnung des gegenwärtigen Ist-Zustandes der Beispielmunicipien 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 4.1.1 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. Abb. A-153 zeigt die zu Grunde gelegten Daten der Berechnung einer IKZ mit drei Gemeinden.

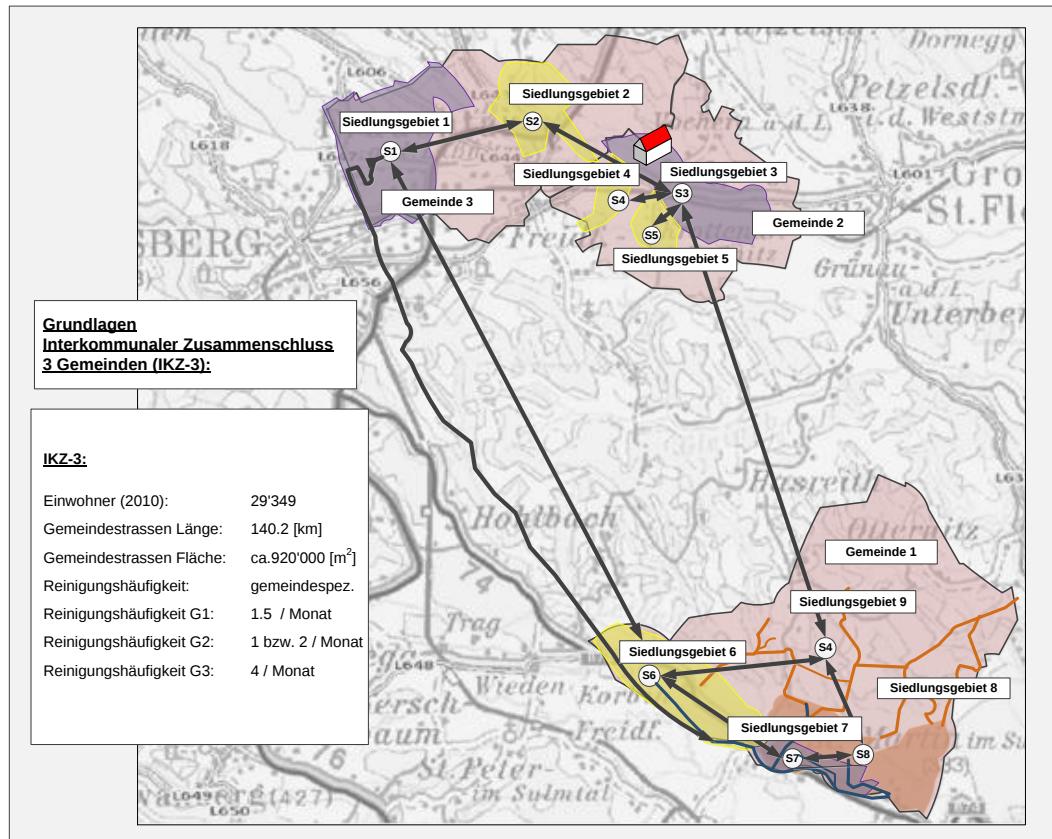


Abb. A-153: Beispielrechnung - IKZ-Simulation mit 3 Gemeinden

Wie in Kapitel 6.1 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 (Strassennetz als Netzwerkgrundlage)
- Warehouse Location Problem (WLP) mit zwei Werkhofstandorten (Strassennetz als Netzwerkgrundlage)

Modell IIb:

- Werkhofstandort in jedem Punkt der Ebene („Grüne Wiese Modell“)

Im Zuge des vorliegenden Realisierbarkeitstests werden alle drei genannten Modelle einer Beispielrechnung und 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 [%]

7.2.1 Modell IIa: WLP mit einem Werkhof und Routenplanung

Im Modell IIa „WLP mit einem Werkhof“ wird davon ausgegangen, dass die Verwaltung, Organisation und Durchführung des betrieblichen Strassenunterhalts im siedlungsübergreifenden Gebiet zentral von einem Werkhofstandort aus durchgeführt werden kann.

Die Lages dieses Standortes muss jedoch anhand der (in Kapitel 6.1.3 erläuterten) folgenden Optimierungszielfunktion berechnet werden:

$$F(x, y) = \sum_{i=1}^m (K_{\text{Restr.}} + K_{\text{Instand.}}) y_i + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k \in K} (c_{ij}^{\text{Leerfahrt}} + w_{ij}^{\text{prod}}(A_i)) x_{ijk} \rightarrow \min$$

$K_{\text{Restr.}}$... 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

$w_{ij}^{\text{prod}}(A_i)$... 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 einerseits 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 $A_{\text{Netz}}^{\text{IKZ}} = f(L, b, SL)$ 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 durch mehrmaligere Reinigungszyklen zu decken, so wird die Fläche des Siedlungsgebietes bzw. der Strassenzüge mit zugewiesenem 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 folgenden 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 6.1 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).

$$d_{ij} = \begin{bmatrix} \text{x} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 \\ 1 & 0 & 4.8 & 2.9 & 5 & 4 & 12 & 15.5 \\ 2 & 4.8 & 0 & 2.6 & 5 & 5.3 & 12 & 13 \\ 3 & 3.9 & 2.6 & 0 & 2.5 & 2.7 & 13.5 & 17 \\ 4 & 5 & 5 & 2.5 & 0 & 1.1 & 11.5 & 14.7 \\ 5 & 4 & 5.3 & 2.7 & 1.1 & 0 & 12.5 & 15.9 \\ 6 & 12 & 12 & 13.5 & 11.5 & 12.5 & 0 & 1.9 \\ 7 & 15.5 & 13 & 17 & 14.7 & 15.9 & 1.9 & 0 \end{bmatrix}$$

Die Zusammenstellung der Siedlungsschwerpunkte respektive der potentiellen Werkhofstandorte ist vereinfacht in Abb. A-154 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.

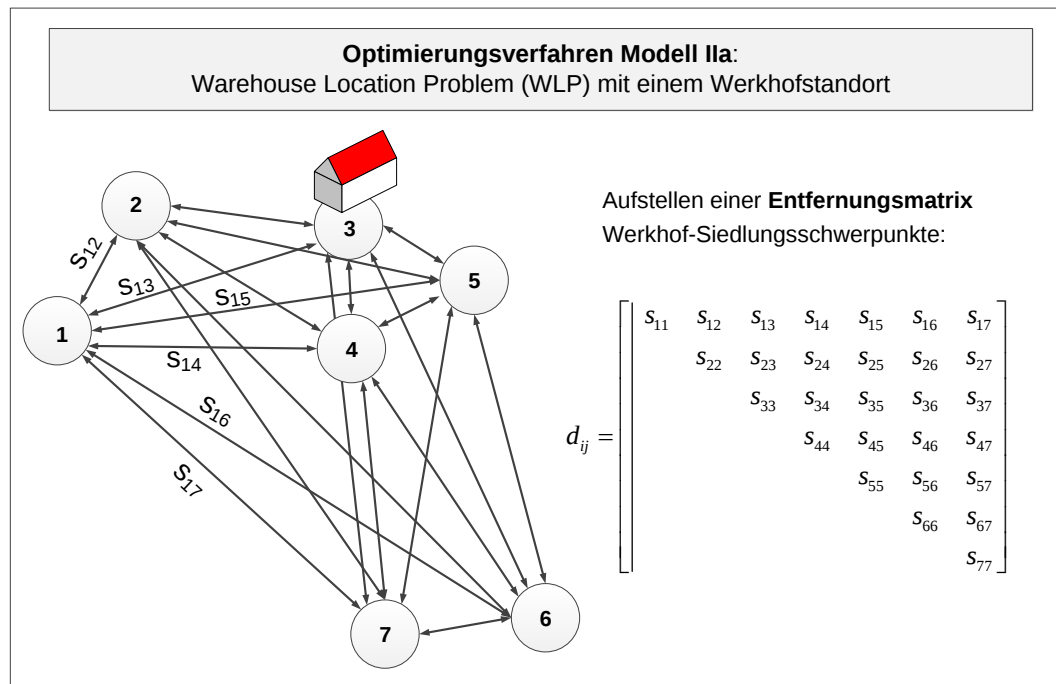


Abb. A-154: Modell IIa - Berechnung WLP mit Routenplanung

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 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.

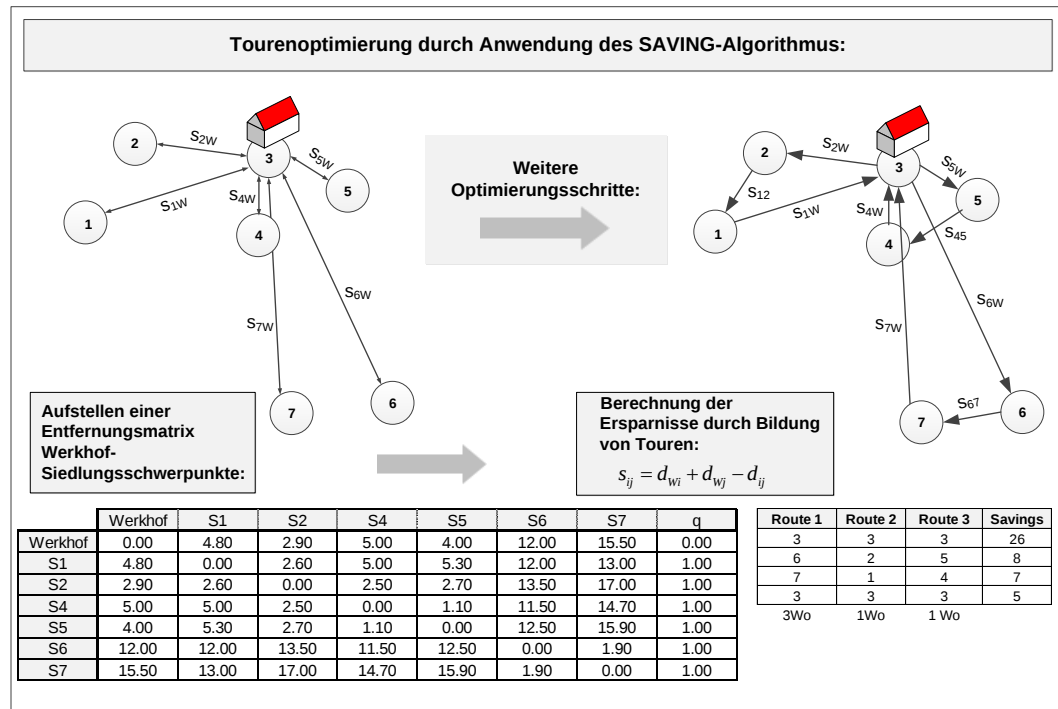


Abb. A-155: Beispielrechnung Tourenplanung - Anwendung des Saving-Algorithmus'

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 basiertem 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-Restrukturisierungskosten 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 (Abb. A-161):

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

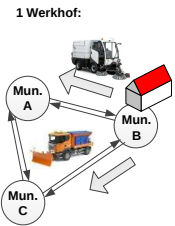
Schemata	Modell IIa: "WLP" mit einem bestehendem Werkhof	Investitionskosten [CHF]	Erneuerungszyklus [Jahre]
 1 Werkhof:	Werkhof - Restrukturierungskosten	1'500'000	
	(z.B. Gebäudeerweiterung, Umbau, etc.)	1'500'000	30
	Erlöse aus Werkhofauflösung	-2'913'333	
	Auflösung der zwei restlichen Werkhöfe	-2'913'333	30
	Instandsetzungskosten Werkhof	100'000	
	Diverses in Abh. der Bauteil-Lebensdauer	40'000	10
		60'000	20
	Jährliche Kosten Betrieb		
	Verwaltungskosten	-	-
	Werkhofkosten	-	-
	Gebäudekosten	-	-
	Materialkosten	-	-
	Leistungsbereich Strassenreinigung		
	Jährliche Reinigungskosten auf Basis Reinigungshäufigkeit	-	-
	Maschinen und Handarbeit	-	-
	IKZ-Leerfahrten (An- und Zufahrten Werkhof)	-	-
	Leistungsbereich Grünpflege		
	Jährliche Grünpflegekosten auf Basis Service Level	-	-

Abb. A-156: WLP mit einem Werkhof - 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 Abb. A-157 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.

- Gemeinde 1: 25% der IKZ-Netzgrösse
- Gemeinde 2: 10% der IKZ-Netzgrösse
- Gemeinde 3: 65% der IKZ-Netzgrösse

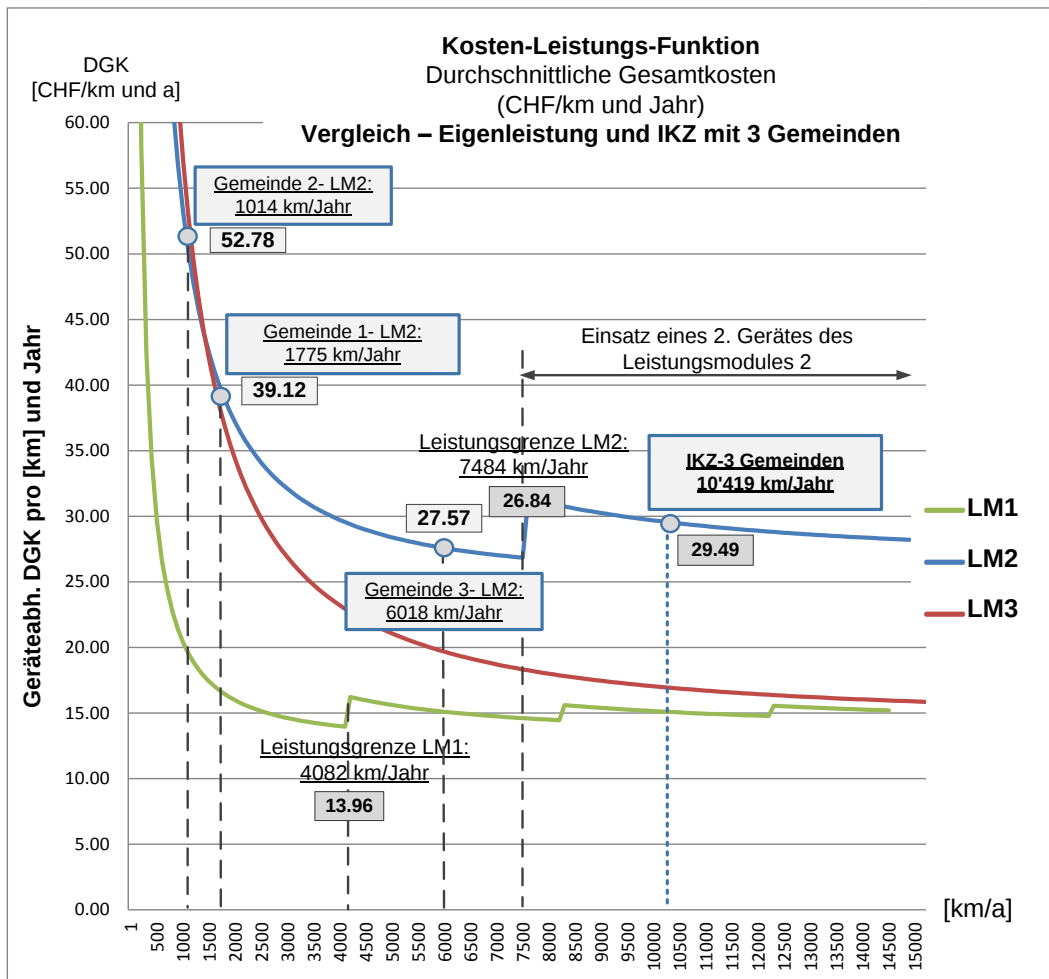


Abb. A-158: IKZ-3 - Entwicklung der Einheitskosten

Abb. A-159 zeigt die Entwicklung der Einheitskosten in den Beispielmunicipien 1 bis 3, die sich im Vergleich der Aufgabenerfüllung in Eigenleistung zur Durchführung eines siedlungsübergreifenden Unterhalts deutlich reduzieren konnten.

Lediglich Beispielmunicipie 3 weist einen geringen Wert der Minimierung der Einheitskosten auf, da bereits – wie in Abb. A-146 ersichtlich – in Eigenleistung gute Resultate in der Auslastung der Geräte sowie in der Kostenstruktur erzielt wurden.

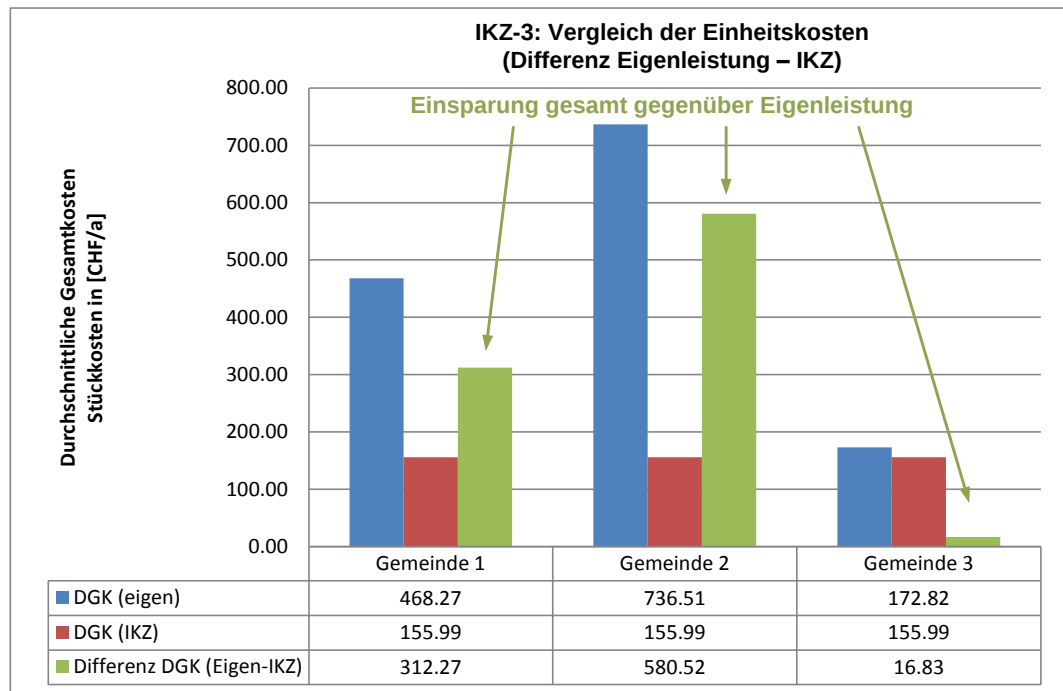


Abb. A-159: IKZ-3 Gemeinden: Vergleich der Durchschnittskosten Eigenleistung – IKZ

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 Abb. A-159):

$$K_{ges}^{Eigen} > K_{ges}^{IKZ} \quad \rightarrow \text{ok.}$$

$$DGK_{ges}^{Eigen} > DGK_{ges}^{IKZ} \quad \rightarrow \text{ok.}$$

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 wird eine Vergleichbarkeit mit den Berechnungen der Eigenleistungen der Beispielmunicipien gewährleistet und eine Berücksichtigung aller anfallenden Zahlungsströme möglich.

Die errechneten Barwerte des Modells IIa „WLP mit einem Werkhof und Routenplanung“ ist grafisch in Abb. A-160 dargestellt.

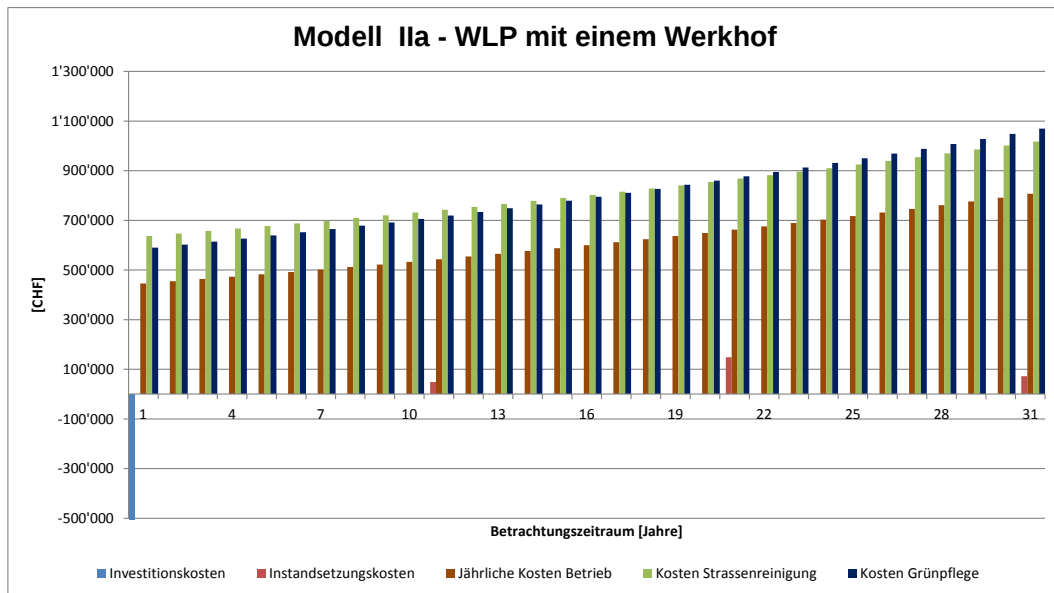


Abb. A-160: WLP mit einem Werkhof - Barwerte über 30 Jahre

7.2.2 Modell IIa: WLP mit zwei Werkhöfen und Routenplanung

Das Modell IIa „WLP mit zwei Werkhöfen mit Routenplanung“ stellt eine Erweiterung des Modell IIa mit einem Werkhof dar. Während die Leistungsberechnung, die Berechnung der Siedlungsschwerpunkte respektive die Tourenplanung analog zu Modell IIa „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 basiertem 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 (Abb. A-161):

- **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

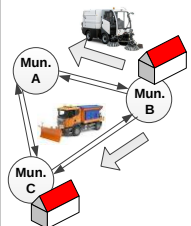
Schemata	Modell IIa: "WLP" mit zwei bestehenden Werkhöfen	Investitionskosten [CHF]	Erneuerungszyklus [Jahre]
2 Werkhöfe: 	Werkhof - Restrukturierungskosten (1 Werkhof)	2'000'000	
	(z.B. Gebäudeerweiterung, Umbau, etc.)	2'000'000	30
	Finanzierungskosten (z.B. Kredit 3% p.a.)	543'334	
	Erlöse aus Werkhofauflösung	-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	-	-
	Maschinenisten und Handarbeit	-	-
	IKZ-Leerfahrten (An- und Zufahrten Werkhof)	-	-
	Leistungsbereich Grünpflege		
	Jährliche Grünpflegekosten auf Basis Service Level	-	-

Abb. A-161: WLP mit 2 Werkhöfen – NPV-Berechnungsgrundlagen

Abb. A-162 zeigt die errechneten Cash Flows bei Anwendung des Modells IIa „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 abzuwägen 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.

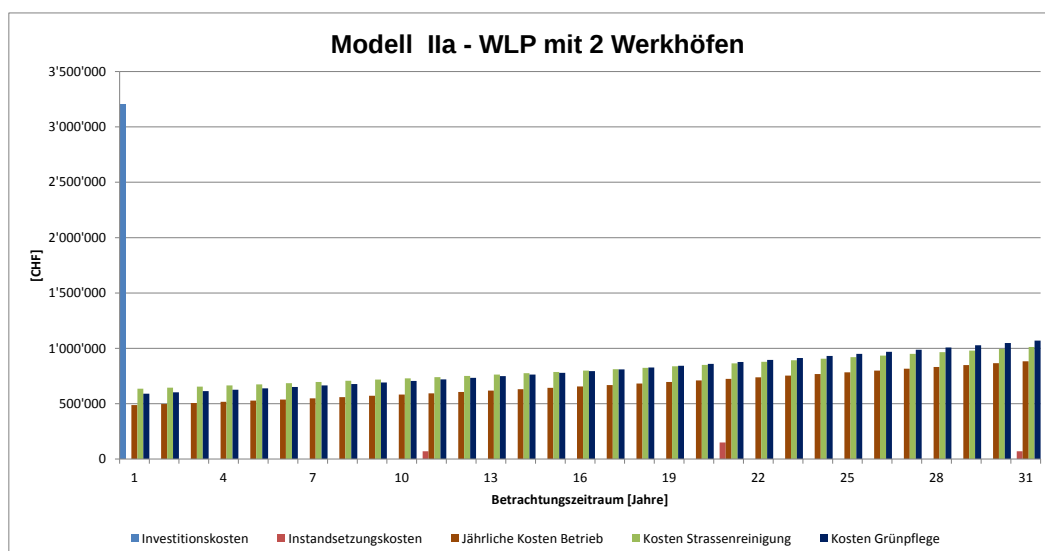


Abb. A-162: WLP mit zwei Werkhöfen - Barwerte über 30 Jahre

7.2.3 Modell IIb: „Grüne Wiese“-Modell und Routenplanung

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 6.1.3):

$$F(x, y) = \sum_{i=1}^m \frac{(c_{ij}^{Leerfahrt} b_i) + w_{ij}^{prod} (A_i)}{v_i(\Omega)} \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} + K_{Land}^{var}(x, y) + K_{Erschl.}^{var}(x, y) \rightarrow \min.$$

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

Der Abb. A-163 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

Abb. A-163: Eingabedaten der Werkhof-Lageoptimierung

Zusätzlich zu den genannten Input-Daten aus Abb. A-163 werden Gemeindegebiete mit unterschiedlichen Grundstückspreisen definiert, die ebenso einen 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 m² 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. Abb. A-164 zeigt das Ergebnis der excel-basierten Optimierung eines Standortes „auf der grünen Wiese“ mit den Werkhofstandort-Koordinaten (x,y).

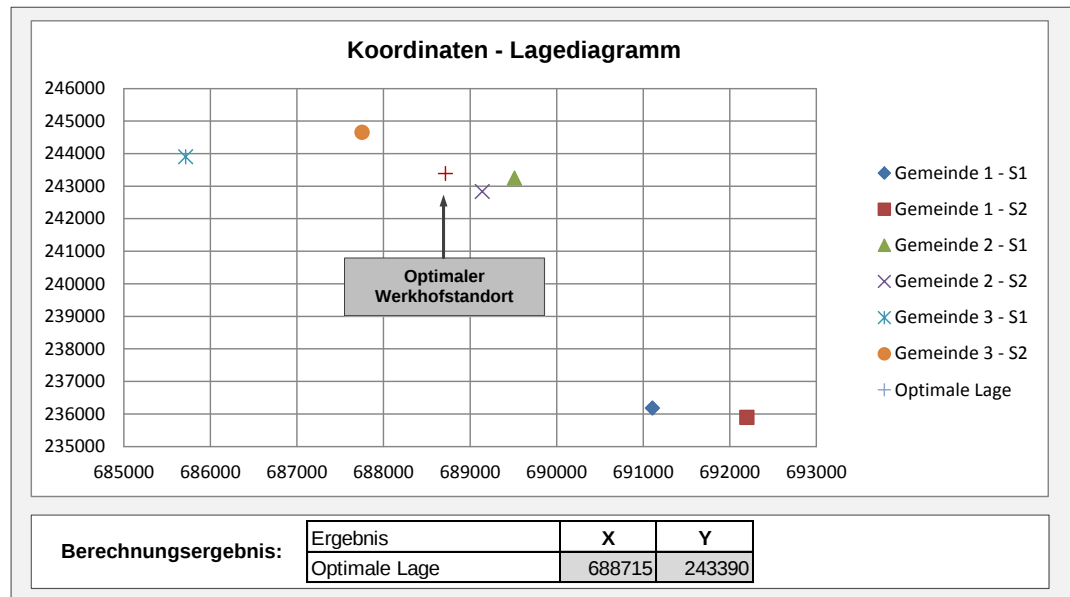


Abb. A-164: Lagediagramm eines optimalen Werkhofstandortes in der Ebene

Nachdem der optimale Werkhofstandort ermittelt wurde, bedarf es in weiterer Folge einer NPV-Berechnung zur Vergleichbarkeit der Varianten einer NPV-Berechnung, die analog zur Berechnung der Eigenleistungen sowie zur Berechnung der Modell IIa – 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 (Abb. A-165):

- **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 IIb: "Grüne Wiese" mit Werkhofneubau	Investitionskosten [CHF]	Erneuerungszyklus [Jahre]
1 zentraler Werkhof:	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	-	-
	Maschinen und Handarbeit	-	-
	Leistungsbereich Grünpflege		
	Jährliche Grünpflegekosten auf Basis Service Level	-	-

Abb. A-165: "Grüne Wiese"-Modell – NPV-Berechnungsgrundlagen

Abb. A-166 zeigt die errechneten Cash Flows bei Anwendung des Modells IIa „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.

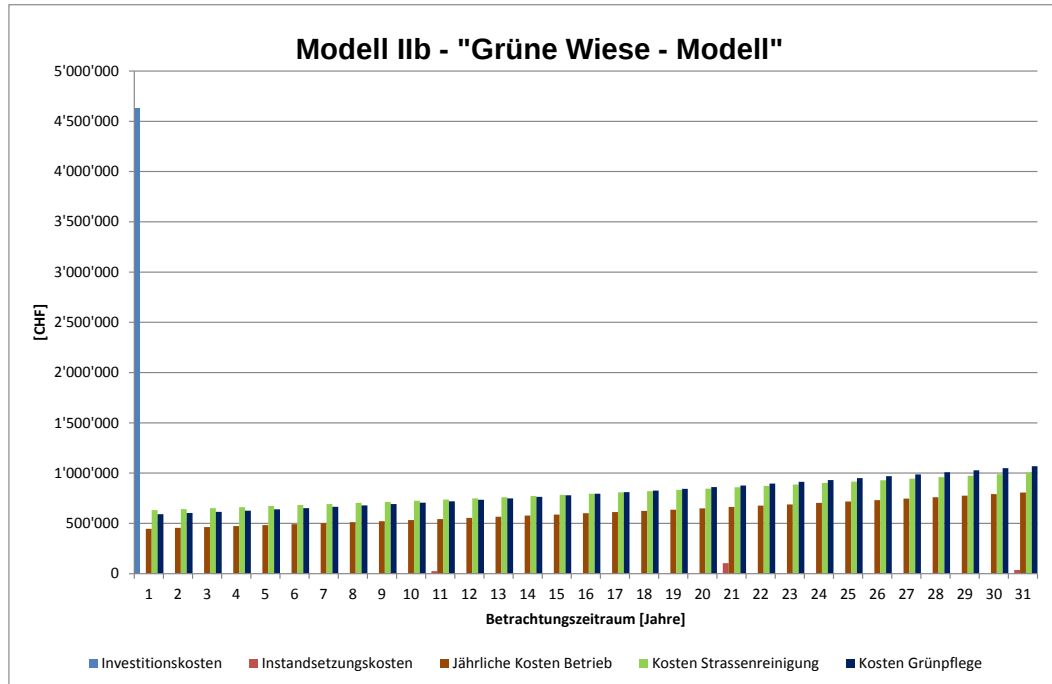


Abb. A-166: "Grüne Wiese"-Modell - Barwerte über 30 Jahre

7.2.4 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 sind als die der anderen zur Wahl stehenden Varianten. [41]

$$\Delta NPV_{t_B}^{Eigen-IKZ} = NPV_{t_B}^{Eigen} - NPV_{t_B}^{IKZ} > 0$$

$$\Delta NPV_{t_B}^{Eigen-IKZ} = \sum_{t=1}^n \frac{C_t^{Eigen} - C_t^{IKZ}}{(1+q)^{(t-t_B)}} > 0$$

Wenn $\Delta NPV_{t_B}^{Eigen-IKZ} > 0$ → Vorteilhaftigkeit der interkommunalen Kooperation (IKZ) gegeben

Wenn $\Delta NPV_{t_B}^{Eigen-IKZ} \leq 0$ → keine Vorteilhaftigkeit bzw. kein Effizienzpotential der interkommunalen Kooperation gegeben

Abb. A-167 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.

$$NPV_{t_B}^{Eigen} > NPV_{t_B}^{IKZ} \rightarrow \text{ok.}$$

$$NPV_{t_B}^{Eigen} > NPV_{t_B}^{Gr.W.} > NPV_{t_B}^{WLP-2} > NPV_{t_B}^{WLP-1} \rightarrow \text{ok.}$$

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“ 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 Abb. A-167 und Abb. A-168 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

Abb. A-167: Gegenüberstellung der NPV-Ergebnisse - IKZ-3

Abb. A-168 zeigt grafisch die in Abb. A-167 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.

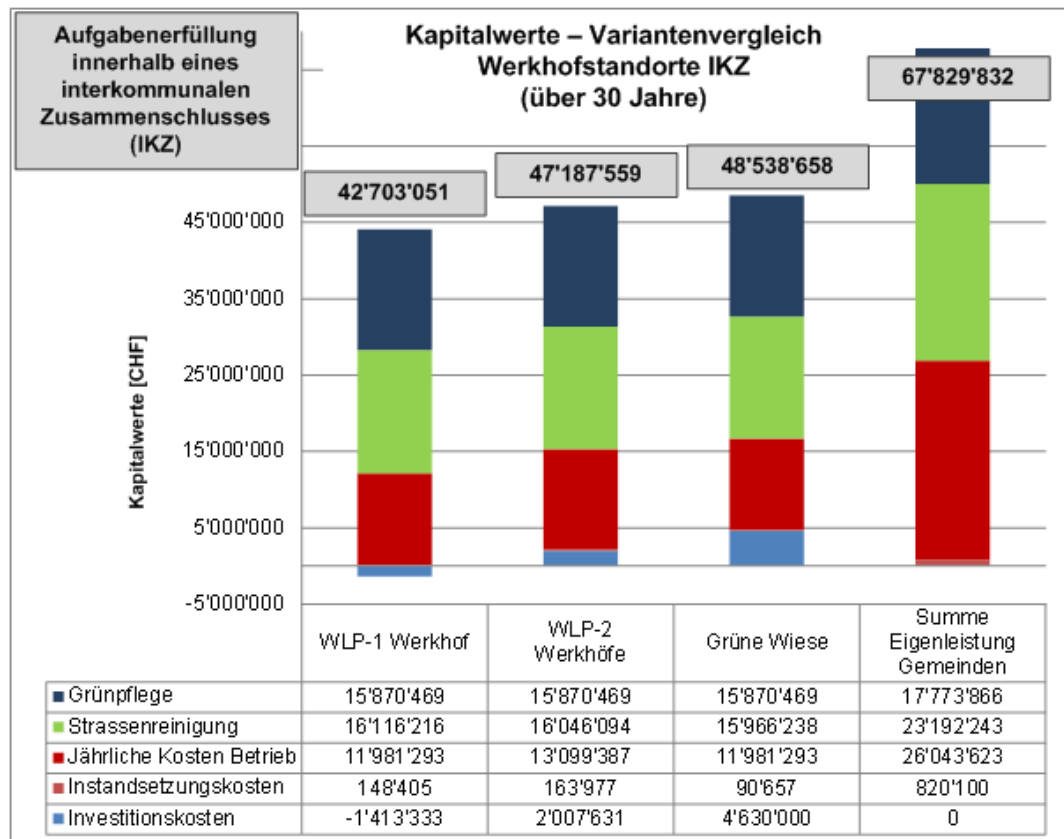


Abb. A-168: Gegenüberstellung - Kapitalwerte der Aufgabenerfüllungsvarianten über 30 Jahre

Die Differenzen aus den Kapitalwerten der Modellvarianten der Leistungsdurchführung als interkommunaler Zusammenschluss im Vergleich zur Leistungserbringung als Eigenleistung können Abb. A-169 entnommen werden.

Es wird deutlich, dass die folgenden zuvor postulierten Annahmen bestätigt werden konnten:

$$\text{Allgemein: } \Delta NPV_{t_B}^{\text{Eigen-IKZ}} = NPV_{t_B}^{\text{Eigen}} - NPV_{t_B}^{\text{IKZ}} > 0$$

→ ok Vorteilhaftigkeit der interkommunalen Kooperation gegeben

$$\text{Modell WLP-1 Werkhof: } \Delta NPV_{t_B}^{\text{Eigen-WLP-1}} = NPV_{t_B}^{\text{Eigen}} - NPV_{t_B}^{\text{WLP-1}} > 0 \rightarrow \text{ok}$$

$$\text{Modell WLP-2 Werkhöfe: } \Delta NPV_{t_B}^{\text{Eigen-WLP-2}} = NPV_{t_B}^{\text{Eigen}} - NPV_{t_B}^{\text{WLP-2}} > 0 \rightarrow \text{ok}$$

$$\text{Modell "Grüne Wiese": } \Delta NPV_{t_B}^{\text{Eigen-Gr.W.}} = NPV_{t_B}^{\text{Eigen}} - NPV_{t_B}^{\text{Gr.W.}} > 0 \rightarrow \text{ok}$$

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

Abb. A-169: Differenz der summierten Barwerte im Vergleich zur Eigenleistung

Zusammengefasst zeigt Abb. A-170 die grafische Auswertung der in Abb. A-169 berechneten Differenzen aus Leistungserbringung in Eigenregie und Durchführung als interkommunaler Zusammenschluss.

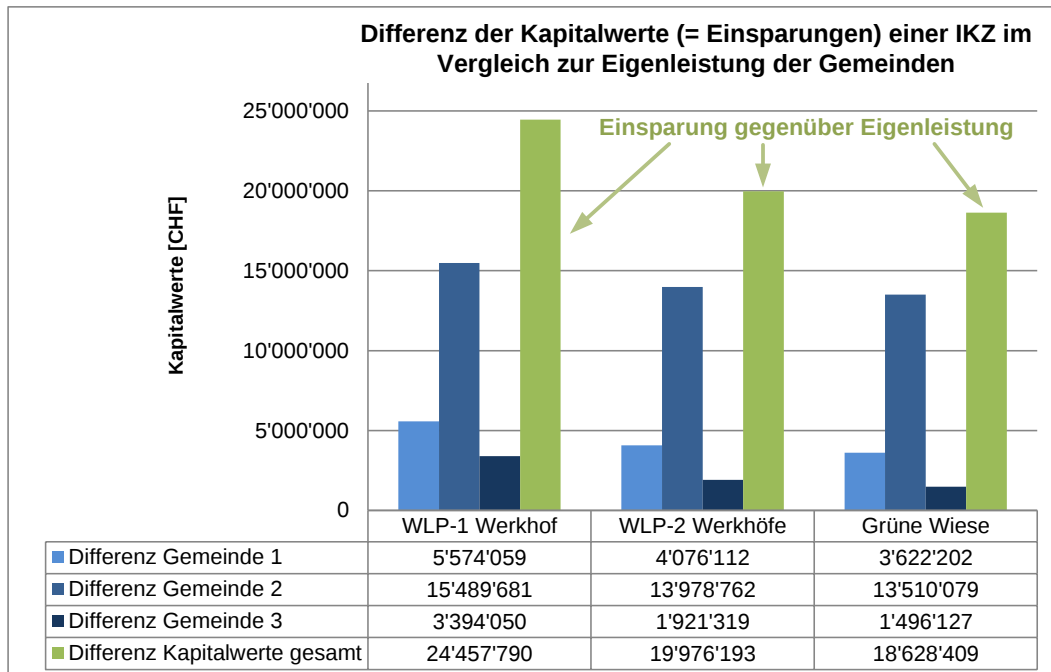


Abb. A-170: Differenz aus den Kapitalwerten IKZ zur Eigenleistung der Beispielgemeinden

7.2.5 Sensitivitätsanalyse der Beispielrechnung

Im Zuge des Realisierbarkeitstests und 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 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 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.

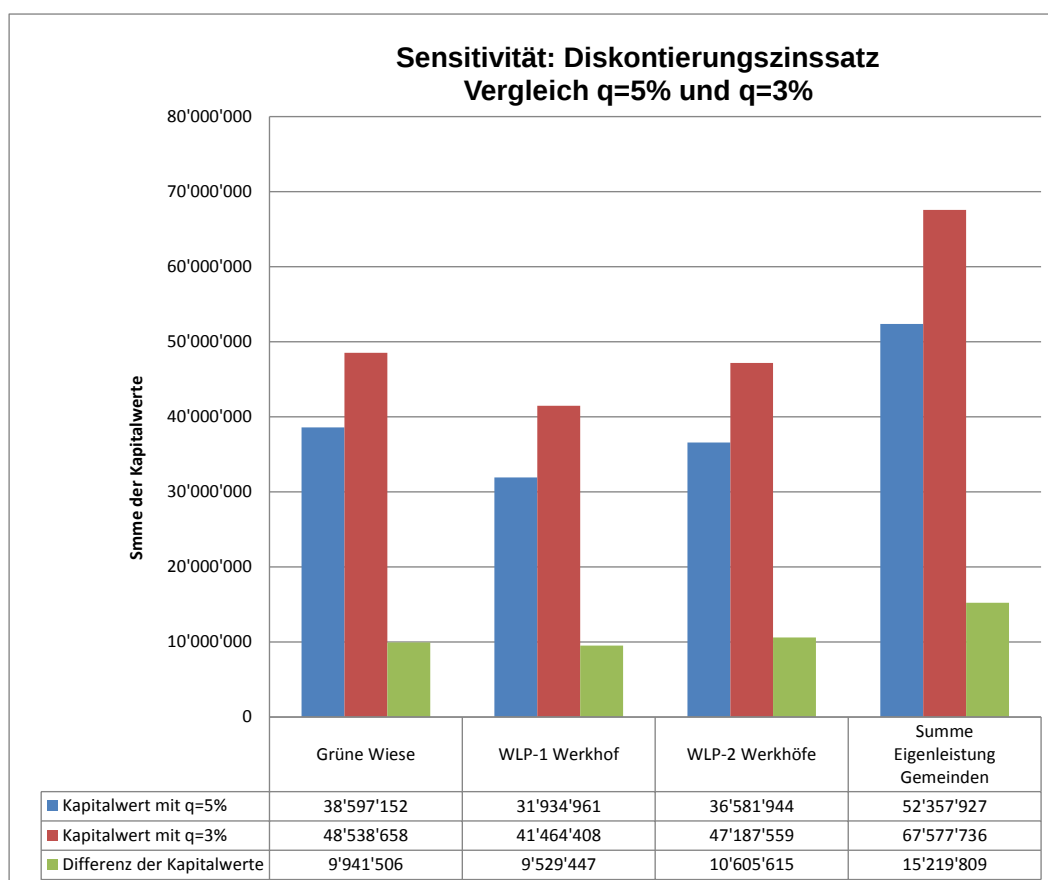


Abb. A-171: Sensitivitätsanalyse - Diskontierungsfaktor (3% und 5%)

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.

Die Veränderungen der Netzgrösse werden folgendermassen angenommen:

- 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

Abb. A-172 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.

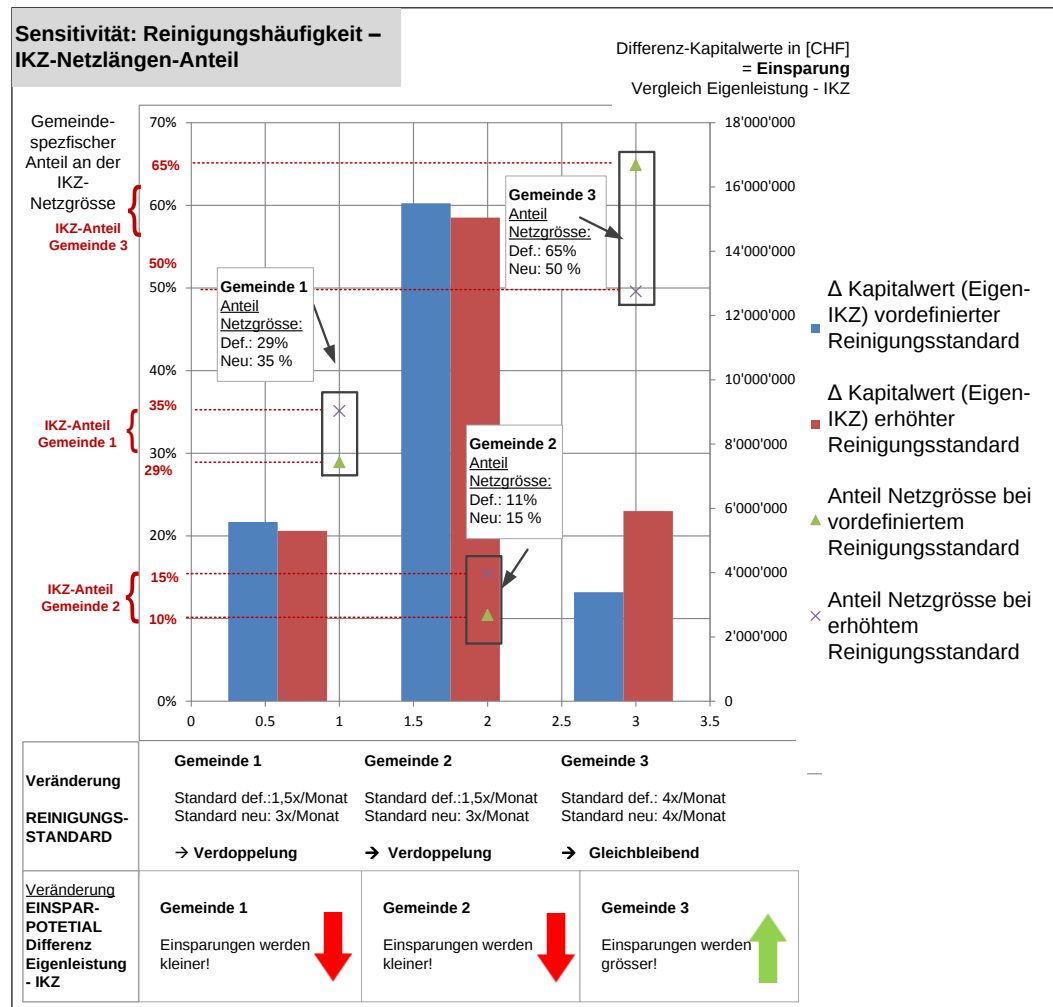


Abb. A-172: Sensitivität Erhöhung des Reinigungsstandards – IKZ-Netzgrößenanteil

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.

7.2.6 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 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 [41] folgende Modellannahmen im Zuge der Anwendung der Kapitalwertmethode:

- 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:²⁴

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.

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. ([139], [41])

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.

²⁴ Detaillierte Ausführungen dazu in 41. Götze, U., *Investitionsrechnung Modelle und Analysen zur Beurteilung von Investitionsvorhaben*. 6., durchges. und aktualisierte Aufl. edibid. 2008. Online-Ressource., S. 81

A-8 Gesamtmodell – Handlungsempfehlungen

Schweizer Gemeinden befinden sich in einem Spannungsfeld aus selbstverständlich gewordenen hohen Qualitätsanforderungen der Bürger, dem hohen Wettbewerbsdruck über zukünftige Standortvorteile (u.a. auch 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 zu 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 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.

A-9 Zusammenfassende Beurteilung und Ausblick

Effizienzsteigerungen und Kostenoptimierung sind Begrifflichkeiten, die heutzutage viel verwendete Begrifflichkeiten, die auch in Schweizer Gemeinden und Kantonen aufgrund der immer knapper werdenden Ressourcen sowie der im Gegensatz dazu gestiegenen Komplexität des Leistungsumfangs immer mehr an Bedeutung gewinnen. Eine effiziente Leistungserbringung kann allerdings nur dann erfolgen, wenn die Durchführung der Leistung unter Berücksichtigung gegebener Randbedingungen mit den geforderten Qualitätsstandards möglichst ressourcenschonend passiert.

Dazu wurde im Rahmen des Forschungsprojektes ASTRA2008/004 „Prozess- und wirkungsorientiertes Management im betrieblichen Strassenunterhalt“ ein Prozess- und Entscheidungsmodell einer interkommunalen Kooperation entwickelt. Die Zielerreichung wurde dabei mithilfe von folgenden zwei Teilmodellen gesichert:

- **Kosten-Leistungs-Modell zur optimalen Gerätebereitstellung (Teilmodell I)**
- **Werkhofstandort-Routen-Modell (Teilmodell II)**

Im Teilmodell I wurde ein ganzheitliches Modell zur Leistungsberechnung unter Berücksichtigung von leistungsvermindernden Faktoren entwickelt. Auf Basis dieses Berechnungsverfahrens ist es nun möglich, Leistungsgrenzen für die jeweiligen Geräte zu be-

rechnen und den jeweiligen Auslastungsgrad besser zu bestimmen. Daraus kann zudem eine optimierte Kosten-Leistungsfunktion für die jeweiligen Leistungsgeräte abgeleitet werden, die die Zusammenstellung 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 somit eine Entscheidungsgrundlage für die Bereitstellung von Inventar geliefert werden und andererseits eine Bemessungsgrundlage für die Berechnung von Leistungsparametern in der öffentlichen Aufgabenerfüllung zur effizienteren Gestaltung der Prozesse.

Das Teilmodell II 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 wurde ein erster Eignungstest vorgestellt, der eine grundsätzliche Beurteilung über eine IKZ liefert.

Des Weiteren werden geeignete Formen der Zusammenarbeit sowie Ausgestaltungsmöglichkeiten derselben vorgestellt. Ein besonderer Schwerpunkt wurde im vorliegenden Forschungsprojekt auf die Auswahl eines geeigneten und kostenoptimierten Werkhofstandortes in Verbindung mit einer effizienten Routenplanung zur Minimierung von Leerfahrtkosten gelegt. Auf Basis graphentheoretischer Überlegungen (Anwendung von Optimierungsverfahren der kürzesten Wege, Warehouse Location Problem, etc.) wurde gezeigt, wie ein optimaler Werkhofstandort innerhalb einer Kooperation gefunden werden kann. Strategische Berechnungen und Überlegungen sollen dazu führen, dass Effizienzsteigerungen in Form von *economies of scope* und *economies of scale* in der Leistungserbringung ermöglicht werden, sodass Gemeinden einen langfristigen Nutzen aus einer siedlungsübergreifenden Zusammenarbeit ziehen 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 dargestellt. Eine dynamische Betrachtung hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit sollte insbesondere dahingehend erfolgen, da Siedlungsgebiete einer ständigen Veränderung unterworfen sind und daher bezogen auf einen langen Zeithorizont eine probabilistische Kostenbetrachtung notwendig wird.

Anhand eines vereinfachten Rechenbeispiels (Realisierbarkeitstest) konnte die Vorteilhaftigkeit in Form von Grössenvorteilen, besserer Auslastung der Geräte, gemeinsamer Nutzung von Ressourcen, sowie die Vorteilhaftigkeit eines optimierten Werkhofstandortes mitsamt der zugehörigen Routenplanung nachgewiesen werden. Zudem konnte nachgewiesen werden, dass das vorliegende Modell einen starken Praxisbezug aufweist und somit eine problemlose Übertragung der Ergebnisse in die Praxis möglich ist.

9.1 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, dass eine interkommunale Kooperation nicht nur „Verzicht“, „Kompromiss“ und „Einbussen“ bedeutet, sondern neben den monetären Vorteilen auch kooperationsbedingte Vorzüge durch Spezialisierungen, Fixkostenteilungen, Auslastungserhöhungen etc. mit sich bringt.

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 als auch auf strategischer Ebene den kommunalen Entscheidungsträgern präsentiert werden,
- den Gemeinden abseits von Fusionsgesprächen eine Alternative aufgezeigt wird, die Effizienzsteigerungen durch einen optimierten Ressourceneinsatz und die Nutzung von Grössenvorteilen 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.

Diese vorliegende Forschungsarbeit soll Gemeinden motivieren und ermuntern, noch nicht gegangene Wege der Kooperation zu gehen und Chancen einer solchen Umsetzung im betrieblichen Unterhalt zu erkennen.

9.2 Bedeutung der Ergebnisse für die Wissenschaft

Mit dem vorliegenden prozessorientierten interkommunalen Zusammenarbeitsmodell wurde ein Entscheidungswerkzeug für kommunale Entscheidungsträger geschaffen mit dem Ziel der Beantwortung der zu Beginn der Arbeit definierten Forschungsfragen.

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 zu wählen und so den betrieblichen Strassenunterhalt innerhalb einer siedlungsübergreifenden Kooperation zu organisieren.

Der Beitrag für die Wissenschaft dieses vorliegenden Forschungsprojektes 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 Projektes 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, Standortplanungsverfahren 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 Forschungsprojekt leistet damit einen fundierten wissenschaftlichen Beitrag einerseits zur Weiterentwicklung des SysBau-Ansatzes nach Girmscheid, sowie andererseits zur Weiterentwicklung des von Professor Girmscheid entwickelten Berechnungsmethode für den optimierten Geräteeinsatz 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.

Die NPV-Werkhofstandort-Berechnungsmethode liefert ein Entscheidungsmodell zur umfassenden Beurteilung möglicher Varianten zur Aufgabenerfüllung im kommunalen Strassenunterhalt im Vergleich zur gegenwärtigen Leistungserbringung in Eigenregie der Gemeinden. Die Grundlage dieser lebenszyklusorientierten Berechnungsmethode liefert die dynamische Investitionsrechnung sowie die Grundlagen der Kostentheorie, die eine holistische Bewertung der anfallenden Kosten im betrieblichen Unterhalt erlaubt.

Der wissenschaftliche Beitrag dieses vorliegenden Forschungsprojektes liegt in der Umsetzung der Methoden und Verfahren des Operations Research und im engeren Sinne der Graphentheorie auf den Bereich des betrieblichen Strassenunterhalts.

Zudem wird nach systemtheoretischem strukturiertem Vorgehen die NPV-Berechnungsmethode auf die definierten Leistungsbereiche des betrieblichen Strassenunterhalts unter Berücksichtigung der gemeindespezifischen Randbedingungen angewandt, die den Gemeinden eine Entscheidungsgrundlage für die Beurteilung von Investitionsentscheiden respektive der Vorteilhaftigkeit von Aufgabenerfüllungs-Varianten liefert.

9.3 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 interkommunalen Zusammenarbeitsmodells neue Fragestellungen aufgeworfen wurden, deren Beantwortung als weiterführender Forschungsbedarf anzumerken ist.

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.

Zur Umsetzung einer interkommunalen Zusammenarbeit bedarf es einer einfachen und klar strukturierten Vorgehensweise auf kantonaler wie auch auf kommunaler Ebene, die die Ressortverantwortlichen unterstützen und als Leitfaden auf rechtlicher Ebene im Zuge von Kooperationsgesprächen unterstützen.

Grundsätzlich muss angemerkt werden, dass die praxisnahe Umsetzung des in dieser Forschungsarbeit entwickelten Modells nur exemplarisch anhand eines Berechnungsbeispiels getestet werden konnte. 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.

Abkürzungen

Begriff	Bedeutung
AHP	Analytic Hierarchy Process
AVOR	Arbeitsvorbereitung
AVS	Abschreibung, Verzinsung und Stationierung
BIV	Betriebsinterne Verrechnungssätze
CARP	Capacitated Arc Routing-Problem
ChemRRV	Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung
DFK	durchschnittliche fixe Kosten
DGK	durchschnittliche Gesamtkosten
DK	Durchschnittskosten (Durchschnittliche Gesamtkosten)
DVK	durchschnittliche variable Kosten
GK	Grenzkosten
IBI	Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement der ETH Zürich
IGD	Inventargrunddaten des Schweizerischen Baumeisterverbandes
IKZ	Interkommunaler Zusammenschluss / Interkommunale Zusammenarbeit
IKZ-PH	Phase der interkommunalen Zusammenarbeit
IVT	Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme der ETH Zürich
KVP	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess
LM	Leistungsmodul
NPM	New Public Management
OR	Obligationenrecht / Operations Research
PI	Performance Indicator, Performance Indikator
PMS	Performance Management System
PPP	Public Private Partnership
ROI	Return on Investment
rr	Reparatur und Revision
S	Service Level
SBIL	Schweizerische Bau- und Inventarliste
SC	Grad der Verbundvorteile
StoV	Verordnung über umweltgefährdende Stoffe
TSP	Travelling Salesman Problem
VSS	Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute
VT	Vorhaltezeit
WLP	Warehouse Location Problem
ZS	Zinssatz

Abbildungsverzeichnis Teil A

Abb. A-1: Gemeinden der Schweiz sortiert nach Gemeindetypen.....	17
Abb. A-2: Vor- und Nachteile der kommunalen Dezentralisation [7] [8].....	17
Abb. A-3: Rückgang der Gemeindezahlen von 1999-2013 (Stichtag 1. Januar)	19
Abb. A-4: Entwicklung der Anzahl Schweizer Gemeinden von 1990 bis 2013 per 1. Januar (Daten abgerufen am 25.02.2013 http://www.portal-stat.admin.ch/gde- tool/core/xshared/gewo.php?lng=de-de)	19
Abb. A-5: Anzahl der Gemeindefusionen von 1990 bis 2012 (Daten http://www.portal-stat.admin.ch/gde- tool/core/xshared/gewo.php?lng=de-de)	20
Abb. A-6: Entwicklung der Anzahl Schweizer Gemeinden von 1990 bis 2010	20
Abb. A-7: Durchschnittliche Anzahl der Einwohner pro Gemeinden je nach Kanton [12]	21
Abb. A-8: Organigramm des Forschungsprojektes ASTRA 2008/004	23
Abb. A-9: 3-teiliger Aufbau des Forschungsberichtes ASTRA 2008/004.....	24
Abb. A-10: Übersicht der einschlägigen Normen in D-A-CH.....	26
Abb. A-11: Strassenverkehrsanlagen - Systematisierung nach VSS SN 640 900a [21]	27
Abb. A-12: Massnahmengruppen Strassenunterhalt (in Anlehnung an [21]).....	27
Abb. A-13: Aufgabentypen und deren Organisations- und Koordinationsaufwand	28
Abb. A-14: Dimensionen der Nachhaltigkeit im betrieblichen Strassenunterhalt	29
Abb. A-15: Nachhaltigkeitsaspekte am Beispiel kommunaler Winterdienst.....	30
Abb. A-16: Einteilung Kehrmaschine mit Richtmassen [25].....	31
Abb. A-17: Einteilung der Kehrmaschinentypen nach SN 640720c [25].....	32
Abb. A-18: Geräte-Einsatz-Matrix: Einsatzbereiche von Kehrmaschinen [25].....	33
Abb. A-19: Kategorisierung der Strassenreinigung nach Aufgabentyp.....	34
Abb. A-20: Winterdienst-Standard nach VSS SN 640 756a [31]	36
Abb. A-21: Dringlichkeitsstufen und dazugehörige Massnahmenplanung (in Anlehnung an [31])	36
Abb. A-22: Übersicht über Geräte im kommunalen Winterdienst [33]	37
Abb. A-23: Einteilung Schneepflüge (in Anlehnung an [30])	37
Abb. A-24: Formen der Winterglätte und deren Entstehung [30]	39
Abb. A-25: Empfohlene Massnahmen und Streumengen zur Glättebekämpfung [33]	39
Abb. A-26: Vor- und Nachteile abstumpfender und auftauender Streumittel (in Anlehnung an [30], [37])	40
Abb. A-27: <i>Streumittelverbrauch in Österreich über 5 Jahre</i> [33]	41
Abb. A-28: Kategorisierung des Winterdienstes nach Aufgabentyp	42
Abb. A-29: Strukturebenen von Entscheidungsmodellen [42].....	46
Abb. A-30: Managementebenen im betrieblichen Strassenunterhalt (in Anlehnung an [45])	47
Abb. A-31: Einteilung möglicher Optimierungsmodelle (in Anlehnung an [58])	48
Abb. A-32: Anwendung der Graphentheorie auf ein Strassennetz	49
Abb. A-33: Stakeholder-Ziele im betrieblichen Strassenunterhalt.....	55
Abb. A-34: Ablaufschema des IKZ-Prozessmodells (Teilmodell I und Teilmodell II)	57
Abb. A-35: Ablaufstruktur des fünfstufigen IKZ-Modells	58
Abb. A-36: Ablaufschema des Werkhofstandort-Routen-Modells (Teilmodell II)	59
Abb. A-37: Interaktion der Umfeld bezogenen Rahmenbedingungen einer IKZ.....	60
Abb. A-38: AHP-Hierarchiestufen [61].....	63
Abb. A-39: Hierarchische Struktur - AHP	63
Abb. A-40: Möglichkeiten zur Gewichtung der Beurteilungskriterien	64
Abb. A-41: Relative Gewichtung g_{ij}^{rel} der Beurteilungskriterien	64
Abb. A-42: Absolute Gewichtungsfaktoren der Beurteilungskriterien	65

Abb. A-43: Relative Gewichtung der Alternativen - Beurteilungskriterium Spezifität	66
Abb. A-44: Relative Gewichtung der Alternativen - Beurteilungskriterium Häufigkeit	67
Abb. A-45: Relative Gewichtung der Alternativen - Beurteilungskriterium Strategische Relevanz	68
Abb. A-46: Relative Gewichtung der Alternativen - Beurteilungskriterium Synergiepotential	69
Abb. A-47: Gesamtbewertung der Alternativen zur Aufgabenerfüllung	70
Abb. A-48: Eignungstest - Bewertung der IKZ-Kriterien	72
Abb. A-49: IKZ-PHC - Ausgestaltung der IKZ-Organisation	73
Abb. A-50: Prozesse im Strassenbetriebsdienst (in Anlehnung an [94])	74
Abb. A-51: Management,- Haupt- und Supportprozesse im betrieblichen Strassenunterhalt [17]	75
Abb. A-52: Organisations-, Koordinations- und Arbeitsteilungsprozess innerhalb der IKZ [94]	76
Abb. A-53: Grad der interkommunalen Zusammenarbeit (in Anlehnung an [22], [93])	78
Abb. A-54: Gemeinsame Aufgabenerfüllung [7]	79
Abb. A-55: Sitzgemeindemodell [7]	79
Abb. A-56: Interkommunaler Zusammenschluss als juristische Person [7]	80
Abb. A-57: Rechtlich institutionalisierte Formen der Gemeindezusammenarbeit	80
Abb. A-58: Change Management - Arten von Defiziten [81]	82
Abb. A-59: Steuerungskreislauf - Ebenen der Leistungen und Wirkungen [81]	83
Abb. A-60: Teilmodell I – Kosten-Leistungs-Modell	86
Abb. A-61: Einordnung der Performance-Begriffe - Übersicht	87
Abb. A-62: Übersicht - Begriff Performance	88
Abb. A-63: Übersicht - Begriff Performance Measurement	89
Abb. A-64: Anforderungen an Performance Measurement Methoden und Indikatoren [115]	91
Abb. A-65: Übersicht - Begriff Performance Management	93
Abb. A-66: Performance-Würfel	94
Abb. A-67: Equipment-Location-Matrix	96
Abb. A-68: Geräte-Einsatz-Matrix am Beispiel einer Kehrmaschine	97
Abb. A-69: Prozesse innerhalb und ausserhalb des Werkhofs (in Anlehnung an [2])	98
Abb. A-70: Leistungsberechnung von Baumaschinen nach Girmscheid [2]	99
Abb. A-71: Vierstufige Leistungsberechnung im betrieblichen Unterhalt	100
Abb. A-72: Ermittlung der Grundleistung durch Betriebsbeiwerte	100
Abb. A-73: Abminderungen Bedienungsfaktor η_1 [2]	101
Abb. A-74: Abminderungen Betriebsbedingungen [2]	101
Abb. A-75: Übersicht Objektarten bezogener Geräteausnutzungsgrad	102
Abb. A-76: Geräteausnutzungsgrad - Objekttyp Strasse	102
Abb. A-77: Geräteausnutzungsgrad - Objekttyp Trottoir [117]	103
Abb. A-78: Öffentlicher Verkehr - Haltestellen-Typen [117]	104
Abb. A-79: Ermittlung der Technischen Grundleistung durch technische Abminderungsfaktoren	105
Abb. A-80: Beispiel Gerätezustandsfaktor - Kehrmaschine	105
Abb. A-81: Zubehöorzustandsfaktor - Beispiel Besenzustandsfaktor Reinigung	106
Abb. A-82: Abminderungsfaktor Bodenbelag	106
Abb. A-83: Ermittlung der Nutzleistung durch dynamische Abminderungsfaktoren	107
Abb. A-84: Abminderungsfaktor Wetter am Beispiel der Strassenreinigung	108
Abb. A-85: Abminderungsfaktor Verkehr - Objekttyp Strasse	108
Abb. A-86: Abminderungsfaktoren aufgrund des Verschmutzungsgrades	109
Abb. A-87: Verschmutzungsgrad abhängiger Abminderungsfaktor	110
Abb. A-88: Abminderungen aufgrund des Winterdienststandards	110
Abb. A-89: Ablaufstruktur zur Identifikation der Leistungsmodule im betrieblichen Unterhalt (in Anlehnung an Girmscheid [121])	112

Abb. A-90: Lebenszyklusdauern bei der Wirtschaftsanalyse von Leistungsmodulen (in Anlehnung an [72], [67])	113
Abb. A-91: Selektion der Gerätecluster am Beispiel der kommunalen Strassenreinigung	114
Abb. A-92: Selektion der Gerätecluster am Beispiel des kommunalen Winterdienstes.....	116
Abb. A-93: Kalkulation der direkten und indirekten Kosten.....	117
Abb. A-94: Inventarkalkulation - Grunddaten City Cat 2020	118
Abb. A-95: Inventarkalkulation - AVS pro Jahr	119
Abb. A-96: Inventarkalkulation - Zusätzliche Versicherungen und Gebühren	119
Abb. A-97: Inventarkalkulation - Totale Fixkosten pro Jahr	120
Abb. A-98: Inventarkalkulation - Reparatur und Revision	121
Abb. A-99: Inventarkalkulation - Energiekosten pro Einsatzstunde	121
Abb. A-100: Inventarkalkulation - Schmiermittelkosten pro Einsatzstunde.....	122
Abb. A-101: Inventarkalkulation - Übersicht fixe und variable Kosten	123
Abb. A-102: Kalkulationsgrundlagen für City Cat 5000	124
Abb. A-103: Berechnung der Kosten für City Cat 5000	125
Abb. A-104: Kalkulationsgrundlagen für Egholm City Ranger	126
Abb. A-105: Berechnung der Kosten für Egholm City Ranger 2200 T.....	127
Abb. A-106: Berechnung der gerätespezifischen Leistungsgrenzen	128
Abb. A-107: Kostenfunktion - Fixe, variable und Gesamtkosten (CC2020).....	129
Abb. A-108: Durchschnittlich fixe, variable Kosten und DGK (CC2020)	131
Abb. A-109: Kosten-Leistungs-Funktion in Abhängigkeit des Auslastungsgrades	132
Abb. A-110: Vergleich der Gesamtkosten zu Einheitskosten.....	133
Abb. A-111: Leistungsmodul - Von der Leistungsberechnung zur Kostenfunktion.....	134
Abb. A-112: Beispielrechnung - Gerätecluster-Varianten für Strassenreinigungsmassnahmen	135
Abb. A-113: Leistungsmodule SR - Kostenverläufe Einheitskosten – Gesamtkosten.....	135
Abb. A-114: Ebenen und Aufgaben der Tourenplanung	137
Abb. A-115: Schematische Darstellung von Siedlungsschwerpunkten innerhalb einer IKZ	140
Abb. A-116: Übersicht der Optimierungsverfahren zur Standortsuche in Netzwerken	141
Abb. A-117: Schematischer Ablauf der NPV-Berechnungsmethode [61]	144
Abb. A-118: Berücksichtigung der Kosten- und Geldwertentwicklung [93].....	144
Abb. A-119: Schweizerische Staatsobligationen [141].....	145
Abb. A-120: NPV-Werkhofstandortvariante.....	147
Abb. A-121: Ablaufschema Standort-Routen-Modell	148
Abb. A-122: Mögliche Werkhof-Standortfaktoren.....	148
Abb. A-123: Ursachen für Kosteneffekte durch Standort- und Routenplanungen	150
Abb. A-124: 2-stufiger Werkhofstandort-Routen-Entscheid	150
Abb. A-125: Beispiel Modell Ib - Schematische Darstellung der Standortbestimmung in der Ebene.....	154
Abb. A-126: Beispiel Modell Ib - Schwerpunkte und Einsatzhäufigkeiten in den Gemeinden	154
Abb. A-127: Beispiel Modell Ib – Koordination und Beiwerte	155
Abb. A-128: Beispiel Modell Ib - Grundstückspreise.....	156
Abb. A-129: Beispiel Modell Ib – Ergebnis optimaler Werkhofstandort	156
Abb. A-130: Clustering-Verfahren in der Tourenplanung [147].....	157
Abb. A-131: Charakteristika von Tourenplanungsproblemen (in Anlehnung an [134]).....	159
Abb. A-132: Beispiel eines Capacitated Arc Routing-Problems (CARP) [40].....	160
Abb. A-133: Heuristisches Design eines LRP in Anlehnung an [153],[154].....	161
Abb. A-134: Saving-Verfahren - 1. Optimierungsschritt	162
Abb. A-135: Saving-Verfahren - weitere Optimierungsschritte	162
Abb. A-136: Beispiel LRP - schematische Darstellung Leerfahrten.....	164

Abb. A-137: Siedlungsraumentwicklung von Rapperswil-Jona	166
Abb. A-138: Produktionssystem [159]	168
Abb. A-139: Übersicht der Arten von Effizienzvorteilen	173
Abb. A-140: Kooperationsmotive für eine interkommunale Zusammenarbeit (IKZ)	174
Abb. A-141: Beispielrechnung - Interkommunaler Zusammenschluss dreier Gemeinden	178
Abb. A-142: Ist-Situation der drei Gemeinden	179
Abb. A-143: Leistungsmodul- Aufstellen einer Kosten-Leistungsfunktion	181
Abb. A-144: Beispielrechnung – Statischer Ist-Zustand der Gemeinde 1 (Eigenleistung)	182
Abb. A-145: Beispielrechnung – Statischer Ist-Zustand der Gemeinde 2 (Eigenleistung)	183
Abb. A-146: Beispielrechnung – Statischer Ist-Zustand der Gemeinde 3 (Eigenleistung)	184
Abb. A-147: Kosten-Leistungs-Funktion der Beispielmunicipalitäten 1 bis 3	185
Abb. A-148: Einmalige und periodische Cash Flows - Eigenleistung der Gemeinden 1 bis 3	186
Abb. A-149: Ausgabenbezogene Cash Flows der Gemeinde 1 – Eigenleistung	187
Abb. A-150: Ausgabenbezogene Cash Flows der Gemeinde 2 - Eigenleistung	188
Abb. A-151: Ausgabenbezogene Cash Flows der Gemeinde 3 – Eigenleistung	188
Abb. A-152: Kapitalwerte der Beispielmunicipalitäten 1 bis 3 über 30 Jahre	189
Abb. A-153: Beispielrechnung - IKZ-Simulation mit 3 Gemeinden	190
Abb. A-154: Modell IIa - Berechnung WLP mit Routenplanung	193
Abb. A-155: Beispielrechnung Tourenplanung - Anwendung des Saving-Algorithmus'	194
Abb. A-156: WLP mit einem Werkhof - NPV-Berechnungsgrundlagen	195
Abb. A-157: Beispielrechnung – Statische Kostenaufstellung IKZ mit 3 Gemeinden	196
Abb. A-158: IKZ-3 - Entwicklung der Einheitskosten	197
Abb. A-159: IKZ-3 Gemeinden: Vergleich der Durchschnittskosten Eigenleistung – IKZ	198
Abb. A-160: WLP mit einem Werkhof - Barwerte über 30 Jahre	199
Abb. A-161: WLP mit 2 Werkhöfen – NPV-Berechnungsgrundlagen	200
Abb. A-162: WLP mit zwei Werkhöfen - Barwerte über 30 Jahre	200
Abb. A-163: Eingabedaten der Werkhof-Lageoptimierung	202
Abb. A-164: Lagediagramm eines optimalen Werkhofstandortes in der Ebene	202
Abb. A-165: "Grüne Wiese"-Modell – NPV-Berechnungsgrundlagen	203
Abb. A-166: "Grüne Wiese"-Modell - Barwerte über 30 Jahre	204
Abb. A-167: Gegenüberstellung der NPV-Ergebnisse - IKZ-3	205
Abb. A-168: Gegenüberstellung - Kapitalwerte der Aufgabenerfüllungsvarianten über 30 Jahre	206
Abb. A-169: Differenz der summierten Barwerte im Vergleich zur Eigenleistung	206
Abb. A-170: Differenz aus den Kapitalwerten IKZ zur Eigenleistung der Beispielmunicipalitäten	207
Abb. A-171: Sensitivitätsanalyse - Diskontierungsfaktor (3% und 5%)	208
Abb. A-172: Sensitivität Erhöhung des Reinigungsstandards – IKZ-Netzgrößenanteil	209

Literaturverzeichnis Teil A

1. Girmscheid, G., *Bauhof- und Bauinventarmanagement als Schlüssel zur Ergebnis- und Liquiditätssteigerung*. 1999: p. 20.
2. Girmscheid, G., *Leistungsermittlungshandbuch für Baumaschinen und Bauprozesse*. 4., überarb. Aufl. ed. 2010a, Berlin: Springer. 300 S.
3. Görres-Gesellschaft zur Pflege der Wissenschaft (Deutschland), *Staatslexikon Recht - Wirtschaft - Gesellschaft in 5 Bänden*. 7., völlig neu bearbeitete Aufl. ed. 1985, Freiburg: Herder. 7 Bände.
4. Linder, W., *Schweizerische Demokratie Institutionen - Prozesse - Perspektiven*. 3., vollst. überarb. und aktualisierte Aufl. ed. 2012, Bern: Haupt. 481 S.
5. Ladner, A., *Gemeindereformen zwischen Handlungsfähigkeit und Legimitation - ein Forschungsprojekt des Schweizerischen Nationalfonds im Rahmen des Schwerpunktprogramms "Zukunft Schweiz"*. Forschungsbericht / Institut für Politikwissenschaft und Institut für Organisation und Personal der Universität Bern, ed. Nationalfondsprojekt Gemeindereformen - Zwischen Staatlicher Handlungsfähigkeit und Demokratischer Legitimation (Schweiz). 2000, Bern: Institut für Politikwissenschaft [etc.]. 191 S.
6. Häfelin, U. and G. Müller, *Grundriss des allgemeinen Verwaltungsrechts*. 3., neu bearb. Aufl. ed. 1998, Zürich: Schulthess. XLVII, 562 S.
7. Steiner, R., *Interkommunale Zusammenarbeit und Gemeindezusammenschlüsse in der Schweiz - Erklärungsansätze, Umsetzungsmöglichkeiten und Erfolgsaussichten*, 2002, Haupt: Bern. p. 544 S.
8. Naßmacher, H. and K.-H. Naßmacher, *Kommunalpolitik in Deutschland*, 2007, VS Verlag für Sozialwissenschaften | GWV Fachverlage GmbH: Wiesbaden.
9. Herkenrath, A. and H. Voigt, *Im Dienste der Bürger : Politik für die Gemeinden*. 1993, Düsseldorf: Kommunal-Verl. 288 S.
10. Friedrich Ueli, Arn Daniel, and Wichtermann Jürg, *Neubildung politischer Gemeinden im Kanton Schaffhausen*. 1998. Bern.
11. Zimmerli, U., *Die neue Bundesverfassung: Konsequenzen für Praxis und Wissenschaft, Tagung vom 21./22. Oktober 1999 an der Universität Bern*. 2000, Bern: Stämpfli. 337 S.
12. Bundesamt für Statistik, *Statistik des jährlichen Bevölkerungsstandes (ESPOP)*. 2009.
13. Budäus, D., *New Public Management*. Managementforschung. 1998, Berlin: de Gruyter. VI, 253 S.
14. Schedler, K. and I. Proeller, *New Public Management*. 4. Aufl. ed. Utb. 2009, Bern: Haupt. 334 S.
15. Ritz, A., *Evaluation von New Public Management: Grundlagen und empirische Ergebnisse der Bewertung von Verwaltungsreformen in der schweizerischen Bundesverwaltung*. Public Management. 2003, Bern: Haupt. 570 S.
16. Durth, W. and B. Bernhard, *Einführung von New Public Management in der betrieblichen Strassenunterhaltung - Stand und Entwicklungsperspektiven einer Umstellung*. Strassenverkehrstechnik, 2001. Heft 10/2001.
17. Bundesministerium für Verkehr Bau- und Stadtentwicklung, *Massnahmenkatalog Strassenbetriebsdienst MK1, Umsetzung der Steuerung des Strassenbetriebsdienstes in den Ländern - Steuerungskonzeption.*, 2006: Bonn.
18. Institut für Schweizerisches und Internationales Baurecht (Freiburg Schweiz), *Schweizerische Baurechtstagung Freiburg 2005 seit 30 Jahren*. 2005, Freiburg i. Üe.: Institut für Schweizerisches und Internationales Baurecht. 395 S.
19. Girmscheid, G. and H.-P. Lindenmann, *Kommunale Strassennetze in der Schweiz: Formen neuer Public Private Partnership (PPP) - Kooperationen für den Unterhalt*. Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, Bundesamt für Strassen. 2008, [Bern]: Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK. xviii, 806 S.
20. Lindenmann, H.-P. and e. al, *Erhaltungsmanagement der Strassenverkehrsanlagen MSE 99/00*. Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, Bundesamt für Strassen. 2000, [Bern]: Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation. 70 f.
21. SN 640900a, *Erhaltungsmanagement (EM) - Grundnorm.*, 2004, Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS): Zürich.

22. Dreyer, J., *Prozessmodell zur Gestaltung einer Public Private Partnership für den kommunalen Strassenunterhalt in der Schweiz*, 2008, ETH/ Institut für Bauplanung und Baubetrieb Eigenverlag des IBB an der ETH Zürich: Zürich. p. 1 Band.
23. Deutscher Bundestag Enquete-Kommission, *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*. Zur Sache. 1998, Bonn: Deutscher Bundestag - Kommission Schutz des Menschen und der Umwelt 467 S.
24. DIN EN 15429-1, *Kehrmaschinen - Teil 1: Klassifizierung und Begriffe*, D.I.f. Normung, Editor 2008. p. 14.
25. SN 640720c, *Strassenunterhalt - Reinigung*, 1996, Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS): Zürich.
26. SN 640040b, *Projektierung - Grundlagen*, 1992, Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS): Zürich.
27. Baudirektion Kanton Zürich, *Richtlinien Winterdienst*, 2006, Tiefbauamt Zürich.
28. SN 640750b, *Winterdienst - Grundlagen*, 1989, Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS): Zürich.
29. SN 640761a, *Winterdienst - Schneeräumung*, 1994, Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS): Zürich.
30. Durth, W. and H. Hanke, *Handbuch Straßenwinterdienst*. 2004, Bonn: Kirschbaum Verlag GmbH. 380
31. SN 640756a, *Winterdienst - Dringlichkeitsstufen, Winterdienst-Standard, Routenplan, Routenverzeichnisse und Einsatzplan*, 1991, Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS): Zürich.
32. SN 640757a, *Winterdienst - Bewegliche Mittel*, 1993, Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS): Zürich.
33. Hofmann M., *Leitfaden Winterdienst für Bundes- und Landessstrassen*, in *ASTRAD-Symposium 2011*, TU WIEN, Institut für Verkehrswissenschaften: Wels (Österreich).
34. SN 640765a, *Winterdienst - Anforderungen an Schneepflüge*, 1998, Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS): Zürich.
35. SN 640760b, *Winterdienst - Schneecharakterisierung*, 1995, Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS): Zürich.
36. SN 640774a, *Winterdienst - Anforderung an Streugeräte*, 1991, Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS): Zürich.
37. Amt der Steiermärkischen Landesregierung, *Winterdienstleitfaden*, 2012, Amt der Steiermärkischen Landesregierung: Holding Graz Services, Graz (Österreich).
38. Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, *Strassenbetriebsdienst 2011 - Kolloquium*. 2011, Karlsruhe: Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen. 90
39. SN 640778a, *Winterdienst - Signalisation, bauliche Massnahmen*, 1997, Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS): Zürich.
40. Domschke, W. and A. Scholl, *Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre - Eine Einführung aus entscheidungsorientierter Sicht*. Dritte, verbesserte Auflage ed. Springer-Lehrbuch. 2005, Berlin: Springer-Verlag. Online-Datei.
41. Götze, U., *Investitionsrechnung Modelle und Analysen zur Beurteilung von Investitionsvorhaben*. 6., durchges. und aktualisierte Aufl. ed. Springer-Lehrbuch. 2008, Berlin: Springer. Online-Ressource.
42. Domschke, W., *Logistik: Transport Grundlagen, lineare Transport- und Umladeprobleme*. 5., überarb. Aufl. ed. Oldenbourgs Lehr- und Handbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften. 2007, München: Oldenbourg. 234 S.
43. Domschke, W., *Logistik*. 4., völlig überarb. und wesentlich erw. Aufl. ed. Oldenbourgs Lehr- und Handbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften. 1995, München: Oldenbourg.
44. Ulrich, H., *Gesammelte Schriften*, ed. Stiftung zur Förderung der Systemorientierten Managementlehre (St. Gallen). 2001, Bern: Haupt. Band 1-5.
45. Bleicher, K., *Konzept Integriertes Management*. Vierte, rev. und erw. Aufl. ed. St Galler Management-Konzept. 1996, Frankfurt/Main etc.: Campus-Verlag. 606 S.
46. Oefner, G. and A. Schmuck, *Grundlagen zur Entwicklung von Verhaltens- und Managementmodellen für den Strassenoberbau*. Informationen Verkehrsplanung und Strassenwesen. 1980, München-Neubiberg. 101 S.
47. Lindenmann Hans-Peter; et. al, *Erhaltungsmanagement der Strassenverkehrsanlagen MSE 99/00*. Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation,

- Bundesamt für Strassen. 2000, Bern: Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation. 70 f.
48. Emch & Berger Bern AG, *Management der Strassenerhaltung (MSE) für Strassennetze in Städten und Gemeinden - Erhaltungsplanung bei Infrastrukturanlagen*. Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, Bundesamt für Strassen. 2003, [Bern]: Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation. 39 p.
 49. Wichmann, M., *Strassenreinigung und Winterdienst in der kommunalen Praxis: Rechtsgrundlagen - Organisation - Aufgaben*. 4., überarb. und erw. Aufl ed. 2003, Berlin: Erich Schmidt. 528 S.
 50. Herzog, B.O., *Fuhrpark-Management*. 1997, Neuwied [etc.]: Luchterhand. XV, 228 S.
 51. Schnieder, E., *Verkehrsleittechnik Automatisierung des Strassen- und Schienenverkehrs*. VDI-Buch. 2007, Berlin: Springer. 505 S.
 52. Roos, R., et al., *Optimaler Fahrzeugeinsatz im Winterdienst auf Bundesautobahnen*. Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik. 1997, Bonn-Bad Godesberg: Bundesministerium für Verkehr. 162 p.
 53. Durth, W. and H. Hanke, *Handbuch Straßenwinterdienst*. 2004, Bonn: Kirschbaum. 380 S.
 54. Cypra, T., *Entwicklung einer Entscheidungsmethode für Massnahmen im Winterdienst auf hochbelasteten Bundesautobahnen*. Veröffentlichungen des Institutes für Strassen- und Eisenbahnwesen der Universität Karlsruhe (TH). 2007, Karlsruhe: ISE. 117 S.
 55. Stenbeck, T., *Budgeting Performance-Based Winter Maintenance: Snow Influence on Highway Maintenance Cost*. Journal of Infrastructure Systems, 2009. 15(3): p. 251-260.
 56. Bergstrom, A., *More effective winter maintenance method for cycleways*. Highway Maintenance Safety, Support and Services, 2003(1824): p. 115-122.
 57. Gass, S.I. and A.A. Assad, *Model world: Tales from the time line-the definition of OR and the origins of Monte Carlo simulation*. Interfaces, 2005. 35(5): p. 429-435.
 58. Domschke, W. and A. Drexl, *Einführung in Operations Research*. 7., überarb. Aufl ed. Springer-Lehrbuch. 2007, Berlin: Springer. 268 S.
 59. Dempe, S. and H. Schreier, *Operations research deterministische Modelle und Methoden*. Teubner Studienbücher Wirtschaftsmathematik. 2006, Wiesbaden: Teubner. 381 S.
 60. Dinkelbach, W. and U. Lorscheider, *Entscheidungsmodelle und lineare Programmierung : Übungsbuch zur Betriebswirtschaftslehre*. 2 ed. 1990, München Oldenbourg. IX, 287
 61. Fastrich, A., *Entwicklung, Bewertung und Optimierung von lebenszyklusorientierten Erhaltungsstrategien im Strassenunterhalt*, 2011, Eigenverlag des IBI an der ETH Zürich, IBI - Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement: Zürich. p. 1 Band.
 62. König, D., *Theorie der endlichen und unendlichen Graphen - kombinatorische Topologie der Streckenkomplexe*. Mathematik und ihre Anwendungen in Monographien und Lehrbüchern. 1936, Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft. XI, 258 S.
 63. Liebling, T.M., *Anwendung der Graphentheorie auf Planungs- und Tourenprobleme des städtischen Strassendienstes*, 1970, Springer: Berlin u.a. p. 116 S.
 64. Durth, W. and H. Hanke, *Optimierung der Einsatzplanung für den Strassenwinterdienst in Städten und Gemeinden*. Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik. 1989, Bonn-Bad Godesberg: Bundesminister für Verkehr. 72 S.
 65. Zhu, P., *Ein flexibles Verfahren zur Lösung kantenorientierter Tourenplanungsprobleme im Strassenbetriebsdienst*, 1989: Darmstadt. p. II, 102 S.
 66. Girmscheid, G., *NPV-Wirtschaftlichkeitsanalysemodell – Lebenszyklusbetrachtung von kommunalen Strassenunterhalts-PPPs*. Bauingenieur, 2006a. 81(10): p. 455-463.
 67. Girmscheid, G., *Risikobasiertes probabilistisches LC-NPV-Modell – Bewertung alternativer baulicher Lösungen*. Bauingenieur, 2006b. 81(9): p. 394-405.
 68. Girmscheid, G., *Entscheidungsmodell – Lebenszyklusorientierte Strategiebildung und Unterhaltsvarianten für Strassennetze*. Bauingenieur, 2007a. 82(7-8): p. 346-355.
 69. Girmscheid, G. and A. Fastrich, *Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen - Zusatzkosten infolge Vor- und Aufschub von Erhaltungsmaßnahmen*. Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, Bundesamt für Strassen. 2010, [Bern]: Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK. 204 S.
 70. Fastrich, A. and G. Girmscheid, *Optimierungsmodell – Probabilistische Optimierung der Strassenunterhaltsmaßnahmen mittels Markov-Ketten und Monte-Carlo-Simulation*. Bauingenieur, 2010. 85(11): p. 471-481.
 71. Girmscheid, G., *Bauhof- und Bauinventarmanagement als Schlüssel zur Ergebnis- und Liquiditätssteigerung*. 1999, Zürich: Institut für Bauplanung und Baubetrieb. 20 S.

72. Girmscheid, G., *Systemauswahl und Bereitstellungsvariante von Bauproduktionseinrichtungen – Entscheidungsmodell*. Bauingenieur, 2008a. 83(3): p. 136-146.
73. Girmscheid, G., *Systemauswahl und Bereitstellungsvariante von Bauproduktionseinrichtungen – Prognosemodell*. Bauingenieur, 2008b. 83(3): p. 127-135.
74. Porwollik, J., *Neuorganisation der Strassenmeistereien beim Landschaftsverband Westfalen-Lippe*. Konferenzbeitrag Strassenbetriebsdienstkolloquium 2005(FGSV): p. S. 11-16.
75. Höfeler, C., *Controlling und Privatsektorbeteiligung für den wirtschaftlichen Betrieb kommunaler Strassen - Anforderungen an Steuerungsmodelle*, 2011, Verlag der Bauhaus-Universität: Weimar. p. 271 S.
76. Steiner, R., *Interkommunale Zusammenarbeit und Gemeindezusammenschlüsse in der Schweiz Erklärungsansätze, Umsetzungsmöglichkeiten und Erfolgsaussichten*, 2002, Paul Haupt: Bern. p. 544 S.
77. Steiner, R., P. Reist, and Y. Rielle, *Gemeindebefragung 2005 - Zustand der Gemeinden des Kantons Zürich*. KPM-Schriftenreihe. 2006, Bern: KPM-Verl. 164 S.
78. Lummerstorfer, A.-J., *Interkommunale Zusammenarbeit eine Organisationsalternative mit grossen Potenzialen zur Effektivitäts- und Effizienzsteigerung*, 2006, Trauner Verlag: Linz. p. 255 S.
79. Zentes, J., *Kooperationen, Allianzen und Netzwerke Grundlagen - Ansätze - Perspektiven*. 2., überarb. und erw. Aufl. ed. 2005, Wiesbaden: Gabler. 1402 S.
80. Picot, A., H.M. Dietl, and E. Franck, *Organisation eine ökonomische Perspektive*. 5., aktualis. und überarb. Aufl. ed. 2008, Stuttgart: Schäffer-Poeschel. 471 S.
81. Thom, N. and A. Ritz, *Public Management innovative Konzepte zur Führung im öffentlichen Sektor*. 4., aktual. Aufl. ed. Uniscope. 2008, Wiesbaden: Gabler. 453 S.
82. Greskowiak, D., *Interkommunale Zusammenarbeit - ein Betrag zur Haushaltskonsolidierung am Beispiel eines Projektes der Städte Nürnberg-Fürth-Erlangen-Schwabach*. in: KGSt (Kommunale Gemeinschaftsstelle für Verwaltungsmanagement), 2004. Nr. 3/2004.
83. Bellers, J., *Interkommunale Zusammenarbeit*. Jahrbuch Nordrhein- Westfalen. 1997, Münster: Lit. 445 S.
84. Naschold, F., M. Oppen, and A. Wegener, *Kommunale Spitzeninnovationen : Konzepte, Umsetzung, Wirkungen in internationaler Perspektive*. Modernisierung des öffentlichen Sektors. 1998, Berlin: Ed. Sigma. 108 S.
85. Balling, R., *Kooperation: strategische Allianzen, Netzwerke, Joint Ventures und andere Organisationsformen zwischenbetrieblicher Zusammenarbeit in Theorie und Praxis*. 2., durchges. Aufl. ed. Europäische Hochschulschriften. Reihe 5, Volks- und Betriebswirtschaft. 1998, Frankfurt am Main Bern [etc.]: Lang. 206 S.
86. Thom, N. and A. Ritz, *Public Management innovative Konzepte zur Führung im öffentlichen Sektor*. 2000, Wiesbaden: Gabler. 387 S.
87. Proeller, I. and K. Schedler, *New Public Management*. 2., überarb. Aufl. ed. UTB für Wissenschaft. 2003, Bern: Haupt. 321 S.
88. Jost, P.-J. and D. Alewell, *Der Transaktionskostenansatz in der Betriebswirtschaftslehre*. 2001, Stuttgart: Schäffer-Poeschel. XVI, 526 S.
89. Rössl, D., *Gestaltung komplexer Austauschbeziehungen Analyse zwischenbetrieblicher Kooperation*, 1994, Gabler: Wiesbaden. p. XIX, 446 S.
90. Thom, N. and A. Ritz, *Public Management innovative Konzepte zur Führung im öffentlichen Sektor*. 2., aktual. Aufl. ed. 2004, Wiesbaden: Gabler. 387 S.
91. Grömig, E., *Die industrialisierte Kommunalverwaltung als Zukunftsperspektive, Standardisierung und Optimierungen bieten verbesserte Abläufe und Strukturen* in: Innovative Verwaltung 2004. 10: p. S. 11-14.
92. Dreyer, J. and G. Girmscheid, *Generisch-denklogisch-deduktive Prozessmodellgestaltung - PPP-Prozessmodell für den kommunalen Strassenunterhalt in der Schweiz*. Bauingenieur, 2009. 84(5): p. 195-207.
93. Girmscheid, G., *Projektabwicklung in der Bauwirtschaft - Wege zur Win-Win-Situation für Auftraggeber und Auftragnehmer*. 3., bearb. und erweiterte Aufl. ed. Vdi. 2010b, Berlin: Springer. 599 S.
94. Girmscheid, G., *Strategisches Bauunternehmensmanagement prozessorientiertes integriertes Management für Unternehmen in der Bauwirtschaft*. 2., bearb. und erw. Aufl. ed. Vdi. 2010, Heidelberg: Springer. 1131 S.
95. Lawrence, P.R. and J.W. Lorsch, *Organization and environment managing differentiation and integration*. 1967, Boston: Division of Research, Graduate School of Business Administration. 279 S.

96. Ladner, A. and R. Steiner, *Gemeindereformen im Kanton Zürich ein Überblick und Vergleich*. Arbeitsbericht / Institut für Organisation und Personal der Universität Bern. 2001, Bern: IOP. 77 Bl.
97. Arn, D. and U. Friederich, *Gemeindeverbindungen in der Agglomeration*. Bericht ... des NFP "Stadt und Verkehr". 1994, Zürich: Nationales Forschungsprogramm Stadt und Verkehr. XV, 128, [32] S.
98. Krebs, J., *Gestaltung von Synergien durch Kooperations- und Konzentrationsstrategien eine interdisziplinäre Analyse ihrer Rechtsprobleme*, 1996, Lang: Frankfurt am Main. p. XVII, 196 S.
99. Iff, A., *Interkantonale und interkommunale Zusammenarbeit: Defizite bezüglich parlamentarischer und direktdemokratischer Mitwirkung*. 2. Aufl. ed. KPM-Schriftenreihe, ed. Bern (Kanton) Grosser Rat Oberaufsichtskommission. 2011, Bern: KPM-Verlag. 281 S.
100. Reiss, M., *Change Management: Programme, Projekte und Prozesse*. USW-Schriften für Führungskräfte. 1997, Stuttgart: Schäffer-Poeschel. XI, 433 S.
101. Reiss, M., *Change Management Programme, Projekte und Prozesse*. USW-Schriften für Führungskräfte. 1997, Stuttgart: Schäffer-Poeschel. XI, 433 S.
102. Lebas/Euske in Neely, A.D., *Business performance measurement : theory and practice*. 2002: p. xiii, 366 p.
103. Lebas, M.J., *Performance measurement and performance management*. International Journal of production economics, 1995. 41: p. 23-35.
104. Wettstein, T., *Gesamtheitliches Performance Measurement - Vorgehensmodell und informationstechnische Ausgestaltung*, 2002, [s.n.]: Freiburg i. Ü. p. XXX, 338 S.
105. Gilles, R., *Performance Measurement mittels Data Envelopment Analysis - Theoretisches Grundkonzept und universitäre Forschungsperformance als Anwendungsfall*, 2005, Eul: Lohmar. p. XVI, 260 S.
106. Krause, O., *Performance Management - Eine Stakeholder-Nutzen-orientierte und Geschäftsprozess-basierte Methode*, 2006, Dt. Univ.-Verl.: Wiesbaden. p. Online-Datei.
107. European Foundation for Quality Management (Brussels), *EFQM-Modell für Excellence Version für Öffentliche Dienste und soziale Einrichtungen*. [2. überarb. Aufl.] ed. 2003, Brussels: EFQM. 37 S.
108. Klingenbiel N., *Performance Measurement-Systeme*. WISU, 1997. Heft 7: p. S. 655-662.
109. Neely, A.D., *Getting the measure of your business*. Strategy and performance. 2002, Cambridge ; New York: Cambridge University Press. vi, 143 p.
110. Roberts, L., *Gabler Wirtschaftslexikon*. 17., komplett aktual. und erw. Aufl. ed. Welt-Edition. 2010, Wiesbaden: Gabler. 8 Bde.
111. Berliner, C., *Cost management for today's advanced manufacturing the CAM-I conceptual design*. 1988, Boston, Massachusetts: Harvard Business School Press. XVI, 253 S.
112. Girmscheid, G., *Anforderungs-Engineering-Prozessmodell (AEP) – Anforderungsentwicklungsprozess und Zielerreichungs-Controlling – Teil 2*. Bauingenieur, 2010. 85(05): p. 204-209.
113. Krönert, N., *Anforderungs-Engineering im Bauwesen*, 2010, ETH: Zürich. p. 265 S.
114. Gladen, W., *Performance measurement - Controlling mit Kennzahlen*. 5., überarb. Aufl. ed. 2011, Wiesbaden: Gabler. Online-Ressource.
115. Hilgers, D., *Performance Management - Leistungserfassung und Leistungssteuerung in Unternehmen und öffentlichen Verwaltungen*, 2008, Gabler: Wiesbaden. p. 336 S.
116. Schedler, B., *Leistungsmessung in multinationalen Unternehmen*, 2005: Zürich. p. Online-Datei.
117. Arnold, D., *Berechnung von Leistungsdaten in der kommunalen betrieblichen Strassenreinigung am Beispiel der Stadt Zürich*, in *Master Projektarbeit (MSc.-PA)* 2012: ETH Zürich.
118. SN 640017a, *Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit - Grundnorm*, 1998, Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS): Zürich.
119. Kommunale Infrastruktur, *Sauberkeit im öffentlichen Raum*, 2010: Bern.
120. Girmscheid, G., *Bauproduktionstheorie – Strukturrahmen*. Bauingenieur, 2007. 82(9): p. 397-403.
121. Girmscheid, G., *Bauproduktionstheorie – Struktur des Bauproduktionsprozesses*. Bauingenieur, 2007. 82(9): p. 404-413.
122. Schweizerischer Baumeisterverband, *Kalkulationsschema SBV*. 2013, Zürich: Schweizerischer Baumeisterverband.
123. Girmscheid, G. and C. Motzko, *Kalkulation, Preisbildung und Controlling in der Bauwirtschaft - Produktionsprozessorientierte Kostenberechnung und Kostensteuerung*. 2. Aufl. ed. 2013, Berlin: Springer Vieweg. 521 S.
124. Girmscheid, G. and C. Motzko, *Kalkulation, Preisbildung und Controlling in der Bauwirtschaft*

- produktionsprozessorientierte Kostenberechnung und Kostensteuerung*. 2. Aufl. ed. 2013, Berlin: Springer Vieweg. 521 S.
125. Schweizerischer Baumeisterverband, *Inventar-Grunddaten (IGD)*. 2013, Zürich: Schweizerischer Baumeisterverband.
 126. Schweizerischer Baumeisterverband, *Betriebsinterne Verrechnungsansätze*, 2013, SBV: Zürich.
 127. Schweizerischer Baumeisterverband, *Landesmantelvertrag für das schweizerische Bauhauptgewerbe 2011*, Zürich: Schweizerischer Baumeisterverband 190 S.
 128. Berndt, R. and A. Cansier, *Produktion und Absatz*. 2. aktual. und erw. Aufl. ed. Springer-Lehrbuch. 2007, Berlin: Springer. Online-Datei.
 129. Sommerer, G., *Produktions- und Kostentheorie - Grundlagen der betriebswirtschaftlichen Produktions- und Kostentheorie*. Wissen kompakt. 2001, Sternenfels: Verlag Wissenschaft und Praxis. 128 S.
 130. Domschke, W. and A. Drexl, *Logistik: Standorte*. 4., überarb. und erw. Aufl. 1996, München: Oldenbourg. 288 S.
 131. Liebmann, H.-P., *Grundlagen betriebswirtschaftlicher Standortentscheidungen*, 1969, Höpfner: Berlin. p. 274 S.
 132. Vahrenkamp, R. and D.C. Mattfeld, *Logistiknetzwerke - Modelle für Standortwahl und Tourenplanung*. Online plus. 2007, Wiesbaden: Gabler. 337 S.
 133. Massmann, M., *Kapazitierte stochastisch-dynamische Facility-Location-Planung Modellierung und Lösung eines strategischen Standortentscheidungsproblems bei unsicherer Nachfrage*, 2006, Dt. Univ.-Verl.: Wiesbaden. p. Online-Datei.
 134. Arnold, D., et al., *Handbuch Logistik*. 3 ed. 2008, Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 1137
 135. Heinhold, M., *Investitionsrechnung Studienbuch*. 6., durchgesehene Aufl. ed. 1994, München etc.: Oldenbourg. X, 201 S.
 136. Thommen, J.-P., *Betriebswirtschaftslehre*. 8., vollständig überarb. Auflage ed. 2012, Zürich: Versus. 1101 S.
 137. Becker, H.P., *Investition und Finanzierung Grundlagen der betrieblichen Finanzwirtschaft*. 5., überarb. und erw. Aufl. ed. Lehrbuch. 2012, Wiesbaden: Gabler. 379 S.
 138. Perridon, L., M. Steiner, and W. Rathgeber Andreas, *Finanzwirtschaft der Unternehmung*. 16., überarb. und erw. Aufl. ed. 2012, München: Verlag Franz Vahlen. XX, 770 S.
 139. Kern, W., *Grundzüge der Investitionsrechnung*. Sammlung Poeschel. 1976, Stuttgart: Poeschel. 129 S.
 140. Bundesamt für Statistik, *Baupreisindex*. 2013(Bundesamt für Statistik Schweiz, Neuchatel,).
 141. Schweizerische Nationalbank, *Statistisches Monatsheft* 2013.
 142. Eiselt, H.A. and G. Laporte, *Location of a New Facility on a Linear Market in the Presence of Weights*. Asia-Pacific Journal of Operational Research, 1988. 5(2): p. 160-165.
 143. Arinze, B., *Decision Support Systems (Dss) Development using a Model of User Inquiry Types - Methodological Proposals and a Case-Study*. Systems Practice, 1992. 5(6): p. 629-650.
 144. Delfmann W., L.B., *Kostendegressionspotenziale in Logistiksystemen - Theoretische Aufarbeitung und Ableitung von Gestaltungsempfehlungen für Transport- und Lagersysteme*. 2004. Arbeitsbericht Nr. 105(Universität zu Köln).
 145. Klose, A. and A. Drexl, *Facility location models for distribution system design*. European Journal of Operational Research, 2005. 162(1): p. 4-29.
 146. Domschke, W., *Logistik: Rundreisen und Touren*. 2010: Oldenbourg Wissensch.Vlg.
 147. Wenger, W., *Multikriterielle Tourenplanung*, 2010, Gabler: Wiesbaden.
 148. Ohrt, C., *Tourenplanung im Straßengüterverkehr*, in *Gabler Edition Wissenschaft* 2008, Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler / GWV Fachverlage GmbH: Wiesbaden.
 149. Domschke, W. and A. Drexl, *Standorte*. 4., überarb. und erw. Aufl. ed. Logistik. 1996, München: Oldenbourg. 276 S.
 150. Domschke, W., *Rundreisen und Touren*. 4., völlig neu bearb. und erw. Aufl. ed. Logistik. 1997, München: Oldenbourg. 290 S.
 151. Rieck, J., *Tourenplanung mittelständischer Speditionsunternehmen Modelle und Methoden*, 2008, Betriebswirtschaftlicher Verlag Gabler: Wiesbaden. p. Online-Datei.
 152. Ziegler, H.-J. and G. Binder, *Computergestützte Transport- und Tourenplanung: Optimierung beim Fahrzeugeinsatz und bei der Gestaltung von Transportanlagen*. Kontakt & Studium. 1988, Ehningen bei Böblingen: expert etc. 171 p.
 153. Lin, C. and R. Kwok, *Multi-objective metaheuristics for a location-routing problem with multiple use of vehicles on real data and simulated data*. European Journal of Operational Research, 2006. 175(3): p. 1833-1849.

154. Tavakkoli-Moghaddam, R. and N.e.a. Javadian, *Design of a scatter search method for a novel multi-criteria group scheduling problem in a cellular manufacturing system*. Expert Systems with Applications, 2010. 37(3): p. 2661-2669.
155. Clarke, G. and J.W. Wright, *Scheduling of Vehicles from Central Depot to Number of Delivery Points*. Operations Research, 1964. 12(4): p. 568-&.
156. Girmscheid, G., *Entscheidungsmodell – Lebenszyklusorientierte Wirtschaftlichkeitsanalyse von Unterhaltsstrategien für Strassennetze*. Bauingenieur, 2007b. 82(7-8): p. 356-366.
157. Scheel, H., *Effizienzmasse der Data Envelopment Anlysis*. 2000, Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag. 184 S.
158. Dyckhoff, H., *Produktionstheorie - Grundzüge industrieller Produktionswirtschaft*. 5., überarb. Aufl. ed. Springer-Lehrbuch. 2006, Berlin: Springer. Online-Ressource.
159. Dyckhoff, H., *Produktionstheorie Grundzüge industrieller Produktionswirtschaft*. 5., überarb. Aufl. ed. Springer-Lehrbuch. 2006, Berlin: Springer. 387 S.
160. Dyckhoff, H., *Betriebliche Produktion theoretische Grundlagen einer umweltorientierten Produktionswirtschaft*. Zweite, verbesserte Aufl. ed. Springer-Lehrbuch. 1994, Berlin [etc.]: Springer. XVII, 379 S.
161. Gutenberg, E., *Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre*. Ed.var. ed. Enzyklopädie der Rechts- und Staatswissenschaft. Abteilung Staatswissenschaft. 1951, Berlin [etc.]: Springer. 3 Bände [in verschiedenen Aufl.].
162. Kleine, A., *DEA-Effizienz Entscheidungs- und produktionstheoretische Grundlagen der Data Envelopment Analysis*, 2002, Deutscher Universitäts-Verlag: Wiesbaden. p. 258 S.
163. Drucker, P.F., *Management tasks, responsibilities, practices*. 1974, London: Heinemann. 839 S.
164. Peters, M.L., *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*, 2008, Gabler: Wiesbaden. p. Online-Ressource.
165. Breyer, F., *Mikroökonomik eine Einführung*. Zweite, verb. Aufl. ed. Springer-Lehrbuch. 2005, Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 1 Band.
166. Kern, W., *Handwörterbuch der Produktionswirtschaft*. Enzyklopädie der Betriebswirtschaftslehre. 1979, Stuttgart: Poeschel. XXXII, 2446 Sp.
167. Pindyck, R.S. and D.L. Rubinfeld, *Mikroökonomie*. 7., aktualis. Aufl. ed. wi wirtschaft. 2009, München: Pearson Studium. Online-Ressource.
168. Ihde, G.B., *Größenersparnisse der Distribution*. 1976, Wiesbaden: Gabler. 67 S.
169. Penrose, E.T., *The theory of the growth of the firm*. 1959, New York: Wiley. VIII, 272 S.
170. Caves, D.W., L.R. Christensen, and M.W. Tretheway, *Economies of density versus economies of scale : why trunk and local service airline costs differ*. 1984.
171. Arnold, V., *Vorteile der Verbundproduktion*. 1985.
172. Knieps, G., *Wettbewerbsökonomie Regulierungstheorie, Industrieökonomie, Wettbewerbspolitik*. Springer-Lehrbuch. 2001, Berlin: Springer. 293 S.
173. Willig, R.D., *Multiproduct technology and market structure*. 1979.
174. Haasis, H.-D., *Produktions- und Logistikmanagement - Planung und Gestaltung von Wertschöpfungsprozessen*. Lehrbuch. 2008, Wiesbaden: Gabler. Online-Ressource.
175. Baumol, W., Spence, M. et al., *Contestable Markets and the Theory of Industry Structure* Journal of Economic Literature, 1983. 21(3): p. 981-990.
176. Frantzke, A., *Grundlagen der Volkswirtschaftslehre mikroökonomische Theorie und Aufgaben des Staates in der Marktwirtschaft*. 2., überarb. Aufl. ed. Praxisnahes Wirtschaftsstudium. 2004, Stuttgart: Schäffer-Poeschel. 480 S.
177. Panzar, J.C. and R.D. Willig, *Economies of Scope*. American Economic Review, 1981. 71(2): p. 268-272.

Teil B Empirische Untersuchung und Praxistest in den Gemeinden – WIFpartner AG

B-1 Ausgangslage

In der Schweiz werden seit Längerem neue Formen der Zusammenarbeit zwischen Gemeinden diskutiert und kommen vereinzelt schon zur Anwendung. Grundsätzlich ist zu erwarten, dass eine Zusammenlegung von Aufgaben im betrieblichen Strassenunterhalt verschiedene betriebliche und organisatorische Vorteile (Skalenerträge) bewirkt.

Das Forschungsvorhaben befasst sich mit einer Zusammenlegung von Aufgaben im Bereich des betrieblichen Strassenunterhalts, wobei sich Vorteile beispielsweise durch eine verbesserte Auslastung des Maschinenparks und des Personals, einen vermehrten Aufbau von Spezialwissen, eine Senkung der durchschnittlichen Betriebs- und Investitionskosten, die Einführung einer optimalen Führungsspanne etc. ergeben könnten. Wie diese Vorteile konkret umgesetzt werden können und welche Kosteneinsparungen damit möglich sind, ist jedoch weitgehend unbekannt.

Ziel des Forschungsprojekts ist es, für Eigentümer von Strassen im Siedlungsgebiet ein Konzept zu entwickeln, wie durch siedlungsübergreifende Zusammenarbeit die Effektivität und Effizienz im Strassenunterhalt verbessert werden können.

Als Input für die Modelle dient neben Literaturrecherchen, Geräteleistungswerten und verfahrenstechnischen Aspekten die Erfassung in der Praxis (empirische Datenerhebung). Hierzu werden die Organisation, der Leistungsumfang, die Leistungsqualität, die Arbeitsabläufe sowie die Kosten im betrieblichen Strassenunterhalt von sechs Gemeinden des Züricher Oberlands (plus Stadt Luzern und Gemeinde Littau im Praxistest) empirisch ermittelt und analysiert.

B-2 Empirische Datenerhebung

2.1 Ziel der empirische Datenerhebung

Ziel der empirischen Datenerhebung ist es, die von den Gemeinden im betrieblichen Strassenunterhalt erbrachten Leistungen je Leistungsbereich bezüglich Organisation, Umfang, Kosten sowie Mittel-, Geräte- und Personaleinsatz (Ganglinien) zu kennen. Aufgrund dieser Kenntnisse können Kennwerte für die Ist-Leistungen abgeleitet werden (z. B. Fr./m² für Leistung x).

Die empirische Datenerhebung und Analyse der Gemeinden soll schwerpunktmässig folgende Resultate liefern:

- Qualitative Leistungsbeschreibung (Kapitel 2.4.2):
 - Welche Leistungen werden im Rahmen des betrieblichen Unterhalts erbracht?
 - Wie werden diese Leistungen erbracht (Qualitäten, Priorisierung, Abläufe, Organisation etc.)?
- Jahresganglinien (Kapitel 2.4.3):
 - Wie fallen die verschiedenen Leistungen im Laufe des Jahres an (Kennwerte für Personalstunden und Maschineneinsätze)?
- Kosten (Kapitel 0):
 - Welche Kosten fallen im Laufe des Jahres für die einzelnen Leistungen an? Wie setzen sich diese Kosten zusammen (Gliederung nach Kostenarten)?

Die Ergebnisse der Datenerhebungen fliessen als Input in die zu entwickelnden Modelle zur Optimierung des betrieblichen Strassenunterhalts ein. Sie dienen zur Überprüfung und Verifizierung der Modelle; sie liefern einen Einblick in die Abläufe der Praxis, um diese im Modell realitätsnah abbilden zu können. Es ist nicht Ziel der Datenerhebung und damit dieses Berichtsteils, die zusammengestellten Daten der einzelnen Gemeinden zu bewerten.

2.2 Systemgliederung

Die theoretischen Grundlagen und die Systematik für den Aufbau der empirischen Datenerhebung erfolgt in Anlehnung an das Forschungsprojekt ASTRA 2003/007. Bereits in diesem Projekt wurde gezielt eine Systematik in Abstimmung mit FES²⁵ entwickelt, um in den einzelnen Datenerhebungen vergleichbare Daten in der Schweiz zu erarbeiten.

2.2.1 Strassenverkehrsanlage²⁶

Gemäss VSS-Normung²⁷ bildet die Strassenverkehrsanlage ein Gesamtsystem, das folgende Teilsysteme umfasst:

- Fahrbahnen und Wege (Oberbau-, Unterbau und Böschungen inkl. Entwässerungsanlagen, Parkierungsflächen)
- Kunstbauten (Brücken, Mauern, Tunnel)
- Technische Ausrüstungen (mechanische und elektrotechnische Anlagen)
- Werkleitungen (Strassen, Wasser, Gas, TV)
- Nebenanlagen und sonstige Objekte (in direktem Nutzungszusammenhang mit der Strassenverkehrsanlage, z. B. Parkierungsanlagen)

Damit die Besonderheiten der Strassenverkehrsanlagen im Innerortsbereich von Gemeinden und Städten Berücksichtigung finden, sind teilweise Abgrenzungen notwendig. In dieser Forschungsarbeit wurde die Strassenverkehrsanlage ohne die Werkleitungen definiert²⁸, weil diese in der Regel durch separate Leistungsträger bewirtschaftet werden (Elektrizität-, Wasser-, Gaswerk etc.).

2.2.2 Aufbauorganisation

Die Organisation des betrieblichen Strassenunterhaltes in Gemeinden und Städten gestaltet sich in der Regel wie in Abbildung 1 dargestellt.

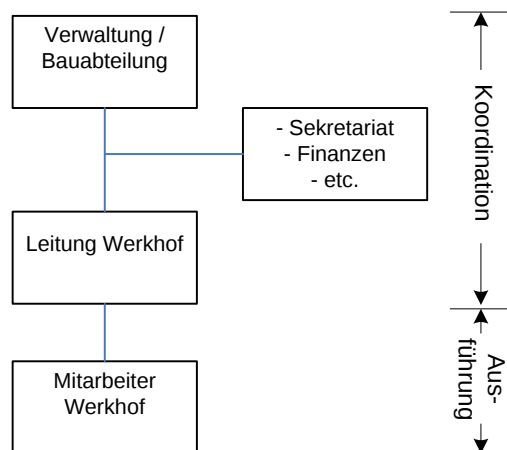


Abbildung 1: System Aufgabenbereich Strassenunterhalt und Kostenabgrenzung

²⁵ Kommunale Infrastruktur (2000), Empfehlung Leistungs- und Kosten-Controlling im Strassenunterhaltsdienst

²⁶ Vgl. Girmscheid et al. 2008

²⁷ SN 640 900a (Erhaltungsmanagement, Grundnorm. 2002)

²⁸ Vgl. Girmscheid et al. 2008, S. 121

Es können die folgenden Organisationsstufen unterschieden werden:

- Verwaltung (inkl. unterstützende Bereiche: Sekretariat, Finanzen etc.)
- Leitung Werkhof
- Operativ tätige Mitarbeiter

2.2.3 Leistungsbereiche und Kostenzuordnung

Für die einzelnen Leistungsbereiche des betrieblichen Strassenunterhalts (Koordination und Ausführung) wird den Datenerhebungen folgender Aufgabenumfang zu Grunde gelegt:

Bei der Erhebung der **Verwaltungskosten** werden ausschliesslich Kosten berücksichtigt, welche nicht in anderen Kostenstellen erfasst sind, wie z. B. Löhne oder sonstige Ausgaben (u.a. Büromaterial, Büroeinrichtungen sowie Fremdleistung für Beratungs-, Ingenieur- und EDV-Service). Ansätze für eine Abschreibung der Gebäudeinvestitionen oder eine Miete für die Verwaltungsgebäude sind aufgrund fehlender Angaben bei allen beteiligten Gemeinden **nicht** in den Verwaltungskosten erfasst.

Zu den Kosten des **Werkhofs** für den betrieblichen Strassenunterhalt zählen einerseits die Kosten, welche im Rahmen koordinativer Tätigkeiten anfallen, sowie andererseits weitere Tätigkeiten, die nicht den einzelnen operativen Leistungsbereichen zugeordnet werden können. Ansätze für eine Abschreibung der Gebäudeinvestitionen oder eine Miete für den Werkhof sind aufgrund fehlender Angaben bei allen beteiligten Gemeinden **nicht** in den Werkhofkosten erfasst. Die Werkhofkosten umfassen:

- Wartung von Fahrzeugen, Geräten und Inventar
- Organisation der Tätigkeiten
- Koordination von internen und externen Arbeiten
- Unterhalt des Werkhofgebäudes und anderen Lagerflächen

Der **Winterdienst** umfasst alle Tätigkeiten der Schneeräumung, zur Ausbringung der Taumittel sowie der dazugehörigen Vor- und Nachbereitungsarbeiten, wie:

- Pfaden, Schneeräumen
- Handräumung von Treppen und Fussgängerübergängen
- Ausbringung von Streumitteln (Trockensalz, Feuchtsalz, Sole)
- Glättebekämpfung
- Freilegen von Entwässerungsschächten

Die Kosten für die **Reinigung** enthalten die maschinellen und manuellen Reinigungstätigkeiten der Fahrbahnen und Kunstbauten soweit sie zum Strassenunterhalt zählen. In verschiedenen Gemeinden kommen bei der Reinigung auch Ausgaben für die Reinigung von Gewässern, Seeufern und Bachläufen dazu. Da diese stark individuell verschieden sind, werden sie in den Gesamtkosten der Reinigung nicht berücksichtigt. Die Reinigung umfasst die Tätigkeiten:

- Maschinelle Reinigung von Strassen, Plätzen, Trottoire und Kunstbauten
- Manuelle Reinigung von Strassen, Plätzen, Trottoire und Kunstbauten
- Reinigung Entwässerung (Schlammsammler, Rinnen), auch Kunstbauten
- Abfallbeseitigung (Leeren der öffentlichen Papierkörbe), exkl. Robidog

Der **kleine bauliche Unterhalt** erfasst alle Tätigkeiten für provisorische und definitive Reparaturen inkl. Sofortmassnahmen an Fahrbahnen, Wegen und Kunstbauten, soweit sie zum Strassenunterhalt gerechnet werden, welche örtlich begrenzt und nicht flächig sind. Der kleine bauliche Unterhalt umfasst Reparaturen, wobei diese als örtlich begrenzte Arbeiten definiert sind. Im Bereich der Fahrbahnen und Trottoire zählen hierzu:

- Örtliche Oberflächenverbesserung
- Örtliche Erneuerung Deckschicht
- Örtliche Belagserneuerung

- Örtliche Oberbauerneuerung (teilweise, vollständig)
- Risse auffräsen und vergiessen

Zu den Reparaturen im Bereich der Kunstbauten zählen:

- einzelne Belagsfugen ausbessern
- Lager prüfen und reinigen
- Kontrolle und Reinigen Fahrbahnübergänge
- Reinigen von Entwässerungsanlagen

Weiterhin:

- Reparaturen von Entwässerungsanlagen (Strassenkörper)

Die **Grünpflege** im Bereich des Strassenunterhalts umfasst Tätigkeiten des Gras- und Rasenschneidens, des Schneidens und Pflegens von Bepflanzungen und Bäumen, Schädlingsbekämpfung, Wässerung, Düngung von Grünflächen im Strassenraum und der angrenzenden öffentlichen Flächen. Bei Banketten wird in der Regel ein Streifen von bis zu einem Meter unterhalten. Die Grünpflege umfasst folgende Tätigkeiten:

- Mähen (Mittel-, Randstreifen, Seitenräume)
- Baumpflege
- Bepflanzung
- Unkraut- und Schädlingsbekämpfung, Düngung

2.2.4 Systematik der Kosten

Die Erfassung der Kosten erfolgt für die definierten operativen Leistungsbereiche (Reinigung, Winterdienst, kleiner baulicher Unterhalt, Grünpflege). Dabei wird zwischen indirekten und direkten Kosten unterschieden. Direkte Kosten können den einzelnen operativen Leistungsbereichen direkt zugeordnet werden, die indirekten Kosten können keiner Leistung direkt zugeordnet werden. Die „indirekten Kosten“ ergeben sich vor allem auf zwei Ebenen:

- Verwaltung
- Werkhof

Die „direkten Kosten“ fallen vorwiegend bei den operativen Tätigkeiten an:

- Winterdienst
- Reinigung
- Kleiner baulicher Unterhalt
- Grünpflege

Für jeden Leistungsbereich werden die Kosten getrennt in den vier Kostenarten erfasst. Diese sind:

- Personal
- Material
- Inventar/Geräte
- Fremdleistungen

2.3 Datenerhebung

2.3.1 Anspruch und Güte

Die vorgestellte Systemgliederung gewährleistet vergleichbare, aussagefähige und vollständige Auswertungen durch:

- die Definition des Kostensystems und der Tätigkeiten
- die Abgrenzung des Leistungsumfangs innerhalb der Tätigkeiten und
- die Auswertung der Kosten im Verhältnis zu Bezugsgrössen des Strassennetzes.

Um die den Gemeinden zugesicherte Anonymität in den nachfolgenden Auswertungen zu gewährleisten, werden insbesondere die Ergebnisse der Kosten als Mittewert mit Bandbreiten angegeben, Rückschlüsse auf die spezifische Kostenzusammensetzung in einer Gemeinde werden dadurch vermieden.

2.3.2 Beteiligte Gemeinden

Wir möchten uns an dieser Stelle bei den an den Umfragen beteiligten Gemeinden Meilen, Gossau, Rüti, Zumikon, Wetzikon und Zollikon bedanken. Mit grossem Einsatz wurden Informationen zusammengestellt und eine Vielzahl von Fragen beantwortet. Ohne diese Bereitschaft zur Unterstützung wäre die vorliegende detaillierte Datenerhebung nicht möglich gewesen.

Alle Gemeinden der Gemeindebefragung können im Vergleich zu den Schweizer Gemeinden als Gemeinden mittlerer Grösse bezeichnet werden.

2.3.3 Vorgehen

Die Datenerhebung bei den Gemeinden wurde von August 2010 bis März 2011 durchgeführten. Hierzu wurden allen beteiligten Gemeinden entsprechende Fragebögen (Beispiel Abbildung 2) über allgemeine Daten der Gemeinde, über die Verteilung der Mitarbeiter und Gerätestunden sowie Kostenerhebungsbögen zugestellt.

Zusätzlich wurden die Gemeinden mehrfach interviewt, um insbesondere die Abgrenzung der erbrachten Leistungen in den entsprechenden Bereichen des betrieblichen Strassenunterhalts zu gewährleisten. Für die Kostenermittlung erfolgte häufig eine detaillierte Analyse der einzelnen Konten der laufenden Rechnung der Gemeinde, so dass dieser Bereich der Kostenerhebungsbögen oft gemeinsam mit den Gemeinden ausgefüllt wurde.

Die Ergebnisse wurden den Gemeinden in einem separaten Bericht zugestellt, dieser Bericht enthält neben den quantitativen Angaben der Gemeinden zu Ganglinien und Kosten auch eine Zusammenstellung der qualitativen/organisatorischen Aspekte.

[illegible]

Abbildung 2: Beispiel eines Fragebogens

2.3.4 Untersuchungszeitraum

Alle Ganglinien und Kostenkennzahlen beziehen sich auf das Jahr 2009. Da infolge unterschiedlicher Witterungsverhältnisse Differenzen in den jährlichen Kosten für den Winterdienst auftreten, wurden für diese Tätigkeit die Kosten der letzten fünf Jahre erfasst und Mittelwerte gebildet. Zusätzlich wurden meteorologische Daten der Jahre 1999 bis 2010 ausgewertet, welche bestätigen, dass der Mittelwert der erfassten Eis-, Frost und Neuschneetage der betrachteten 5 Jahre (2005 bis 2009) dem langjährigen Mittel entspricht.

2.4 Auswertung und Resultate

2.4.1 Grundlagedaten

Die Grunddaten der beteiligten Gemeinden sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Übersicht teilnehmender Gemeinden

Gemeinde	Zumikon	Gossau	Rüthi	Zollikon	Meilen	Wetzikon
Einwohner 2010	5'089	9'513	11'934	12'033	12'227	22'081
Beschäftigte Sektor 1 (Landwirtschaft)	2	170	75	15	101	69
Beschäftigte Sektor 2 (Produzierendes Gewerbe)	185	945	1'248	345	1'348	3'415
Beschäftigte Sektor 3 (Dienstleistungssektor)	1'075	1'330	2'887	4'402	3'740	7'413
Summe Beschäftigte	1'262	2'445	4'210	4'762	5'189	10'897
Höhenlage [müNN]	555 - 750	500	482	408 - 630	450 - 680	532
Fläche [ha]	544	1'828	1'008	786	1'191	1'671
Siedlungsfläche [ha]	194	219	221	273	272	418
Bauzonen [ha]	173	214	264	286	316	510
Öffentlicher Verkehr	Busse, S-Bahn	Busse	Busse, S-Bahn	Busse, S-Bahn, Tram	Busse, S-Bahn	Busse, S-Bahn
Gemeindetypen (9) nach dem Zentren-Peripherie-Modell ¹⁾	Einkommensstarke Gemeinde	Periurbane Gemeinde	Suburbane Gemeinde	Einkommensstarke Gemeinde	Einkommensstarke Gemeinde	Zentrums-gemeinde
Angaben Strassennetz						
Gemeindestrassen Länge [km]	28.2	85.8	40.4	62.7	49.3	
Gemeindestrassen Fläche [m ²]	191'052	355'175	204'482	313'454	310'518	

¹⁾ Bundesamt für Statistik (http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/regionen/11/geo/raeumliche_typologien/01.html)

Die Gemeinde Wetzikon konnte aufgrund kurzfristig eingeschränkter personeller Ressourcen die Datenerhebung nicht abschliessen. Für diese Gemeinde liegen somit keine Daten vor.

2.4.2 Organisation des betrieblichen Strassenunterhalts

Zum Aufgabenumfang des Werkhofes einer Gemeinde gehören neben dem betrieblichen Strassenunterhalt eine Vielzahl unterschiedlicher Tätigkeitsbereiche, diese können von Gemeinde zu Gemeinde sehr unterschiedlich sein (z. B. Liegenschaftsunterhalt, Wasserversorgung, Unterhalt Friedhof etc.). Der Anteil des betrieblichen Strassenunterhaltes an den Gesamtaufgaben des Werkhofes lag in den untersuchten Gemeinden zwischen 46% und 65% (Tabelle 2).

Für die Vergabe von Leistungen an Dritte werden in den Gemeinden teilweise sehr unterschiedliche Strategien verfolgt; einige Gemeinden lagern nahezu den gesamten kleinen baulichen Unterhalt und/oder die Grünpflege aus, während andere Gemeinden alle Tätigkeiten in Eigenleistung erbringen, was zu unterschiedlich hohen Kosten für Externe/Dritte von 0.91 CHF/m² bis 2.08 CHF/m² führt.

Die Stellenprozente für den betrieblichen Strassenunterhalt schwanken zwischen 148% und 260% pro 100'000 m² Strassenfläche. Ähnlich hohe Schwankungen treten auch bei den Fahrzeugen bezogen auf die bewirtschaftete Strassenfläche (1.99 bis 4.76 Fahrzeuge pro 100'000 m² Strassenfläche) und dem Wiederbeschaffungswert des gesamten Werkhofinventars (2.97 bis 6.80 CHF/m² Strassenfläche) auf.

Tabelle 2: Übersicht Mitarbeiter und Inventar der Werkhöfe im Verhältnis zur bewirtschafteten Strassenfläche

	Gemeinde 1	Gemeinde 2	Gemeinde 3	Gemeinde 4	Gemeinde 5
Stellenprozente Verwaltung	10%	17%	30%	10%	15%
Stellenprozente Werkhof	850%	772%	770%	700%	1200%
Anteil betrieblicher Strassenunterhalt	53%	52%	65%	47%	46%
Stellenprozente betr. Strassenunterhalt	459%	418%	531%	340%	551%
Stellen%/100'000.00m ²	148%	119%	260%	178%	176%
Externe CHF/m ²	1.23	0.91	1.17	1.94	2.08
Anzahl Fahrzeuge	10	7	7	7	15
Gesamtwiederbeschaffungswert Inventar Werkhof	1'452'500	1'047'700	1'390'000	1'218'000	1'918'000
Gemeindestrassen [m ²]	310'518	352'268	204'482	191'052	313'454
Anzahl Fahrzeuge/100'000m ²	3.22	1.99	3.42	3.66	4.79
WBW Inventar Werkhof CHF/m ²	4.68	2.97	6.80	6.38	6.12

2.4.3 Ganglinien

Ganglinien der Mitarbeiter im Mittel

Als Ganglinien werden die monatlich anfallenden Arbeitsstunden je Tätigkeitsbereich (Werkhof, Reinigung, Winterdienst, kleiner baulicher Unterhalt, Grünpflege) ausgewiesen.

In Abbildung 3 ist die Ganglinie für die Arbeitszeit der Mitarbeiter der Werkhöfe gemittelt für die fünf Gemeinden in Bezug zur bewirtschafteten Fläche dargestellt. Weiterhin ist die mittlere Kapazität der Mitarbeiter für den Bereich betrieblicher Unterhalt und die Kapazität der gesamten möglichen Arbeitsleistung der Mitarbeiter dargestellt, dabei wurde von einer Jahresarbeitszeit von 2100 Stunden ausgegangen, abzüglich Ferien und Krankheit.

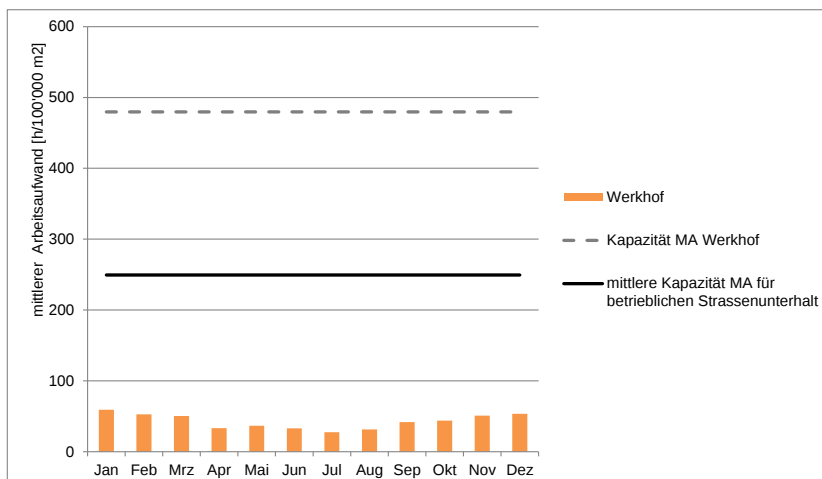


Abbildung 3: Ganglinie mittlerer Arbeitsaufwand der Mitarbeiter im Bereich Werkhof

Die Arbeiten im Tätigkeitsbereich Werkhof unterliegen jahreszeitlichen Schwankungen, so liegt der durchschnittliche Aufwand in den Sommermonaten bei 33 h / 100'000 m², während er in den Wintermonaten bei 55 h / 100'000 m² liegt.

Im Mittel entfallen in den untersuchten Gemeinden 16% der Tätigkeiten (Tabelle 3) im betrieblichen Strassenunterhalt auf diese Tätigkeit.

In Abbildung 4 ist die Ganglinie der Mittelwerte der fünf Gemeinden dargestellt. Durchschnittlich fallen 19% der Tätigkeiten (Tabelle 3) im Winterdienst an. Diese Arbeiten erzeugen im Jahresverlauf die grössten Spitzen (123 h / 100'000 m² im Dezember, 151 h / 100'000 m² im Januar und 203 h / 100'000 m² im Februar) und sind nicht planbar. Für die Organisation des Werkhofes ist die Gewährleistung des Winterdienstes daher eine Schlüsselfunktion, da für die Winterdiensteinsätze stets ausreichend personelle und maschinelle Kapazitäten zu gewährleisten sind.

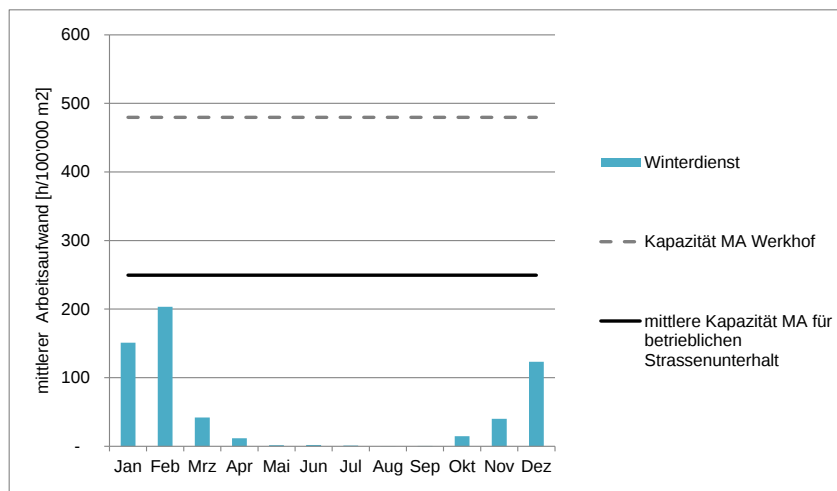


Abbildung 4: Ganglinie mittlerer Arbeitsaufwand der Mitarbeiter im Bereich Winterdienst

Bei diesen Angaben handelt es sich um Monatsmittelwerte, bei einer Gemeinde konnte aus dem Rapportierungssystem die tägliche Verteilung der Stunden ermittelt werden (Abbildung 5). Deutlich zu erkennen sind die Spitzen in den Wintermonaten, die nicht nur die Kapazität der Mitarbeiter für den betrieblichen Strassenunterhalt übersteigt, sondern auch die Kapazität aller Mitarbeiter des Werkhofes.

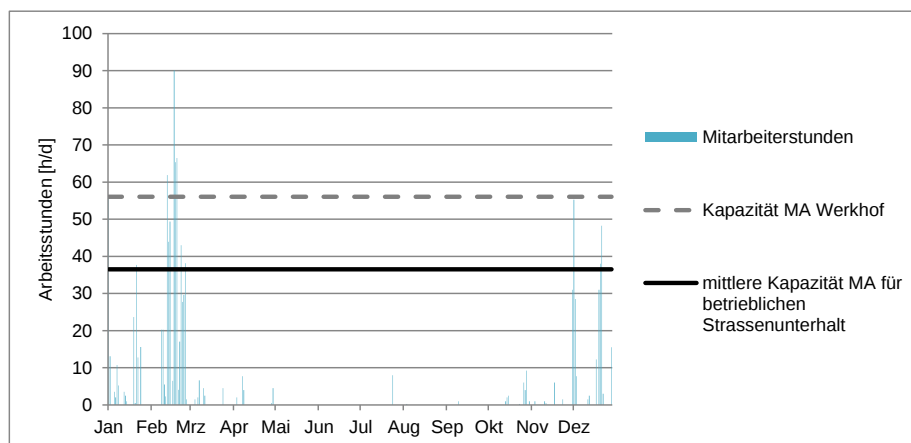


Abbildung 5: Ganglinie täglicher Arbeitsaufwand der Mitarbeiter einer Beispielgemeinde im Winterdienst

Die Ganglinie der Reinigungstätigkeiten der Mitarbeiter (Abbildung 6) ist über das Jahr relativ ausgeglichen, in den wärmeren Monaten fallen tendenziell mehr Reinigungsarbeiten an als im Winter. Spitzen sind im Frühling (102 Stunden/100'000 m² im Monat März durch die Reinigung der Strassen nach dem Winterdienst) und im Spätherbst (142 Stunden/100'000 m² im Monat November nach Ablauben der Bäume) zu erkennen. Mit durchschnittlich 35% (1080 h / 100'000 m² pro Jahr, Tabelle 3) ist die Reinigung die personalintensivste Tätigkeit des betrieblichen Strassenunterhaltes in den untersuchten Gemeinden.

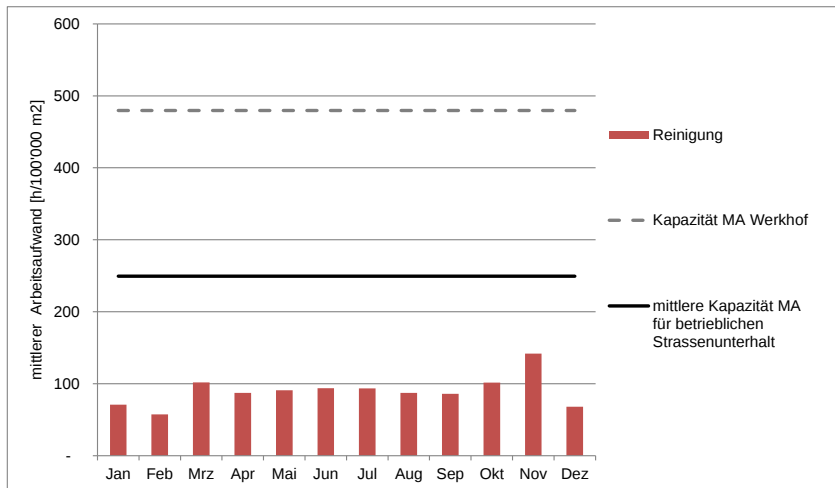


Abbildung 6: Ganglinie mittlerer Arbeitsaufwand der Mitarbeiter im Bereich Reinigung

Die Arbeiten der Grünpflege (Abbildung 7) und des kleinen baulichen Unterhaltes (Abbildung 8) fallen gleichmässig verteilt übers Jahr mit leicht erhöhtem Aufwand von Mai bis November an.

So liegt der mittlere Aufwand für den kleinen baulichen Unterhalt in den Wintermonaten bei ca. 30 h / 100'000 m² und in der Grünpflege bei 17 h / 100'000 m². In den wärmeren Monaten (Mai bis November) wird deutlich mehr Zeit für den kleinen baulichen Unterhalt (im Mittel 60 h / 100'000 m²) und in der Grünpflege 34 h / 100'000 m² aufgewendet.

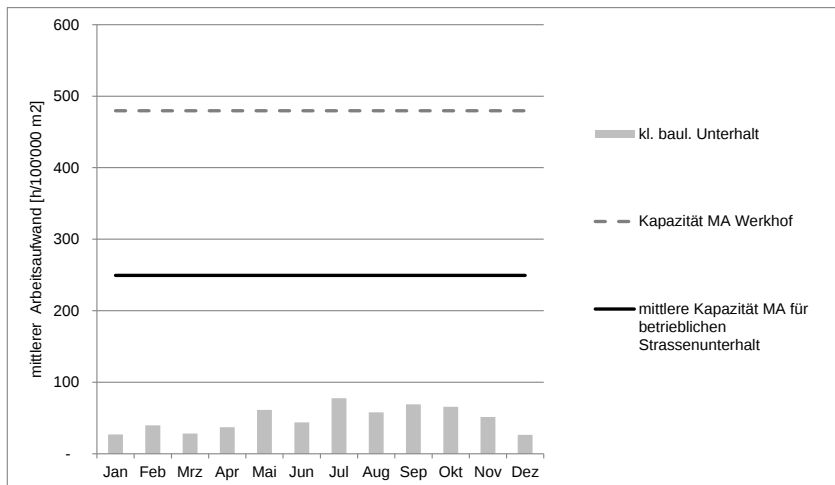


Abbildung 7: Ganglinie mittlerer Arbeitsaufwand der Mitarbeiter im Bereich kleiner baulicher Unterhalt

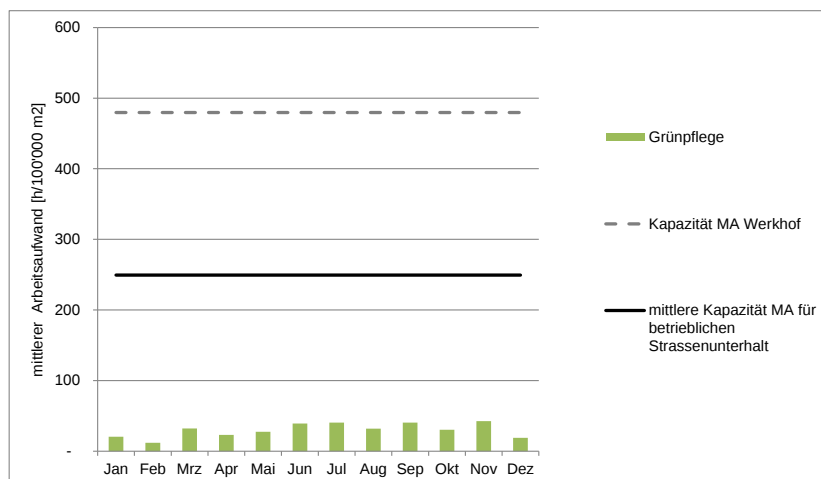


Abbildung 8: Ganglinie mittlerer Arbeitsaufwand der Mitarbeiter im Bereich Grünpflege

In Abbildung 9 werden die Tätigkeiten der Mitarbeiter im betrieblichen Strassenunterhalt untergliedert nach den einzelnen Tätigkeiten dargestellt.

Die starken Schwankungen im Winterdienst können durch den höheren Aufwand in der Reinigung, im kleinen baulichen Unterhalt und in der Grünpflege in den wärmeren Monaten etwas ausgeglichen werden (Winter: 330 h / 100'000 m²; Sommer: 230 h / 100'000 m²). Dennoch wird in den Wintermonaten die Arbeitsleistung der Mitarbeiter in diesem Bereich überschritten. Teilweise kann dies durch eine Kompensation von Überstunden und durch das Einbeziehen von Arbeitskräften aus anderen Bereichen kompensiert werden. Die Organisation dieser jahreszeitlichen Aufwandsschwankung ist für viele Gemeinden eine grosse Herausforderung.

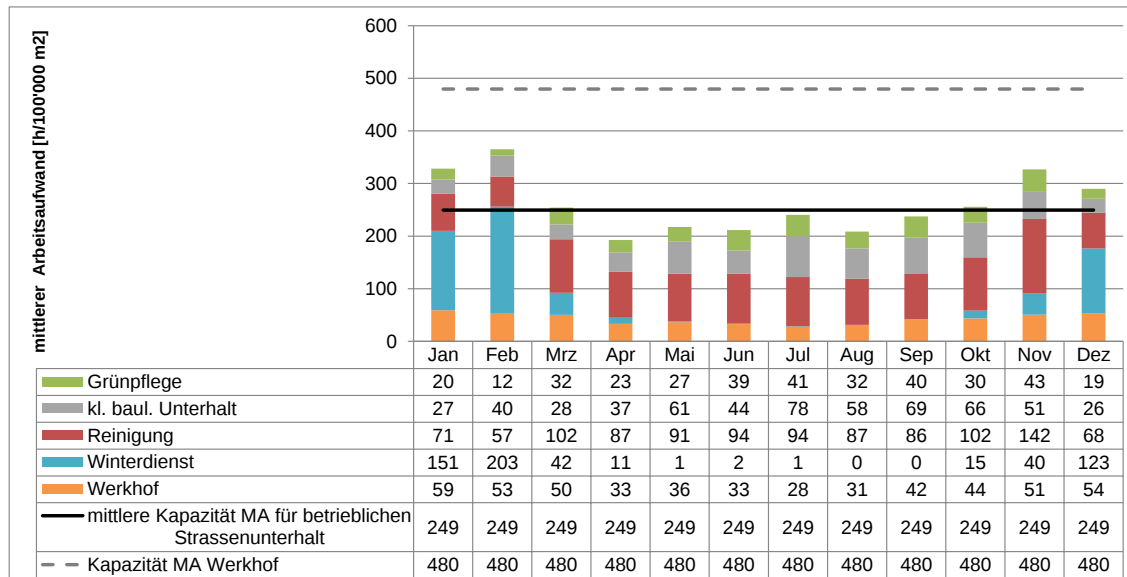


Abbildung 9: mittlere monatliche Verteilung der Mitarbeiterstunden im betrieblichen Strassenunterhalt

Streuung der Ganglinien der Mitarbeiter

Die berechneten Jahressummen des monatlichen Aufwandes pro 100'000 m² nach Tätigkeiten weisen eine hohe Streuung (Tabelle 3) innerhalb der fünf Gemeinden auf. So lag der grösste Personaleinsatz für den Winterdienst bei 975 h / 100'000 m², der niedrigste bei 289 h / 100'000 m². Das daraus resultierende Verhältnis von Maximal zu Minimalwert liegt bei 3 und ergibt den niedrigsten Wert innerhalb der betrachteten Tätigkeitsbereiche, d.h. hier war der Unterschied zwischen minimalem und maximalem Personaleinsatz in den einzelnen

Gemeinden im gesamten Jahr am geringsten.

In den Tätigkeiten kleiner baulicher Unterhalt und Grünpflege sind diese Unterschiede besonders gross. So wurde in der Gemeinde mit dem grössten Aufwand pro 100'000 m² Strassenfläche ca. 10mal mehr Zeit für den kleinen baulichen Unterhalt benötigt als in der mit dem geringsten Aufwand (Tabelle 3), für die Grünpflege betrug dieses Verhältnis sogar 15.

Ursachen hierfür sind:

- Unterschiedliche Qualität der Ausführung (z. B. höhere Reinigungshäufigkeiten, häufigerer Winterdienst, intensive Grünpflege)
- Verschiebung zwischen externen Leistungserbringern und Eigenleistung (z. B. hoher Anteil an Externen im Winterdienst, Vergabe der Grünflächenbewirtschaftung, Unterhalt Fahrzeuge erfolgt hauptsächlich durch eigenen Mechaniker)

Tabelle 3: Mittelwert und Bandbreite für den jährlichen Mitarbeitereinsatzes bezogen auf die bewirtschaftete Strassenfläche

Bereich:	Mittelwert Jahressumme		Bandbreite [h/100'000m ²]		Verhältnis Max/Min
	[h/100'000m ²]	[%]	Min	Max	
Werkhof	514	16%	246	1'108	5
Winterdienst	590	19%	289	975	3
Reinigung	1'080	35%	308	1'917	6
kl. baul. Unterhalt	585	19%	105	1'039	10
Grünpflege	359	11%	52	793	15
Gesamt	3'127	100%			

Ganglinien der Fahrzeuge im Mittel

Für alle untersuchten Gemeinden konnte die monatliche Verteilung der anfallenden Fahrzeugstunden bestimmt werden. In Abbildung 10 sind die Fahrzeugstunden in Bezug zur bewirtschafteten Fläche für die einzelnen Tätigkeiten im Bereich betrieblicher Unterhalt dargestellt. Diese Fahrzeugstunden sind reine Betriebsstunden, welche den Aufzeichnungen entnommen sind; Angaben zu Standzeiten sind aufgrund fehlender Kenntnis nicht berücksichtigt. In der Auswertung ist ersichtlich, dass die monatlichen Betriebsstunden der Fahrzeuge annähernd parallel zu den Mitarbeiterstunden verlaufen:

- Werkhof: geringe Schwankungen mit 2–3 h / 100'000 m²
- Winterdienst: im Jahresverlauf die grössten Spitzen (75 Stunden im Dezember, 90 im Januar und 128 im Februar pro 100'000 m²)
- Reinigung: erhöhter Aufwand in den wärmeren Monaten (im Mittel mit 33 h / 100'000 m², im Winter 19 h / 100'000 m²), Spitzen im Frühling mit 37 h / 100'000 m² im Monat März und im Spätherbst mit 44 h / 100'000 m² im Monat November
- Grünpflege: erhöhter Aufwand in den wärmeren Monaten (im Mittel mit 5-6 h / 100'000 m², im Winter 2 h / 100'000 m²)
- kleinen baulicher Unterhalt: leicht erhöhter Aufwand von Mai bis Oktober (im Mittel mit 13 h / 100'000 m², im Winter 5 h / 100'000 m²)

Zu beachten ist, dass das Verhältnis der Maschinen- bzw. Fahrzeugstunden zu den Mitarbeiterstunden je nach Bereich sehr unterschiedlich ist und zwischen 5% im Tätigkeitsbereich Werkhof und 60% im Winterdienst (Tabelle 4) schwankt. Durch diesen erhöhten Maschineneinsatz im Winterdienst entstehen deutliche jahreszeitliche Schwankungen im Maschineneinsatz (Abbildung 10), die bedingt durch den geringeren Anteil an Maschinenstunden an den Mitarbeiterstunden im kleinen baulichen Unterhalt und der Grünpflege wenig ausgeglichen werden können. Dadurch resultiert ein deutlich höherer Maschineneinsatz in den Wintermonaten von 127 h / 100'000 m² im Vergleich zu 55 h / 100'000 m² in den wärmeren Monaten.

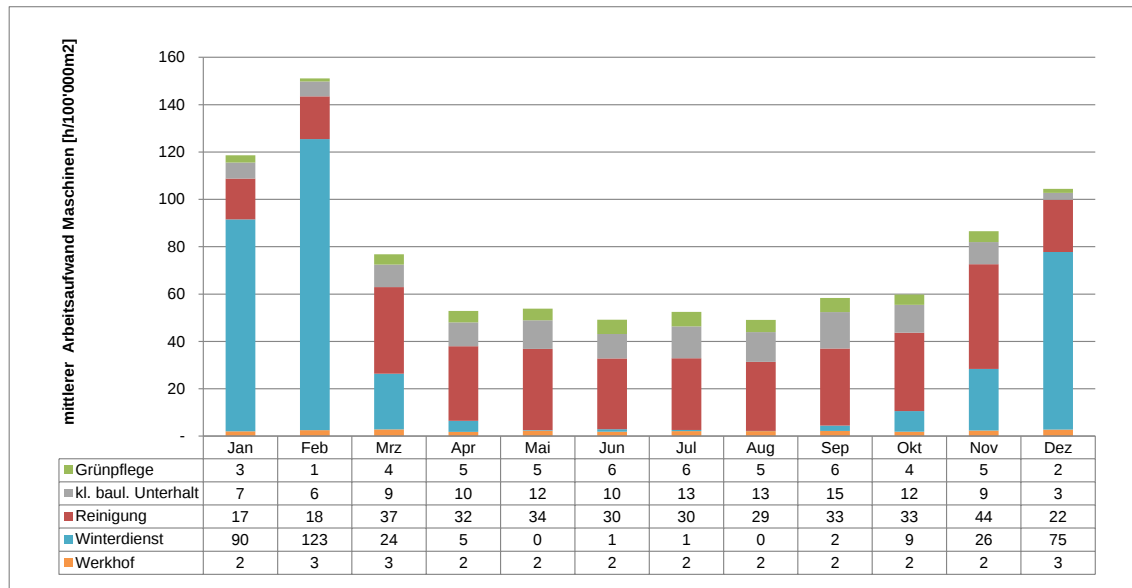


Abbildung 10: Monatliche Verteilung der Maschinenstunden im betrieblichen Strassenunterhalt

Streuung der Ganglinien der Fahrzeuge

Wie bei den Mitarbeiterganglinien weisen auch die Maschinenstunden eine hohe Streuung auf. Das Verhältnis von Maximal- zu Minimalwert liegt im Winterdienst und der Reinigung bei 3 und ist hier am niedrigsten, in der Grünpflege beträgt dieses Verhältnis 20 und im kleinen baulichen Unterhalt 32.

Tabelle 4: Mittelwert und Bandbreite des jährlichen Fahrzeugeinsatzes und Anteil Maschinenstunden an Mitarbeiterstunden je Bereich

Bereich:	Mittelwert Jahressumme [h/100'000m ²]	Bandbreite von	bis	Verhältnis Max/Min	mittlerer Anteil Maschinenstunden an Mitarbeiter- stunden
Werkhof	27	4	66	17	5%
Winterdienst	355	191	585	3	60%
Reinigung	359	180	480	3	33%
kl. baul. Unterhalt	121	10	322	32	21%
Grünpflege	52	5	106	20	15%
Gesamt	913				

Weiterhin wird in der Auswertung deutlich, dass der Winterdienst die maschinenintensivste Tätigkeit im betrieblichen Unterhalt ist. Der Anteil der Maschinenstunden an den Mitarbeiterstunden beträgt hier 60%, danach folgen die Reinigung mit 33% sowie der kleine bauliche Unterhalt mit 21% und die Grünpflege mit 15%.

Detailauswertung Wischmaschine

Alle Gemeinden besitzen mindestens eine Wischmaschine für die Reinigung der Strassen und Gehwege. In keiner der untersuchten Gemeinden wurde eine Auslastung der Maschinen (Abbildung 11) von 120 h/Monat erreicht (dies würde einer Vollauslastung im Einschichtbetrieb entsprechen).

Im Jahresmittel wurden Auslastungen bezogen auf den Einschichtbetrieb der Fahrzeuge von 33% bis 65% erreicht.

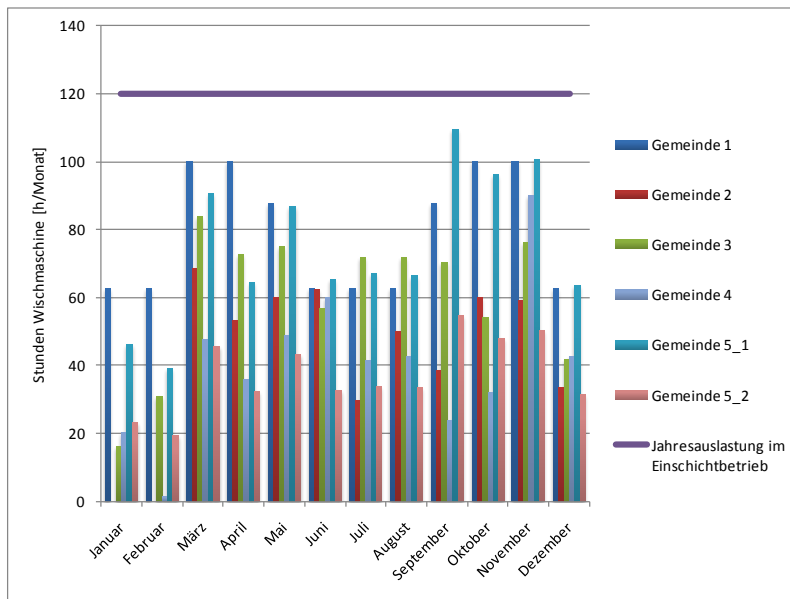


Abbildung 11: Ganglinien der Wischmaschinen

Fazit Analyse Ganglinien

Allgemeine Werkhofarbeiten

Arbeiten im Bereich Werkhof fallen über das ganze Jahr verteilt an, mit erhöhtem Arbeitsaufwand in den Wintermonaten. Das Verhältnis der Maschinenstunden zu den Mitarbeiterstunden ist mit 1:20 (5%) im Mittel sehr niedrig.

Winterdienst

Der Winterdienst verursacht grosse Spitzen in der Leistungserbringung im Jahresverlauf, welche nicht vorhersehbar sind und kurzfristig einen so hohen Personal- und Maschineneinsatz erfordern, dass dieser die gesamte Kapazität/Leistung der Mitarbeiter absorbieren kann. In den Wintermonaten liegt der Personalbedarf für den betrieblichen Strassenunterhalt je nach Witterungsbedingungen tage-, wochen- oder sogar monatelang über der vorhandenen Kapazität der Mitarbeiter im Bereich betrieblicher Strassenunterhalt. Diese Spitzen können durch Gleitzeitregelungen und durch jahreszeitliche Verschiebungen aus anderen Aufgabenbereichen des Werkhofes kompensiert werden. Im Durchschnitt beträgt im Winterdienst der Anteil der Maschinenstunden an den Mitarbeiterstunden ca. 60%, damit ist der Winterdienst die maschinenintensivste Tätigkeit im betrieblichen Strassenunterhalt.

Reinigung

Die Verteilung der Reinigungsarbeiten ist über das Jahr sehr ausgeglichen mit einem leicht erhöhten Aufwand in den Sommermonaten. In den untersuchten Gemeinden schwanken die Reinigungshäufigkeiten der maschinellen Reinigung zwischen durchschnittlich 1.75-mal pro Monat bis einmal alle 2 Monate. Daraus resultiert zwangsläufig ein unterschiedlich grosser Arbeitsaufwand. Die Reinigung ist im Mittel die personalintensivste Tätigkeit im betrieblichen Strassenunterhalt.

Kleiner baulicher Unterhalt & Grünpflege

Die Arbeiten des kleinen baulichen Unterhaltes und der Grünpflege fallen gleichmässig über das ganze Jahr an, mit leicht erhöhtem Aufwand von Juni bis November. In diesen beiden Bereichen waren die Unterschiede in der Vergabe an Dritte besonders gross. Die Fremdvergabe reicht von einer vollumfänglichen Auslagerung bis hin zu 100% Eigenleistung durch interne Mitarbeiter. Dies führt zu einer grossen Bandbreite der ermittelten Ganglinien für die untersuchten Gemeinden.

2.4.4 Kosten

Kostenanalyse nach Tätigkeiten

In Tabelle 5, Tabelle 6 und Tabelle 7 sind die Ergebnisse der Kostenerhebung dargestellt und werden mit den um die Teuerung korrigierten Ergebnissen aus der Datenerhebung 2003²⁹ verglichen. Als Vergleichswerte wurden nur die Informationen aus der Datenerhebung 2003 berücksichtigt, die sich auf Gemeinden mit der gleichen Grösse beziehen.

Die untersuchten Gemeinden weisen im Mittel ein Verhältnis der Strassenfläche zur Einwohneranzahl von 29 auf. Die Bandbreite schwankt von 17 bis 38 m²/Einwohner. Es existieren eine Vielzahl von Faktoren, die dieses Verhältnis beeinflussen, z. B. Bevölkerungsdichte, Zersiedelungsgrad der Gemeinde, städtischer Charakter. Weitläufige, weniger dicht besiedelte Gemeinden weisen in der Regel ein höheres Verhältnis der Strassenfläche zur Einwohnerzahl auf als kompakte, dichte Gemeinden.

Die Verwaltungskosten liegen bei 0.06 bis 0.28 CHF/m² und entsprechen ca. 3% der Gesamtkosten (Abbildung 14) in diesem Bereich. Die Werkhofkosten betragen im Mittel 0.47 CHF/m² (0.18 bis 0.98 CHF/m²) und entsprechen 10% der Gesamtkosten (Abbildung 14).

In der Summe betragen die indirekten Kosten der Verwaltung und des Werkhofes weniger als 20% der Gesamtkosten (Abbildung 14).

Tabelle 5: Mittlere Verwaltungs- und Werkhofkosten und Bandbreite der untersuchten Gemeinden, Vergleich mit Datenerhebung 2003

	Mittelwert 2009	Bandbreite 2009		Vergleich 2003 (inkl. Teuerung)
		von	bis	
Allgemeine Daten				
EWZ	10'159	5089	12227 EW	8'550 EW
Gemeindestrassennetz Länge (gesamt)	50.8	28.16	73.40 km	36.77 km
Gemeindestrassennetz Fläche (gesamt)	274'355	191052	352268 m ²	309'854 m ²
Verhältnis m ² /EW	29	17	38 m ² /EW	36.49 m ² /EW
Verwaltung				
Anzahl Verwaltungsstellen im Strassenunterhalt	16%	10%	30% Stellen%	33% Stellen%
Gesamtkosten Verwaltung Strassenunterhalt	43'286	17399	66354 CHF	37'200 CHF
Verwaltungskosten pro m ²	0.16	0.06	0.28 CHF / m ²	0.13 CHF / m ²
Verwaltungskosten pro Einwohner	4.3	1.5	7.0 CHF / EW	4.21 CHF / EW
Werkhof				
Anzahl Stellen Werkhof	858%	700%	1200% Stellen%	Stellen%
Anteil betrieblicher Strassenunterhalt	53%	46%	65%	
Werkhofkosten gesamt	117'692	56951	199866 CHF	87'122 CHF
Werkhofkosten pro m ² Strasse	0.47	0.18	0.98 CHF / m ²	0.27 CHF / m ²
Werkhofkosten pro Einwohner	12.2	4.7	16.7 CHF / EW	10.42 CHF / EW

Der Winterdienst (Tabelle 6, Abbildung 13) stellt in den untersuchten Gemeinden mit 1.46 CHF/m² die grösste Kostenposition (31%) dar (Bandbreiten von 1.07 bis 2.10 CHF/m²).

Im Vergleich zur Untersuchung aus dem Forschungsprojekt ASTRA 2003/007 „Kommunales Strassennetz in der Schweiz: Formen neuer Public Private Partnership (PPP) – Kooperationen für den Unterhalt.“ wurden hier im Mittel deutlich höherer Kosten ermittelt (+0.89 CHF/m²).

Mögliche Ursachen liegen bspw. in:

- der konsequenten Umlegung der Abschreibungskosten der relativ teuren Anbaugeräte für Fahrzeuge auf die Gerätekosten im Winterdienst (diese wurden im Projekt ASTRA 2003/007 nicht berücksichtigt)
- der topographischen Lage der beteiligten Gemeinden
- unterschiedlichen Qualitätsansprüchen

²⁹ Forschungsprojekt ASTRA 2003/007

Die in dem vorliegenden Projekt untersuchten Gemeinden sind in ihrer Lage und Topographie miteinander gut vergleichbar. Unterschiede bestehen in der Priorisierung der Strassen und der Reinigungshäufigkeiten, was sich wiederum auf die Anzahl der erforderlichen Fahrzeuge und Einsatzkräfte auswirkt. Bei den Gemeinden besteht eine grosse Unsicherheit über die erforderliche Qualität des Winterdienstes, den die Gemeinde als Eigentümer im Rahmen der Werkeigentümerhaftung von Strassen sicherstellen muss.

Tabelle 6: Mittlere Winterdienst- und Reinigungskosten und Bandbreite der untersuchten Gemeinden, Vergleich mit Datenerhebung 2003

	Mittelwert 2009	Bandbreite 2009		Vergleich 2003 (inkl. Teuerung)
Winterdienst				
Winterdienst	388'312	251'764	513'588 CHF	171'276 CHF
Eigenleistung	269'055	171'478	377'768 CHF	122'541 CHF
Fremdleistung	119'257	80'286	144'324 CHF	48'734 CHF
Winterdienstkosten je m ²	1.46	1.07	2.10 CHF / m ²	0.57 CHF / m ²
Winterdienstkosten je EW	43.3	21.1	78.8 CHF / EW	19.74 CHF / EW
Reinigung				
Reinigung (gesamt)	261'338	166'442	422'850 CHF	401'663 CHF
Eigenleistung	241'643	120'983	422'850 CHF	345'884 CHF
Fremdleistung	19'696	-	45'459 CHF	55'779 CHF
Reinigungskosten gesamt je m ²	0.98	0.47	1.35 CHF / m ²	1.32 CHF / m ²
Reinigungskosten gesamt je EW	27.2	17.2	41.3 CHF / EW	46.82 CHF / EW
Häufigkeit der maschinellen Reinigung	1.74	0.50	4.00 pro Monat	

Die Reinigungskosten in den untersuchten Gemeinden waren etwas günstiger als in der Untersuchung aus dem Jahr 2003 und betragen im Mittel 0.98 CHF/m² (von 0.47 bis 1.35 CHF/m²).

Abbildung 12 zeigt die Entwicklung der Reinigungskosten mit zunehmender Reinigungshäufigkeit (maschinelle Reinigung). Je öfter die Strassen gereinigt werden, desto höher sind die Kosten der Reinigung. So betragen bei einer Häufigkeit der maschinellen Reinigung von 4 mal pro Monat die Kosten 1.35 CHF/m² und sind damit 3mal höher als bei einer Reinigungshäufigkeit von einmal alle zwei Monate (0.47 CHF/m²).

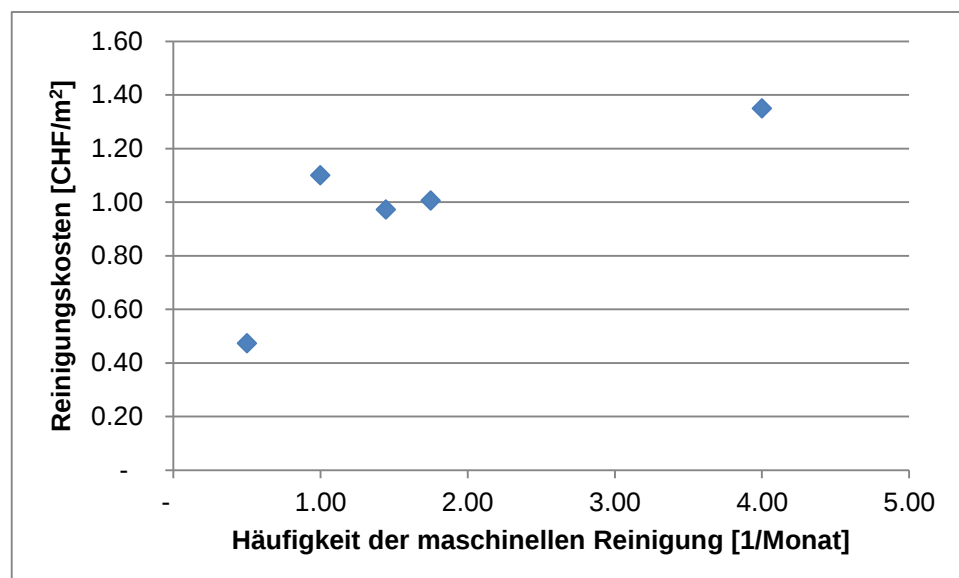


Abbildung 12: Reinigungskosten [CHF/m²] in Abhängigkeit der Häufigkeit der maschinellen Reinigung

Die Kosten für den kl. baul. Unterhalt betragen im Mittel 1.11 CHF/m² (0.46 bis 1.70 CHF/m²). Bezogen auf die Einwohner schwanken die Kosten zwischen 12 und 47 CHF/EW.

Für den Tätigkeitsbereich Grünpflege werden jährliche 0.60 CHF/m² ausgegeben (0.10 bis 1.14 CHF/m²) bezogen auf die Einwohner schwanken die Kosten zwischen 4 und 30 CHF/EW.

In diesen beiden Bereichen ist der mittlere Anteil der Fremdleistungen hoch. 35% bis 75% Prozent im kleinen baulichen Unterhalt und 0% bis 80% in der Grünpflege. Strategische Überlegungen in Kombination mit Verfügbarkeit von Geräten und Mitarbeitern sowie deren Ausbildung und Einsatzmöglichkeiten beeinflussen die Höhe der Fremdleistungen.

Tabelle 7: Mittlere Kosten für den kleinen baulichen Unterhalt, die Grünpflege und die Gesamtkosten der untersuchten Gemeinden inkl. Bandbreiten, Vergleich mit Datenerhebung 2003

	Mittelwert 2009	Bandbreite 2009		Vergleich 2003 (inkl. Teuerung)
kl. baul. Unterhalt				
kl. baul. Unterhaltskosten gesamt	287'853	144'152	403'050 CHF	157'226 CHF
Eigenleistung	144'523	57'330	272'042 CHF	122'782 CHF
Fremdleistung	143'329	86'822	228'978 CHF	34'443 CHF
kl. baul. Unterhaltskosten gesamt je m ²	1.11	0.46	1.70 CHF / m ²	0.56 CHF / m ²
kl. baul. Unterhaltskosten gesamt je EW	31.1	11.8	47.1 CHF / EW	18.17 CHF / EW
Grünpflege				
Kosten Grünpflege gesamt	181'323	34'545	357'949 CHF	156'806 CHF
Eigenleistung	70'592	20'384	115'015 CHF	99'092 CHF
Fremdleistung	110'730	-	286'397 CHF	57'715 CHF
Kosten Grünpflege gesamt je m ²	0.65	0.10	1.14 CHF / m ²	0.51 CHF / m ²
Kosten Grünpflege gesamt je EW	16.6	3.6	29.7 CHF / EW	18.43 CHF / EW
Gesamtauswertung				
Gesamtkosten	1'271'229	1'014'751	1'670'428 CHF	1'011'292 CHF
Gesamtkosten pro m ²	4.8	3.6	5.9 CHF / m ²	3.4 CHF / m ²
Gesamtkosten pro EW	134	99	199 CHF / EW	118 CHF / EW

Die Gesamtkosten des betrieblichen Strassenunterhaltes konnten mit 4.8 CHF/m² (134 CHF/EW) ermittelt werden und schwanken in der Bandbreite von 3.6 bis 5.9 CHF/m² (99 bis 199 CHF/EW). Abbildung 13 stellt die prozentuale Verteilung der Gesamtkosten auf die einzelnen Tätigkeitsbereiche dar. Der Winterdienst stellt danach die grösste Kostenposition im Bereich des betrieblichen Unterhalts dar (31%), dies ist vor allem auf die teuren Maschinenkosten zurückzuführen. Obwohl in der Reinigung die meisten Personalkosten anfallen (35%, Tabelle 3), beträgt der Anteil an den Gesamtkosten durch die geringen Aufwände für Fremdleistungen nur noch 20%.

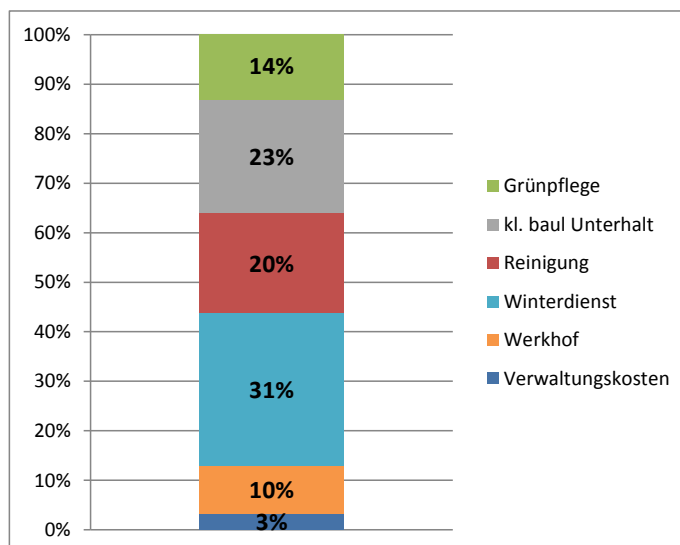


Abbildung 13: Anteile der verschiedenen Bereiche des betrieblichen Strassenunterhaltes an den Gesamtkosten

Kostenanalyse nach Kostenarten

In Abbildung 14 werden die Kosten der einzelnen Bereiche des betrieblichen Strassenunterhaltes nach ihren Kostenarten aufgeschlüsselt dargestellt. Dabei wird deutlich, dass:

- der Anteil der Personalkosten im Bereich Reinigung und Werkhof besonders hoch ist
- der Winterdienst im Vergleich zu den anderen Bereichen material- und geräteintensiv ist
- die Kosten für Externe in der Grünpflege und im kleinen baulichen Unterhalt relativ hoch sind

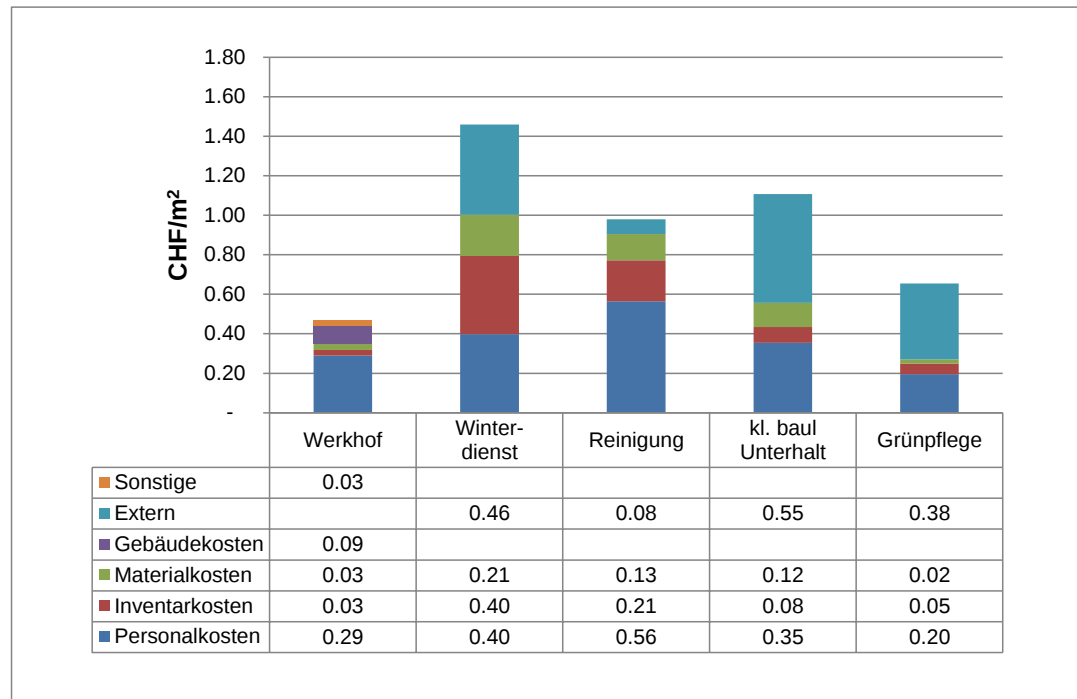


Abbildung 14: Kosten der verschiedenen Bereiche des betriebl. Strassenunterhaltes nach Kostenarten

Insgesamt stellen die Personalkosten mit 41% die grösste Kostengruppe im betrieblichen Strassenunterhalt dar (Abbildung 15). Die Inventarkosten 16% (Kosten für Fahrzeuge und Anbaugeräte) sind etwas höher als die benötigten Materialien (10%). Die anteiligen Unterhaltskosten für Gebäude sind mit 2% gering (Mietkosten oder Abschreibungen auf die Gebäude sind nicht erfasst).

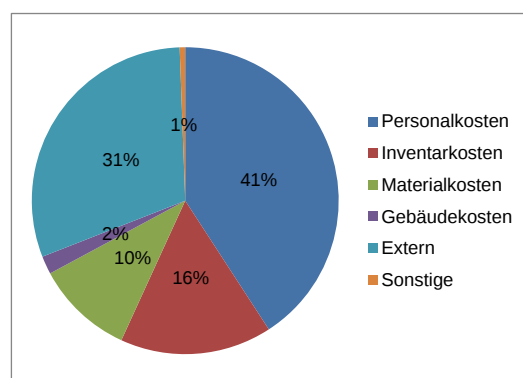


Abbildung 15: Prozentuale Verteilung der Kostenarten im betrieblichen Strassenunterhalt

Die Aussagen der Kostenanalyse der aktuellen Datenerhebung stimmen bezüglich der Gesamtkosten mit den Daten aus dem Forschungsprojekt ASTRA 2003/007 überein. Unterschiede konnten vor allem im Winterdienst (+0.89 CHF/m²) und der Reinigung (0.34 CHF/m²) festgestellt werden.

Mögliche Ursachen wurden in Kapitel 2.4.4. Kostenanalyse nach Tätigkeit diskutiert.

Fazit Kostenanalyse

Die Analyse der Kosten zeigt folgende Erkenntnisse:

- Die indirekten Kosten (Verwaltung und Werkhofkosten) liegen unter 20% der Gesamtkosten.
- Der Winterdienst stellt die grösste Ausgabengruppe dar und weist den höchsten Maschineneinsatz auf. Insbesondere teure Anbaugeräte, die nur für den Winterdienst genutzt werden können, führen zu hohen Fixkosten in der Bereitstellung der Geräte. Auch die Kosten externer Leistungserbringung sind mit durchschnittlich 0.46 CHF/m² hoch. Eine Auslagerung der Arbeiten im Winterdienst wird von vielen Gemeinden angestrebt, ist aber aufgrund der erforderlichen Spezialgeräte, der unkalkulierbaren Einsatzzeiten und der erforderlichen Einsatzkapazitäten nicht für alle Gemeinden möglich. Insofern definiert die Gewährleistung eines funktionierenden Winterdienstes die Leistungserbringung in den Tätigkeitsbereichen Reinigung, Grünpflege und kleiner baulicher Unterhalt, in denen eine Grundauslastung der Mitarbeiter in den Sommermonaten stattfindet.
- Die Reinigung ist im Vergleich zu den anderen Bereichen sehr personalintensiv und abhängig von der Häufigkeit und somit von den Qualitätsansprüchen im Gemeindegebiet.
- In den Bereichen Grünpflege und kleiner baulicher Unterhalt ist der Anteil von externen Kosten sehr hoch.
- Insgesamt stellen die Personalkosten mit 41% die grösste Kostengruppe im betrieblichen Strassenunterhalt dar.

B-3 Praxistest

3.1 Ziele Praxistest

Mit den Daten aus dem Praxistest wird folgendes Ziel verfolgt:

Überprüfung der Annahme einer Effizienzsteigerung durch einen „Vorher-Nachher-Vergleich“

Es soll geprüft werden, ob durch ein Zusammenlegen von Aufgaben im betrieblichen Unterhalt von zwei Gemeinden eine Effizienzsteigerung in der Aufgabenerfüllung erreicht werden kann und wenn ja, wie diese sich in den Arbeitsabläufen und Auslastungskurven von Personal bzw. Inventar sowie auf den zwei übergeordneten Koordinationsebenen in der Verwaltung auswirkt.

3.2 Systemgliederung

3.2.1 System Strasse und Systematik der Kosten

Es liegt die gleiche Systemgliederung wie der empirischen Datenerhebung (Gemeindebefragung) zu Grunde (Kap. 2.2). Die Datenerhebung bezieht sich somit auf den gleichen Leistungsumfang, der zuvor im Rahmen der Gemeindebefragung erfasst wurde, d.h.:

- Kantonsstrassen wurden nicht mit erfasst oder herausgerechnet,
- der betriebliche Unterhalt umfasst die Tätigkeiten: Reinigung, Winterdienst, kleiner baulicher Unterhalt, Grünpflege an der Strassenverkehrsanlage,
- alle anderen Leistungen wurden aus den Kosten der Gemeinden separiert (bspw. Gewässerreinigung, Parkanlagen, Toiletten, Liftanlagen, Aufwände für Feste),
- der Winterdienst wurde normiert nach Schneetagen,
- die Abschreibung auf die Liegenschaften der Werkhofgebäude bzw. eine Gebäudemiete wurde nicht berücksichtigt, der Gebäudeunterhalt wurde anteilig berücksichtigt,
- die Abschreibung auf das Inventar ist in den Maschinenstundensätzen integriert (im Mittel 10%), Zubehör/Anbaugeräte sind vollständig erfasst und ebenso in den Abschreibungssätzen enthalten.

3.2.2 Normierung des Winterdienst

Infolge unterschiedlicher Witterungsverhältnisse können Differenzen in den jährlichen Kosten für den Winterdienst auftreten. Aus diesem Grund wurden in der empirischen Datenerhebung die Kosten der letzten fünf Jahre erfasst und Mittelwerte gebildet (vgl. Kap. 2.3.4). Zusätzlich wurden meteorologische Daten der Jahre 1999 bis 2010 ausgewertet, welche bestätigen, dass der Mittelwert der erfassten Eis-, Frost und Neuschneetage der Jahre 2005 bis 2009 dem langjährigen Mittel entspricht.

Für einen direkten Vergleich der Kosten in der Stadt Luzern in den Jahren 2008 und 2010, müssen diese beiden Winter in Relation zum „Standardwinter“ oder einem durchschnittlichem Winter beurteilt werden (Normierung).

Verschiedene meteorologische Messgrößen³⁰ stehen für eine Normierung zur Verfügung:

- Anzahl Eistage (die Maximal-Temperatur bleibt unter 0° C)
- Anzahl Frostage (die Minimal-Temperatur sinkt unter 0° C)
- Anzahl Neuschneetage (Anzahl Tage mit Neuschneemessung, Morgenmessung)

Alle diese Faktoren beeinflussen den Winterdienst. Gemäss den für den Winterdienst verantwortlichen Mitarbeitern in den Gemeinden ist eine direkte Prognose der Auswirkungen der einzelnen Faktoren auf den Winterdienst jedoch schwierig.³¹

³⁰ MeteoSchweiz 2012, Eistage, Frostage, Anzahl Tage mit Neuschneemessung 01.01.1999 bis 31.12.2010

³¹ Interview Stadt Luzern 2.10.2011

Abbildung 16 bis Abbildung 18 verdeutlichen die unterschiedlichen Witterungsverhältnisse in den Wintermonaten in den Jahren 2008 und 2010 im Vergleich zu langjährigen Mittelwerten.

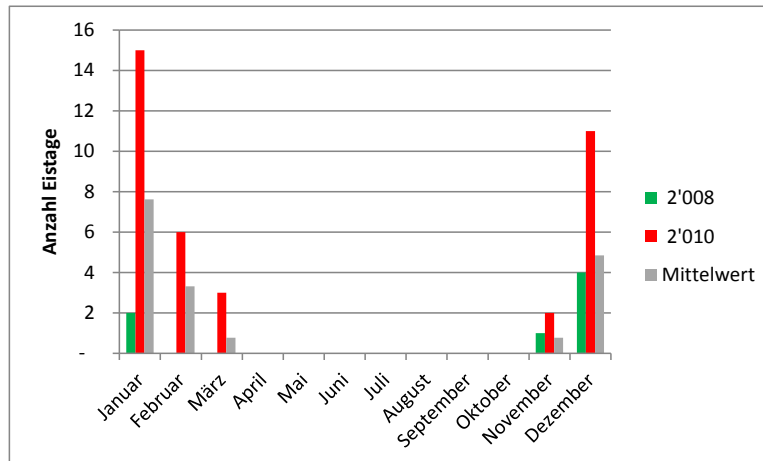


Abbildung 16: Anzahl Eistage je Monat 2008, 2010 und als Mittelwert 1999-2010

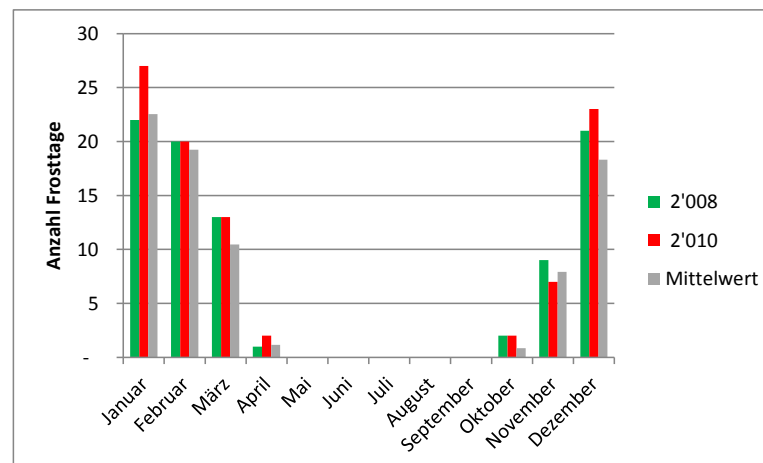


Abbildung 17: Anzahl Frosttage je Monat 2008, 2010 und als Mittelwert 1999-2010

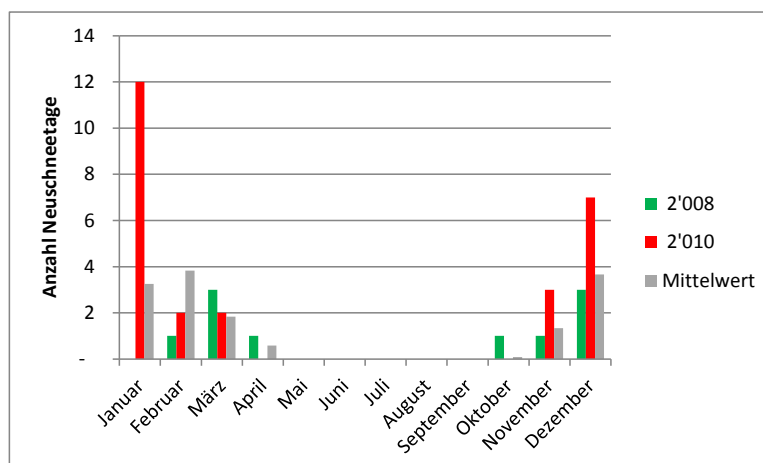


Abbildung 18: Anzahl Neuschneetage je Monat 2008, 2010 und als Mittelwert 1999-2010

Zusätzlich können die Angaben der Salzstatistik der Stadt Luzern der letzten 10 Jahre für eine Normierung herangezogen werden. Diese Angaben beziehen sich jeweils auf einen Winter und müssen für das Kalenderjahr unter Berücksichtigung der Neuschneetage in den

entsprechenden Jahreshälften aufgeteilt werden.

Die Normierung der Kosten für den Winterdienst erfolgt in diesem Projekt anhand der Mittelwerte (Tabelle 8) der verschiedenen Faktoren, was eine gute Näherung ermöglicht, dennoch mit Unsicherheiten verbunden ist.

Tabelle 8: Ermittlung der Korrekturfaktoren für die Normierung der Kosten im Winterdienst der Stadt Luzern 2008 und 2010

Parameter	Einheit	Mittelwert 1999 - 2010	Verhältnis zum Mittelwert	
			2'008	2'010
Anzahl Frosttage	[-]	80.5	88.0	94.0
Anzahl Eistage	[-]	17.3	7.0	37.0
Anzahl Neuschneetage	[-]	14.6	10.0	26.0
Streusalzmenge	[t]	805.0	596.0	2'064.0
			Mittelwert	73%
				191%

3.3 Datenerhebung

3.3.1 Anspruch und Güte

Die vorgestellte Systemgliederung gewährleistet vergleichbare, aussagefähige und vollständige Auswertungen durch:

- die Definition des Kostensystems und der Tätigkeiten
- die Abgrenzung des Leistungsumfangs innerhalb der Tätigkeiten und
- die Auswertung der Kosten im Verhältnis zu Bezugsgrössen des Strassennetzes.

3.3.2 Beteiligte, Untersuchungszeitraum und Datenerhebung

Für die Analysen wurden der betriebliche Strassenunterhalt in der Stadt Luzern und der Gemeinde Littau im Jahr 2008 vor der Fusion untersucht; die gleiche Untersuchung wurde nach der Fusion von Luzern und Littau für das Jahr 2010 durchgeführt.

Zusätzlich wurde versucht, aus der Gemeinderechnung der Gemeinde Littau Informationen aus dem Jahr 2008 zu gewinnen. Dies gestaltete sich sehr schwierig, da die verantwortlichen Personen, bedingt durch Krankheit und Pensionierung nicht mehr verfügbar waren.

Die verantwortlichen Personen der Stadt Luzern wurden interviewt. Zusätzlich konnte auf ein sehr detailliertes Zeit- und Kostenerfassungssystem zurückgegriffen werden. Dadurch konnte der Leistungsrahmen auf den identischen Umfang der erbrachten Leistungen in der vorangegangenen Gemeindebefragung reduziert werden.

3.3.3 Vorgehen

Zur Analyse im Praxistest wird ein Vorher-Nachher-Vergleich durchgeführt (Abbildung 19), welcher auf Bezugsgrössen (pro m², pro EW, pro km, pro Monat etc.) basiert, um die Vergleichbarkeit sicherzustellen.

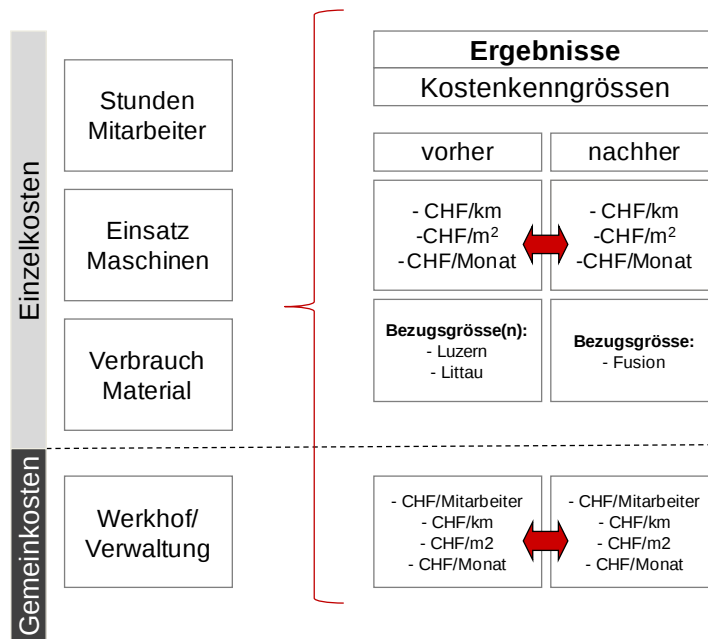


Abbildung 19: Schematische Darstellung des Vorher-Nachher-Vergleichs

3.4 Resultate und Auswertung

3.4.1 Grundlagedaten

Luzern zählte 2008 mit ca. 60'000 Einwohner zu den grössten Städten der Schweiz. Durch die Fusion mit der Nachbargemeinde Littau erhöht sich die Einwohnerzahl um 30%, die Strassenfläche nimmt um 25% zu.

Beim Siedlungsgebiet der fusionierten Stadt Luzern handelt es sich im Vergleich zu den untersuchten Gemeinden der Gemeindebefragung (Kap. 2.3.2) um eine kompakte Struktur mit einem niedrigen Verhältnis von Strassenfläche zu Einwohnern (19 m²/EW), welches typisch für dichte Siedlungsgebiete ist (Tabelle 9). Gemäss dem Zentren-Peripherie-Modell des Bundesamtes für Statistik³² ist Luzern als Grosszentrum eingestuft.

Die Gemeinde Littau zählte mit 20'000 Einwohner ebenfalls zu den grösseren Gemeinden in der Schweiz und war als suburbane Gemeinde (Zentren-Peripherie-Modell) klassifiziert.

Tabelle 9: Allgemeine Daten Luzern und Littau

	Mittelwert Gemeinden 2009	Bandbreite Gemeinde- untersuchung 2009		Luzern 2008	Littau 2008	Luzern 2010	
Allgemeine Daten		von	bis				
Einwohner	10'159	5'089	12'227	59'223	21'003	80'226	EW
Gemeindestrassennetz Länge (gesamt)	50.8	28.2	73.4	102.9	22.3	125.2	km
Gemeindestrassennetz Fläche (gesamt)	274'355	191'052	352'268	1'333'436	395'924	1'712'000	m ²
Verhältnis m ² /EW	29	17	38	23	19	21	m ² /EW

³² Gemeindetypologie, Bundesamt für Statistik

3.4.2 Organisation des betrieblichen Strassenunterhalts

Abbildung 20 zeigt das Organigramm des Tiefbauamtes der Stadt Luzern nach der Fusion. Der betriebliche Strassenunterhalt wird grössten Teils durch die Abteilung „Betrieblicher Unterhalt“ des Strasseninspektorats durchgeführt. Die Organisation und Ausführung der Tätigkeiten im betrieblichen Strassenunterhalt erfolgt dezentral in 15, über das gesamte Stadtgebiet verteilten, Standorten.

Der Werkhof der Stadt Luzern ist Teil der Abteilung „Werkbetrieb“ und fungiert als zentrale „Servicestelle“ für alle Abteilungen des Tiefbauamtes (Fuhrbetrieb, Garage, Schlosserei, Zimmerei). Die Mitarbeiter des Werkbetriebs übernehmen teilweise Aufgaben des betrieblichen Strassenunterhaltes in Abstimmung mit der Abteilung Betrieb, wie bspw.

- die Wartung und den Service für die Fahrzeuge
- den Winterdienst auf den Fahrbahnen sowie
- die Ausführung von bestimmten Routen der Strassenreinigung.

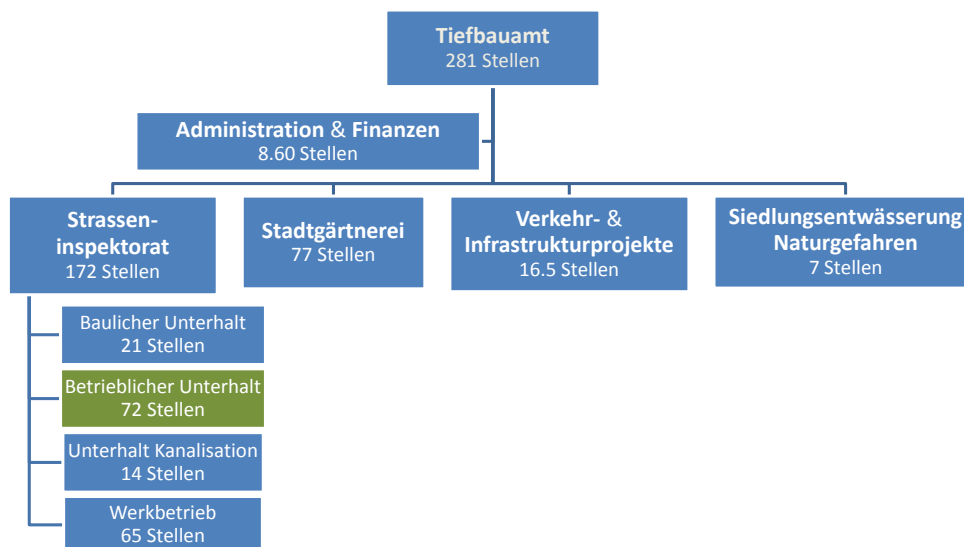


Abbildung 20: Organigramm Tiefbauamt der Stadt Luzern 2010

Diese Aufgabenteilung zwischen Tiefbauamt und Werkhof wurde nach der Fusion mit Littau für das gesamte Stadtgebiet übernommen, wodurch die Qualität der Arbeiten gemäss Angaben der Bevölkerung, insbesondere im Winterdienst, gesteigert werden konnte.³³

Von den 14 Mitarbeitern des Werkhofes der Gemeinde Littau wurden zwölf von Luzern wie folgt übernommen:

- sechs Mitarbeiter in die Abteilung betrieblicher Strassenunterhalt,
- zwei Mitarbeiter in den Werkbetrieb (Werkhof),
- vier Mitarbeiter in die Stadtgärtnerei.

³³ Interview Stadt Luzern 2.10.2011

Tabelle 10: Übersicht der Mitarbeiter vor und nach der Fusion Luzern/Littau mit/ohne Normierung der erfassten Stunden im Winterdienst gemäss Kapitel 3.2.2

	Anzahl Mitarbeiter Luzern 2008	Übernahme von Mitarbeiter Gemeinde Littau	Anzahl Mitarbeiter Luzern 2010
Abt. Betrieb	66	6	72
Abt. Werkbetrieb	63	2	65
Abt. Stadtgärtnerei		4	77
keine Übernahme		2	
Anzahl Stellen für den Leistungsumfang betrieblicher Strassenunterhalt			
ohne Normierung Winterdienst	49		60
mit Normierung Winterdienst	51		52

Werden die im betrieblichen Strassenunterhalt erfassten Stunden auf Stellen umgerechnet, so wären im Jahr 2008 49 Mitarbeiter für den betrieblichen Strassenunterhalt tätig gewesen; 2010 wären es 60 Mitarbeiter (Tabelle 10). Da der Winterdienst in diesen Jahren extrem unterschiedlich ausfiel (Kap. 3.2.2), ist ein direkter Vergleich dieser Zahlen nicht möglich. Würden die Gesamtstunden im Winterdienst normiert, so wären 2008 51 Mitarbeiter für den betrieblichen Strassenunterhalt notwendig gewesen und 2010 52.

Alle Leistungen des betrieblichen Strassenunterhaltes werden in der Stadt Luzern durch eigenes Personal erbracht (Aufgabenerbringung). In Spitzenbelastungszeiten (Winterdienst) oder nach Bedarf erfolgt ein Ausgleich der Ressourcen innerhalb des Tiefbauamtes (TBA). So arbeiten die Mitarbeiter der Abteilung betrieblicher Unterhalt zu 79% für interne Aufgaben, zu 17% für die Aufgaben anderer Abteilungen des Tiefbauamtes und zu 4% für Externe, d.h. für andere Abteilungen der Stadt Luzern oder Private (Abbildung 21 links).

Von der Seite der Aufgabenerledigung betrachtet, werden 89% der anfallenden Aufgaben im betrieblichen Unterhalt durch die eigene Abteilung wahrgenommen, 3% der anfallenden Aufgaben werden durch die Stadtgärtnerei und 8% durch andere Abteilungen des Strasseninspektorats erbracht (Abbildung 21 rechts).

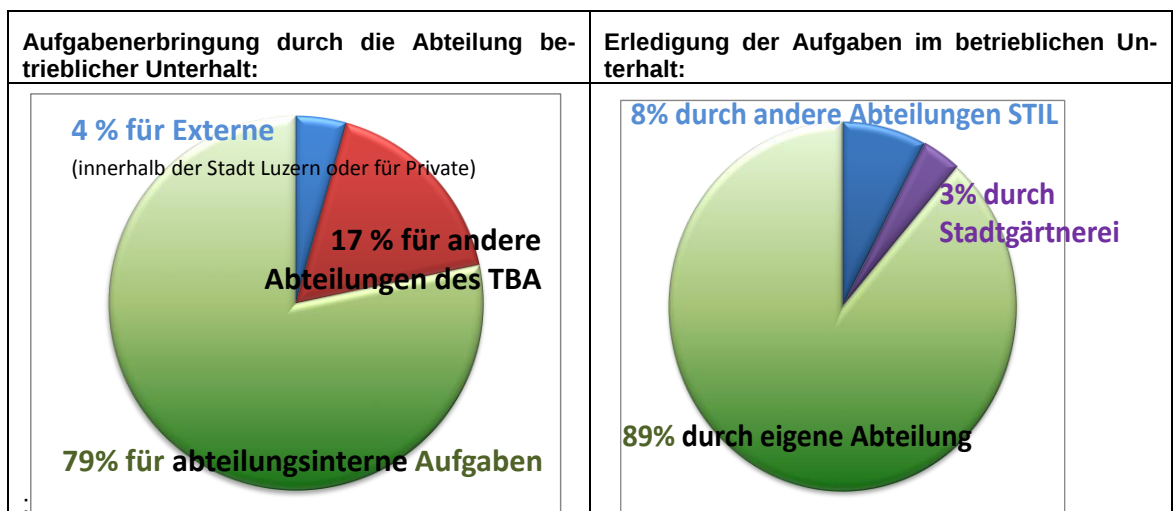


Abbildung 21: Darstellung der Zusammenarbeit der verschiedenen Abteilungen im TBA der Stadt Luzern

3.4.3 Ganglinien

Ganglinien Mitarbeiter

Für die Stadt Luzern konnten die monatlichen Verteilungen der anfallenden Arbeiten in den Untersuchungsjahren 2008 und 2010 bestimmt werden. In Abbildung 22 und Abbildung 23 wurde die Arbeitszeit der Mitarbeiter in Bezug zur bewirtschafteten Fläche gesetzt und mit der mittleren Kapazität der Mitarbeiter für den Bereich betrieblicher Unterhalt verglichen. Die für den Winterdienst aufgewendeten Stunden wurden nicht normiert, wodurch der Unterschied zwischen den sehr verschiedenen Wintern 2008 und 2010 besonders deutlich wird.

Insgesamt ergibt sich ein jahreszeitlich recht ausgeglichenes Bild, so schwanken die Mitarbeiterstunden für den gesamten betrieblichen Strassenunterhalt zwischen 480 und 630 h/100'000 m² im Jahr 2008.

2010 ist bedingt durch den Winterdienst gekennzeichnet durch 2 sehr arbeitsintensive Monate mit 780 (Januar) und 910 (Dezember) h/100'000 m². In den wärmeren Monaten schwankt der Mitarbeiterereinsatz zwischen 400 und 500 h/100'000 m² und ist recht ausgeglichen.

Bezogen auf die neue bewirtschaftete Strassenfläche des fusionierten Stadtgebietes verringerten sich die Mitarbeiterstunden pro m² in 2010 gegenüber 2008. Die Mitarbeiterzahl wurde um 10% erhöht (Tabelle 10), während sich die Strassenfläche um 25% (Tabelle 9) erhöht.

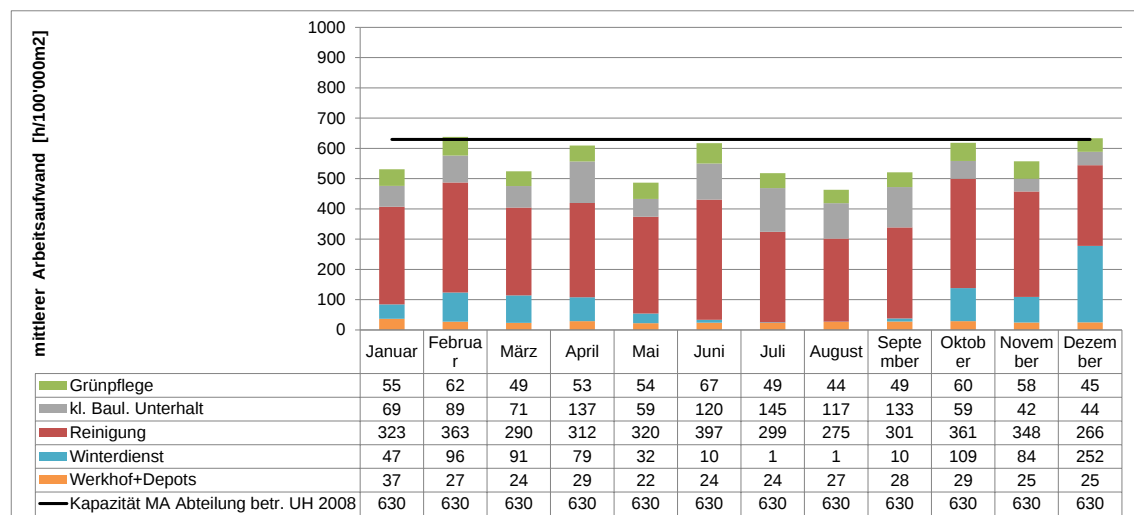


Abbildung 22: Mittlere monatliche Verteilung der Mitarbeiterstunden im betrieblichen Strassenunterhalt Stadt Luzern 2008

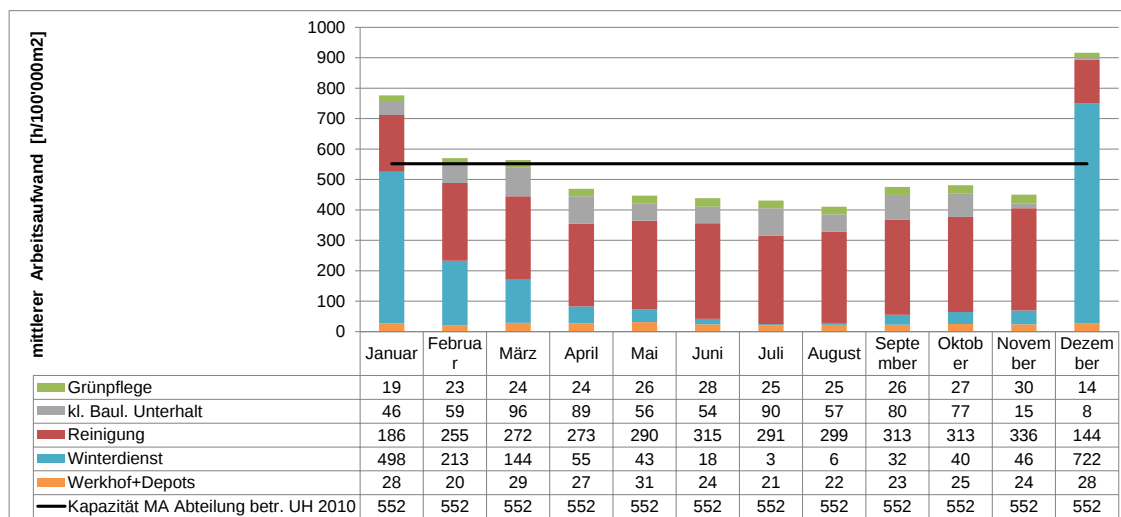


Abbildung 23: Mittlere monatliche Verteilung der Mitarbeiterstunden im betrieblichen Strassenunterhalt Stadt Luzern 2010

In Abbildung 24 bis Abbildung 27 sind die Monatsganglinien der Mitarbeiterstunden bezogen auf die bewirtschaftete Strassenfläche jeweils für die Jahre 2008 und 2010 dargestellt. Sie ermöglichen einen Vergleich mit den Mittelwerten aus der Gemeindebefragung.

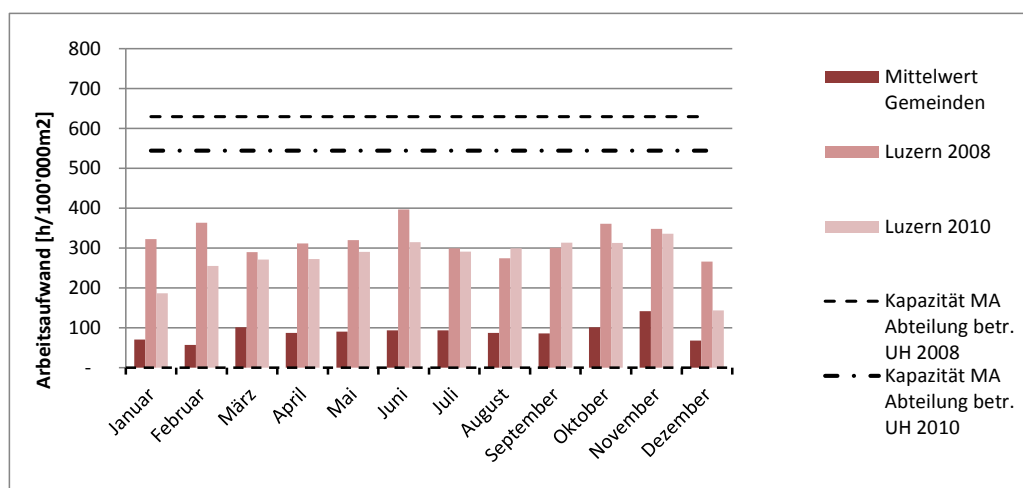


Abbildung 24: Vergleich der Monatsganglinien Reinigung Luzern 2008, 2010 und Gemeindebefragung

Die Reinigung verläuft in der Stadt Luzern relativ ausgeglichen und lag bei 320 h/100'000 m² pro Monat in 2008 und bei 274 h/100'000 m² in 2010. Kleine Spitzen können im Sommer (bedingt durch verstärktes Littering) und Herbst (nach dem Ablauben der Bäume) festgestellt werden.

Die durchschnittliche Reinigungshäufigkeit aller Strassen in Luzern unter Berücksichtigung der verschiedenen Reinigungszonen betrug 2008 12.5 mal pro Monat und sank nach der Fusion auf 10.4 mal pro Monat, wobei die Qualität nicht verringert wurde, sondern lediglich der Anteil der sehr häufig gereinigten Innenstadtbereiche im Verhältnis zur Gesamtfläche zurück ging. Somit kann der geringere Personaleinsatz 2010 nicht allein auf eine Effizienzsteigerung zurückgeführt werden und auch nicht auf eine Verschlechterung der Qualität, sondern auf veränderte Bezugsgrössen.

Auffallend ist, dass im Tätigkeitsbereich der Reinigung der Arbeitsaufwand in Luzern deutlich höher ist als bei den untersuchten Gemeinden. Dies ist auf die stärkere Verschmutzung im Innenstadtbereich (Littering) und den hohen Qualitätsanspruch aufgrund des Tourismus, der sich explizit in höheren Reinigungsfrequenzen widerspiegelt, zurückzuführen.

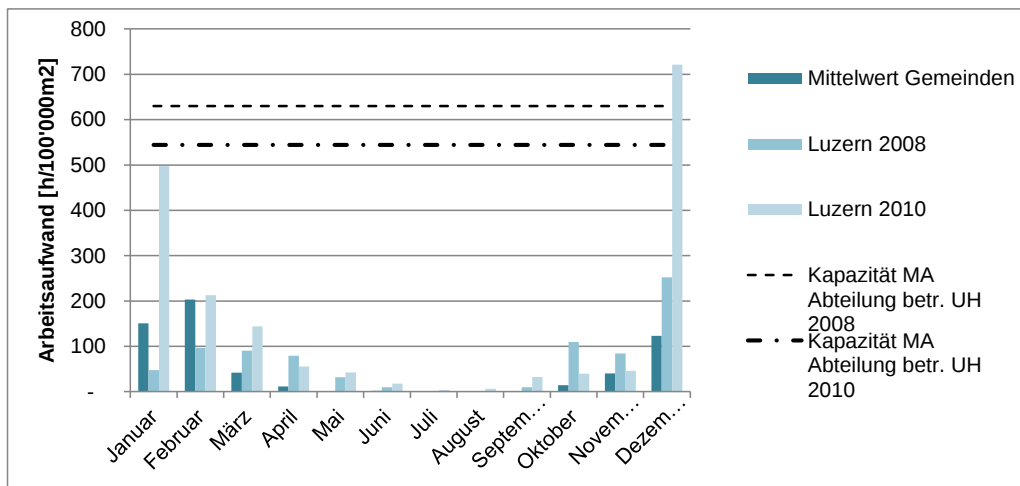


Abbildung 25: Vergleich der Monatsganglinien Winterdienst Luzern 2008, 2010 und Gemeindebefragung

Abbildung 25 verdeutlicht die unterschiedlichen Witterungsbedingungen im Winter in den Jahren 2008 und 2010, die in 2010 einen sehr hohen Personalbedarf in den Monaten Dezember 710 h/100'000 m² und Januar 500 h/100'000 m² erforderten. Dieser hohe Aufwand lag deutlich über der Kapazität der Mitarbeiter der Abteilung Betrieb und konnte durch Mitarbeiter aus anderen Abteilungen des Tiefbauamtes ausgeglichen werden.

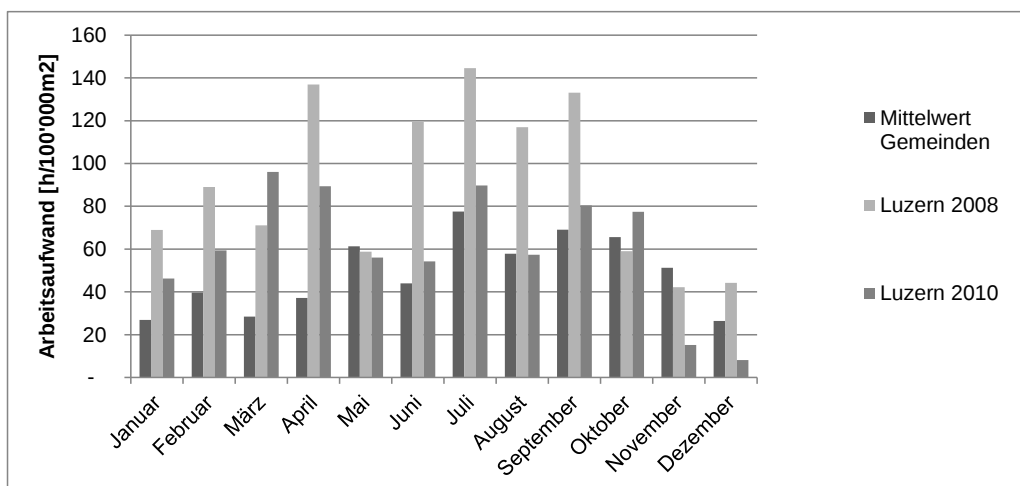


Abbildung 26: Vergleich der Monatsganglinien kl. baulicher Unterhalt Luzern 2008, 2010 und Gemeindebefragung

Der Arbeitsaufwand im Tätigkeitsbereich kleiner baulicher Unterhalt (Abbildung 26 und Abbildung 27) schwankt stark über das Jahr und ist im Winter niedriger als in den warmen Monaten.

Ähnlich wie im kleinen baulichen Unterhalt schwankt der Arbeitsaufwand auch in der Grünpflege. Ausgeprägte Spitzen sind aber nicht zu erkennen (Abbildung 27).

Zwischen den Jahren 2008 und 2010 bestehen in der Grünpflege und im kleinen baulichen Unterhalt grosse Unterschiede in der Verteilung und der Summe der Mitarbeiterstunden, die Ursache hierfür konnte nicht abschliessend geklärt werden.

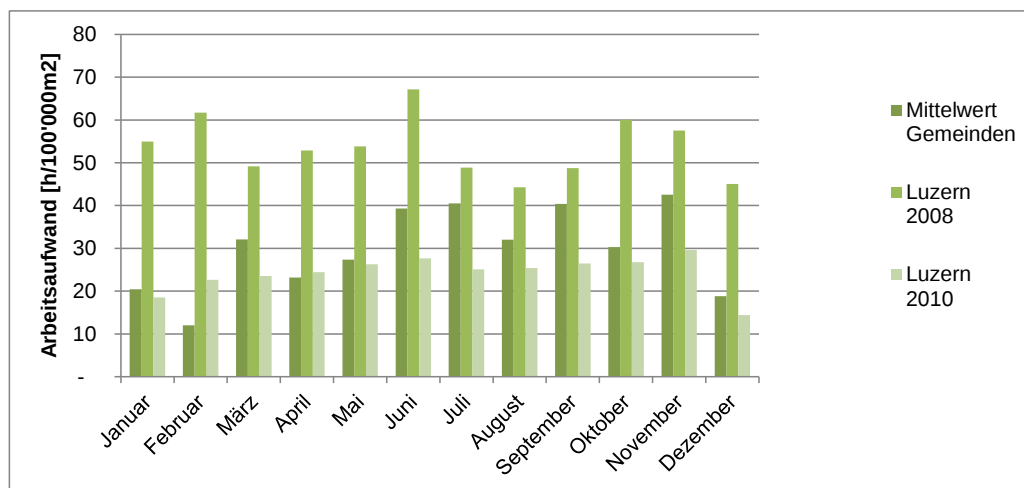


Abbildung 27: Vergleich der Monatsganglinien Grünpflege Luzern 2008, 2010 und Gemeindebefragung

Ganglinien Fahrzeuge

Die Ganglinien der Fahrzeugstunden (Abbildung 28 und Abbildung 29) verhalten sich ähnlich wie die Ganglinien der Mitarbeiterstunden, auch das Verhältnis Maschinenstunden zu Mitarbeiterstunden blieb in den beiden Vergleichsjahren annähernd konstant (Tabelle 11).

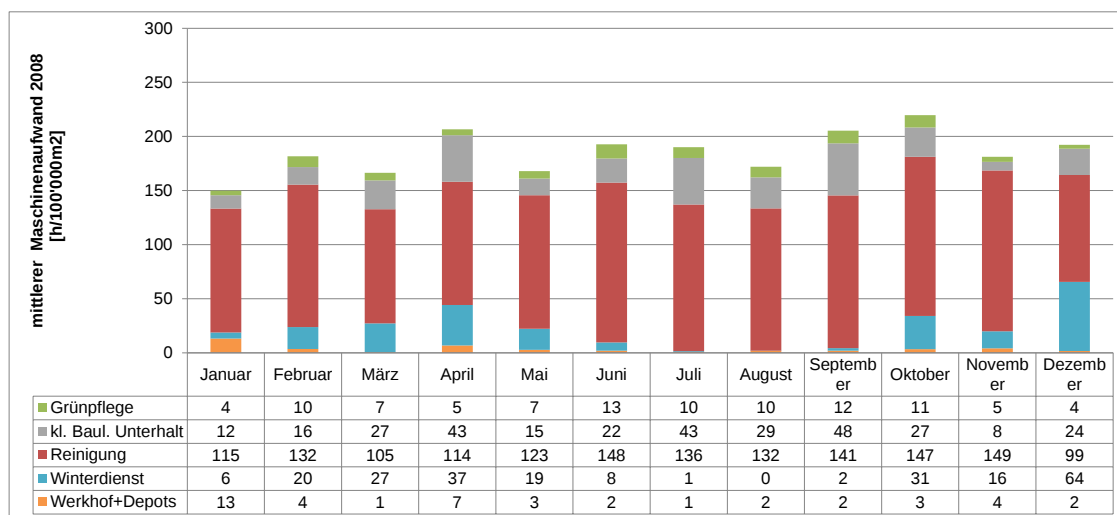


Abbildung 28: Mittlere monatliche Verteilung der Maschinenstunden im betrieblichen Strassenunterhalt Stadt Luzern 2008

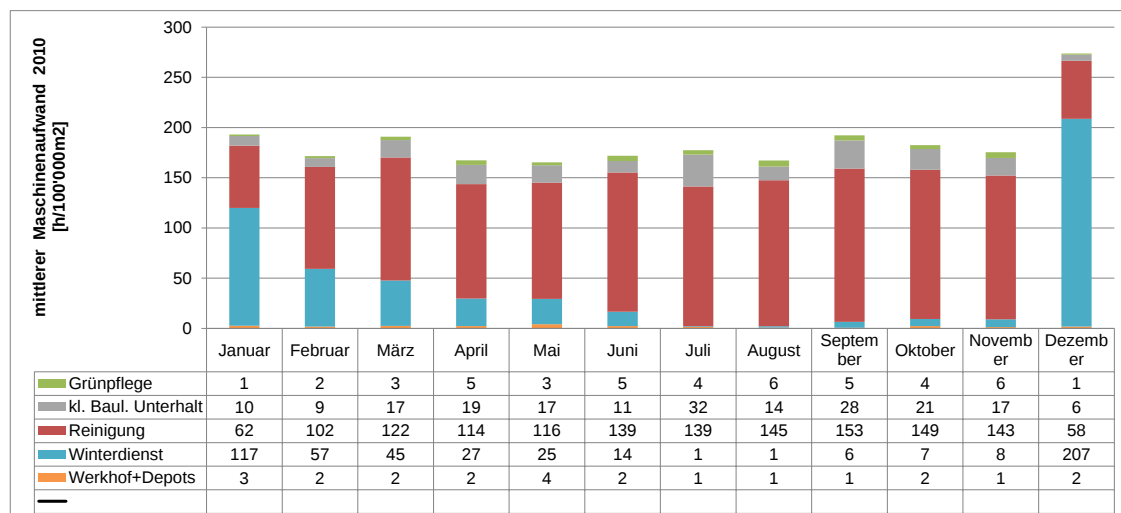


Abbildung 29: Mittlere monatliche Verteilung der Mitarbeiterstunden im betrieblichen Strassenunterhalt Stadt Luzern 2010

Lediglich im Bereich Reinigung konnte eine Erhöhung des Maschineneinsatzes in 2010 im Vergleich mit 2008 von 40% auf 44% festgestellt werden (Tabelle 11). In diesem Tätigkeitsbereich ist auch der Anteil der Mitarbeiterstunden (55%, 2008 und 59%, 2010) und Maschinenstunden (67%, 2008 und 73%, 2010) an den jeweiligen Gesamtstunden am höchsten.

Tabelle 11: Entwicklung der jährlichen Mitarbeiter und Maschinenstunden je Bereich

	Mitarbeiterstunden				Maschinenstunden				Verhältnis Maschinen zu Mitarbeiterstunden	
	2008		2010		2008		2010		2008	2010
	[h]		[h]		[h]		[h]			
Gesamt	96'906	100%	98'589	100%	31'972	100%	35'136	100%	33%	36%
Werkhof+Depots	4'448	5%	5'374	5%	596	2%	431	1%	13%	8%
Winterdienst (normiert)	15'200	16%	16'803	17%	4'366	14%	4'770	14%	29%	28%
Reinigung	53'344	55%	58'308	59%	21'301	67%	25'564	73%	40%	44%
kl. baulicher Unterhalt	15'004	15%	12'944	13%	4'357	14%	3'561	10%	29%	28%
Grünpflege	8'911	9%	5'160	5%	1'352	4%	810	2%	15%	16%

Anhand der erfassten Stunden pro Fahrzeug kann die Entwicklung der mittleren jährlichen Fahrzeugstunden vor und nach der Fusion beurteilt werden (Tabelle 12). Nicht alle Fahrzeugtypen verhalten sich gleich; so verringerte sich die durchschnittliche Auslastung der Kehrmaschinen von 1866 Stunden auf 1414 im Jahr 2010. Bei den Kleintraktoren stieg die Auslastung von 542 auf 592 Stunden.

Zum Vergleich: die Auslastung der Kehrmaschinen in der Gemeindebefragung lag zwischen 500 und 1000 Stunden, die der Kleintraktoren lag zwischen 200 und 400 Stunden.

Tabelle 12: Entwicklung der mittleren Betriebsstunden pro Fahrzeug unter Berücksichtigung des Fahrzeugtyps

	Anzahl		Mittelwert Betriebsstunden	
	2008	2010	2008	2010
KM				
Geländewagen bis 3.5t	6	6	5'800	6'760
Lieferwagen geschlossen	13	15	6'391	6'365
Lieferwagen mit Brücke	10	12	6'187	6'829
Personenwagen	8	10	7'404	9'049
STD				
Kaltstrassenfräse	1	1	214	207
Kehrmaschinen gross	4	6	1'866	1'414
Kleinraupenbagger	2	3	231	222
Kleintraktoren	16	20	542	592
Kommunallastwagen bis 7.5 t	2	2	1'095	1'159
Lastwagen bis 18 t	6	6	1'340	1'537
Lieferw. kl Brücke (Benzin)	3	5	1'100	1'059
Lieferw. kl Brücke/Elektro (h)	7	7	1'625	2'015
Motormäher	2	2	714	1'011
Radlader	5	6	320	283
Raupenladekipper	2	2	223	101
Reinigungsfahrzeuge (Nass)	2	2	1'262	1'306
Saug- und Spülwagen	4	4	1'437	1'330
Traktionsfahrzeuge	2	3	1'171	1'048
Transporter mit Bedienung	1	1	553	675
Transporter ohne Bedienung	3	5	483	522
Walzen	7	5	71	71

Fazit Ganglinien

Allgemeine Werkhofarbeiten

Arbeiten im Bereich Werkhof fallen nahezu gleichmässig über das Jahr verteilt an, wobei in den Wintermonaten ein leicht erhöhter Arbeitsaufwand im Vergleich zum Rest des Jahres festgestellt werden kann. Der Anteil der Maschinenstunden an den Mitarbeiterstunden beträgt 13% bzw. 8% und ist somit deutlich höher als bei der Gemeindebefragung (5%, Tabelle 4).

Winterdienst

Der Winterdienst verursacht die grossen Spitzen in der Leistungserbringung im Jahresverlauf, diese sind nicht vorhersehbar und erfordern kurzfristig einen enormen Personal- und Maschineneinsatz. Dieser übersteigt die Kapazität der Abteilung betrieblicher Unterhalt und wird durch Mitarbeiter aus anderen Abteilungen des Strasseninspektorats und der Stadtgärtnerei kompensiert.

Im Durchschnitt beträgt im Winterdienst das Verhältnis der Maschinenstunden an den Mitarbeiterstunden ca. 30%, dies ist nur halb so hoch wie bei der Gemeindebefragung (60%).

Reinigung

Der Aufwand an Mitarbeiterstunden für die Reinigung ist deutlich höher als in der Gemeindebefragung, die durchschnittliche Reinigungshäufigkeit aller Strassen in Luzern unter Berücksichtigung der verschiedenen Reinigungszonen betrug 2008 12.5 mal pro Monat und sank nach der Fusion auf 10.4 mal pro Monat. Dabei wurde die Qualität nicht verringert, sondern der Anteil der sehr häufig gereinigten Innenstadtbereiche ging im Verhältnis zur Gesamtfläche zurück. Somit kann der geringere Personaleinsatz bezogen auf die Strassenfläche nicht allein auf eine Effizienzsteigerung zurückgeführt werden und auch nicht auf eine Verschlechterung der Qualität, sondern auf veränderte Bezugsgrössen.

Das Verhältnis der Maschinen-/Fahrzeugstunden zu den Mitarbeiterstunden stieg von 40% (2008) auf 44% (2010).

Kleiner baulicher Unterhalt & Grünpflege

Im Bereich des kleinen baulichen Unterhaltes und der Grünpflege wurden 2010 markant weniger Stunden aufgewendet als 2008, obwohl sich das Gemeindegebiet vergrössert hat.

Die Ursache hierfür ist unklar, eventuell kam es aufgrund des sehr intensiven Winterdienstes (langer Winter 2009/10 und extrem früher Winter 2010/2011) zu einer Verschiebung der Tätigkeiten in das darauffolgende Jahr.

Für die Dimensionierung eines Werkhofs in grossen Städten ist neben den winterdienstbedingten Spitzen auch der Reinigungsaufwand massgebend, da hier der Personalaufwand besonders hoch ist. In Luzern entfallen mehr als die Hälfte alle Personalstunden (55%, 2008 und 59%, 2010) auf diese Tätigkeit, in den Maschinenstunden ist der Anteil noch höher (67%, 2008 und 73%, 2010).

3.4.4 Kosten

Kostenanalyse

Allgemeine Werkhofarbeiten und Verwaltung

Ähnlich wie in der Datenerhebung der Gemeinden (13%) betragen die indirekten Kosten für Verwaltung und Werkhof ca. 15% der Gesamtkosten. Die Verwaltungskosten sind in Luzern mit 9% etwas höher als in den kleineren Gemeinden (3%), die Werkhofkosten fallen 6% niedriger aus (Abbildung 30).

Die Verwaltungskosten sanken in Bezug auf die bewirtschaftete Strassenfläche um ca. 30% (0.72 CHF/m² auf 0.54 CHF/m²). Im Gegenzug stiegen die Kosten für den Werkhof um ca. 10% von 0.32 CHF/m² auf 0.36 CHF/m². Insgesamt sanken die indirekten Kosten von 1.04 CHF/m² auf 0.90 CHF/m².

Tabelle 13: Mittlere Verwaltungs- und Werkhofkosten und Bandbreite aus der Gemeindebefragung, Vergleich mit den Daten des Praxistest

	Mittelwert Gemeinden 2009	Bandbreite Gemeinde- untersuchung 2009		Luzern 2008	Littau 2008	Luzern 2010	
Allgemeine Daten		von	bis				
EWZ	10'159	5'089	12'227	59'223	21'003	80'226	EW
Gemeindestrassennetz Länge (gesamt)	50.8	28.2	73.4	102.9	22.3	125.2	km
Gemeindestrassennetz Fläche (gesamt)	274'355	191'052	352'268	1'333'436	395'924	1'712'000	m ²
Verhältnis m ² /EW	29	17	38	23	19	21	m ² /EW
Verwaltung							
Gesamtkosten Verwaltg. Strassenunterhalt	43'286	17'399	66'354	966'345		925'101	CHF
Verwaltungskosten pro m ²	0.16	0.06	0.28	0.72		0.54	CHF / m ²
Verwaltungskosten pro Einwohner	4.3	1.5	7.0	16.3		11.5	CHF / EW
Werkhof + Depots							
Anzahl Stellen Werkhof/Abt. betr. U.	858%	700%	1200%	66%	1400%	72%	Stellen%
Anteil betrieblicher Strassenunterhalt	53%	46%	65%	74%		83%	
Werkhofkosten gesamt	117'692	56'951	199'866	430'514		618'078	CHF
Werkhofkosten pro m ² Strasse	0.47	0.18	0.98	0.32		0.36	CHF / m ²
Werkhofkosten pro Einwohner	12.2	4.7	16.7	7.3		7.7	CHF / EW

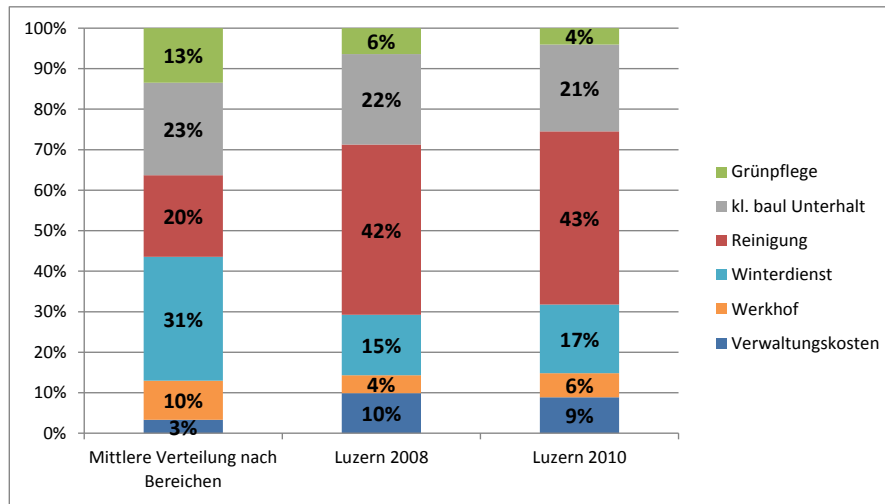


Abbildung 30: Gesamtkosten prozentual nach Tätigkeiten, Gemeindebefragung, Luzern 2008 und 2010

Winterdienst

Winterdienstskosten sind mit 1.03 CHF/m² gegenüber den Winterdienstkosten der Gemeindebefragung (1.46 CHF/m²) eher niedriger. Hierfür gibt es verschiedene, mögliche Erklärungen:

- eigener Pikettdienst für gezielte Alarmierung
- differenzierter, abgestimmter Maschinenparcours
- möglichst wenig präventives Salzstreuen auf Stadtstrassen (Langsamverkehr)

Die Angaben zum Winterdienst wurden gemäss Kap. 3.2.2 auf einen mittleren Winter normiert, um eine Vergleichbarkeit, trotz der starken witterungsbedingten Unterschiede zu gewährleisten. Demnach konnten die Kosten der Stadt Luzern für den Winterdienst von 2008 auf 2010 bezogen auf die Fläche gesenkt werden. Gemäss den Aussagen der Bevölkerung³⁴ wurde die Qualität des Winterdienstes im neuen Stadtteil Littau verbessert.

Für die Gemeinde Littau konnten aus der Gemeinderechnung die separaten Kosten für den Winterdienst ermittelt werden, die Vollständigkeit dieser Information konnte aber nicht geprüft werden. Mit 0.71 CHF/m² (normiert) lagen die Kosten deutlich unterhalb der mittleren Winterdienstkosten in der Gemeindebefragung.

Tabelle 14: Mittlere Kosten des Winterdienstes und der Reinigung der Gemeindebefragung, Vergleich mit den Daten des Praxistest

	Mittelwert Gemeinden 2009	Bandbreite Gemeinde- untersuchung 2009		Luzern 2008	Littau 2008	Luzern 2010	
Winterdienst							
Winterdienst	388'312	251'764	513'588	1'475'294	280'816	1'767'776	CHF
Eigenleistung	269'055	171'478	377'768	1'475'294	175'349	1'698'776	CHF
Fremdleistung	119'257	80'286	144'324	-	105'467	69'000	CHF
Winterdienstkosten je m ²	1.46	1.07	2.10	1.11	0.71	1.03	CHF / m ²
Winterdienstkosten je EW	43.3	21.1	78.8	24.9	13.4	22.0	CHF / EW
Reinigung							
Reinigung (gesamt)	261'338	166'442	422'850	4'087'180		4'446'424	CHF
Eigenleistung	241'643	120'983	422'850	4'087'180		4'446'424	CHF
Fremdleistung	19'696	-	45'459	-		-	CHF
Reinigungskosten gesamt je m ²	0.98	0.47	1.35	3.07		2.60	CHF / m ²
Reinigungskosten gesamt je EW	27.2	17.2	41.3	69.0		55.4	CHF / EW
Häufigkeit der maschinellen Reinigung	1.74	0.50	4.00	12.05	3.00	10.42	pro Monat

³⁴ Angabe Stadt Luzern, Interviews 10.08.2011 & 2.10.2011

Geht man von minimalen Kosten von 1.00 CHF/m² für den Winterdienst der Gemeinde Littau im Jahr 2008 aus, so würden sich absolute Kostenersparnisse von ca. 5 % ergeben (Abbildung 31).

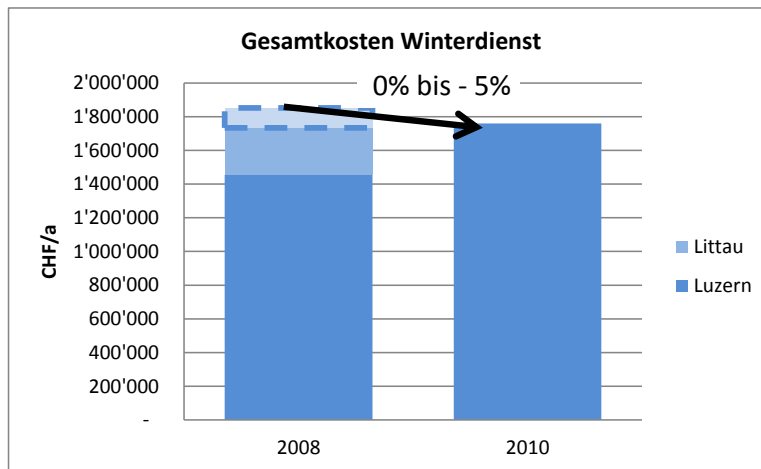


Abbildung 31: Vorher-Nachher-Vergleich der Winterdienstkosten

Reinigung

Die Reinigungskosten in 2010 sind mit 2.60 CHF/m² bezogen auf die bewirtschaftete Strassenfläche deutlich höher als bei der Gemeindebefragung (0.98 CHF/m²). Wird die Reinigungshäufigkeit mit einbezogen sind die Kosten in Luzern pro gereinigtem m² Strasse deutlich günstiger; 0.25 CHF/m² gegenüber 0.73 CHF/m² (Mittelwert der Gemeindebefragung) (Abbildung 35).

Die Kosten für die Reinigung (Tabelle 14) sanken für die Stadt Luzern bezogen auf die gereinigte Fläche um 0.47 CHF/m² (15%). Ein Vergleich der absoluten Zahlen ist aufgrund fehlender Informationen der Gemeinde Littau nicht möglich.

Kleiner baulicher Unterhalt und Grünpflege

Die Kosten für den kleinen baulichen Unterhalt entsprechen mit 1.30 CHF/m² (2010) in etwa den Werten aus der Gemeindebefragung (1.10 CHF/m²). In der Grünpflege fallen die Kosten wesentlich geringer aus 0.25 CHF/m² gegenüber 0.65 CHF/m². Die Ursache konnte im Rahmen der Datenerhebung nicht geklärt werden.

Im Bereich des kleinen baulichen Unterhaltes und der Grünpflege (Tabelle 15) sanken die Kosten in 2010 gegenüber dem Jahr 2008, obwohl sich das Gemeindegebiet vergrössert hat. Die Ursache hierfür ist unklar, eventuell kam es aufgrund des sehr intensiven Winterdienstes (langer Winter 2009/10 und extrem früher Winter 2010/2011) zu einer Verschiebung der Tätigkeiten in das darauffolgende Jahr (vgl. Kap. Teil B3.4.3, Analyse Ganglinien).

Tabelle 15: Kosten des kleinen baulichen Unterhalts, der Grünpflege und Gesamtkosten der Gemeindebefragung, Vergleich mit den Daten des Praxistest

	Mittelwert Gemeinden 2009	Bandbreite Gemeinde- untersuchung 2009		Luzern 2008	Littau 2008	Luzern 2010	
kl. baul. Unterhalt							
kl. baul. Unterhaltskosten gesamt	287'853	144'152	403'050	2'177'872		2'229'080	CHF
Eigenleistung	144'523	57'330	272'042	2'177'872		2'229'080	CHF
Fremdleistung	19'696	-	45'459	-		-	CHF
kl. baul. Unterhaltskosten gesamt je m ²	1.11	0.46	1.70	1.63		1.30	CHF / m ²
kl. baul. Unterhaltskosten gesamt je EW	31.1	11.8	47.1	36.8		27.8	CHF / EW
Grünpflege							
Kosten Grünpflege gesamt	181'323	34'545	357'949	622'317		419'578	CHF
Eigenleistung	70'592	20'384	115'015	622'317		419'578	CHF
Fremdleistung	110'730	-	286'397	-		-	CHF
Kosten Grünpflege gesamt je m ²	0.65	0.10	1.14	0.47		0.25	CHF / m ²
Kosten Grünpflege gesamt je EW	16.6	3.6	29.7	10.5		5.2	CHF / EW
Gesamtauswertung							
Gesamtkosten	1'279'804	1'014'751	1'713'303	9'759'523	1'230'484	10'406'037	CHF
Gesamtkosten pro m ²	4.8	3.6	5.9	7.3	3.1	6.1	CHF / m ²
Gesamtkosten pro EW	135	99	199	165	59	130	CHF / EW

Gesamtkosten

Die Gesamtkosten für den betrieblichen Strassenunterhalt der Stadt Luzern im Jahr 2010 (6.1 CHF/m²) sind um 26% höher als der Mittelwert der Gemeindebefragung (4.8 CHF/m²).

Im Vergleich zu 2008 sanken die Kosten von 7.3 CHF/m² auf 6.1 CHF/m² um 1.23 CHF/m² (17%), auch die Gesamtkosten im betrieblichen Strassenunterhalt reduzierten sich um 580'000 CHF (5%).

Im Vergleich zu den Gesamtkosten für den betrieblichen Strassenunterhalt aus der Gemeindebefragung (4.80 CHF/m²) sind die angegebenen Kosten in Littau 2008 mit 3.10 CHF/m² relativ gering. Wie bereits erwähnt, konnten die Kosten für die Gemeinde Littau nicht überprüft werden. Geht man von mittleren Kosten von 4.80 CHF/m² für den betrieblichen Unterhalt der Gemeinde Littau im Jahr 2008 aus, so würden sich Ersparnisse für die Gesamtkosten von ca. 10 % ergeben (Tabelle 15, Abbildung 32).

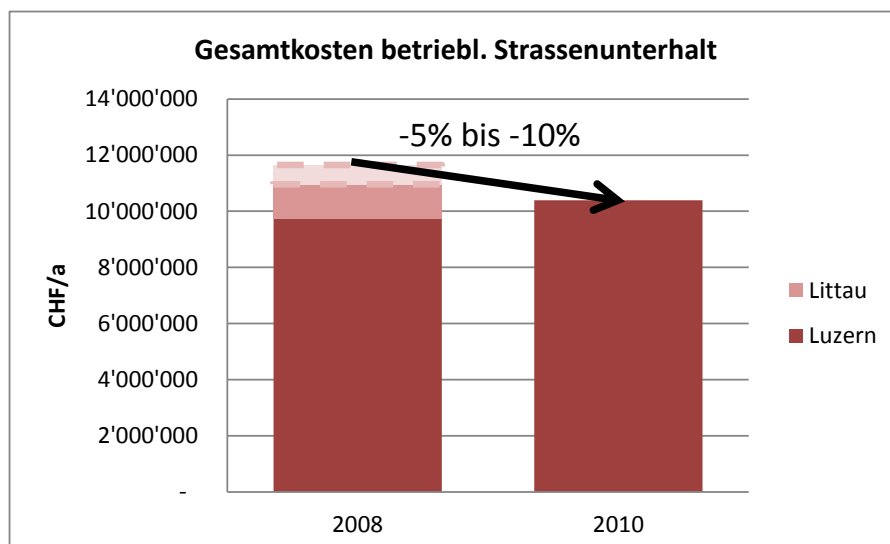


Abbildung 32: Vorher-Nachher-Vergleich der Gesamtkosten

Reinigungskosten in Abhängigkeit zur Reinigungshäufigkeit

Bereits in Teil B Kapitel 2.4.4., Abbildung 12 wurde die Abhängigkeit der Reinigungskosten von der Häufigkeit der Reinigung dargestellt. Diese Angaben aus der Gemeindebefragung wurden mit den Daten aus dem Praxistest ergänzt (Abbildung 33). In Teil B Kapitel 2.4.4. wurde bereits darauf hingewiesen, dass die veränderte Reinigungshäufigkeit 2010 gegenüber 2008 nicht durch eine Reduktion der Qualität entstand, sondern lediglich der Anteil der sehr häufig gereinigten Innenstadtbereiche im Verhältnis zur Gesamtfläche zurückging.

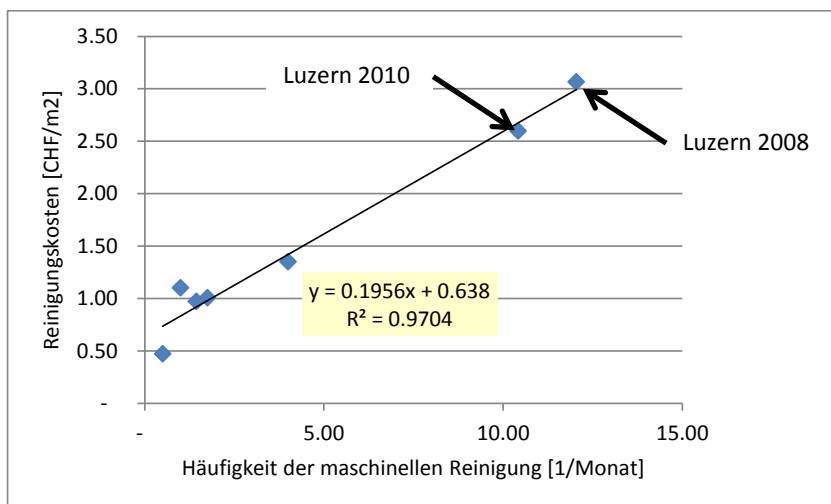


Abbildung 33: Reinigungskosten bezogen auf gesamte Strassenfläche in Abhängigkeit zur Häufigkeit der maschinellen Reinigung

Gemäss Abbildung 33 steigen die Kosten für die Reinigung in Abhängigkeit der Häufigkeit der maschinellen Reinigung und nehmen daher für das fusionierte Luzern in 2010 ab.

Werden die Kosten im Verhältnis zur Reinigungshäufigkeit analysiert (Kosten/Reinigungshäufigkeit) (Abbildung 34) oder im Verhältnis zur tatsächlich gereinigten Fläche in m² (Abbildung 35), so sind die Kosten in Luzern 2008 und 2010 nahezu konstant geblieben.

Diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass durch eine gute Auslastung der Kehrmaschinen eine Kostenoptimierung erreicht werden kann.

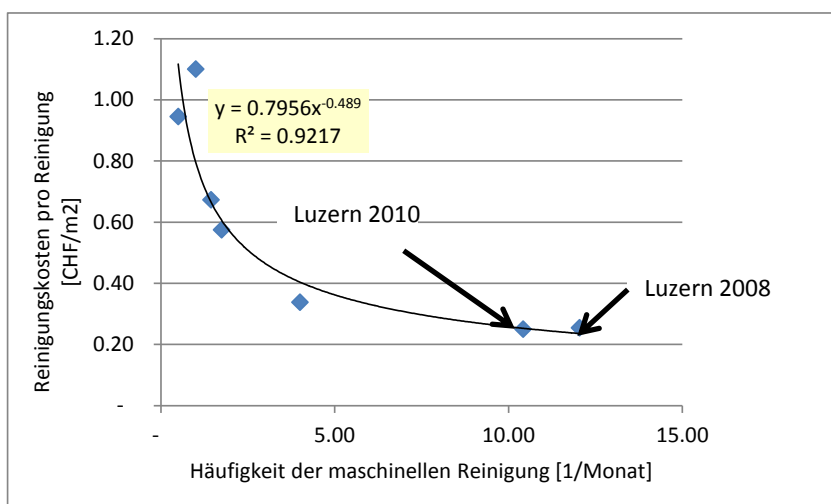


Abbildung 34: Reinigungskosten pro Reinigung im Verhältnis zur Häufigkeit der maschinellen Reinigung

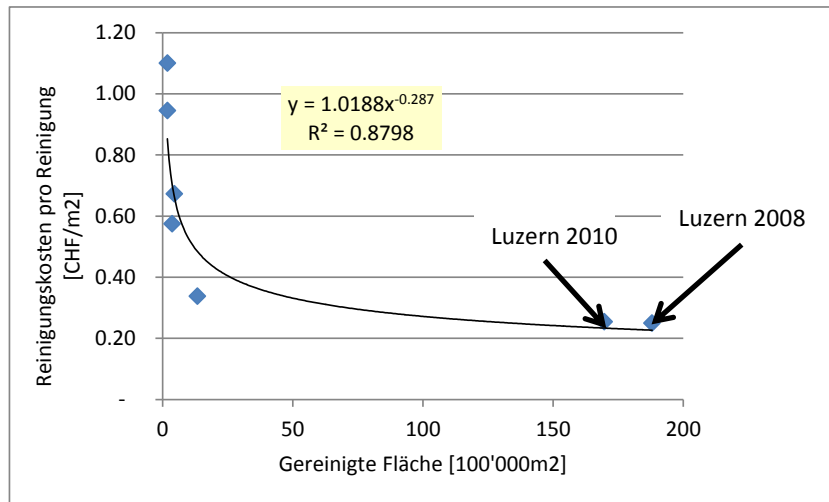


Abbildung 35: Reinigungskosten pro Reinigung im Verhältnis zur gereinigten Strassenfläche

Kostenbetrachtungen Vorher-Nachher-Vergleich

Verwaltungs- und Werkhofkosten

Die indirekten Kosten sind in den Jahren 2008 und 2010 nahezu konstant geblieben, daraus resultiert eine Verringerung der flächenbezogenen Kosten von 14% (von 1.05 CHF/m² auf 0.90 CHF/m²).

Winterdienst

Auf den Winterdienst hatte die Fusion bezüglich der Kosten nur geringe Auswirkungen (Einsparung von ca. 5%, bezogen auf die Winterdienstkosten).

Reinigung

Reinigungskosten, bezogen auf die bewirtschaftete Strassenfläche, sanken gegenüber dem Jahr 2008 um 15%. Als mögliche Ursachen können die Vergrößerung der Flächen mit geringer Reinigungshäufigkeit, Effizienzsteigerung und Erhöhung des Geräteeinsatzes mit gesteigerter Geräteauslastung genannt werden.

Kleiner baulicher Unterhalt und Grünpflege

Im Bereich der Grünpflege und des kleinen baulichen Unterhaltes (Tabelle 15) sanken die Kosten 2010 gegenüber dem Jahr 2008, obwohl sich das Gemeindegebiet vergrößert hat. Die Ursache hierfür ist unklar.

Gesamtkosten

Insgesamt konnten die Gesamtkosten des betrieblichen Strassenunterhaltes nach der Fusion um ca. 5%-10% reduziert werden, unter Berücksichtigung der normierten Winterdienstkosten.

Abbildungsverzeichnis Teil B

Abbildung 1: System Aufgabenbereich Strassenunterhalt und Kostenabgrenzung	230
Abbildung 2: Beispiel eines Fragebogens	233
Abbildung 3: Ganglinie mittlerer Arbeitsaufwand der Mitarbeiter im Bereich Werkhof	235
Abbildung 4: Ganglinie mittlerer Arbeitsaufwand der Mitarbeiter im Bereich Winterdienst.....	236
Abbildung 5: Ganglinie täglicher Arbeitsaufwand der Mitarbeiter einer Beispielmunicipal im Winterdienst	236
Abbildung 6: Ganglinie mittlerer Arbeitsaufwand der Mitarbeiter im Bereich Reinigung.....	237
Abbildung 7: Ganglinie mittlerer Arbeitsaufwand der Mitarbeiter im Bereich kleiner baulicher Unterhalt.....	237
Abbildung 8: Ganglinie mittlerer Arbeitsaufwand der Mitarbeiter im Bereich Grünpflege	238
Abbildung 9: mittlere monatliche Verteilung der Mitarbeiterstunden im betrieblichen Strassenunterhalt	238
Abbildung 10: Monatliche Verteilung der Maschinenstunden im betrieblichen Strassenunterhalt	240
Abbildung 11: Ganglinien der Wischmaschinen	241
Abbildung 12: Reinigungskosten [CHF/m ²] in Abhängigkeit der Häufigkeit der maschinellen Reinigung	243
Abbildung 13: Anteile der verschiedenen Bereiche des betrieblichen Strassenunterhaltes an den Gesamtkosten	244
Abbildung 14: Kosten der verschiedenen Bereiche des betriebl. Strassenunterhaltes nach Kostenarten	245
Abbildung 15: Prozentuale Verteilung der Kostenarten im betrieblichen Strassenunterhalt	245
Abbildung 16: Anzahl Eistage je Monat 2008, 2010 und als Mittelwert 1999-2010	248
Abbildung 17: Anzahl Frosttage je Monat 2008, 2010 und als Mittelwert 1999-2010.....	248
Abbildung 18: Anzahl Neuschneetage je Monat 2008, 2010 und als Mittelwert 1999-2010.....	248
Abbildung 19: Schematische Darstellung des Vorher-Nachher-Vergleichs	250
Abbildung 20: Organigramm Tiefbauamt der Stadt Luzern 2010.....	251
Abbildung 21: Darstellung der Zusammenarbeit der verschiedenen Abteilungen im TBA der Stadt Luzern	252
Abbildung 22: Mittlere monatliche Verteilung der Mitarbeiterstunden im betrieblichen Strassenunterhalt Stadt Luzern 2008.....	253
Abbildung 23: Mittlere monatliche Verteilung der Mitarbeiterstunden im betrieblichen Strassenunterhalt Stadt Luzern 2010.....	254
Abbildung 24: Vergleich der Monatsganglinien Reinigung Luzern 2008, 2010 und Gemeindebefragung.....	254
Abbildung 25: Vergleich der Monatsganglinien Winterdienst Luzern 2008, 2010 und Gemeindebefragung.....	255
Abbildung 26: Vergleich der Monatsganglinien kl. baulicher Unterhalt Luzern 2008, 2010 und Gemeindebefragung.....	255
Abbildung 27: Vergleich der Monatsganglinien Grünpflege Luzern 2008, 2010 und Gemeindebefragung.....	256
Abbildung 28: Mittlere monatliche Verteilung der Maschinenstunden im betrieblichen Strassenunterhalt Stadt Luzern 2008.....	256
Abbildung 29: Mittlere monatliche Verteilung der Mitarbeiterstunden im betrieblichen Strassenunterhalt Stadt Luzern 2010.....	257
Abbildung 30: Gesamtkosten prozentual nach Tätigkeiten, Gemeindebefragung, Luzern 2008 und 2010.....	260
Abbildung 31: Vorher-Nachher-Vergleich der Winterdienstkosten.....	261
Abbildung 32: Vorher-Nachher-Vergleich der Gesamtkosten	262
Abbildung 33: Reinigungskosten bezogen auf gesamte Strassenfläche in Abhängigkeit zur	

Häufigkeit der maschinellen Reinigung.....	263
Abbildung 34: Reinigungskosten pro Reinigung im Verhältnis zur Häufigkeit der maschinellen Reinigung	263
Abbildung 35: Reinigungskosten pro Reinigung im Verhältnis zur gereinigten Strassenfläche	264

Literaturverzeichnis Teil B

FES (2000)	Empfehlung Leistungs- und Kosten-Controlling im Strassenunterhaltsdienst
Girmscheid, G. (2007)	Forschungsmethodik in den Baubetriebswissenschaften. 2. Aufl., Eigenverlag des IBB an der ETH Zürich, Zürich, 2007
Girmscheid, G. (2006)	NPV-Wirtschaftlichkeitsanalysemodell – Lebenszyklusbetrachtung von kommunalen Strassenunterhalts-PPPs. In: Bauingenieur (2006), Band 81, H. 10/2006 S. 455-463
Girmscheid, G. (2006)	Entscheidungsmodell – Lebenszyklusorientierte Unterhaltsstrategien für Strassennetze. In: Bauingenieur (2007), H. 7/8/2006 S. 346-366
Girmscheid G. , Dreyer J. (2006)	Public Privat Partnership - Begriffliche Strukturierung und Modellbildung. In: Bauingenieur (2006), Band 81, H. 03/2006 S.99 - 109
Girmscheid, G. (2006)	PPP-Projektentwicklungsmodell – Unterhalt von kommunalen Strassen. In: Bauingenieur (2005), Band 80, H. 4/2005 S. 220-227
Glaserfeld, E.v.	Radikaler Konstruktivismus: Ideen, Ergebnisse, Probleme. 2. Aufl., Suhrkamp, Frankfurt a.M., 1998
Piaget, J.	Erkenntnistheorie der Wissenschaften vom Menschen: die Wissenschaften vom Menschen und ihre Stellung im Wissenschaftssystem. Ullstein, Frankfurt/M, 1973
Girmscheid, G., Lindenmann, H.-P., Dreyer, J., Schiffmann, F. (2008)	Kommunales Strassennetz in der Schweiz: Formen neuer Public Private Partnership (PPP) – Kooperationen für den Unterhalt. Abschlussbericht zum Forschungsprojekt ASTRA 2003/007, Zürich, 2008
Lindenmann, H.-P.	Erhaltungsmanagement. Vorlesungsunterlagen, ETH Zürich, 2005
Yin, R.K	Case study research: Design and methods. Sage, Thousand Oaks, 1994
Dreyer, J.	Prozessmodell einer Public Private Partnership für den kommunalen Strassenunterhalt in der Schweiz. Eigenverlag des IBB der ETHZ, Zürich, 2008.
Lindenmann, H.P., Leemann, N., Seiler-Scherer, L.	Pilotstudie Winterdienst Nationalstrassen – Leistungsbeschreibung, Standards und Controlling, Zürich, 2008.
Bundesamt für Statistik	http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/regionen/11/geo/raeumliche_typologien/01.parsys.0003.downloadList.00031.DownloadFile.tmp/typocommtextde.pdf , 10.07.2012
SN 640 720	Strassenunterhalt; Reinigung
SN 640 722	Strassenunterhalt; Unterhalt von Strassen ohne Belag sowie von Böschungen und Felseinschnitten
SN 640 725	Unterhalt der Bepflanzung; Aufgaben und Durchführung
SN 640 727	Strassenbetrieb und –unterhalt; Entsorgung im Strassenbetrieb
SN 640 754	Winterdienst; Wetterinformation, Strassenzustandserfassung, Aufgebotsorganisation
SN 640 756	Winterdienst; Dringlichkeitsstufen, Winterdienst-Standard, Routenplan, Routenverzeichnisse und Einsatzplan
SN 640 757	Winterdienst; Bewegliche Mittel (Fahrzeuge, Maschinen und Geräte), inkl. Anhang
SN 640 761	Winterdienst; Schneeräumung

Teil C **Rechtliche und organisatorische Aspekte einer interkommunalen Organisation – Federas Beratung AG**

C-1 **Einführende Bemerkungen**

Die vorangehenden Kapitel haben gezeigt, dass mit einem siedlungs- resp. gemeindegebietsübergreifenden Strassenunterhalt Leistungen effizienter und kostengünstiger erbracht werden können. Damit das entsprechende Optimierungspotenzial genutzt werden kann, stellt sich konkret die Frage, wie ein siedlungsübergreifender Strassenunterhalt organisiert werden kann, insbesondere mit welcher Trägerschaft und in welcher Rechtsform. Die folgenden Erläuterungen gehen dabei von einem siedlungsübergreifenden Strassenunterhalt ohne (integrale) Gemeindefusion oder als Alternative dazu aus.

Zu beachten ist, dass die jeweiligen kantonalen oder kommunalen Rahmenbedingungen, bspw. in Bezug auf die möglichen Rechtsformen und deren Ausgestaltung oder in Bezug auf die für den Entscheid einzubeziehenden Organe unterschiedlich sind. Die folgenden Überlegungen fokussieren deshalb auf die grundsätzlichen Elemente ohne Ausleuchtung kantonalen (oder gar kommunaler) Unterschiede.

Das Kapitel ist folgendermassen aufgebaut:

- Eine Kurzdarstellung möglicher Rechtsformen zur Aufgabenerfüllung
- Die wesentlichen relevanten Handlungsalternativen einer Gemeinde inkl. Darstellung der jeweiligen Vor- und Nachteile
- Ein Musterablauf für das Vorgehen

C-2 **Kurzdarstellung möglicher Rechtsformen**

2.1 **A Öffentlich-rechtliche Formen**

2.1.1 **Sitzgemeinde mit Anschlussvertrag**

Beim Anschlussvertrag einigen sich gleichberechtigte Körperschaften vertraglich über die Modalitäten der Zusammenarbeit in einem Aufgabenbereich. Im Gegensatz zum Zweckverband entsteht kein rechtlich verselbstständiger Träger mit selbstständig handelnden Organen. Die Sitzgemeinde verpflichtet sich zur Leistungserbringung, die Anschlussgemeinden zahlen ein entsprechendes Entgelt. Die Anschlussgemeinden besitzen bei der Aufgabenerfüllung kein direktes Mitspracherecht. Dafür ist diese Form einfach zu handhaben.

Der Vertragsinhalt wird (abgesehen von den rechtlichen Vorgaben) von den Gemeinden festgelegt. Alle wesentlichen Fragen der Aufgabenerfüllung müssen im Vertrag klar geregelt werden. Zum Inhalt gehören insbesondere die von der Trägergemeinde übernommenen Aufgaben, die Übertragung hoheitlicher Befugnisse, die Finanzierung, die Mitwirkungs- und Informationsrechte der angeschlossenen Partner, die Voraussetzungen für Anpassungen, Geltungsdauer und Kündigungsmodalitäten sowie Ansprüche auf Abfindung bei Beendigung des Vertragsverhältnisses, insbesondere bei gemeinsam getätigten Investitionen.

2.1.2 Zweckverband

Gemeinden können sich zu einem Zweckverband zusammenschliessen. Mit dem Zweckverband entsteht eine öffentlich-rechtliche Körperschaft mit eigenen Organen und eigener Rechtspersönlichkeit. Für die innere Organisation des Zweckverbandes kann zwischen einer Organisation mit oder ohne Delegiertenversammlung gewählt werden. Bei einer kleinen Zahl von beteiligten Gemeinden genügt eine einfache Organisation ohne Delegiertenversammlung. Notwendige Verbandsorgane sind üblicherweise die Verbandsgemeinden (resp. deren zuständigen Organe), der Vorstand (Kommission) sowie ein Kontrollorgan – je nach Kanton auch die Stimmberechtigten des Verbandsgebietes. Grundsätzlich besteht grosser Spielraum in der Ausgestaltung der Zweckverbandsstatuten. Zum Inhalt gehören im Wesentlichen der Zweck oder die Aufgaben des Verbandes, die Organisation, die Finanzierung, die Dauer und Beendigung sowie die Liquidation.

Die Gemeinden resp. die Gemeindeexekutiven treten einen Teil ihrer angestammten Kompetenzen an die Verbandsexekutive ab, wobei die Aufteilung individuell gestaltbar ist. Die Verbandsexekutive ist für die Führung zuständig und trifft die organisatorischen, finanziellen und personellen Entscheidungen im Rahmen der Statuten.

2.1.3 Selbstständige Gemeindeanstalten (selbständige öffentlich-rechtliche Anstalt)

Eine selbstständige öffentlich-rechtliche Anstalt hat eine eigene Rechtspersönlichkeit, eigene Organe und eigenes Vermögen. Sie kann in eigenem Namen auftreten und mit Dritten Verträge abschliessen. Anstaltsinterne Organisation und Verfahrensstrukturen sind nicht schon durch übergeordnetes Recht vorgegeben. Entsprechend ist ein wesentliches Merkmal, dass sie „massgeschneidert“ erstellt werden kann und sowohl sehr „offene“ Lösungen nahe bei einer Aktiengesellschaft, als auch sehr „geschlossene“ Lösungen ähnlich einem Zweckverband, möglich sind.

Eine selbstständige Anstalt kann nur von Gemeinden errichtet werden. Voraussetzung ist damit, dass eine Beteiligung Privater an der Aufgabenerfüllung nicht angestrebt wird. Auch mehrere Gemeinden können gemeinsam eine (interkommunale) Anstalt errichten. Um die Hürde des Errichtungsaufwands möglichst niedrig zu halten, ist als rechtliche Grundlage der interkommunalen Anstalt ein Gründungsvertrag vorgesehen, der durch die beteiligten Gemeinden an der Urne verabschiedet werden muss. Inhalt des Gründungsvertrags bilden insbesondere der Aufgabenbereich, die Finanzierung, die interne Organisationsstruktur, die Einflussmöglichkeiten der Trägerschaft und die Delegation von Rechtsetzungs- und Verfügungsbefugnissen. Der Gründungsvertrag kann vorsehen, dass untergeordnete Vertragsänderungen von der Gemeindeversammlung oder vom Grossen Gemeinderat beschlossen werden können. Das Arbeitsverhältnis des Personals von selbstständigen Anstalten bleibt öffentlich-rechtlich.

Die selbstständige Gemeindeanstalt ist zugeschnitten auf in sich geschlossene Aufgabenfelder von bedeutendem Ausmass, welche nicht zur klassischen Eingriffsverwaltung zählen. Sie eignet sich insbesondere für eigenwirtschaftliche oder verursacherfinanzierte Tätigkeiten. Ungeeignet sind Aufgaben, in denen demokratische Entscheidungsprozesse von hoher Bedeutung sind.

2.1.4 Öffentlich-rechtliche Stiftungen

Die öffentlich-rechtliche Stiftung ist eine durch einen Stiftungsakt begründete, dem öffentlichen Recht unterstellte und mit Rechtspersönlichkeit ausgestattete Einheit, die mit ihrem Stiftungsvermögen eine öffentliche Aufgabe erfüllt (Art. 59 Abs. 1 ZGB). Der Stiftungsakt besteht in der Regel in einem Gesetz, das mindestens die Grundzüge der Organisation, den Zweck, die Finanzierung und die Aufsicht regelt und ist im Gesetzgebungsverfahren jederzeit abänderbar (auch bezüglich Organisation und Stiftungszweck). Die öffentlich-rechtliche Stiftung unterscheidet sich in ihrer Rechtsstruktur grundsätzlich kaum von der öffentlich-rechtlichen Anstalt. Vorbehalten sind besondere kantonale Regelungen. Stiftungen stehen unter Aufsicht des Gemeinwesens, dem sie nach ihrer Bestimmung angehören.

2.2 B Privatrechtliche Formen

2.2.1 Aktiengesellschaft

Sowohl Private wie auch Gemeinwesen kommen als Aktionäre in Frage. Das Aktienkapital muss mindestens 100'000 Franken betragen. Die Organisation wird innerhalb des gesetzlichen Rahmens durch die Statuten ausgestaltet. Als Organe sind die Generalversammlung, der Verwaltungsrat sowie die Revisionsstelle durch Gesetz zwingend vorgeschrieben. Die Generalversammlung ist das höchste Organ und für die Wahl von Verwaltungsrat und Revisionsstelle zuständig. Sie kann aber nicht in die zwingenden Kompetenzen von Verwaltungsrat und Revisionsstelle eingreifen. Die Veräusserung wesentlicher Unternehmensbestandteile liegt grundsätzlich in der Kompetenz des Verwaltungsrates, ausser wenn dies eine faktische Zweckänderung der Gesellschaft zur Folge hat. Der Einfluss des Gemeinwesens kann mit Konzessionen, der Ausübung der Aktionärsrechte und weiteren Instrumenten wie bspw. Stimmrechtsaktien oder Aktionärsbindungsverträgen geltend gemacht werden. Aktionärsrechte werden grundsätzlich von der Exekutive des Gemeinwesens wahrgenommen.

Zu beachten ist, dass sich der Privatisierungsakt nicht auf die Gründung der Aktiengesellschaft und den Gemeindeentscheid über die Beteiligung oder Mitwirkung an dieser Gesellschaft beschränkt. Die einzelnen Gemeinden müssen der Aktiengesellschaft die zu erfüllende öffentliche Aufgabe in einem formellen gesetzlichen Akt übertragen. Der Inhalt dieser Beschlüsse wird bestimmt von der Art der übertragenen Aufgabe und vom Grad des Interesses der Gemeinde an der Aufgabenerfüllung. Es können damit Liegenschaften, andere Sachgüter und Rechte, Dienstverhältnisse und sonstige vertragliche Verpflichtungen übertragen werden, soweit diese nicht bereits mit der Gründung der Trägerschaft in Form der Kapitaleinlage bestimmt sind. Insbesondere aber werden die Gemeinden die mit der Aufgabenerfüllung verbundenen Leistungsstandards für die Aufgabenerfüllung festlegen.

Bei der Aktiengesellschaft verliert der Staat anders als bei der öffentlich-rechtlichen Anstalt die direkte juristische Verfügungsgewalt über den Betrieb. Über Statuten und staatlichen Leistungsauftrag können Kontrollmechanismen geschaffen werden, die demokratischen Mitbestimmungsrechte entfallen aber vollumfänglich. Mit der Variante der gemischtwirtschaftlichen Aktiengesellschaft kann einem Gemeinwesen in den Statuten das Recht eingeräumt werden, Mitglieder in den Verwaltungsrat oder die Revisionsstelle abzuordnen, ohne zwingend an der Gesellschaft beteiligt zu sein.

Die Aktiengesellschaft eignet sich für insbesondere für wettbewerbswirtschaftliche Unternehmen, für deren Aufgabenerfüllung eine hohe Flexibilität wichtiger ist als die demokratische Mitbestimmung.

2.2.2 Gesellschaft mit beschränkter Haftung (GmbH)

Gesellschafter können natürliche oder juristische Personen auch des öffentlichen Rechts sein. Mit der Revision des OR wurde das Recht der GmbH an das Aktienrecht angenähert – wobei die GmbH konsequent als personenbezogene Kapitalgesellschaft ausgestaltet ist. Die GmbH verfügt über ein festgelegtes Grundkapital. Die Übertragung der Stammanteile ist schwerfällig. Die Haftung ist auf die Stammeinlage und allfällige statutarische Nachschusspflicht beschränkt. Bezüglich Organisation ist der gesetzliche Rahmen flexibel. Organe sind die Gesellschafterversammlung, die Geschäftsführung sowie weitere Organe gemäss Statuten. Der Stellung der Gemeinwesen kann durch besondere in den Statuten zu verankernde Gesellschafterpflichten Rechnung getragen werden. Gegen einen unerwünschten Gesellschafterwechsel kann die Bestimmung schützen, wonach die Übertragung der Stammanteile nur mit Zustimmung von $\frac{3}{4}$ der Gesellschafter die zudem $\frac{3}{4}$ des Stammkapitals vertreten, erfolgen kann.

2.2.3 Genossenschaft

Der Hauptzweck der Genossenschaft besteht in der Förderung oder Sicherung bestimmter wirtschaftlicher Interessen ihrer Mitglieder. Sie stellt eine personenbezogene Körperschaft mit einer offenen Zahl der Mitglieder dar. Wer die statutarischen

Bestimmungen für die Aufnahme erfüllt, muss (auch gegen den Willen der bisherigen Genossenschafter) aufgenommen werden („Prinzip der offenen Türe“). Genossenschafter können sowohl Private als auch Gemeinwesen sein. Hingegen ist der Genossenschaftsanteil nicht frei übertragbar. Für Verbindlichkeiten haftet allein das Genossenschaftsvermögen, sofern die Statuten nicht eine begrenzte oder unbegrenzte persönliche Haftung der Genossenschafter vorsehen.

Die Genossenschaft eignet sich, wo Aufgaben auch in gemeinsamer Selbsthilfe von den Betroffenen gelöst werden können und wo die demokratische Strukturierung des Unternehmens auf Grund des Kopfstimmenprinzips erwünscht oder akzeptabel ist.

Mit der gemischtwirtschaftlichen Genossenschaft besteht die Möglichkeit, das Kopfstimmenprinzip abzuschwächen. Sie räumen dem Gemeinwesen das Recht ein, Vertreter in die Verwaltung bzw. die Kontrollstelle abzuordnen.

2.2.4 Verein

Der Verein darf kein wirtschaftliches Ziel verfolgen (keine Gewinnorientierung). Der Verein ist eine juristische Person (eigene Rechtsfähigkeit, im Gegensatz zur einfachen Gesellschaft oder einem Konsortium) mit einem nicht-wirtschaftlichen Zweck. Er kann aber zur Förderung seines Zwecks ein kaufmännisches Gewerbe betreiben, womit der Verein im Handelsregister eingetragen werden muss. Die Mitgliedschaft ist nicht übertragbar. Es besteht grosse Freiheit in der Ausgestaltung der Organisation. Ein Verein muss von Gesetz wegen mindestens zwei Organe aufweisen: Die Vereinsversammlung und den Vorstand. Der Verein ist wegen des personenbezogenen Elements schwergewichtig auf die Vereinsversammlung ausgelegt, welche grundsätzlich jederzeit in die operative Tätigkeit einer von ihr betriebenen Einrichtung eingreifen kann. Gemäss Art. 67 ZGB haben alle Mitglieder an der Vereinsversammlung das gleiche Stimmrecht. Die Vereinsbeschlüsse werden mit Mehrheit der Stimmen der anwesenden Mitglieder gefasst.

Sofern die Statuten keine Nachschusspflicht vorsehen und der Mitgliederbeitrag festgelegt ist, haftet für Verbindlichkeiten des Vereins ausschliesslich das Vereinsvermögen.

Die Vorteile des Vereins liegen darin, dass kein Kapital notwendig ist und er mit geringem formalen Aufwand gegründet werden kann. Er eignet sich grundsätzlich für abgeschlossene Aufgabenfelder mit grossem Handlungsspielraum und dort, wo die gemeinsame Verwirklichung des (nicht gewinnorientierten) Vereinszwecks im Vordergrund steht.

2.2.5 Privatrechtliche Stiftung

Bei der privatrechtlichen Stiftung handelt es sich um Zweckvermögen mit eigener Rechtspersönlichkeit. Stiftungszweck und Organisation werden bei der Gründung im Stiftungsakt geregelt und können später nicht ohne weiteres abgeändert werden. Das Gesetz schreibt nur ein obligatorisches Organ, die Verwaltung durch einen Stiftungsrat, vor. Die Stiftung untersteht der Stiftungsaufsicht. Diese hat dafür zu sorgen, dass das Stiftungsvermögen seinen Zwecken entsprechend verwendet wird. Ein eigentliches Willensbildungsorgan im körperschaftlichen Sinne ist der Stiftung definitionsgemäss verwehrt, weil die Stiftung keine Mitglieder hat und letztlich immer den Willen des Stifters ausführen muss.

Die Stiftung eignet sich für soziale, kulturelle und gemeinnützige oder andere ideelle Zwecke und nur dort, wo eine starke Bindung an Zweck und Organisation erwünscht ist.

2.3 Handlungsalternativen einer Gemeinde

Das vorhergehende Kapitel hat die sehr breite Palette an möglichen Rechtsformen aufgezeigt. Die Wahl der „richtigen“ Form ist dabei von verschiedenen Faktoren und der konkreten Situation abhängig. Es ist – um ein simples Beispiel zu nehmen – nicht das Gleiche, ob eine Gemeinde mit 20'000 Einwohnern neu die Strassenreinigung für die Nachbargemeinde mit 1'000 Einwohnern übernimmt oder ob sieben kleinere Gemeinden mit 2'000 bis 3'000 Einwohner sich entscheiden, neu gemeinsam einen zentralen Werkhof zu betreiben. Eine massgebende Rolle spielen dabei insbesondere folgende Faktoren:

- Die Anzahl sowie die Grössenverhältnisse der beteiligten Gemeinden;
- Die Vorstellungen der beteiligten Gemeinden über die Finanzierung der Leistungen (resp. allfälliger Investitionen) sowie über die Mitsprache- und Steuerungsmöglichkeiten;
- Der Leistungsumfang, der in einem grösseren Perimeter gemeinsam realisiert werden soll (umfassender betrieblicher Strassenunterhalt oder nur Teile davon);
- Die Frage, ob auch die Infrastruktur (Werkhof) zusammengelegt werden soll oder „nur“ die Dienstleistungen durch eine zentrale Stelle erbracht wird.

Neben diesem situationsspezifischen Aspekt stellt sich für eine Gemeinde primär die Frage, welche Rolle sie spielen will, d.h. prägnant gesagt, ob sie sich als „Einkäufer“ oder als „Eigner“ des Strassenunterhalts sieht. Das Selbstverständnis ist dabei ganz eine anderes. Als „Einkäufer“ betrachtet sich die Gemeinde als Leistungsbesteller: Sie bestellt und bezahlt eine definierte Leistung und passt bei Bedarf den Vertrag oder den Leistungsanbieter an. In der reinen Form muss die Gemeinde nicht investieren, zudem könnte sie die Leistungen auch von einem privaten Anbieter einkaufen. Die Einflussnahme erfolgt indirekt über die abgeschlossenen Leistungsvereinbarungen und deren Verhandlung. Als „Eigner“ ist die Gemeinde selber Träger des Leistungserbringers und nimmt direkt auch auf die Leistungserbringung Einfluss. Sie beteiligt sich an den notwendigen Investitionen und ist damit auch Risikoträger. Im Kern geht es dabei um die Frage, wie wichtig einer Gemeinde eine direkte Einflussnahme auf die Art der Leistungserbringung ist.

Erst nach Klärung dieser Grundsatzfrage stellt sich anschliessend und in diesem Sinne untergeordnet die Frage nach der Rechtsform. Bei dieser kommt zusätzlich die betriebliche Sicht ins Spiel. Kernfrage ist aus dieser Optik, wie wichtig die Flexibilität und der unternehmerische Spielraum für den operativen Betreiber ist - insbesondere von Bedeutung für Unternehmen, welche stark wettbewerbswirtschaftlich ausgerichtet sind. Zentrale Faktoren sind dabei u.a. die Möglichkeit, Fremdkapital aufzunehmen, Kooperationen einzugehen zu können, Private zu beteiligen oder (flexiblere) privatrechtliche Anstellungsverhältnisse abzuschliessen.

Grundsätzlich ergeben sich daraus aus unserer Sicht folgende Handlungsalternativen:

2.3.1 Gemeinde als Einkäufer

Die Gemeinde hat im Wesentlichen zwei Optionen: den „Einkauf“ bei einem privaten Anbieter oder bei einer Sitzgemeinde. Die beiden Varianten unterscheiden sich folgendermassen:

	Privater Anbieter	Sitzgemeindemodelle
Freiheit in der Betriebsorganisation	• Sache des Anbieters, hohe Autonomie • Privatrechtliche Anstellungsverhältnisse • Kurze Entscheidungswege	• Betrieb ist Teil der Zentralverwaltung, Organisation gemäss Vorgaben Gemeindegesetz und Gemeindeordnung • In diesem Rahmen Gestaltungsfreiheit durch Organisationsreglement Gemeindeexekutive • Öffentlich-rechtliche Anstellungsverhältnisse • Längere und politische Entscheidungswege bei Investitionen und Stellenplananpassungen
Einflussmöglichkeiten Stimmberechtigte (Anschlussgemeinde)	• Je nach Ausgabenhöhe ist Gemeindeversammlung oder der Gemeinderat für den Ausgabenbeschluss zuständig	• Je nach Gemeindeordnung und Ausgabenhöhe ist Gemeindeversammlung oder der Gemeinderat für die Verabschiedung Anschlussvertrag zuständig
Einflussmöglichkeiten Gemeinderat (Anschlussgemeinde)	• Über die Vertragsabschlüsse	• Über die Leistungsvereinbarung, je nach Ausgestaltung und kantonalen Rahmenbedingungen mit weiteren Mitbestimmungsmöglichkeiten
(direkte) Steuern	• steuerpflichtig	• steuerbefreit

Abb.1: Unterschiede Varianten „Privater Anbieter“ und „Sitzgemeindemodell“

Im Szenario Einkäufer spricht aus Sicht der Anschlussgemeinde die Steuerbefreiung für das Sitzgemeindemodell. Vorteil des privaten Anbieters ist eine höhere betriebliche Flexibilität sowie möglicherweise die Nutzung weiterer Synergien durch einen breiteren Kundenkreis. Potentieller Nachteil der Einkaufslösung ist eine gewisse Abhängigkeit bei einem Anbietermonopol – politisch wird die Gefahr der Abhängigkeit von einer privaten Firma wohl höher gewichtet als die Abhängigkeit von einer Sitzgemeinde.

C-3 Gemeinde als (Mit-)Eigentümer

Aus unserer Sicht stehen in diesem Szenario folgende Optionen im Vordergrund: die Bildung eines Zweckverbandes, einer Anstalt oder einer Aktiengesellschaft. Die drei Varianten unterscheiden sich folgendermassen (nochmals der Hinweis, dass es sich hier um einen grobschematischen Vergleich handelt, der nicht auf spezifische kantonale Unterschiede Rücksicht nimmt):

	Zweckverband	Öffentlich-rechtliche Anstalt	AG
Freiheit in der Betriebsorganisation	• Organe gemäss Vorgaben Gemeindegesetz • öffentlich-rechtliche Anstellungen • Lange und politische Entscheidungswege bei Investitionen und Stellenplananpassungen	• Gestaltungsfreiheit bezüglich Organen und Kompetenzen • Grundzüge sind in Gemeindeordnung bzw. Anstaltsordnung zu regeln • Öffentlich-rechtliche Anstellungen	• Im OR geregelt • Generalversammlung • Verwaltungsrat • Revisionsstelle • Evtl. weitere Organe • In diesem Rahmen Gestaltungsfreiheit durch Statuten • Privatrechtliche Anstellungen
Einflussmöglichkeiten Stimmberechtigte (Anschlussgemeinde)	• Verabschiedung der Zweckverbandsstatuten • Auflösung resp. Austritt aus dem Zweckverband • Je nach Ausgestaltung resp. kantonalen Rahmenbedingungen Zustimmung ab bestimmter Ausgabenhöhe und Initiativrecht	• Aufgaben(re)delegation • Regelung Leistungsauftrag, Befugnisse, Organisation und Finanzierung • Je nach Ausgestaltung Anstaltsordnung Investitions-, Sach- oder personelle Entscheide (Wahlen)	• Aufgabendelegation/ Leistungsauftrag (Regelung in GO) • Aktionärsbindungsvertrag • Genehmigung Statuten bei Errichtung
Einflussmöglichkeiten Gemeinderat (Anschlussgemeinde)	• In der Regel personelle Vertretung in Delegiertenversammlung und/oder Vorstand	• Aufsichtsfunktion • Je nach Ausgestaltung Anstaltsordnung Investitions-, Sach- oder personelle Entscheide • I.d.R. personelle Vertretung in Führungsorgan • Evtl. Leistungs- und Finanzierungsvereinbarungen • Evtl. besondere Zuständigkeiten	• Wahrnehmung Aktionärsrechte an GV • I.d.R. Vertretung in VR (Weisungsrecht an VR-Mitglieder problematisch) • Leistungs- und Finanzierungsvereinbarungen • Bei gemischt-wirtsch. AG gemäss Art. 762 OR => Recht zur Abordnung in VR oder Revisionsstelle auch wenn

			Gemeinde nicht Aktionärin
Sicherung Vermögenswerte für Gemeinde	• Umfassend • Erschwerte Veräusserbarkeit	• Umfassend • Erschwerte Veräusserbarkeit	• Sicherung strategischer (auf AG übertragener) Vermögenswerte nur beschränkt möglich • Veräusserbarkeit • Vinkulierung von Namensaktien
(direkte) Steuern	• Steuerbefreit	• evtl. steuerbefreit	• grundsätzlich steuerpflichtig, evtl. Ausnahmen
Haftung Gemeinde	• vollumfängliche Haftung für die Verbindlichkeiten des Verbandes, Anteil richtet sich nach Kostenverteiler	• Anstalt gemäss Haftungsgesetz • Trägergemeinde: subsidiär bei Ansprüchen aus Haftungsgesetz; bei Zahlungsunfähigkeit umstritten	• Haftung Aktionäre beschränkt auf Aktienkapital • Subsidiäre Haftung des Gemeinwesens bei Erfüllung öff. Aufgaben • Haftung bei Mehrheitsbeteiligung und starker Einmischung Gemeinde
Fremdfinanzierung	• Nur bei gebührenfinanzierten Zweckverbänden (und spezifischen Ausnahmen) möglich	• Möglich	• Möglich
Zusammenarbeit mit Dritten	• Keine Beteiligung Dritter möglich	• (Anschluss-)Verträge • Aktive Beteiligung an privaten Organisationen • Keine Beteiligung Dritter an Anstalt möglich	• Vertragslösungen • Aktive Beteiligung an privaten Organisationen • Passive Beteiligung von privaten oder öff. Institutionen

Abb.2: Unterschiede der (Mit-)Eigentümervarianten

Im Szenario „Eigentümer“ sprechen die betriebliche Autonomie und die Möglichkeit der Zusammenarbeit mit Dritten für die Aktiengesellschaft oder eine öffentlich-rechtliche Anstalt und gegen einen Zweckverband. Vorteil des Zweckverbandes ist aus Sicht des Betreibers, dass die Finanzierung sichergestellt ist und nicht mit den einzelnen Gemeinden jeweils noch Leistungsvereinbarungen abgeschlossen werden müssen.

Der Entscheid über die Umsetzung des überkommunalen Strassenunterhalts wird also im konkreten Fall von der ganz praktischen Frage abhängig sein, wie viele Gemeinden überhaupt für eine Zusammenarbeit in Frage kommen, wie deren jeweiligen Grössenverhältnisse sind und in welcher Rolle sie sich sehen. Wir gehen dabei von folgenden zwei „Mustersituationen“ aus: 10

Situation 1: eine grosse Gemeinde mit einer oder mehreren kleineren angrenzenden Gemeinden. Die grosse Gemeinde ist bereit, diese Dienstleistungen gegenüber den anderen Gemeinden zu erbringen. Insgesamt steht aus unserer Sicht in diesem Fall das Sitzgemeindemodell als relativ unkomplizierte Form im Vordergrund.

Situation 2: mehrere kleinere Gemeinden in ähnlicher Grösse, keiner will alleine die Verantwortung tragen, den Strassenunterhalt für alle anderen Gemeinden vorzunehmen. Faktisch kommt damit nur eine neu zu gründende Organisation mit gemeinsamer Trägerschaft für die Umsetzung in Frage (abgesehen von der Lösung eines privaten Anbieters). Da der betriebliche Strassenunterhalt als relativ technische Frage ohne besonderen politischen Charakter verstanden werden kann, steht in diesem Fall eine Lösung mit grösserer betrieblicher Freiheit – also konkret eine privatrechtlich organisierte Trägerschaft als Aktiengesellschaft (oder aufgrund der Annäherung an die Aktiengesellschaft eine GmbH) im Vordergrund, auch wenn der Errichtungsaufwand dazu möglicherweise etwas grösser ist.

C-4 Musterablauf für das Vorgehen

Ganz allgemein erachten wir folgendes Vorgehen zur Prüfung und allfälligen Umsetzung eines gemeindeübergreifenden Strassenunterhalts als sinnvoll. Die Entscheidungsfindung erfolgt dabei bewusst stufenweise und etappiert.

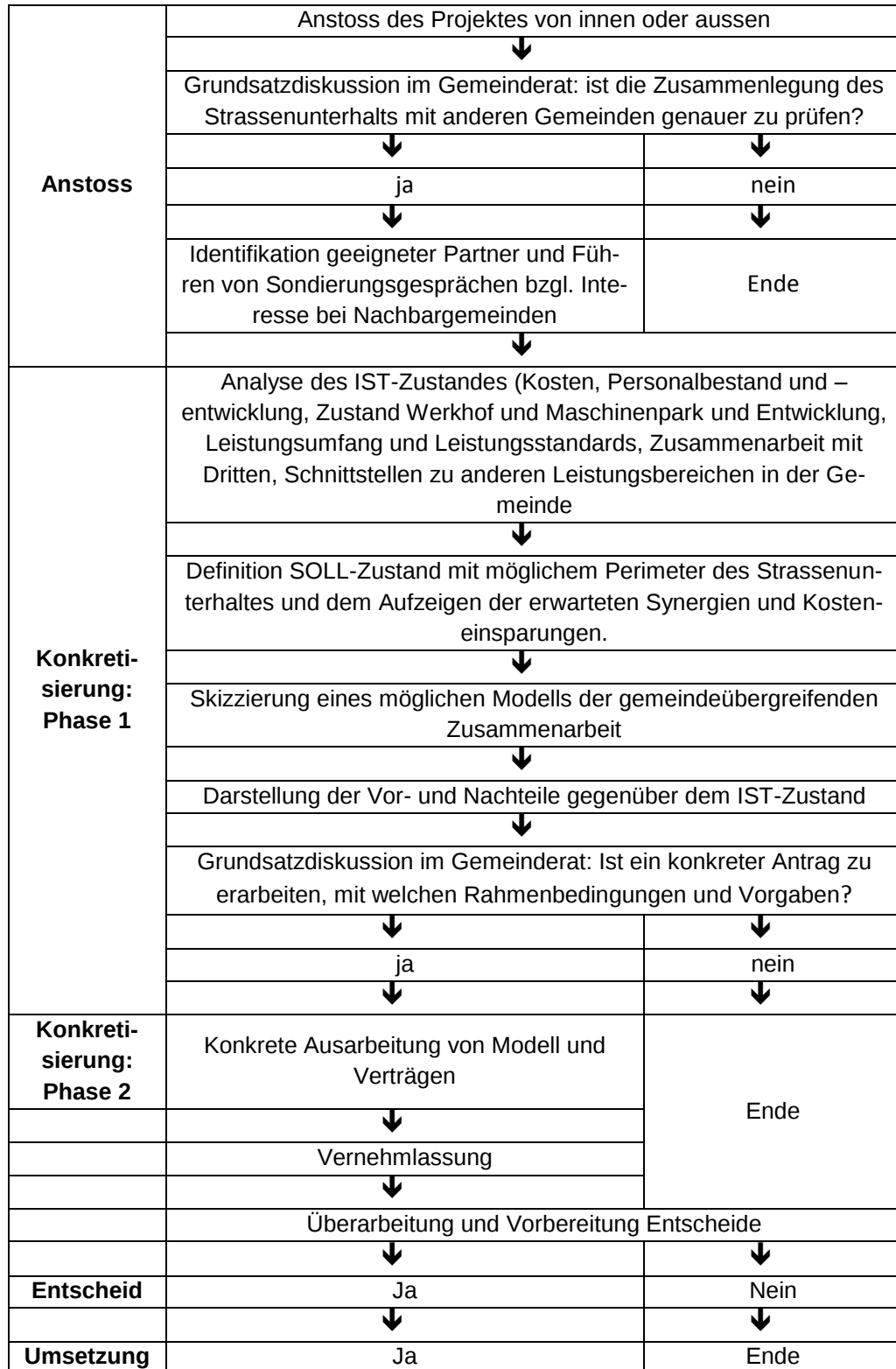


Abb.3: Schematischer Ablauf Entscheidungsfindung

Abbildungsverzeichnis Teil C

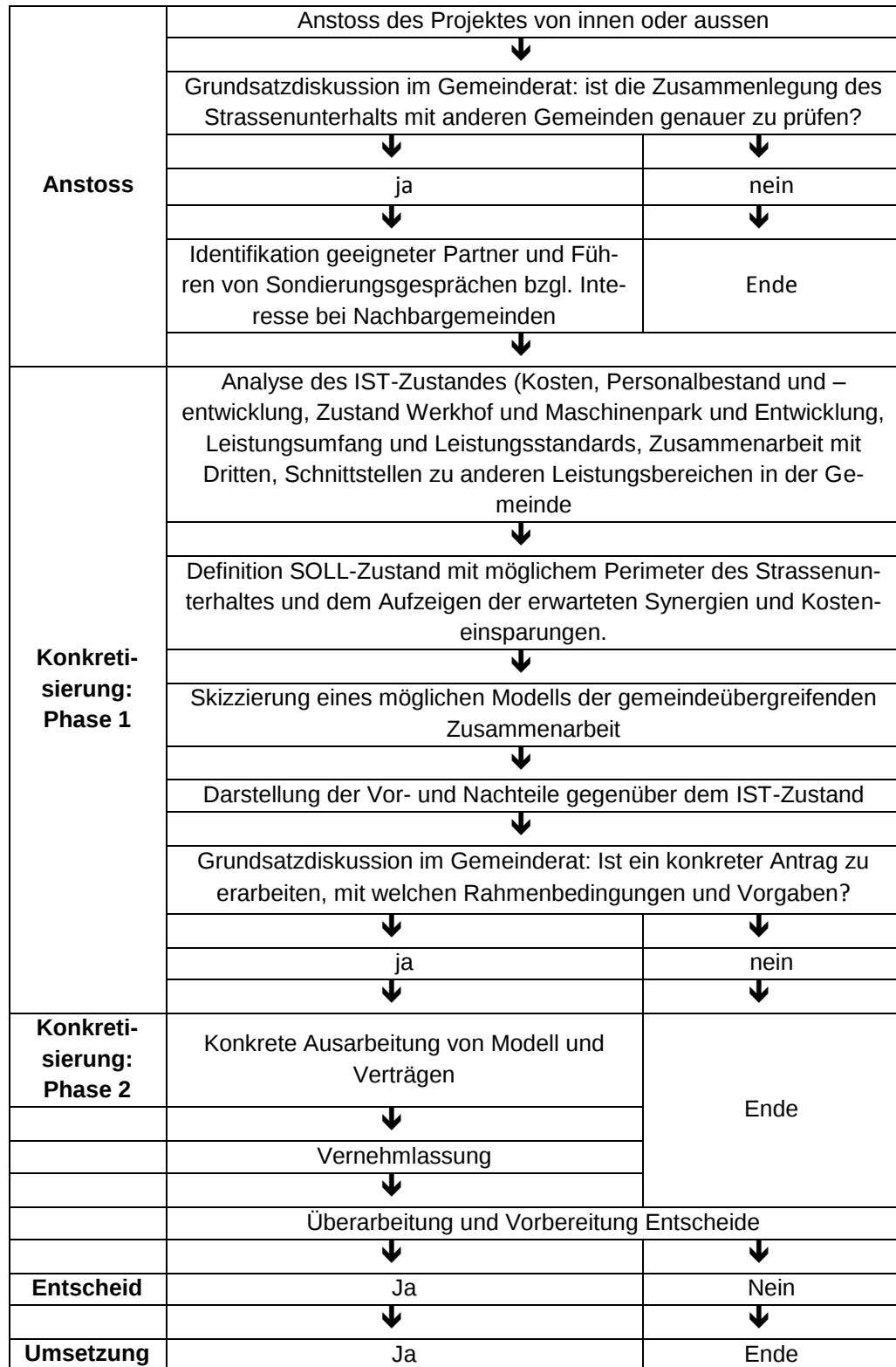
Abb.1: Unterschiede Varianten „Privater Anbieter“ und „Sitzgemeindemodell“.....	274
Abb.2: Unterschiede der (Mit-)Eigentümervarianten.....	276
Abb.3: Schematischer Ablauf Entscheidungsfindung.....	278

Teil D Leitfaden für den siedlungsübergreifenden betrieblichen Strassenunterhalt

Der vorliegende Leitfaden für den Strassenunterhalt stellt eine Zusammenfassung (vorwiegend des Teils A) des Forschungsberichtes ASTRA 2008/004 „Prozess- und wirkungsorientiertes Management im betrieblichen Strassenunterhalt“ dar und soll den Ressortverantwortlichen in den Gemeinden als Manual respektive Formelsammlung für die Umsetzung einer siedlungsübergreifenden Zusammenarbeit dienen.

D-1 Musterablauf für das Vorgehen

Ganz allgemein wird folgendes Vorgehen zur Prüfung und allfälligen Umsetzung eines gemeindeübergreifenden Strassenunterhalts als sinnvoll erachtet. Die Entscheidungsfindung erfolgt dabei bewusst stufenweise und etappiert (siehe Teil C Forschungsbericht ASTRA 2008/004).



D-2 Leitfaden – Stand 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 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 Girmscheid und Lindenmann [19], Lindenmann et al. [20] vorgeschlagen und in VSS-Norm SN 640 900a [21] definiert, die Strassenverkehrsanlage in folgende Teilsysteme gegliedert

- 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.)

Aufbauend auf die die Systematisierung der Strassenverkehrsanlage wird nach VSS-Norm SN640 900a den Teilsystemen Massnahmengruppen (Erhaltungsmassnahmen) zugeordnet und beschrieben. Dazu zählen: [21]

- Überwachung
- Betrieblicher Unterhalt
- Baulicher Unterhalt
- Veränderungen

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

D-3 Manual zur 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. im Gemeindezusammenschluss zu gewährleisten. Die Entwicklung des Teilmodells I „Kosten-Leistungs-Modell“ auf operativer Ebene bildet die Grundlage für die Entwicklung des Teilmodells II „Werkhofstandort-Routen-Modell“ und wird in weiterer Folge erarbeitet und erläutert.

Ziel des Prozessleistungs-Kosten-Modells (Teilmodell I) ist es

- ein Prozessmodell zur Leistungsberechnung unter Berücksichtigung von leistungsvermindernden Faktoren zu entwickeln,
- eine Kosten-Leistungsfunktion zu entwickeln auf Basis derer eine optimale Geräteauswahl sowie eine kostengünstige Bildung von Geräteclustern erfolgen kann,
- den kommunalen Ressortverantwortlichen eine Entscheidungsgrundlage für die Bereitstellung von Unterhaltsgeräten (Aufzeigen von Leistungsgrenzen sowie Erhöhung des Auslastungsgrades) 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 und dem vorhandenen Budget vorhanden sind. Somit ist es unabdingbar sich systematisch die notwendigen Prozesse, Prozessleistungen und –kosten für den jeweiligen Bedarf zu ermitteln. Um genannten Anforderungen gerecht zu werden, wurde ein dreistufiges Prozessmodell entwickelt, dass sich aus einer

- Prozess- Ermittlung und Prozessidentifikation
 - Prozess-Leistungs-Ermittlung sowie
 - Prozess-Kosten-Ermittlung
- zusammensetzt.

Darauf aufbauend wird eine Kosten-Leistungs-Funktion entwickelt, die einerseits Performance Indikatoren in den verschiedenen Leistungsbereichen für einen effizienten und kostenoptimierten betrieblichen Unterhalt liefert und es andererseits eine optimale Gerätekonfiguration nach dem ökonomischen Minimalprinzip sicherzustellen.

3.1 Prozessleistungsermittlung 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 Abb. D-1).

Equipment-Location-Matrix

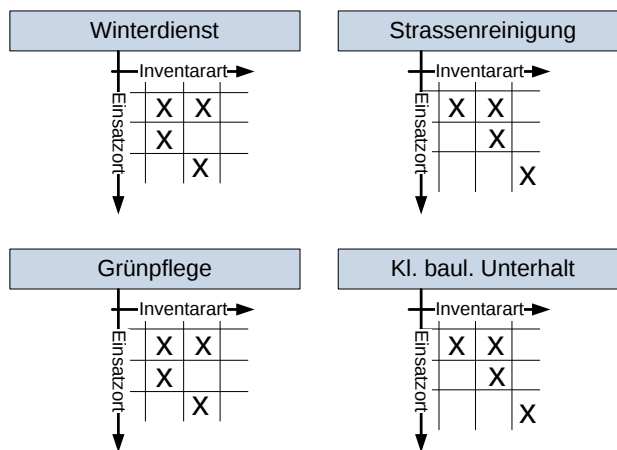


Abb. D-1: Equipment-Location-Matrix

Beispiel Strassenreinigung:

Die normative Basis im Bereich der Strassenreinigung für eine derartige Zuordnung bildet die VSS-Norm SN 640 720c [25], welche den diversen Einsatzorten (von Autobahnen bis Trottoirs) optimale Geräte aufgrund ihrer Gerätespezifikationen zuweist. Am Beispiel der Strassenreinigung wurde die Einteilung dementsprechend in

- Handreinigung
 - Einachskehrmaschine
 - Kleinkehrmaschine
 - Mittelkehrmaschine
 - Grosskehrmaschine
- vorgenommen.

Abb. D-2 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).

Auf Basis der SN 640 720c

Bucher Schörling CityCat 2020



...ungeeignet
...teilweise geeignet
...geeignet

Maschinentyp Type d'engin	Durchfahrtsbreite Largeur de passage (m)	Höhe Hauteur (m)*	Wischbreite Largeur de nettoyage (m)	Behältervolumen Volume du conteneur (m³)	Motorleistung Puissance du moteur (kW (PS))
Grosskehrmaschinen 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) Außenmotor Moteur auxiliaire 60-90 (80-120)
Mittelkehrmaschinen Balayeuse moyenne	2,00	2,30-2,80	2,00-2,60	2,0-4,5	50-110 (70-150)
Kleinkehrmaschinen Petite balayeuse	1,60	2,00	1,60-2,60	1,0-2,0	30-60 (40-80)
Einachskkehrmaschinen à un essieu	1,00	1,20	1,20	0,2-0,4	10-20 (15-25)

Einsatzgebiet	Handarbeit Travail manuel	Einachskkehrmaschine Balayeuse à un essieu	Kleinkehrmaschine Petite balayeuse	Mittelkehrmaschine Balayeuse moyenne	Grosskehrmaschine Grande balayeuse
Autobahn und Hauptverkehrsstrasse Autoroute et route principale					
Verbindungsstrasse Route de liaison					
Sammelstrasse Route collective					
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 dès 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					

Abb. D-2: Geräte-Einsatz-Matrix am Beispiel einer Kehrmaschine

3.1.1 Prozess-Leistungs-Ermittlung

Zur Ermittlung der Prozess-Leistung wird auf Leistungsbegriffe aus der Bauproduktion zurückgegriffen. Girmscheid [2] 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.

Leistungsbegriffe in der Bauproduktion

Die Leistungsermittlung der Geräte von Girmscheid [2] erfolgt auf vierstufiger Ebene (siehe Abb. D-3), wobei die theoretische Leistung Q_T den Ausgangspunkt bildet und die Geräteleistung in Abhängigkeit von gerätebedingten, konstruktiven Parametern unter optimalen Betriebsbedingungen darstellt.

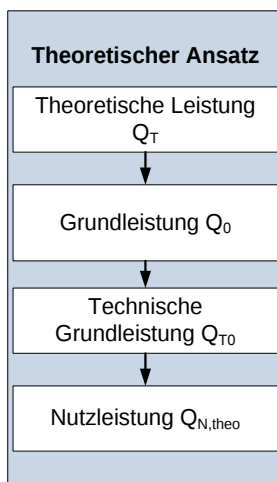


Abb. D-3: Leistungsberechnung von Baumaschinen nach Girmscheid [2]

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. 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 der Geräteausnutzungsgrad η_G berücksichtigt. [2]

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. [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 Abb. D-4) eine mögliche Nutzleistung des Inventars berechnet.

Im Zuge der Berechnung der tatsächlichen Nutzleistung bedient man sich spezifischer Reduktionsfaktoren, die eine Verminderung der Leistung bedingen. Diese können einerseits als fix 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) unverändert bleiben. Andererseits müssen 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 $k_{i,red}$. [2]

$$Q_N^{theo} = Q_T^{theo} * \sum_i k_{i,red}$$

Abb. D-4 bildet grafisch den notwendigen Leistungs-Berechnungsprozess ab und zeigt die aufeinanderfolgenden Schritte, die im Zuge der Bestimmung der tatsächlichen Performance im jeweiligen Leistungsbereich nötig sind.

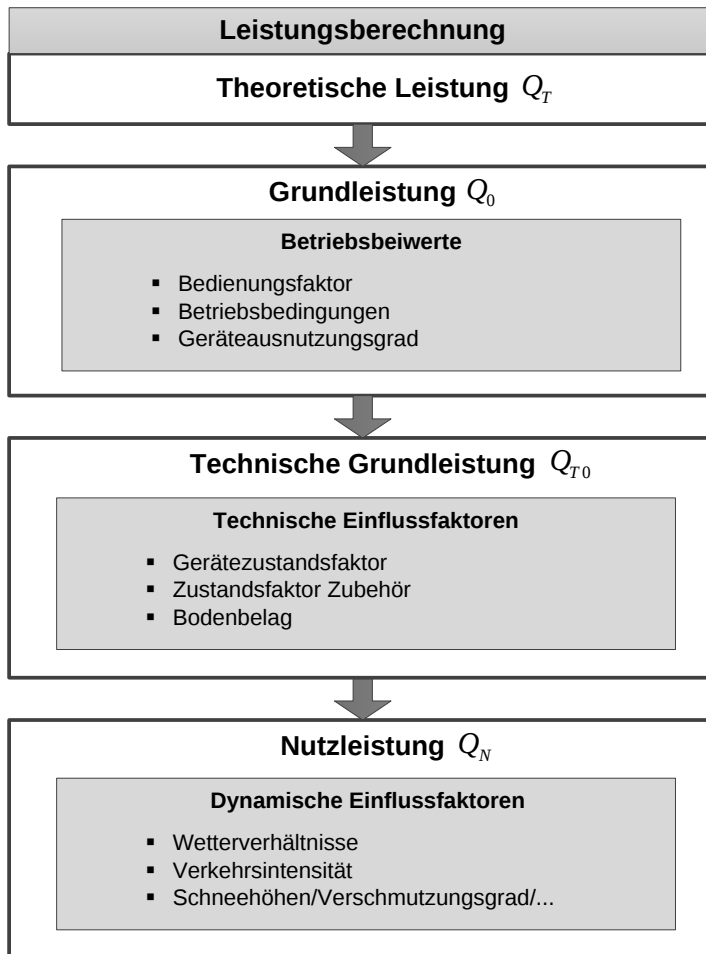


Abb. D-4: Vierstufige Leistungsberechnung im betrieblichen Unterhalt

Zur Ermittlung der Leistung des Gerätes soll Abb. D-4 und Abb. D-6 als Leitfaden für die schrittweise Berechnung dienen, der folgend detailliert beschrieben wird. Ausgehend von einer theoretischen Leistung werden stufenweise die Berechnungsschritte bis hin zur endgültig erreichbaren Nutzleistung dargestellt.

Schritt 1: Berechnung der Grundleistung Q_0

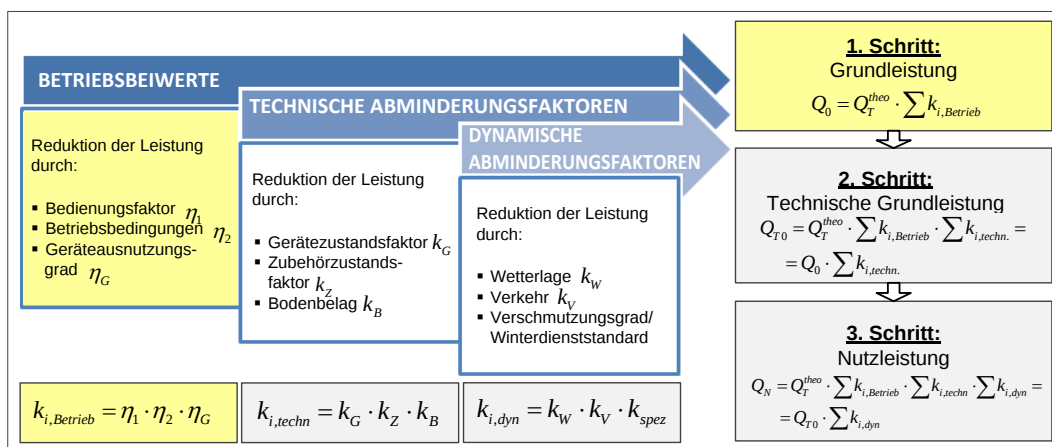


Abb. D-5: Ermittlung der Grundleistung durch Betriebsbeiwerte

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. Betriebsbeiwerte umfassen folgende Teilkomponenten: [2]

- η_1 Bedienungsfaktor []
- η_2 Betriebsbedingungen []
- η_G Geräteausnutzungsgrad [%]

Die **maschinelle, theoretische Grundleistung** Q_0 kann im ersten Schritt somit folgend berechnet werden: [2]

$$Q_0 = Q_T^{theo} \cdot \sum k_{i,Betrieb} \quad \text{mit} \quad k_{i,Betrieb} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_G$$

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	[%]

2. Schritt: Berechnung der technischen Grundleistung Q_{T0}

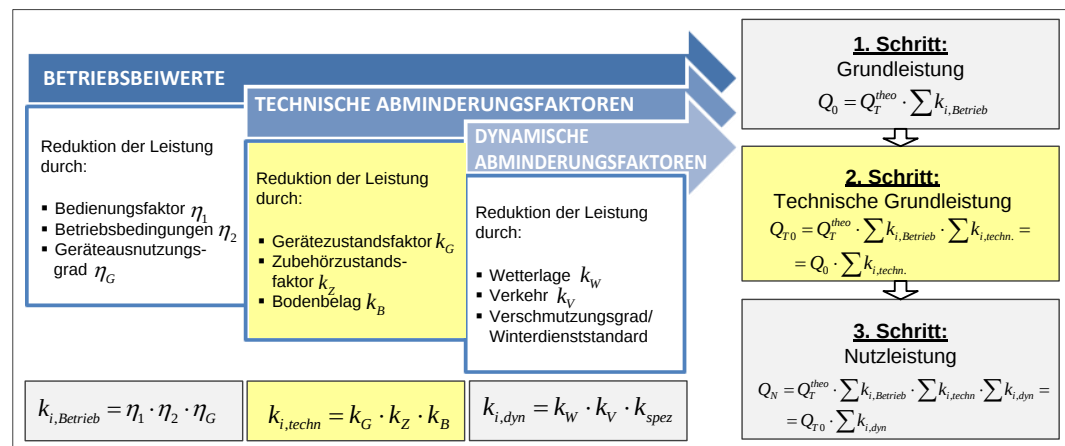


Abb. D-6: Ermittlung der Technischen Grundleistung durch technische Abminderungsfaktoren

Im zweiten Schritt der Berechnung werden technische Einflussgrößen als Abminderungsfaktoren auf die Grundleistung berücksichtigt. 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 Gerät 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
- Zubehörszustandsfaktor k_Z
- Bodenbelag k_B

Die Berechnung der **technischen Grundleistung** Q_{T0} [2] ergibt sich durch Reduktion der Grundleistung Q_0 um technische Abminderungsfaktoren $k_{i,techn}$ wie folgt:

$$Q_{T0} = Q_T^{theo} \cdot \sum k_{i,Betrieb} \cdot \sum k_{i,techn} = Q_0 \cdot \sum k_{i,techn}$$

mit $k_{i,techn} = k_G \cdot k_Z \cdot k_B$

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	Gerätezustandsfaktor	[]
k_Z	Zubehörszustandsfaktor	[]
k_B	Bodenbelag	[%]

Schritt 3: Berechnung der tatsächlichen Nutzleistung Q_N

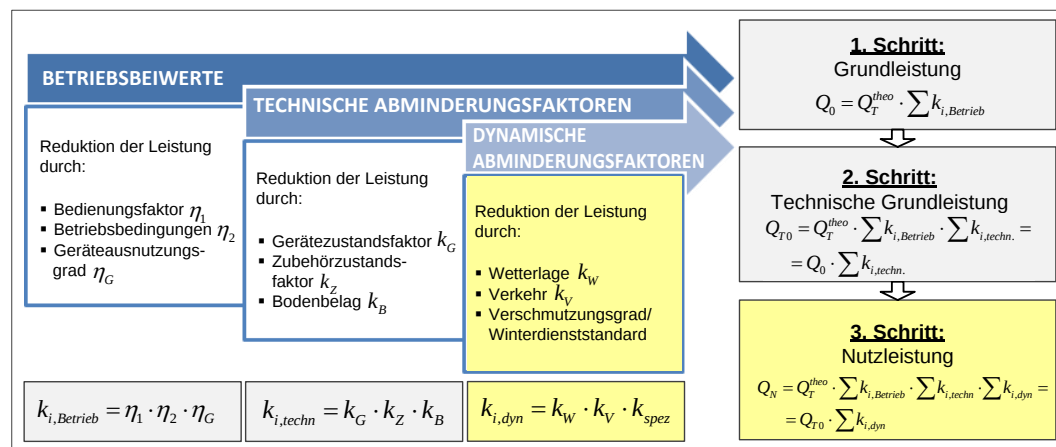


Abb. D-7: Ermittlung der Nutzleistung durch dynamische Abminderungsfaktoren

Im dritten und letzten Schritt der Leistungsberechnung werden **dynamische Abminderungsfaktoren** berücksichtigt, die als Ergebnis die gewünschte Nutzleistung Q_N errechnen.

Zu den dynamischen Einflussfaktoren zählen:

- Wetterlage
- Verkehr
- Verschmutzungsgrad (in der Reinigung) bzw. Winterdienststandard

$$Q_N = Q_T^{theo} \cdot \sum k_{i,Betrieb} \cdot \sum k_{i,techn} \cdot \sum k_{i,dyn} = Q_{T0} \cdot \sum k_{i,dyn}$$

mit $k_{i,dyn} = k_W \cdot k_V \cdot k_{spez}$

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 Ver	[]
k_{spez}	Spezifische Abminderung je Leistungsbereich	[]

Im vorliegenden Kapitel wurde gezeigt, wie auf Basis von spezifischen Abminderungsfaktoren die Leistungsermittlung für Unterhaltsgeräte ausgehend von der theoretischen Grundleistung hin zur tatsächlichen Nutzleistung erfolgen kann. Es ist zu berücksichtigen, dass es sich bei den vorliegenden Ansätzen um Annahmen handelt, die es gemeinde- und gerätespezifisch anzupassen bzw. zu ermitteln gilt.

Auf Basis der entwickelten Leistungsberechnung für Unterhaltsgeräte im betrieblichen Strassenunterhalt erfolgt eine holistische Prozesskosten- und Leistungsoptimierung, um für eine siedlungsübergreifende Kooperationen eine optimale Inventarausstattung nach dem ökonomischen Minimalprinzip zu ermöglichen.

3.2 Holistische Prozesskosten- und Leistungsoptimierung

Eine erfolgreiche kommunale Aufgabenerfüllung erfordert eine detaillierte Planung aller Prozesse und die Abbildung aller Abhängigkeiten und 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.

Die Grundlagen dazu wurden bereits in Girmscheid [120] und Girmscheid [121] gelegt. Darin wurde eine generische Systemgliederung eines Bauwerks vorgenommen und die jeweiligen Produktionsmittel, Verbrauchsfaktoren etc. mit ihren Leistungs- und Kostenfunktionen den Bauproduktionsprozessen zugeordnet.

Kostenkalkulation der Leistungsmodule

Im Folgenden wird auf die **Kalkulation von Leistungsmodulen** eingegangen, die auf den Grundlagen des Schweizerischen Baumeisterverbandes [122] und Girmscheid und Motzko [123] basiert. Grundsätzlich kann in der Kalkulation zwischen direkten und indirekten Kosten unterschieden werden. Zu Letzteren 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 Teil A Kapitel Teil A6.1 ff näher erläutert.

Direkte Kosten lassen sich direkt zum Leistungsgebiet zuordnen, wobei hier nochmals zwischen Eigen- und Fremdleistungskosten unterschieden werden muss. Bei einer Eigenleistung werden die direkten Kosten in die Anteile

- Lohn L_{Φ}^{dir}
- Material M_{Φ}^{dir}

- Inventar L_{Φ}^{dir}
untergliedert.

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 zusammensetzt³⁵. Unter Berücksichtigung der Zuschläge und Prämien für beispielsweise Überstunden, Nacht- und Sonntagsarbeit etc. können die Lohnnebenkosten (Alters- und Hinterlassenenversicherung 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. [124] [122]

Berechnung Inventarkosten einer Kleinkehrmaschine

Die Berechnung der Inventarkosten erfolgt in der Unterteilung von fixen und variablen Kosten. In der Inventarkalkulation wird von folgenden jährlichen Fixkosten ausgegangen: [124]

- 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. Abb. D-8 zeigt die Berechnungsgrundlagen basierend auf den Inventargrunddaten 2013 [125] und den Betriebsinternen Verrechnungssätzen [126] des Schweizerischen Baumeisterverbandes.

Gerät	City Cat 2020	
Strassenreinigungsmaschine, sf	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

Abb. D-8: Inventarkalkulation - Grunddaten City Cat 2020

³⁵ Die Lohnklassen und Höhe der Mindest-Grundlöhne werden im Bauhauptgewerbe im Schweizerischen Landesmantelvertrag (LMV) festgelegt.

Unter **Amortisation** wird die Tilgung einer Schuld als Rückfluss des Kapitaleinsatzes verstanden [124]. 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 (lineare Abschreibung). Als vereinfachte Annahme wird in der vorliegenden Kalkulation von einer linearen Abschreibung ausgegangen.

$$\text{Amortisation} = \frac{\text{Neuwert (NW)}}{\text{Nutzungsdauer (ND)}} \quad [\text{CHF} / \text{Jahr}]$$

Wird im Zuge der Berechnung ein Restwert des Inventars berücksichtigt, der den Wiederverkaufswert des Gerätes darstellt, so ergeben sich daraus folgende Amortisationskosten:

$$\text{Amortisation} = \frac{\text{Neuwert (NW)} - \text{Restwert (RW)}}{\text{Nutzungsdauer (ND)}} \quad [\text{CHF} / \text{Jahr}]$$

In weiterer Folge wird die **Verzinsung** mit 6% (als konstanter Wert aus dem BIV [126]) 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. Abb. D-9 zeigt die Berechnung für Abschreibung, Verzinsung und Stationierung (AVS) pro Jahr.



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

Amortisati	$\frac{\text{Neuwert (NW)}}{\text{Nutzungsdauer (ND)}}$	=	$\frac{180000}{8}$	=	22500.00	CHF
Verzinsung	$\frac{\text{Neuwert (NW)} \times \text{Zinssatz (ZS)}}{2 \times 100}$	=	$\frac{180000}{2} \times \frac{6}{100}$	=	5400.00	CHF
Feuer-/Elementarrisiko	$\text{Neuwert (NW)} \times \frac{\text{Feuer-/Elementarrisiko (FE)}}{100}$	=	$180000 \times \frac{0.59}{100}$	=	1062.00	CHF
Stationierung	$\text{Neuwert (NW)} \times \frac{\text{Stationierung (S)}}{100}$	=	$180000 \times \frac{2}{100}$	=	3600.00	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	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	CHF
--------------------------	--	---	---	---	-------	-----

Abb. D-9: 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. Abb. D-10 zeigt die Berechnung der zusätzlichen Versicherungen und Gebühren pro Jahr auf Basis der Inventargrunddaten.



Institut für Bau- und
Infrastrukturmanagement

Professur für Bauprozess- und
Baunternehmensmanagement
Prof. Dr.-Ing. Gerhard Girmscheid

City Cat 2020 - Basis: IGD 2013

Abb. D-10: Inventarkalkulation - Zusätzliche Versicherungen und Gebühren

Die Summe der totalen fixen Kosten ergibt sich für die gewählte Kleinkehrmaschine aus folgender Summation (siehe auch Abb. D-11):

$$K_{LM, fix}^{\Phi} = \left\{ \alpha, \beta, \gamma, \dots \right\} \Bigg|_{t=0}^{t=n} = \left(K_{\Omega}^{AVS} + K_{\Omega}^{V+G} \right) \Bigg|_{t=0}^{t=n}$$

$\{ \alpha, \beta, \gamma, \dots \}$ = Leistungsmodul-Varianten

$K_{LM, fix}^{\Phi}$ Totale Fixkosten des Inventars für Leistungsmodul-Varianten [CHF]

K_{Ω}^{AVS} Kosten für Abschreibung, Verzinsung und Stationierung [CHF]

K_{Ω}^{V+G} Kosten aus zusätzlichen Versicherungen und Gebühren [CHF]



Institut für Bau- und
 Infrastrukturmanagement
 Professur für Bauprozess- und
 Bauunternehmensmanagement
 Prof. Dr.-Ing. Gerhard Girmscheid

City Cat 2020 - Basis: IGD 2013

Berechnung - Total Fixe Kosten pro Jahr

Jahreskosten für Abschreibung, Verzinsung, Stationierung	=	32562.00 CHF
Jahreskosten für Zusätzliche Versicherungen & Gebühren	=	2390.00 CHF
Jahreskosten	=	34952.00 CHF

Berechnung - Total Fixe Kosten pro Monat

Ansatz in CHF pro Monat	$\frac{\text{Jahreskosten} \times 30}{\text{Verrechnungstage (VT)}} = \frac{34952.00 \text{ CHF} \times 30}{365}$	=	2872.77 CHF
Ansatz in % pro Monat	$\frac{\text{Ansatz in CHF pro Monat} \times 100}{\text{Neuwert (NW)}} = \frac{2872.77 \text{ CHF} \times 100}{160000}$	=	1.80 %

bzw.

Monatskosten für Abschreibung, Verzinsung, Stationierung	=	4070.25 CHF
Monatskosten für Zusätzliche Versicherungen & Gebühren	=	298.75 CHF
Ansatz in CHF pro Monat	=	4369.00 CHF

Berechnung - Total Fixe Kosten pro Einsatzstunde (EH)

Ansatz in CHF pro Stunde	$\frac{\text{Ansatz in CHF pro Monat} \times \text{Verrechnungstage (VT)}}{\text{Einsatzstunden (EH)} \times 30} = \frac{4369.00 \text{ CHF} \times 365}{1500 \times 30}$	=	35.44 CHF
--------------------------	---	---	-----------

Abb. D-11: Inventarkalkulation - Totale Fixkosten pro Jahr

Zur Berechnung der Inventar-Gesamtkosten ist es erforderlich neben den totalen fixen Kosten pro Jahr ebenso die variablen Kosten zu bestimmen, deren Höhe von der Häufigkeit des Inventareinsatzes (beispielsweise von der Anzahl der zu reinigenden Kilometer des Strassennetzes) abhängig ist. Darunter fallen:

- Kosten für Reparaturen und Revisionen (rr)
- Kosten für Energie und
- Kosten für Schmiermittel (SM)
- Bedienungs- und Wartungskosten (BW)

$$K_{LM, \text{var}}^{\Phi} = \left\{ \alpha, \beta, \gamma, \dots \right\} \Bigg|_{t=0}^{t=n} = \left(K_{\Omega}^{rr} + K_{\Omega}^{\text{Energie}} + K_{\Omega}^{SM} + K_{\Omega}^{BW} \right) \Bigg|_{t=0}^{t=n}$$

$K_{LM, \text{var}}^{\Phi}$ Totale variable Kosten des Inventars [CHF]

K_{Ω}^{rr} Kosten für Reparatur und Revision [CHF]

$K_{\Omega}^{\text{Energie}}$ 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. 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.

	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	$\frac{\text{Energiekosten (EK)} \times \text{Schmiermittelverbrauch (SV)}}{100} = \frac{19.20}{100} \times \frac{25}{100} =$	4.80 CHF
SK pro Stunde	$\frac{\text{Schmiermittelkosten (SK)}}{\text{Einsatzstunden}} =$	

Abb. D-14: 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 [125]³⁶. Auf Basis vorhandener Erfahrungswerte wird von einer Wartung von vier Stunden wöchentlich ausgegangen, was einem Wartungsfaktor von 0,10 entspricht.

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. [125]

Zusammengefasst kann die Berechnung der Inventarkosten nach folgender Formel erfolgen:

$$K_{LM}^{\Phi} = \{\alpha, \beta, \gamma, \dots\} \Bigg|_{t=0}^{t=n} = \left(K_{\Omega}^{AVS} + K_{\Omega}^{V+G} + K_{\Omega}^{rr} + K_{\Omega}^{Energie} + K_{\Omega}^{SM} + K_{\Omega}^{BW} \right) \Bigg|_{t=0}^{t=n}$$

$\{\alpha, \beta, \gamma, \dots\}$ = Leistungsmodul-Varianten

Abb. D-15 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 Schweizerischem Baumeisterverbandes.

³⁶ Pos. 566.132 (BIV)



Institut für Bau- und
Infrastrukturmanagement
Professur für Bauprozess- und
Bauunternehmensmanagement
Prof. Dr.-Ing. Gerhard Girmscheid

Pos-Nr.: **Kalkulationsbeispiel Inventar
Kehrmaschine City Cat 2020**

Kalkulationsgrundlagen

Mittlerer Neuwert	180'000	CHF	
Nutzungsdauer	8	Jahre	
Vorhaltemonate pro Jahr	210	Tage =	7 Monate
Einsatzstunden pro Jahr	600	Stunden	
Energieverbrauch Antrieb	0.17	l/kWh	
Energieverbrauch Zweitmotor			
Maschinist	M2	68.00	CHF/h
Wartungsfaktor		0.20	

Fixkosten pro Jahr

			Franken	% von NW
Amortisation		CHF	22'500.00	12.5%
Verzinsung	Zinssatz	6.00 %	CHF 5'400.00	3.0%
Feuer- und Elementarrisiko		0.59 % von NW	CHF 1'062.00	0.6%
Stationierung		2.00 % von NW	CHF 3'600.00	2.0%
Haftpflcht		0.30 % von NW	CHF 475.00	0.3%
Verkehrssteuer		0.10 % von NW	CHF 190.00	0.1%
Bewilligungen und Gebühren		0.40 % von NW	CHF 600.00	0.3%
Maschinenbruchversicherung		% von NW	CHF -	0.0%
Kaskoversicherung		0.50 % von NW	CHF 900.00	0.5%
Selbstbehalt		0.13 % von Kasko	CHF 225.00	0.1%

Total Fixkosten pro Jahr CHF **34'952.00** **19.42 %**

Total Fixkosten pro Vorhaltemonat CHF **4'993.14** **2.77 %**

Total Fixkosten pro Einsatzstunde CHF **58.25**

Variable Kosten

			Franken	% von NW
Reparatur + Revision	pro Jahr	100.000 % von NW	CHF 22'500.00	12.5%
Reparatur + Revision	pro Vor- haltemonat	7 Monate/Jahr	CHF 3'214.29	
Reparatur + Revision	pro Stunde		CHF 37.50	
Energie		1.88 CHF/l	CHF 19.18	
Schmiermittel		25 % von Energie	CHF 4.79	

Total variable Kosten pro Einsatzstunde CHF **61.47**

Total fixe und variable Kosten pro Einsatzstunde CHF **119.72**

Abb. D-15: Inventarkalkulation - Übersicht fixe und variable Kosten

3.2.1 Anwendung des Prozessleistungs- und Kostenmodells

Zur Erreichung eines Prozess-Gesamtkosten-Leistungsmodells (Teilmodell I) werden die in den vorherigen Kapiteln diskutierten Ergebnisse zusammengeführt. Dazu erfolgt eine Synthese der Ergebnisse aus der vorgestellten Leistungsberechnung der diversen Unterhaltsgeräte und den kalkulierten Kosten, um so die Einheitskosten je Unterhaltsgerät und Leistungsmodul zu berechnen. Diese sollen in weiterer Folge den Gesamtkosten in Abhängigkeit von den geleisteten/gefahrenen Kilometern pro Jahr gegenübergestellt werden. Auf Basis der in Teil A Kapitel 5.2.2 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 (Abb. D-16):

$$Q_N^{\Omega} = Q_T^{theo} * (\eta_1 * \eta_2 * \eta_3) * (T_G * T_Z * T_B) * (k_W * k_V * k_{spez.})$$

Gerätetyp	Theoretische Geschwindigkeit [km/h]	Betriebsbeiwerte ($\eta_1 * \eta_2 * \eta_3$)	Technische Abminderungsfaktoren ($T_G * T_Z * T_B$)	Dynamische Abminderungsfaktoren ($k_W * k_V * k_{spez.}$)	Nutzleistung Q_N^{Ω}		
					[km/h]	[km/Tag]	[km/Jahr]
Egholm	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
CC2020	12	1,0 * 1,0 * 1,0	1,0 * 0,9 * 1,0	0,9 * 0,9 * 0,7	5.5	29.7	7484
CC5000	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

Abb. D-16: 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. [127] Basierend auf der in Abb. D-17 dargestellten Leistungsberechnung können **gerätespezifische Leistungsgrenzen** (maximale Nutzleistung) errechnet werden, die die Grundlage für die Zusammenstellung der Gerätecluster bilden.

Auf Basis der Kostengrößen Gesamtkosten und Einheitskosten, sowie der gerätespezifischen Leistungsgrenzen, können, wie in Abb. D-18 ersichtlich, die minimalen Einheitskosten den Inventar-Gesamtkosten je Leistungsmodul gegenübergestellt werden.

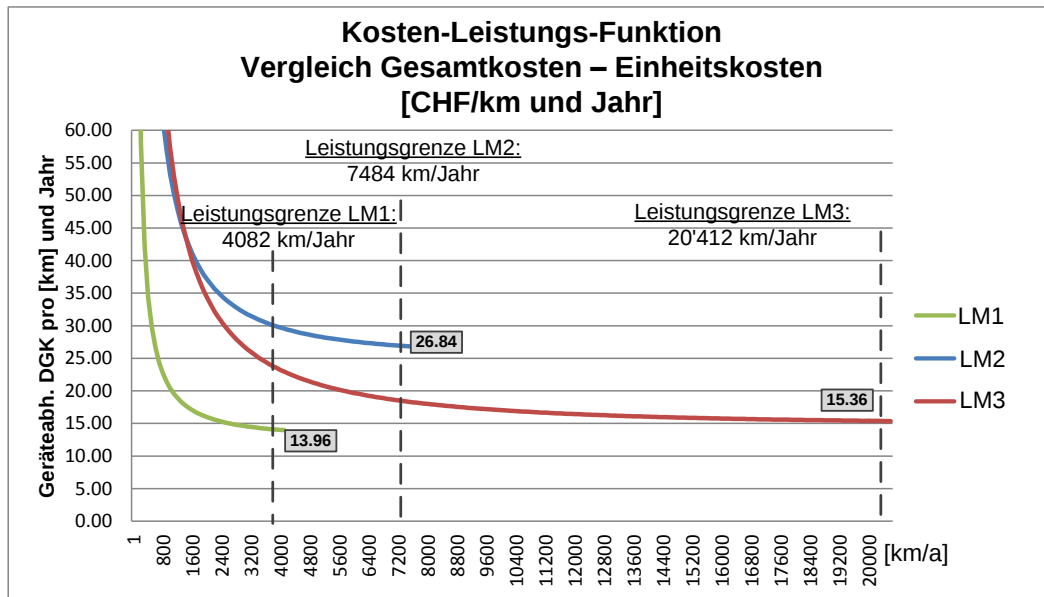


Abb. D-17: Kosten-Leistungs-Funktion in Abhängigkeit des Auslastungsgrades

Abb. D-18 verdeutlicht den Zusammenhang zwischen Gesamtkosten und Einheitskosten 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 nur sehr leichten Anstieg aufweisen. Es soll daher Ziel einer jeden effizienten Organisation sein, die Einheitskosten eines Gerätes minimal werden zu lassen, um so einen kosteneffizienten Strassenbetriebsdienst zu gewährleisten.

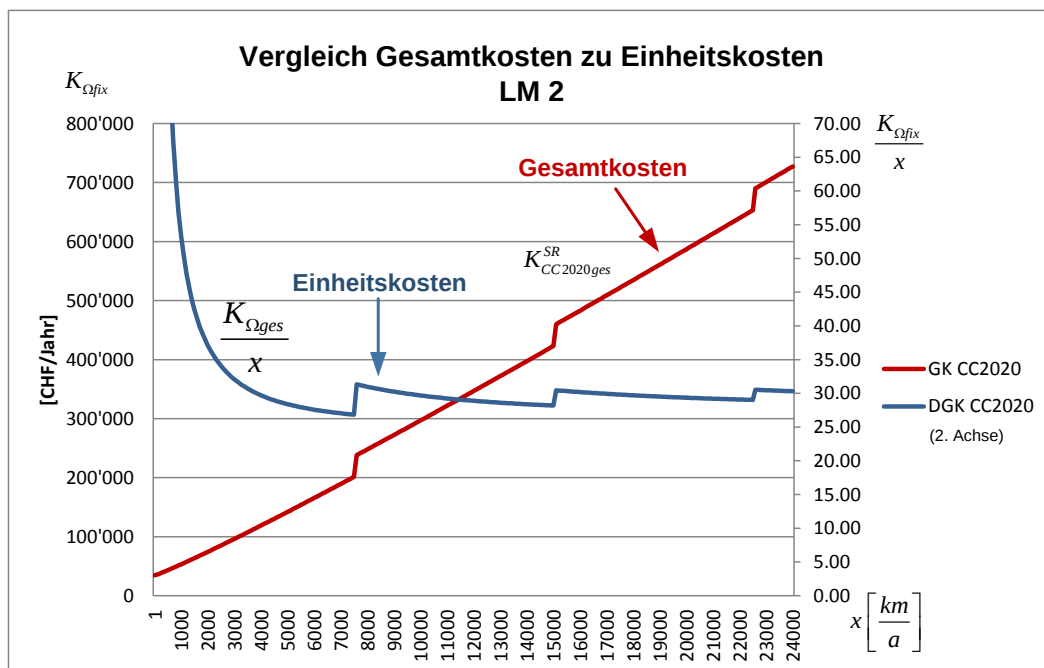


Abb. D-18: Vergleich der Gesamtkosten zu Einheitskosten

Analog zum vorgestellten Beispiel kann eine Analyse der Kostenfunktion aller Leistungsmodulen erfolgen, sodass jenes Gerätecluster bzw. jenes Leistungsmodul zum Einsatz kommt, das minimale Kosten aufweist. Abb. D-19 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 Einheitskosten (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 ausarbeiten.

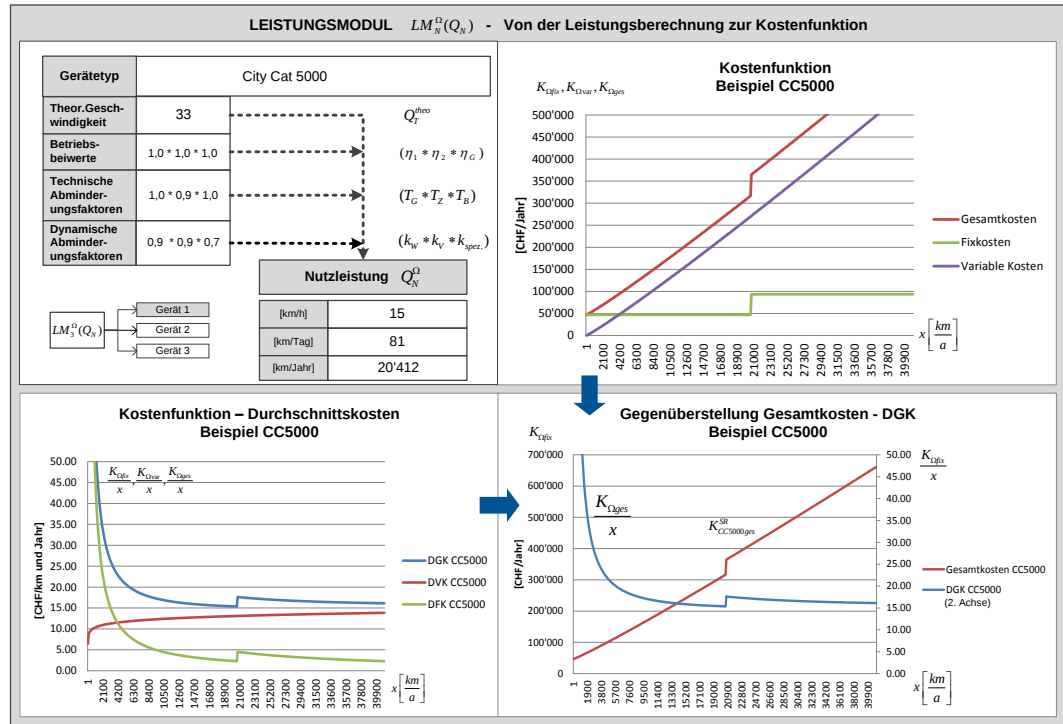


Abb. D-19: Leistungsmodul - Von der Leistungsberechnung zur Kostenfunktion

D-4 Leitfaden – Werkhofstandort- und Routenoptimierung

4.1 Werkhof-Standortplanung

Standortentscheidungen gehören zu den wichtigsten Entscheidungen, die eine Gemeinde bzw. eine interkommunale Kooperation zu treffen hat. Entscheidungsprobleme dieser Art sind auf strategischer Ebene zu fällen und erfordern einen relativ langfristigen Planungshorizont aufgrund der Komplexität der Thematik.

In folgendem 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.

4.1.1 Grundlagen zur Standortoptimierung

Das Operations Research (OR) stellt diverse Methoden zur Lösung von Standortproblemen zur Verfügung. In der Standorttheorie werden folgende Modelle unterschieden: [130], [131], [132]

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, wobei 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 sowohl in den Knoten als auch in auf beliebigen Punkten der Kanten eines Strassennetzes. 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. [132]

Ein weiterer wichtiger Aspekt zeigt sich darin, dass durch diskrete Modelle nicht nur die Eröffnung neuer Standorte berücksichtigt werden kann, sondern auch die Schliessung bereits vorhandener Standorte. [133] Dies trägt vor allem jenem Umstand Rechnung, dass es bei erfolgreichen Kooperationsgesprächen alte Werkhofstrukturen zu überdenken gilt. Es sollte untersucht werden, welcher Werkhof innerhalb des Zusammenschlusses 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

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. [130]

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, würde sich die Wahl des neuen Standortes auf das vorhandene Strassennetz begrenzen.

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 respektive Kategorisierungen (z. B. Reinigungshäufigkeiten, Winterdienststandards etc.) abbilden.

Abb. D-20 zeigt eine schematische Darstellung von Siedlungsschwerpunkten innerhalb einer siedlungsübergreifenden Zusammenarbeit. Darunter wird der geometrische Schwerpunkt gewichtet mit dem geforderten Qualitätsstandard verstanden.

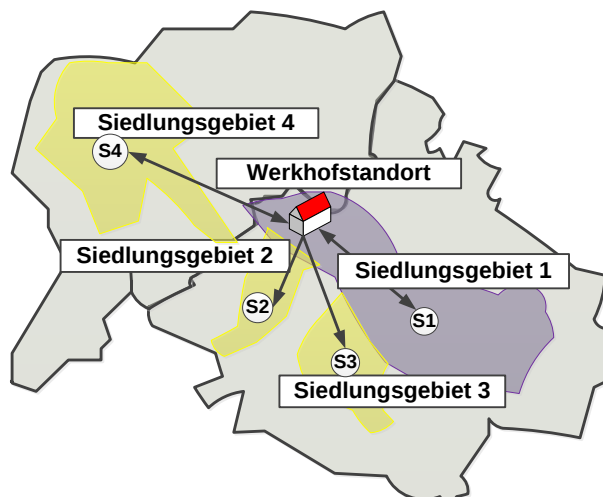


Abb. D-20: Schematische Darstellung von Siedlungsschwerpunkten innerhalb einer IKZ

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 ein oder mehrerer potentieller Standorte die Summe der Fixkosten sowie variable Betriebs- bzw. Transportkosten zu minimieren.

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.

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:

$$\sum_{i \in I} x_{ij} = 1 \quad \dots \text{garantiert, dass jeder Siedlungsschwerpunkt einem Werkhofstandort zugeordnet wird}$$

$$\sum_{i \in I} y_i = m \quad \dots \text{definiert die Anzahl der Werkhofstandorte (Mediane)}$$

$$x_{ij}, y_i \in \{0,1\} \quad \dots \text{für alle } i \in I, j \in J$$

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. Anfahrtshäufigkeiten)

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-Problem) 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.

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 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 ([130], [134]). In der vorliegenden Bearbeitung wird nur von einstufigen WLPs ausgegangen, da die Aufgabenerfüllung direkt vom Werkhof aus an den Einsatzort erfolgt. Zudem kann zwischen einem kapazitierten und einem unkapazitierten WLP unterschieden werden, wobei letzterem Lokationsproblem die Annahme zugrunde liegt, dass die Kapazität (z. B. Grösse, Lager, Leistung) 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. [134]

Allgemein kann das WLP folgendermassen beschrieben werden: [130]

$$\min F(x, y) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} + \sum_{i=1}^m K_{fix} y_i$$

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 ($y_i=1$))

4.1.2 Werkhofstandort – Net Present Value (NPV)-Berechnungsmethode

Die Grundlage zur Berechnung minimaler Gesamtkosten im Zuge des Werkhofstandort-Entscheids 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. [41] Nach Heinhold [135] sind im Wesentlichen die Bezugnahme auf Ein- und Auszahlungen sowie die Einbeziehung von mehreren Betrachtungszeiträumen Merkmale, die dynamische Investitionsmodelle von statischen unterscheiden.

Wie eingangs erwähnt, handelt es sich bei einem Werkhofstandort-Entscheid 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 zu bewerten. [41]

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. 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 $t=0$)

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 Abb. D-21):

- 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

Abb. D-21 zeigt grafisch Einnahmen und Ausgaben in ihren aperiodischen oder periodischen Ausprägungen im Laufe des Betrachtungszeitraumes.

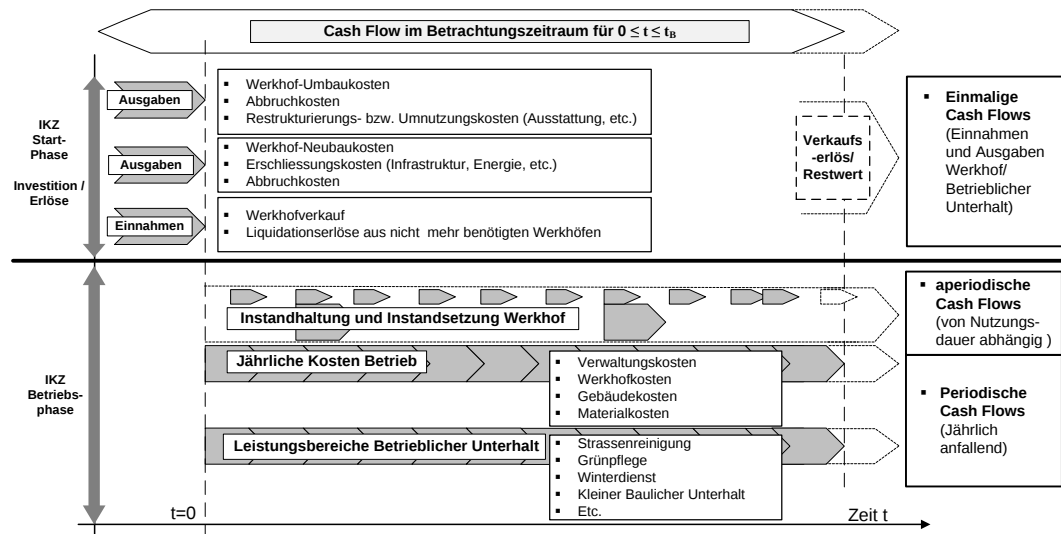


Abb. D-21: NPV-Werkhofstandortvariante

Zur Beurteilung der Vorteilhaftigkeit der siedlungsübergreifenden Kooperation im Vergleich zur Aufgabenerfüllung in Eigenregie bedarf es einer Gegenüberstellung der jeweiligen Net-Present-Values.

Dazu wird ein *Net-Present-Value-Differenzaxiom* eingeführt, das folgendermassen definiert ist:

$$NPV_{t_B}^{Eigen} > NPV_{t_B}^{IKZ}$$

Eine Durchführungsvariante des betrieblichen Unterhalts ist dann absolut vorteilhaft, wenn der Net-Present-Value grösser ist als Null. 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. [41]

$$\Delta NPV_{t_B}^{Eigen-IKZ} = NPV_{t_B}^{Eigen} - NPV_{t_B}^{IKZ} > 0$$

$$\Delta NPV_{t_B}^{Eigen-IKZ} = \sum_{t=1}^n \frac{C_t^{Eigen} - C_t^{IKZ}}{(1+q)^{(t-t_B)}} > 0$$

Wenn $\Delta NPV_{t_B}^{Eigen-IKZ} > 0$ → Vorteilhaftigkeit der interkommunalen Kooperation gegeben

Wenn $\Delta NPV_{t_B}^{Eigen-IKZ} \leq 0$ → keine Vorteilhaftigkeit bzw. kein Effizienzpotential der interkommunalen Kooperation gegeben

4.1.3 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 [131]. Abb. D-22 zeigt schematisch die Prozessabfolge im Zuge einer Standortplanung.

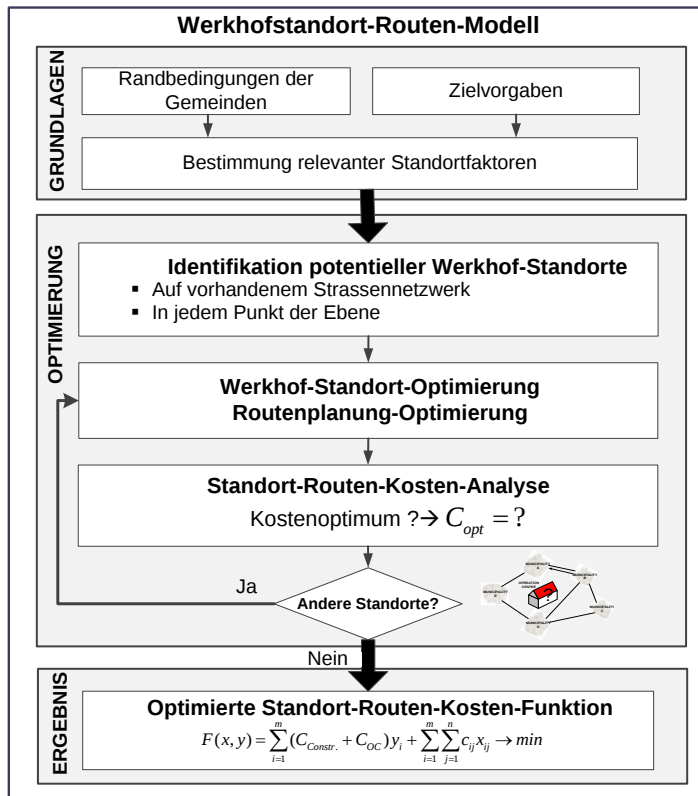


Abb. D-22: Ablaufschema Standort-Routen-Modell

Zur Gewährleistung einer ganzheitlichen Betrachtungsweise müssen auch soziale und umweltbedingte Faktoren wie z. B. Energiekosten, Luftverschmutzung, Geräuschemissionen etc. berücksichtigt werden. Abschliessend ist es die Aufgabe der Entscheidungssträger, aus allen gemeindespezifischen Anforderungen Standortfaktoren zu definieren und daraus Entscheidungsvariablen abzuleiten.

Nach Arinze [143] 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. Nach der Erarbeitung der notwendigen Grundlagen und der Festlegung von Entscheidungsvariablen müssen potentielle Werkhofstandorte erhoben und definiert werden. Diese können einerseits bereits bestehende Gebäude bzw. Werkhöfe sein, aber auch lediglich Grundstücke respektive bebaubare Flächen innerhalb der Grenzen der Gemeindekooperation.

Der Entscheid zum optimalen Werkhofstandort folgt einem zweistufigen Prozess:

Erste Stufe: Grobanalyse zur indikativen Vorentscheidungen **Zweite 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.

Abb. D-23 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.

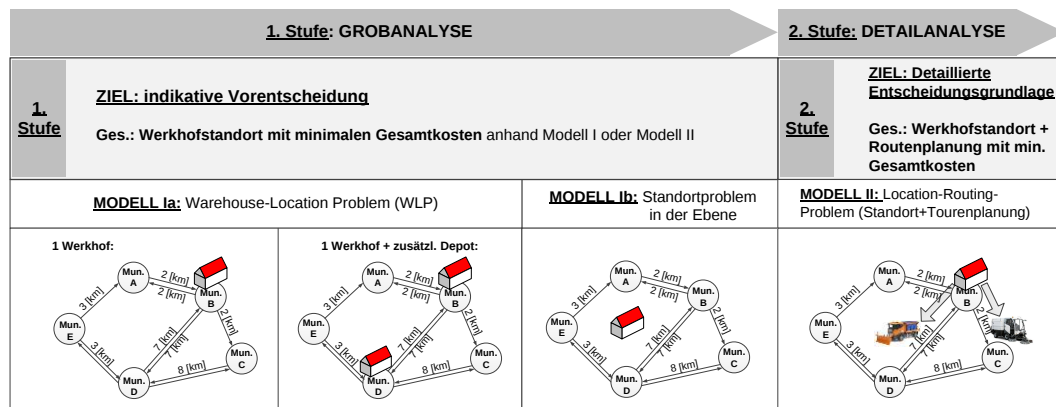


Abb. D-23: 2-stufiger Werkhofstandort-Routen-Entscheid

4.1.4 1. 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). Die Wahl des Modells hat wesentlichen Einfluss auf die Kostenstruktur, da neben den auftretenden Gebäude- und Standortkosten noch zusätzliche Erschliessungs- und Versorgungskosten zum neuen Werkhofgrundstück („Grüne Wiese“-Modell) auftreten.

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 Erststellungs- und/oder Umbaukosten, jährlichen Werkhofkosten (Betriebskosten) sowie der 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 (als Darstellung von Siedlungsschwerpunkten).

Die notwendigen Entscheidungsvariablen können daher wie folgt definiert werden:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{falls Punkt } j \text{ (Siedlungsgebiet) von Werkhofstandort } i \text{ bedient wird} \\ 0 & \text{falls } i \text{ von } j \text{ aus nicht bedient wird} \end{cases}$$

$$y_i = \begin{cases} 1 & \text{am potentiellen Standort ist ein Werkhof einzurichten} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

Das mathematische Optimierungsmodell und dessen Zielfunktion können 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, Werkhofkosten 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 (3-1a) 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 (4-1a) spezifiziert, dass der geforderte zu deckende Bedarf der IKZ gesichert ist.

$$y_i \in \{0, 1\} \quad i = 1, \dots, m; \quad (4-1a)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad \forall i, j$$

Die Randbedingung (5-1a) stellt eine binäre Entscheidungsvariable der Form 0/1 dar in Abhängigkeit davon, ob der Werkhofstandort realisiert wird (Variabel 1) oder nicht (Variabel 0).

Modell Ib: Formulierung als Standortmodell in der Ebene mit Euklidischer Metrik

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* 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 [145]. 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 wird.

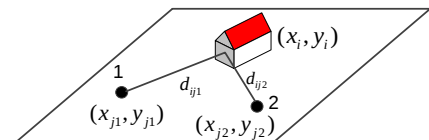
Das Optimierungsproblem in der Ebene kann folgendermassen formuliert werden:

$$F(x, y) = \sum_{i=1}^m (K_{Land} + K_{Erschl.}) y_i + \sum_{j=1}^n d_{ij}^2 x_{ij} \rightarrow \min \quad (1-1b)$$

K_{Land} ... Grundstückskosten [CHF]

$K_{Erschl.}$... Grundstückerschliessungskosten [CHF]

d_{ij}^2 ... Euklidische Metrik [z.b. 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 andererseits 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.

$$d_{ij}^2 = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (3-1b)$$

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 Aufgabenerfüllung zu erreichen 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 – Standortbestimmung in der Ebene („Grüne Wiese Modell“) – gezeigt.

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.

Abb. D-24 zeigt grafisch die räumliche Lage der Gemeinden sowie deren Bedarf (Anfahrthäufigkeiten). 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.

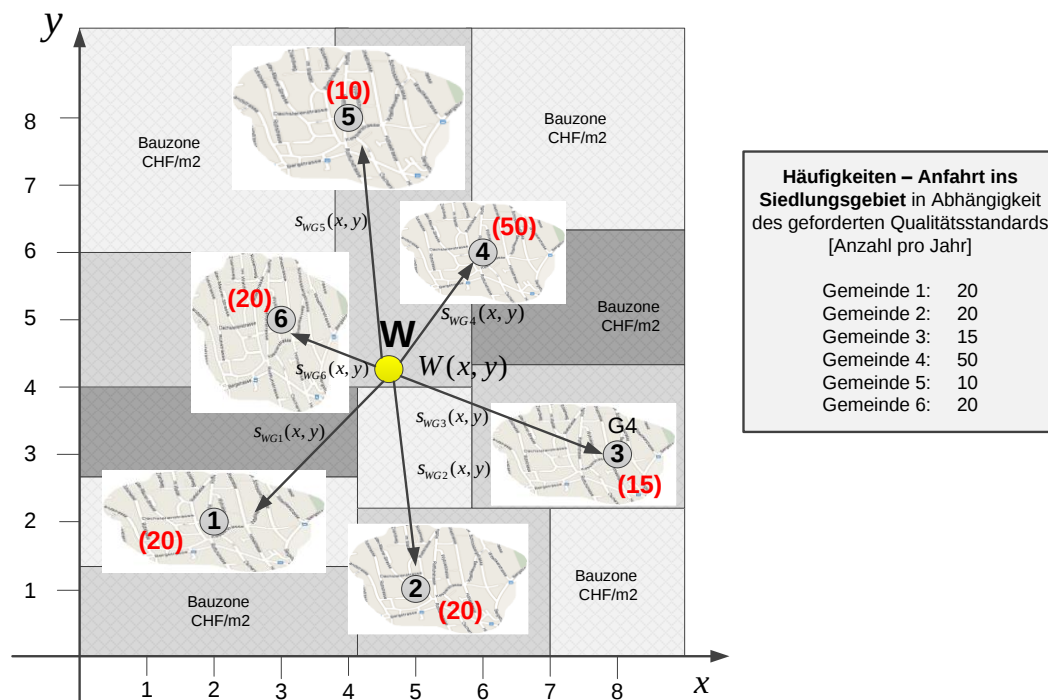


Abb. D-24: Beispiel Modell Ib - Schematische Darstellung der Standortbestimmung in der Ebene

Abb. D-25 zeigt die Annahmen der Schwerpunktkoordinaten der Gemeinden und listet die Einsatzhäufigkeiten pro Jahr bezogen auf die Anfahrten in das jeweilige Siedlungsgebiet auf. In der folgenden Berechnung wird jeder Gemeinde eine Koordinate (x, y) in der Ebene zugewiesen, die die Lage der Gemeinden untereinander definiert.³⁷

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

Abb. D-25: Beispiel Modell Ib - Schwerpunkte und Einsatzhäufigkeiten in den Gemeinden

³⁷ Anmerkung: Die Häufigkeiten der Anfahrten ins Siedlungsgebiet wurden auf Basis der empirischen Erhebungen des Teils B der Fa. WIFpartner erhoben. (Z. B. Häufigkeit in der Strassenreinigung von 1,6 Mal im Monat entspricht ca. 20 Anfahrten zur Gemeinde pro Jahr)

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:

$$F(x, y) = K_{Erstell}^{fix} + \sum_{i=1}^m \frac{c_i b_i}{v_i(\Omega)} \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} + K_{Land}^{var}(x, y) \rightarrow \min.$$

$K_{Erstell}^{fix}$	Fixkosten für die Erstellung des Werkhofes	[CHF]
$K_{Land}^{var}(x, y)$	Standortabhängige Grundstückskosten	[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]

Abb. D-26 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.

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

Abb. D-26: Beispiel Modell Ib – Koordination und Beiwerte

Neben den genannten Beiwerten

- Fahrtkostenansatz 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 Abb. D-27). Die Grösse dieses Quadranten kann bedarfsgerecht angepasst und verkleinert werden.

Zudem kann festgelegt werden, in welchem Quadranten der Bau eines neuen Werkhofstandortes nicht möglich ist.

[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

Abb. D-27: Beispiel Modell Ib - Grundstückspreise

Nach Durchlaufen des Excel-Optimierungstools können auf Basis der Zielfunktion folgende (x, y)-Koordinaten als kostenoptimaler Werkhofstandort definiert werden (Abb. D-28):

X-Position	5'990	[m]
Y-Position	6'010	[m]
Zielwert	8'372'320	[CHF]

Abb. D-28: Beispiel Modell Ib – Ergebnis optimaler Werkhofstandort

4.1.5 2. Stufe: Standort- Detailanalyse zur Entscheidungsfindung

Zur Umsetzung der zweiten Stufe im Werkhofstandort-Entscheid wird als Entscheidungsgrundlage eine Einführung in die Grundlagen der Tourenplanung gegeben zumal für eine ganzheitliche Betrachtung einer kostenoptimalen Werkhofstandort-Variante nicht nur die Werkhofkosten per se, sondern ebenso die durch den Betrieb entstehenden Kosten entscheidend sein können. Der Übergang der Betrachtungstiefe der zweiten Stufe fordert jedoch, dass die für Schritt 1 benötigten Informationen und gemeindespezifischen Grundsätze, positiv beantwortet werden konnten. Erst dann ist eine Betrachtung eines optimalen Werkhofstandortes mit Berücksichtigung einer wegstreckenoptimalen Tourenplanung sinnvoll.

4.2 Grundprobleme der Tourenplanung

Das vorliegende Optimierungsproblem kann als so genanntes *Location-Routing-Problem* (LRP - als Werkhofstandort-Routen-Problem) zusammengefasst werden. Dieses besteht aus zwei Subproblemen, die folgende Fragestellungen aufwerfen:

- Wo befindet sich der optimale siedlungsübergreifende Werkhofstandort?
- Wie könnte der dazugehörige optimale siedlungsübergreifende Routenplan aussehen?

Abb. D-29 zeigt das Ablaufschema des heuristischen Designs zur Lösung der Location-Routing-Planung (LRP) für eine interkommunale Kooperation. Dabei werden beim Durchlaufen der jeweiligen Phasen sowohl das Optimierungsproblem eines optimalen Werkhofstandortes als auch eine optimale Routenplanung gelöst bis der Zielfunktionswert ein (Kosten-)Minimum annimmt.

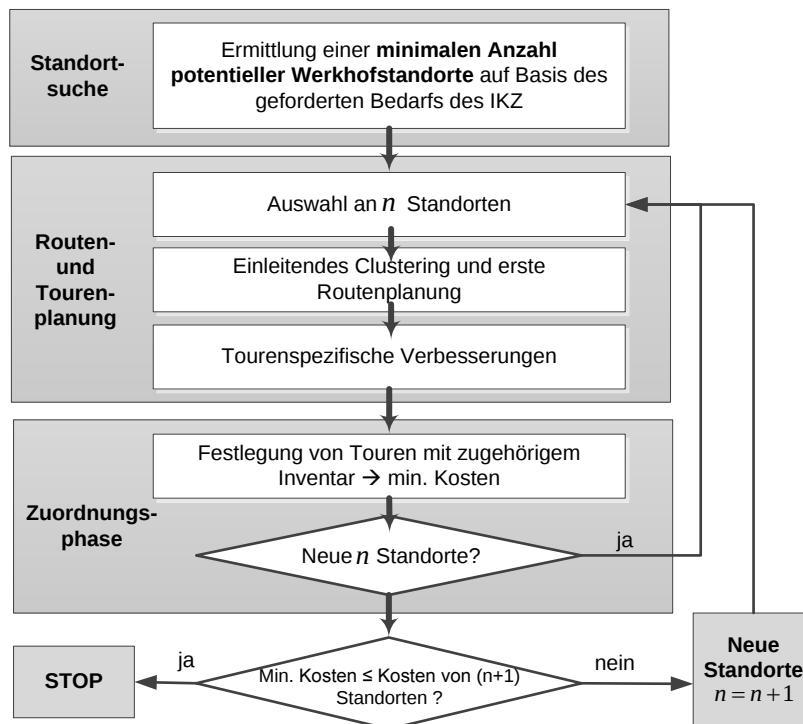


Abb. D-29: Heuristisches Design eines LRP in Anlehnung an [153],[154]

Der erste Schritt – die Phase der Standortsuche – besteht darin, eine minimale Anzahl an potentiellen Standorten festzulegen, die die komplexen gemeindespezifischen Standortanforderungen zur öffentlichen Aufgabenerfüllung erfüllen. Für jeden potentiellen Werkhofstandort erfolgt im ersten Schritt eine Clusterbildung von Routen und darauffolgend eine Routenplanung. Neben dem Optimierungsverfahren des „*Travelling Salesman*“ (TSP) [146], das die graphentheoretische Berechnung der kürzesten Wege in den Vordergrund stellt, führt im Besonderen der „*Saving Algorithmus*“ von [155] zu realitätsnahen Ergebnissen. Der *Saving Algorithmus* zählt zu den Parallelverfahren und fokussiert auf die Optimierung mehrerer 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. [155]

Das **Saving-Verfahren** hat zum Ziel, alle Touren so zusammenzufassen, dass unter der Berücksichtigung gemeindespezifischer Restriktionen (z. B. Verfügbarkeit von Geräten, Zeitbeschränkungen etc.) grösstmögliche Einsparungen der zurückzulegenden Distanz anzustreben sind. [147]

Zu Beginn des Verfahrens wird eine symmetrische Entfernungsmatrix mit $D = (d_{ij})$ 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 [130]:

$$s_{ij} = d_{wi} + d_{wj} - d_{ij}$$

Die Ersparnisse s_{ij} sind somit 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.

Abb. D-30 und Abb. D-31 zeigen 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.

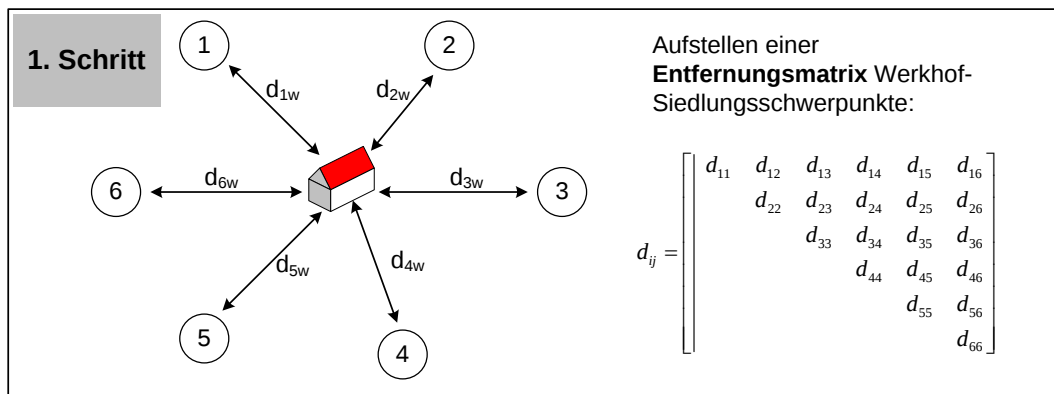


Abb. D-30: Saving-Verfahren - 1. Optimierungsschritt

In den weiteren Optimierungsschritten müssen alle Ersparnisse $s_{ij} > 0$ nach abnehmenden Werten sortiert werden bis alle positiven Ersparnisse s_{ij} überprüft wurden und kein weiterer Optimierungsschritt mehr möglich ist.

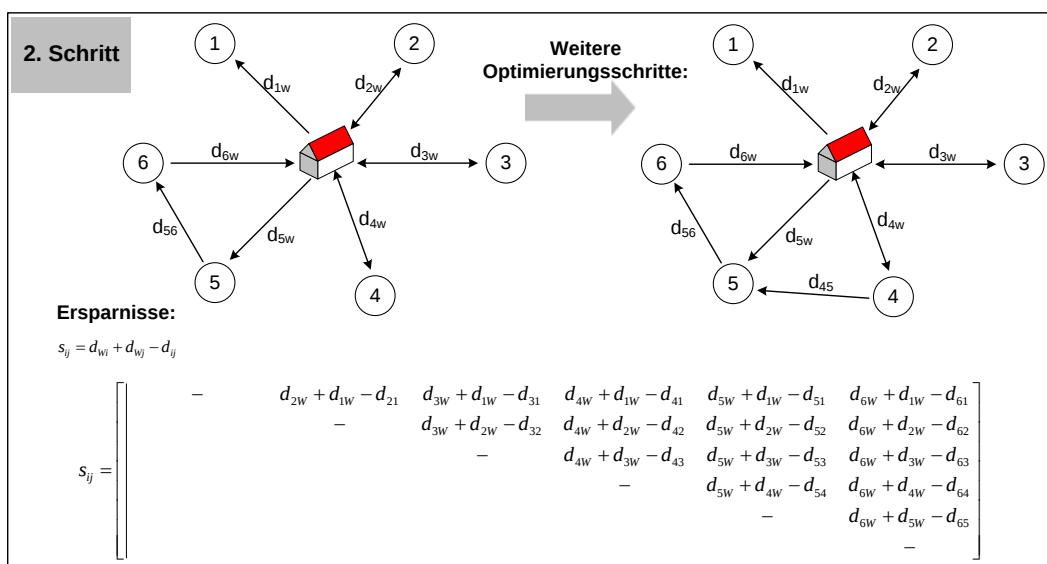


Abb. D-31: Saving-Verfahren - weitere Optimierungsschritte

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.

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.

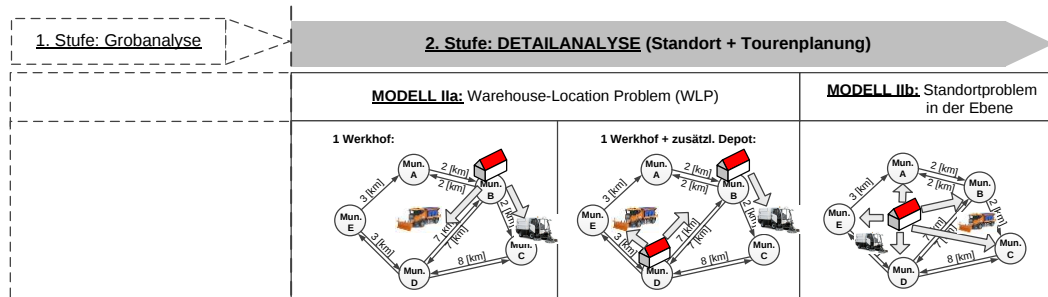


Abb. D-32: Zweite Stufe der Werkhofstandort-Tourenplanung - Detailanalyse

Das zugehörige mathematische Optimierungsproblem kann folgendermassen definiert werden:

$$F(x, y) = \sum_{i=1}^m (K_{\text{Restr.}} + K_W) y_i + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k \in K} (c_{ij}^{\text{Leerfahrt}} + w_{ij}^{\text{prod}}(A_i)) x_{ijk} \rightarrow \min \quad (1-2a)$$

$c_{ij}^{\text{Leerfahrt}}$... Leerfahrtkosten für Hin- und Retourfahrten zum Werkhof

$w_{ij}^{\text{prod}}(A_i)$... 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 und den distanzabhängigen Fahrtkosten (Leerfahrten und produktive Fahrtzeiten) 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 in 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 zu bearbeitende Fläche ergibt sich einerseits aus der Gemeinadenetzgrösse 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.

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n t_{ij} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \tau_{value}(A_i) \leq T_K; \quad \forall k \in K \quad (4-2a)$$

t_{ij} ... Leerfahrtzeit von und zum Werkhof

τ_{value} ... Zeit zur Durchführung wertschöpfender Tätigkeiten

$A_{i,...,i+n}$... zu bearbeitende Fläche in den Gemeinden $i,...,i+n$

Die Nebenbedingung (4-2a) berücksichtigt auf Basis der gesetzlich maximal erlaubten Arbeitszeiten die maximalen Dauern der Routen.

Eine schematische Darstellung dazu ist in Abb. D-33 ersichtlich. Die 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/unterhalten werden müssen.

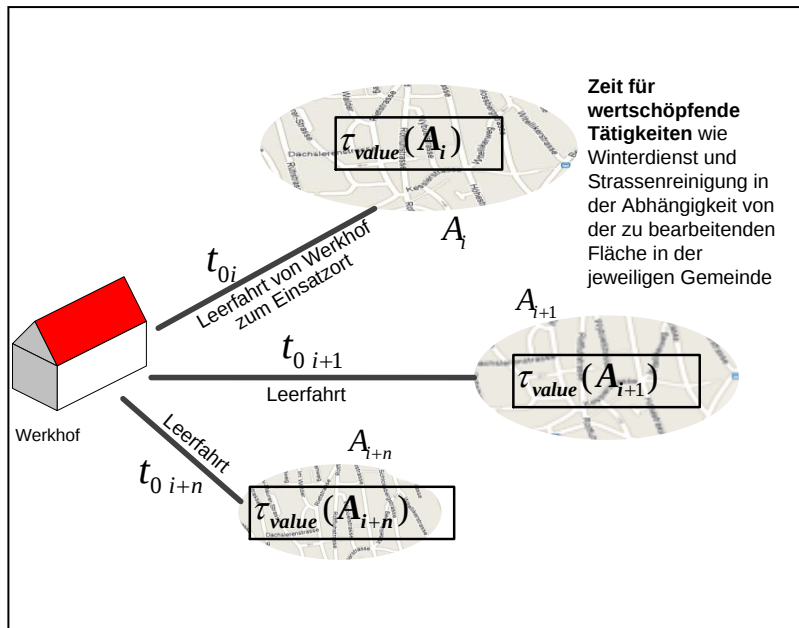


Abb. D-33: Beispiel LRP - schematische Darstellung Leerfahrten

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.

D-5 Leitfaden –Handlungsempfehlungen

Schweizer Gemeinden befinden sich in einem Spannungsfeld aus selbstverständlich gewordenen hohen Qualitätsanforderungen der Bürger, dem hohen Wettbewerbsdruck über zukünftige Standortvorteile (u.a. auch 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 zu 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 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.

Effizienzsteigerungen und Kostenoptimierung sind Begrifflichkeiten, die heutzutage viel verwendete Begrifflichkeiten sind, die auch in Schweizer Gemeinden und Kantonen aufgrund der immer knapper werdenden Ressourcen sowie der im Gegensatz dazu gestiegenen Komplexität des Leistungsumfangs immer mehr an Bedeutung gewinnen. Eine effiziente Leistungserbringung kann allerdings nur dann erfolgen, wenn die Durchführung der Leistung unter Berücksichtigung gegebener Randbedingungen mit den geforderten Qualitätsstandards möglichst ressourcenschonend passiert.

5.1 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, dass eine interkommunale Kooperation nicht nur „Verzicht“, „Kompromiss“ und „Einbussen“ bedeutet, sondern neben den monetären Vorteilen auch kooperationsbedingte Vorzüge durch Spezialisierungen, Fixkostenteilungen, Auslastungserhöhungen etc. mit sich bringt.

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 als auch auf strategischer Ebene den kommunalen Entscheidungsträgern präsentiert werden,
- den Gemeinden abseits von Fusionsgesprächen eine Alternative aufgezeigt wird, die Effizienzsteigerungen durch einen optimierten Ressourceneinsatz und die Nutzung von Grössenvorteilen 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.

Diese vorliegende Forschungsarbeit soll Gemeinden motivieren und ermuntern, noch nicht gegangene Wege der Kooperation zu gehen und Chancen einer solchen Umsetzung im betrieblichen Unterhalt zu erkennen.

Die NPV-Werkhofstandort-Berechnungsmethode liefert ein Entscheidungsmodell zur umfassenden Beurteilung möglicher Varianten zur Aufgabenerfüllung im kommunalen Strassenunterhalt im Vergleich zur gegenwärtigen Leistungserbringung in Eigenregie der Gemeinden. Die Grundlage dieser lebenszyklusorientierten Berechnungsmethode liefert die dynamische Investitionsrechnung sowie die Grundlagen der Kostentheorie, die eine holistische Bewertung der anfallenden Kosten im betrieblichen Unterhalt erlaubt.

Der wissenschaftliche Beitrag dieses vorliegenden Forschungsprojektes liegt in der Umsetzung der Methoden und Verfahren des Operations Research und im engeren Sinne der Graphentheorie auf den Bereich des betrieblichen Strassenunterhalts.

Zudem wird nach systemtheoretischem strukturiertem Vorgehen die NPV-Berechnungsmethode auf die definierten Leistungsbereiche des betrieblichen Strassenunterhalts unter Berücksichtigung der gemeindespezifischen Randbedingungen angewandt, die den Gemeinden eine Entscheidungsgrundlage für die Beurteilung von Investitionsentscheiden respektive der Vorteilhaftigkeit von Aufgabenerfüllungs-Varianten liefert.

Grundsätzlich muss angemerkt werden, dass die praxisnahe Umsetzung des in dieser Forschungsarbeit entwickelten Modells nur exemplarisch anhand eines Berechnungsbeispiels getestet werden konnte. 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.

Abbildungsverzeichnis Teil D

Abb. D-1: Equipment-Location-Matrix	286
Abb. D-2:Geräte-Einsatz-Matrix am Beispiel einer Kehrmaschine	287
Abb. D-3: Leistungsberechnung von Baumaschinen nach Girmscheid [2]	287
Abb. D-4: Vierstufige Leistungsberechnung im betrieblichen Unterhalt.....	289
Abb. D-5: Ermittlung der Grundleistung durch Betriebsbeiwerte	289
Abb. D-6: Ermittlung der Technischen Grundleistung durch technische Abminderungsfaktoren ..	290
Abb. D-7: Ermittlung der Nutzleistung durch dynamische Abminderungsfaktoren	291
Abb. D-8: Inventarkalkulation - Grunddaten City Cat 2020	293
Abb. D-9: Inventarkalkulation - AVS pro Jahr.....	294
Abb. D-10: Inventarkalkulation - Zusätzliche Versicherungen und Gebühren	295
Abb. D-11: Inventarkalkulation - Totale Fixkosten pro Jahr	296
Abb. D-12: Inventarkalkulation - Reparatur und Revision	297
Abb. D-13: Inventarkalkulation - Energiekosten pro Einsatzstunde	297
Abb. D-14: Inventarkalkulation - Schmiermittelkosten pro Einsatzstunde.....	298
Abb. D-15: Inventarkalkulation - Übersicht fixe und variable Kosten	299
Abb. D-16: Berechnung der gerätespezifischen Leistungsgrenzen	300
Abb. D-17: Kosten-Leistungs-Funktion in Abhängigkeit des Auslastungsgrades	301
Abb. D-18: Vergleich der Gesamtkosten zu Einheitskosten	301
Abb. D-19: Leistungsmodul - Von der Leistungsberechnung zur Kostenfunktion.....	302
Abb. D-20: Schematische Darstellung von Siedlungsschwerpunkten innerhalb einer IKZ	304
Abb. D-21: NPV-Werkhofstandortvariante	308
Abb. D-22: Ablaufschema Standort-Routen-Modell	309
Abb. D-23: 2-stufiger Werkhofstandort-Routen-Entscheid	310
Abb. D-24: Beispiel Modell Ib - Schematische Darstellung der Standortbestimmung in der Ebene	313
Abb. D-25: Beispiel Modell Ib - Schwerpunkte und Einsatzhäufigkeiten in den Gemeinden	313
Abb. D-26: Beispiel Modell Ib – Koordination und Beiwerte.....	314
Abb. D-27: Beispiel Modell Ib - Grundstückspreise	315
Abb. D-28: Beispiel Modell Ib – Ergebnis optimaler Werkhofstandort	315
Abb. D-29: Heuristisches Design eines LRP in Anlehnung an [153],[154]	316
Abb. D-30: Saving-Verfahren - 1. Optimierungsschritt.....	317
Abb. D-31: Saving-Verfahren - weitere Optimierungsschritte	317
Abb. D-32: Zweite Stufe der Werkhofstandort-Tourenplanung - Detailanalyse	318
Abb. D-33: Beispiel LRP - schematische Darstellung Leerfahrten.....	319

Literaturverzeichnis Teil D

1. Girmscheid, G., *Bauhof- und Bauinventarmanagement als Schlüssel zur Ergebnis- und Liquiditätssteigerung*. 1999: p. 20.
2. Girmscheid, G., *Leistungsermittlungshandbuch für Baumaschinen und Bauprozesse*. 4., überarb. Aufl. ed. 2010a, Berlin: Springer. 300 S.
3. Görres-Gesellschaft zur Pflege der Wissenschaft (Deutschland), *Staatslexikon Recht - Wirtschaft - Gesellschaft in 5 Bänden*. 7., völlig neu bearbeitete Aufl. ed. 1985, Freiburg: Herder. 7 Bände.
4. Linder, W., *Schweizerische Demokratie Institutionen - Prozesse - Perspektiven*. 3., vollst. überarb. und aktualisierte Aufl. ed. 2012, Bern: Haupt. 481 S.
5. Ladner, A., *Gemeindereformen zwischen Handlungsfähigkeit und Legimitation - ein Forschungsprojekt des Schweizerischen Nationalfonds im Rahmen des Schwerpunktprogramms "Zukunft Schweiz"*. Forschungsbericht / Institut für Politikwissenschaft und Institut für Organisation und Personal der Universität Bern, ed. Nationalfondsprojekt Gemeindereformen - Zwischen Staatlicher Handlungsfähigkeit und Demokratischer Legitimation (Schweiz). 2000, Bern: Institut für Politikwissenschaft [etc.]. 191 S.
6. Häfelin, U. and G. Müller, *Grundriss des allgemeinen Verwaltungsrechts*. 3., neu bearb. Aufl. ed. 1998, Zürich: Schulthess. XLVII, 562 S.
7. Steiner, R., *Interkommunale Zusammenarbeit und Gemeindezusammenschlüsse in der Schweiz - Erklärungsansätze, Umsetzungsmöglichkeiten und Erfolgsaussichten*, 2002, Haupt: Bern. p. 544 S.
8. Naßmacher, H. and K.-H. Naßmacher, *Kommunalpolitik in Deutschland*, 2007, VS Verlag für Sozialwissenschaften | GWV Fachverlage GmbH: Wiesbaden.
9. Herkenrath, A. and H. Voigt, *Im Dienste der Bürger : Politik für die Gemeinden*. 1993, Düsseldorf: Kommunal-Verl. 288 S.
10. Friedrich Ueli, Arn Daniel, and Wichtermann Jürg, *Neubildung politischer Gemeinden im Kanton Schaffhausen*. 1998. Bern.
11. Zimmerli, U., *Die neue Bundesverfassung: Konsequenzen für Praxis und Wissenschaft, Tagung vom 21./22. Oktober 1999 an der Universität Bern*. 2000, Bern: Stämpfli. 337 S.
12. Bundesamt für Statistik, *Statistik des jährlichen Bevölkerungsstandes (ESPOP)*. 2009.
13. Budäus, D., *New Public Management*. Managementforschung. 1998, Berlin: de Gruyter. VI, 253 S.
14. Schedler, K. and I. Proeller, *New Public Management*. 4. Aufl. ed. Utb. 2009, Bern: Haupt. 334 S.
15. Ritz, A., *Evaluation von New Public Management: Grundlagen und empirische Ergebnisse der Bewertung von Verwaltungsreformen in der schweizerischen Bundesverwaltung*. Public Management. 2003, Bern: Haupt. 570 S.
16. Durth, W. and B. Bernhard, *Einführung von New Public Management in der betrieblichen Strassenunterhaltung - Stand und Entwicklungsperspektiven einer Umstellung*. Strassenverkehrstechnik, 2001. Heft 10/2001.
17. Bundesministerium für Verkehr Bau- und Stadtentwicklung, *Massnahmenkatalog Strassenbetriebsdienst MK1, Umsetzung der Steuerung des Strassenbetriebsdienstes in den Ländern - Steuerungskonzeption.*, 2006: Bonn.
18. Institut für Schweizerisches und Internationales Baurecht (Freiburg Schweiz), *Schweizerische Baurechtstagung Freiburg 2005 seit 30 Jahren*. 2005, Freiburg i. Üe.: Institut für Schweizerisches und Internationales Baurecht. 395 S.
19. Girmscheid, G. and H.-P. Lindenmann, *Kommunale Strassennetze in der Schweiz: Formen neuer Public Private Partnership (PPP) - Kooperationen für den Unterhalt*. Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, Bundesamt für Strassen. 2008, [Bern]: Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK. xviii, 806 S.
20. Lindenmann, H.-P. and e. al, *Erhaltungsmanagement der Strassenverkehrsanlagen MSE 99/00*. Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, Bundesamt für Strassen. 2000, [Bern]: Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation. 70 f.
21. SN 640900a, *Erhaltungsmanagement (EM) - Grundnorm.*, 2004, Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS): Zürich.

22. Dreyer, J., *Prozessmodell zur Gestaltung einer Public Private Partnership für den kommunalen Strassenunterhalt in der Schweiz*, 2008, ETH/ Institut für Bauplanung und Baubetrieb Eigenverlag des IBB an der ETH Zürich: Zürich. p. 1 Band.
23. Deutscher Bundestag Enquete-Kommission, *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*. Zur Sache. 1998, Bonn: Deutscher Bundestag - Kommission Schutz des Menschen und der Umwelt 467 S.
24. DIN EN 15429-1, *Kehrmaschinen - Teil 1: Klassifizierung und Begriffe*, D.I.f. Normung, Editor 2008. p. 14.
25. SN 640720c, *Strassenunterhalt - Reinigung*, 1996, Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS): Zürich.
26. SN 640040b, *Projektierung - Grundlagen*, 1992, Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS): Zürich.
27. Baudirektion Kanton Zürich, *Richtlinien Winterdienst*, 2006, Tiefbauamt Zürich.
28. SN 640750b, *Winterdienst - Grundlagen*, 1989, Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS): Zürich.
29. SN 640761a, *Winterdienst - Schneeräumung*, 1994, Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS): Zürich.
30. Durth, W. and H. Hanke, *Handbuch Straßenwinterdienst*. 2004, Bonn: Kirschbaum Verlag GmbH. 380
31. SN 640756a, *Winterdienst - Dringlichkeitsstufen, Winterdienst-Standard, Routenplan, Routenverzeichnisse und Einsatzplan*, 1991, Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS): Zürich.
32. SN 640757a, *Winterdienst - Bewegliche Mittel*, 1993, Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS): Zürich.
33. Hofmann M., *Leitfaden Winterdienst für Bundes- und Landessstrassen*, in *ASTRAD-Symposium 2011*, TU WIEN, Institut für Verkehrswissenschaften: Wels (Österreich).
34. SN 640765a, *Winterdienst - Anforderungen an Schneepflüge*, 1998, Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS): Zürich.
35. SN 640760b, *Winterdienst - Schneecharakterisierung*, 1995, Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS): Zürich.
36. SN 640774a, *Winterdienst - Anforderung an Streugeräte*, 1991, Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS): Zürich.
37. Amt der Steiermärkischen Landesregierung, *Winterdienstleitfaden*, 2012, Amt der Steiermärkischen Landesregierung: Holding Graz Services, Graz (Österreich).
38. Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, *Strassenbetriebsdienst 2011 - Kolloquium*. 2011, Karlsruhe: Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen. 90
39. SN 640778a, *Winterdienst - Signalisation, bauliche Massnahmen*, 1997, Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS): Zürich.
40. Domschke, W. and A. Scholl, *Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre - Eine Einführung aus entscheidungsorientierter Sicht*. Dritte, verbesserte Auflage ed. Springer-Lehrbuch. 2005, Berlin: Springer-Verlag. Online-Datei.
41. Götze, U., *Investitionsrechnung Modelle und Analysen zur Beurteilung von Investitionsvorhaben*. 6., durchges. und aktualisierte Aufl. ed. Springer-Lehrbuch. 2008, Berlin: Springer. Online-Ressource.
42. Domschke, W., *Logistik: Transport Grundlagen, lineare Transport- und Umladeprobleme*. 5., überarb. Aufl. ed. Oldenbourgs Lehr- und Handbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften. 2007, München: Oldenbourg. 234 S.
43. Domschke, W., *Logistik*. 4., völlig überarb. und wesentlich erw. Aufl. ed. Oldenbourgs Lehr- und Handbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften. 1995, München: Oldenbourg.
44. Ulrich, H., *Gesammelte Schriften*, ed. Stiftung zur Förderung der Systemorientierten Managementlehre (St. Gallen). 2001, Bern: Haupt. Band 1-5.
45. Bleicher, K., *Konzept Integriertes Management*. Vierte, rev. und erw. Aufl. ed. St Galler Management-Konzept. 1996, Frankfurt/Main etc.: Campus-Verlag. 606 S.
46. Oefner, G. and A. Schmuck, *Grundlagen zur Entwicklung von Verhaltens- und Managementmodellen für den Strassenoberbau*. Informationen Verkehrsplanung und Strassenwesen. 1980, München-Neubiberg. 101 S.
47. Lindenmann Hans-Peter; et. al, *Erhaltungsmanagement der Strassenverkehrsanlagen MSE 99/00*. Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und

- Kommunikation, Bundesamt für Strassen. 2000, Bern: Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation. 70 f.
48. Emch & Berger Bern AG, *Management der Strassenerhaltung (MSE) für Strassennetze in Städten und Gemeinden - Erhaltungsplanung bei Infrastrukturanlagen*. Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, Bundesamt für Strassen. 2003, [Bern]: Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation. 39 p.
 49. Wichmann, M., *Strassenreinigung und Winterdienst in der kommunalen Praxis: Rechtsgrundlagen - Organisation - Aufgaben*. 4., überarb. und erw. Aufl ed. 2003, Berlin: Erich Schmidt. 528 S.
 50. Herzog, B.O., *Fuhrpark-Management*. 1997, Neuwied [etc.]: Luchterhand. XV, 228 S.
 51. Schnieder, E., *Verkehrsleittechnik Automatisierung des Strassen- und Schienenverkehrs*. VDI-Buch. 2007, Berlin: Springer. 505 S.
 52. Roos, R., et al., *Optimaler Fahrzeugeinsatz im Winterdienst auf Bundesautobahnen*. Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik. 1997, Bonn-Bad Godesberg: Bundesministerium für Verkehr. 162 p.
 53. Durth, W. and H. Hanke, *Handbuch Straßenwinterdienst*. 2004, Bonn: Kirschbaum. 380 S.
 54. Cypra, T., *Entwicklung einer Entscheidungsmethode für Massnahmen im Winterdienst auf hochbelasteten Bundesautobahnen*. Veröffentlichungen des Institutes für Strassen- und Eisenbahnwesen der Universität Karlsruhe (TH). 2007, Karlsruhe: ISE. 117 S.
 55. Stenbeck, T., *Budgeting Performance-Based Winter Maintenance: Snow Influence on Highway Maintenance Cost*. Journal of Infrastructure Systems, 2009. 15(3): p. 251-260.
 56. Bergstrom, A., *More effective winter maintenance method for cycleways*. Highway Maintenance Safety, Support and Services, 2003(1824): p. 115-122.
 57. Gass, S.I. and A.A. Assad, *Model world: Tales from the time line-the definition of OR and the origins of Monte Carlo simulation*. Interfaces, 2005. 35(5): p. 429-435.
 58. Domschke, W. and A. Drexl, *Einführung in Operations Research*. 7., überarb. Aufl ed. Springer-Lehrbuch. 2007, Berlin: Springer. 268 S.
 59. Dempe, S. and H. Schreier, *Operations research deterministische Modelle und Methoden*. Teubner Studienbücher Wirtschaftsmathematik. 2006, Wiesbaden: Teubner. 381 S.
 60. Dinkelbach, W. and U. Lorscheider, *Entscheidungsmodelle und lineare Programmierung : Übungsbuch zur Betriebswirtschaftslehre*. 2 ed. 1990, München Oldenbourg. IX, 287
 61. Fastrich, A., *Entwicklung, Bewertung und Optimierung von lebenszyklusorientierten Erhaltungsstrategien im Strassenunterhalt*, 2011, Eigenverlag des IBI an der ETH Zürich, IBI - Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement: Zürich. p. 1 Band.
 62. König, D., *Theorie der endlichen und unendlichen Graphen - kombinatorische Topologie der Streckenkomplexe*. Mathematik und ihre Anwendungen in Monographien und Lehrbüchern. 1936, Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft. XI, 258 S.
 63. Liebling, T.M., *Anwendung der Graphentheorie auf Planungs- und Tourenprobleme des städtischen Strassendienstes*, 1970, Springer: Berlin u.a. p. 116 S.
 64. Durth, W. and H. Hanke, *Optimierung der Einsatzplanung für den Strassenwinterdienst in Städten und Gemeinden*. Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik. 1989, Bonn-Bad Godesberg: Bundesminister für Verkehr. 72 S.
 65. Zhu, P., *Ein flexibles Verfahren zur Lösung kantenorientierter Tourenplanungsprobleme im Strassenbetriebsdienst*, 1989: Darmstadt. p. II, 102 S.
 66. Girmscheid, G., *NPV-Wirtschaftlichkeitsanalysemodell – Lebenszyklusbetrachtung von kommunalen Strassenunterhalts-PPPs*. Bauingenieur, 2006a. 81(10): p. 455-463.
 67. Girmscheid, G., *Risikobasiertes probabilistisches LC-NPV-Modell – Bewertung alternativer baulicher Lösungen*. Bauingenieur, 2006b. 81(9): p. 394-405.
 68. Girmscheid, G., *Entscheidungsmodell – Lebenszyklusorientierte Strategiebildung und Unterhaltsvarianten für Strassennetze*. Bauingenieur, 2007a. 82(7-8): p. 346-355.
 69. Girmscheid, G. and A. Fastrich, *Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen - Zusatzkosten infolge Vor- und Aufschub von Erhaltungsmassnahmen*. Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, Bundesamt für Strassen. 2010, [Bern]: Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK. 204 S.
 70. Fastrich, A. and G. Girmscheid, *Optimierungsmodell – Probabilistische Optimierung der Strassenunterhaltsmaßnahmen mittels Markov-Ketten und Monte-Carlo-Simulation*. Bauingenieur, 2010. 85(11): p. 471-481.
 71. Girmscheid, G., *Bauhof- und Bauinventarmanagement als Schlüssel zur Ergebnis- und Liquiditätssteigerung*. 1999, Zürich: Institut für Bauplanung und Baubetrieb. 20 S.

72. Girmscheid, G., *Systemauswahl und Bereitstellungsvariante von Bauproduktionseinrichtungen – Entscheidungsmodell*. Bauingenieur, 2008a. 83(3): p. 136-146.
73. Girmscheid, G., *Systemauswahl und Bereitstellungsvariante von Bauproduktionseinrichtungen – Prognosemodell*. Bauingenieur, 2008b. 83(3): p. 127-135.
74. Porwollik, J., *Neuorganisation der Strassenmeistereien beim Landschaftsverband Westfalen-Lippe*. Konferenzbeitrag Strassenbetriebsdienstskolloquium 2005(FGSV): p. S. 11-16.
75. Höfeler, C., *Controlling und Privatsektorbeteiligung für den wirtschaftlichen Betrieb kommunaler Strassen - Anforderungen an Steuerungsmodelle*, 2011, Verlag der Bauhaus-Universität: Weimar. p. 271 S.
76. Steiner, R., *Interkommunale Zusammenarbeit und Gemeindezusammenschlüsse in der Schweiz Erklärungsansätze, Umsetzungsmöglichkeiten und Erfolgsaussichten*, 2002, Paul Haupt: Bern. p. 544 S.
77. Steiner, R., P. Reist, and Y. Rielle, *Gemeindebefragung 2005 - Zustand der Gemeinden des Kantons Zürich*. KPM-Schriftenreihe. 2006, Bern: KPM-Verl. 164 S.
78. Lummerstorfer, A.-J., *Interkommunale Zusammenarbeit eine Organisationsalternative mit grossen Potenzialen zur Effektivitäts- und Effizienzsteigerung*, 2006, Trauner Verlag: Linz. p. 255 S.
79. Zentes, J., *Kooperationen, Allianzen und Netzwerke Grundlagen - Ansätze - Perspektiven*. 2., überarb. und erw. Aufl. ed. 2005, Wiesbaden: Gabler. 1402 S.
80. Picot, A., H.M. Dietl, and E. Franck, *Organisation eine ökonomische Perspektive*. 5., aktualis. und überarb. Aufl. ed. 2008, Stuttgart: Schäffer-Poeschel. 471 S.
81. Thom, N. and A. Ritz, *Public Management innovative Konzepte zur Führung im öffentlichen Sektor*. 4., aktual. Aufl. ed. Uniscope. 2008, Wiesbaden: Gabler. 453 S.
82. Greskowiak, D., *Interkommunale Zusammenarbeit - ein Betrag zur Haushaltskonsolidierung am Beispiel eines Projektes der Städte Nürnberg-Fürth-Erlangen-Schwabach*. in: KGSt (Kommunale Gemeinschaftsstelle für Verwaltungsmanagement), 2004. Nr. 3/2004.
83. Bellers, J., *Interkommunale Zusammenarbeit*. Jahrbuch Nordrhein- Westfalen. 1997, Münster: Lit. 445 S.
84. Naschold, F., M. Oppen, and A. Wegener, *Kommunale Spitzeninnovationen : Konzepte, Umsetzung, Wirkungen in internationaler Perspektive*. Modernisierung des öffentlichen Sektors. 1998, Berlin: Ed. Sigma. 108 S.
85. Balling, R., *Kooperation: strategische Allianzen, Netzwerke, Joint Ventures und andere Organisationsformen zwischenbetrieblicher Zusammenarbeit in Theorie und Praxis*. 2., durchges. Aufl. ed. Europäische Hochschulschriften. Reihe 5, Volks- und Betriebswirtschaft. 1998, Frankfurt am Main Bern [etc.]: Lang. 206 S.
86. Thom, N. and A. Ritz, *Public Management innovative Konzepte zur Führung im öffentlichen Sektor*. 2000, Wiesbaden: Gabler. 387 S.
87. Proeller, I. and K. Schedler, *New Public Management*. 2., überarb. Aufl. ed. UTB für Wissenschaft. 2003, Bern: Haupt. 321 S.
88. Jost, P.-J. and D. Alewell, *Der Transaktionskostenansatz in der Betriebswirtschaftslehre*. 2001, Stuttgart: Schäffer-Poeschel. XVI, 526 S.
89. Rössl, D., *Gestaltung komplexer Austauschbeziehungen Analyse zwischenbetrieblicher Kooperation*, 1994, Gabler: Wiesbaden. p. XIX, 446 S.
90. Thom, N. and A. Ritz, *Public Management innovative Konzepte zur Führung im öffentlichen Sektor*. 2., aktual. Aufl. ed. 2004, Wiesbaden: Gabler. 387 S.
91. Grömig, E., *Die industrialisierte Kommunalverwaltung als Zukunftsperspektive, Standardisierung und Optimierungen bieten verbesserte Abläufe und Strukturen in: Innovative Verwaltung* 2004. 10: p. S. 11-14.
92. Dreyer, J. and G. Girmscheid, *Generisch-denklogisch-deduktive Prozessmodellgestaltung - PPP-Prozessmodell für den kommunalen Strassenunterhalt in der Schweiz*. Bauingenieur, 2009. 84(5): p. 195-207.
93. Girmscheid, G., *Projektabwicklung in der Bauwirtschaft - Wege zur Win-Win-Situation für Auftraggeber und Auftragnehmer*. 3., bearb. und erweiterte Aufl. ed. Vdi. 2010b, Berlin: Springer. 599 S.
94. Girmscheid, G., *Strategisches Bauunternehmensmanagement prozessorientiertes integriertes Management für Unternehmen in der Bauwirtschaft*. 2., bearb. und erw. Aufl. ed. Vdi. 2010, Heidelberg: Springer. 1131 S.
95. Lawrence, P.R. and J.W. Lorsch, *Organization and environment managing differentiation*

- and integration*. 1967, Boston: Division of Research, Graduate School of Business Administration. 279 S.
96. Ladner, A. and R. Steiner, *Gemeindereformen im Kanton Zürich ein Überblick und Vergleich*. Arbeitsbericht / Institut für Organisation und Personal der Universität Bern. 2001, Bern: IOP. 77 Bl.
 97. Arn, D. and U. Friederich, *Gemeindeverbindungen in der Agglomeration*. Bericht ... des NFP "Stadt und Verkehr". 1994, Zürich: Nationales Forschungsprogramm Stadt und Verkehr. XV, 128, [32] S.
 98. Krebs, J., *Gestaltung von Synergien durch Kooperations- und Konzentrationsstrategien eine interdisziplinäre Analyse ihrer Rechtsprobleme*, 1996, Lang: Frankfurt am Main. p. XVII, 196 S.
 99. Iff, A., *Interkantonale und interkommunale Zusammenarbeit: Defizite bezüglich parlamentarischer und direktdemokratischer Mitwirkung*. 2. Aufl. ed. KPM-Schriftenreihe, ed. Bern (Kanton) Grosser Rat Oberaufsichtskommission. 2011, Bern: KPM-Verlag. 281 S.
 100. Reiss, M., *Change Management: Programme, Projekte und Prozesse*. USW-Schriften für Führungskräfte. 1997, Stuttgart: Schäffer-Poeschel. XI, 433 S.
 101. Reiss, M., *Change Management Programme, Projekte und Prozesse*. USW-Schriften für Führungskräfte. 1997, Stuttgart: Schäffer-Poeschel. XI, 433 S.
 102. Lebas/Euske in Neely, A.D., *Business performance measurement : theory and practice*. 2002: p. xiii, 366 p.
 103. Lebas, M.J., *Performance measurement and performance management*. International Journal of production economics, 1995. 41: p. 23-35.
 104. Wettstein, T., *Gesamtheitliches Performance Measurement - Vorgehensmodell und informationstechnische Ausgestaltung*, 2002, [s.n.]: Freiburg i. Ü. p. XXX, 338 S.
 105. Gilles, R., *Performance Measurement mittels Data Envelopment Analysis - Theoretisches Grundkonzept und universitäre Forschungsperformance als Anwendungsfall*, 2005, Eul: Lohmar. p. XVI, 260 S.
 106. Krause, O., *Performance Management - Eine Stakeholder-Nutzen-orientierte und Geschäftsprozess-basierte Methode*, 2006, Dt. Univ.-Verl.: Wiesbaden. p. Online-Datei.
 107. European Foundation for Quality Management (Brussels), <<Das>> *EFQM-Modell für Excellence Version für Öffentliche Dienste und soziale Einrichtungen*. [2. überarb. Aufl.] ed. 2003, Brussels: EFQM. 37 S.
 108. Klingenbiel N., *Performance Measurement-Systeme*. WISU, 1997. Heft 7: p. S. 655-662.
 109. Neely, A.D., *Getting the measure of your business*. Strategy and performance. 2002, Cambridge ; New York: Cambridge University Press. vi, 143 p.
 110. Roberts, L., *Gabler Wirtschaftslexikon*. 17., komplett aktual. und erw. Aufl. ed. Welt-Edition. 2010, Wiesbaden: Gabler. 8 Bde.
 111. Berliner, C., *Cost management for today's advanced manufacturing the CAM-I conceptual design*. 1988, Boston, Massachusetts: Harvard Business School Press. XVI, 253 S.
 112. Girmscheid, G., *Anforderungs-Engineering-Prozessmodell (AEP) – Anforderungsentwicklungsprozess und Zielerreichungs-Controlling – Teil 2*. Bauingenieur, 2010. 85(05): p. 204-209.
 113. Krönert, N., *Anforderungs-Engineering im Bauwesen*, 2010, ETH: Zürich. p. 265 S.
 114. Gladen, W., *Performance measurement - Controlling mit Kennzahlen*. 5., überarb. Aufl. ed. 2011, Wiesbaden: Gabler. Online-Ressource.
 115. Hilgers, D., *Performance Management - Leistungserfassung und Leistungssteuerung in Unternehmen und öffentlichen Verwaltungen*, 2008, Gabler: Wiesbaden. p. 336 S.
 116. Schedler, B., *Leistungsmessung in multinationalen Unternehmen*, 2005: Zürich. p. Online-Datei.
 117. Arnold, D., *Berechnung von Leistungsdaten in der kommunalen betrieblichen Strassenreinigung am Beispiel der Stadt Zürich*, in *Master Projektarbeit (MSc.-PA)2012*: ETH Zürich.
 118. SN 640017a, *Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit - Grundnorm*, 1998, Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS): Zürich.
 119. Kommunale Infrastruktur, *Sauberkeit im öffentlichen Raum*, 2010: Bern.
 120. Girmscheid, G., *Bauproduktionstheorie – Strukturrahmen*. Bauingenieur, 2007. 82(9): p. 397-403.
 121. Girmscheid, G., *Bauproduktionstheorie – Struktur des Bauproduktionsprozesses*. Bauingenieur, 2007. 82(9): p. 404-413.
 122. Schweizerischer Baumeisterverband, *Kalkulationsschema SBV*. 2013, Zürich: Schweizerischer Baumeisterverband.

123. Girmscheid, G. and C. Motzko, *Kalkulation, Preisbildung und Controlling in der Bauwirtschaft - Produktionsprozessorientierte Kostenberechnung und Kostensteuerung*. 2. Aufl. ed. 2013, Berlin: Springer Vieweg. 521 S.
124. Girmscheid, G. and C. Motzko, *Kalkulation, Preisbildung und Controlling in der Bauwirtschaft produktionsprozessorientierte Kostenberechnung und Kostensteuerung*. 2. Aufl. ed. 2013, Berlin: Springer Vieweg. 521 S.
125. Schweizerischer Baumeisterverband, *Inventar-Grunddaten (IGD)*. 2013, Zürich: Schweizerischer Baumeisterverband.
126. Schweizerischer Baumeisterverband, *Betriebsinterne Verrechnungsansätze*, 2013, SBV: Zürich.
127. Schweizerischer Baumeisterverband, *Landesmantelvertrag für das schweizerische Bauhauptgewerbe* 2011, Zürich: Schweizerischer Baumeisterverband 190 S.
128. Berndt, R. and A. Cansier, *Produktion und Absatz*. 2. aktual. und erw. Aufl. ed. Springer-Lehrbuch. 2007, Berlin: Springer. Online-Datei.
129. Sommerer, G., *Produktions- und Kostentheorie - Grundlagen der betriebswirtschaftlichen Produktions- und Kostentheorie*. Wissen kompakt. 2001, Sternenfels: Verlag Wissenschaft und Praxis. 128 S.
130. Domschke, W. and A. Drexl, *Logistik: Standorte*. 4., überarb. und erw. Aufl. 1996, München: Oldenbourg. 288 S.
131. Liebmann, H.-P., *Grundlagen betriebswirtschaftlicher Standortentscheidungen*, 1969, Höpfner: Berlin. p. 274 S.
132. Vahrenkamp, R. and D.C. Mattfeld, *Logistiknetzwerke - Modelle für Standortwahl und Tourenplanung*. Online plus. 2007, Wiesbaden: Gabler. 337 S.
133. Massmann, M., *Kapazitierte stochastisch-dynamische Facility-Location-Planung Modellierung und Lösung eines strategischen Standortentscheidungsproblems bei unsicherer Nachfrage*, 2006, Dt. Univ.-Verl.: Wiesbaden. p. Online-Datei.
134. Arnold, D., et al., *Handbuch Logistik*. 3 ed. 2008, Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 1137
135. Heinhold, M., *Investitionsrechnung Studienbuch*. 6., durchgesehene Aufl. ed. 1994, München etc.: Oldenbourg. X, 201 S.
136. Thommen, J.-P., *Betriebswirtschaftslehre*. 8., vollständig überarb. Auflage ed. 2012, Zürich: Versus. 1101 S.
137. Becker, H.P., *Investition und Finanzierung Grundlagen der betrieblichen Finanzwirtschaft*. 5., überarb. und erw. Aufl. ed. Lehrbuch. 2012, Wiesbaden: Gabler. 379 S.
138. Perridon, L., M. Steiner, and W. Rathgeber Andreas, *Finanzwirtschaft der Unternehmung*. 16., überarb. und erw. Aufl. ed. 2012, München: Verlag Franz Vahlen. XX, 770 S.
139. Kern, W., *Grundzüge der Investitionsrechnung*. Sammlung Poeschel. 1976, Stuttgart: Poeschel. 129 S.
140. Bundesamt für Statistik, *Baupreisindex*. 2013(Bundesamt für Statistik Schweiz, Neuchatel.).
141. Schweizerische Nationalbank, *Statistisches Monatsheft* 2013.
142. Eiselt, H.A. and G. Laporte, *Location of a New Facility on a Linear Market in the Presence of Weights*. Asia-Pacific Journal of Operational Research, 1988. 5(2): p. 160-165.
143. Arinze, B., *Decision Support Systems (Dss) Development using a Model of User Inquiry Types - Methodological Proposals and a Case-Study*. Systems Practice, 1992. 5(6): p. 629-650.
144. Delfmann W., L.B., *Kostendegressionspotenziale in Logistiksystemen - Theoretische Aufarbeitung und Ableitung von Gestaltungsempfehlungen für Transport- und Lagersysteme*. 2004. Arbeitsbericht Nr. 105(Universität zu Köln).
145. Klose, A. and A. Drexl, *Facility location models for distribution system design*. European Journal of Operational Research, 2005. 162(1): p. 4-29.
146. Domschke, W., *Logistik: Rundreisen und Touren*. 2010: Oldenbourg Wissensch.Vlg.
147. Wenger, W., *Multikriterielle Tourenplanung*, 2010, Gabler: Wiesbaden.
148. Ohrt, C., *Tourenplanung im Straßengüterverkehr*, in *Gabler Edition Wissenschaft* 2008, Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler / GWV Fachverlage GmbH: Wiesbaden.
149. Domschke, W. and A. Drexl, *Standorte*. 4., überarb. und erw. Aufl. ed. Logistik. 1996, München: Oldenburg. 276 S.
150. Domschke, W., *Rundreisen und Touren*. 4., völlig neu bearb. und erw. Aufl. ed. Logistik. 1997, München: Oldenbourg. 290 S.
151. Rieck, J., *Tourenplanung mittelständischer Speditionsunternehmen Modelle und Methoden*, 2008, Betriebswirtschaftlicher Verlag Gabler: Wiesbaden. p. Online-Datei.

152. Ziegler, H.-J. and G. Binder, *Computergestützte Transport- und Tourenplanung: Optimierung beim Fahrzeugeinsatz und bei der Gestaltung von Transportanlagen*. Kontakt & Studium. 1988, Ehningen bei Böblingen: expert etc. 171 p.
153. Lin, C. and R. Kwok, *Multi-objective metaheuristics for a location-routing problem with multiple use of vehicles on real data and simulated data*. European Journal of Operational Research, 2006. 175(3): p. 1833-1849.
154. Tavakkoli-Moghaddam, R. and N.e.a. Javadian, *Design of a scatter search method for a novel multi-criteria group scheduling problem in a cellular manufacturing system*. Expert Systems with Applications, 2010. 37(3): p. 2661-2669.
155. Clarke, G. and J.W. Wright, *Scheduling of Vehicles from Central Depot to Number of Delivery Points*. Operations Research, 1964. 12(4): p. 568-&.
156. Girmscheid, G., *Entscheidungsmodell – Lebenszyklusorientierte Wirtschaftlichkeitsanalyse von Unterhaltsstrategien für Strassennetze*. Bauingenieur, 2007b. 82(7-8): p. 356-366.
157. Scheel, H., *Effizienzmasse der Data Envelopment Anlysis*. 2000, Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag. 184 S.
158. Dyckhoff, H., *Produktionstheorie - Grundzüge industrieller Produktionswirtschaft*. 5., überarb. Aufl. ed. Springer-Lehrbuch. 2006, Berlin: Springer. Online-Ressource.
159. Dyckhoff, H., *Produktionstheorie Grundzüge industrieller Produktionswirtschaft*. 5., überarb. Aufl. ed. Springer-Lehrbuch. 2006, Berlin: Springer. 387 S.
160. Dyckhoff, H., *Betriebliche Produktion theoretische Grundlagen einer umweltorientierten Produktionswirtschaft*. Zweite, verbesserte Aufl. ed. Springer-Lehrbuch. 1994, Berlin [etc.]: Springer. XVII, 379 S.
161. Gutenberg, E., *Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre*. Ed.var. ed. Enzyklopädie der Rechts- und Staatswissenschaft. Abteilung Staatswissenschaft. 1951, Berlin [etc.]: Springer. 3 Bände [in verschiedenen Aufl.].
162. Kleine, A., *DEA-Effizienz Entscheidungs- und produktionstheoretische Grundlagen der Data Envelopment Analysis*, 2002, Deutscher Universitäts-Verlag: Wiesbaden. p. 258 S.
163. Drucker, P.F., *Management tasks, responsibilities, practices*. 1974, London: Heinemann. 839 S.
164. Peters, M.L., *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*, 2008, Gabler: Wiesbaden. p. Online-Ressource.
165. Breyer, F., *Mikroökonomik eine Einführung*. Zweite, verb. Aufl. ed. Springer-Lehrbuch. 2005, Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 1 Band.
166. Kern, W., *Handwörterbuch der Produktionswirtschaft*. Enzyklopädie der Betriebswirtschaftslehre. 1979, Stuttgart: Poeschel. XXXII, 2446 Sp.
167. Pindyck, R.S. and D.L. Rubinfeld, *Mikroökonomie*. 7., aktualis. Aufl. ed. wi wirtschaft. 2009, München: Pearson Studium. Online-Ressource.
168. Ihde, G.B., *Größensparnisse der Distribution*. 1976, Wiesbaden: Gabler. 67 S.
169. Penrose, E.T., *The theory of the growth of the firm*. 1959, New York: Wiley. VIII, 272 S.
170. Caves, D.W., L.R. Christensen, and M.W. Tretheway, *Economies of density versus economies of scale : why trunk and local service airline costs differ*. 1984.
171. Arnold, V., *Vorteile der Verbundproduktion*. 1985.
172. Knieps, G., *Wettbewerbsökonomie Regulierungstheorie, Industrieökonomie, Wettbewerbspolitik*. Springer-Lehrbuch. 2001, Berlin: Springer. 293 S.
173. Willig, R.D., *Multiproduct technology and market structure*. 1979.
174. Haasis, H.-D., *Produktions- und Logistikmanagement - Planung und Gestaltung von Wertschöpfungsprozessen*. Lehrbuch. 2008, Wiesbaden: Gabler. Online-Ressource.
175. Baumol, W., Spence, M. et al., *Contestable Markets and the Theory of Industry Structure* Journal of Economic Literature, 1983. 21(3): p. 981-990.
176. Frantzke, A., *Grundlagen der Volkswirtschaftslehre mikroökonomische Theorie und Aufgaben des Staates in der Marktwirtschaft*. 2., überarb. Aufl. ed. Praxisnahes Wirtschaftsstudium. 2004, Stuttgart: Schäffer-Poeschel. 480 S.
177. Panzar, J.C. and R.D. Willig, *Economies of Scope*. American Economic Review, 1981. 71(2): p. 268-272.

Projektabschluss



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Version vom 09.10.2013

Formular Nr. 3: Projektabschluss

erstellt / geändert am: 26.02.2014

Grunddaten

Projekt-Nr.: ASTRA 2008/004

Projekttitel: Prozess- und wirkungsorientiertes Management im betrieblichen Strassenunterhalt - Modell des siedlungsübergreifenden Unterhalts

Enddatum: 28.02.2014

Texte

Zusammenfassung der Projektergebnisse:

Die Modellentwicklung erfolgte nach systemtheoretischen Grundsätzen unter Anwendung von wissenschaftlichen Theorien und Methoden auf Basis von zwei Teilmodellen. Das Resultat des vorliegenden Lösungsansatzes stellt ein prozess- und wirkungsorientiertes Prozessmodell zur Entscheidungsunterstützung bei der Umsetzung von interkommunalen Kooperationen im betrieblichen Strassenunterhalt dar.

Das Teilmodell I (Kosten-Leistungs-Modell) fokussiert auf die Entwicklung und Herleitung einer Zielfunktion zur optimalen Geräteausstattung und -bereitstellung. Das entwickelte Berechnungsverfahren liefert als Resultat eine Kosten-Leistungs-Funktion für die jeweiligen Leistungsgeräte im betrieblichen Strassenunterhalt, die es erlaubt, den Einsatz von Ressourcen 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.

Das Teilmodell II (Werkhofstandort-Routen-Modell) zielt auf die Auswahl eines geeigneten und kostenoptimalen Werkhofstandortes in Verbindung mit einer wegoptimierten Routenplanung zur Minimierung von Leerfahrtkosten ab. Auf Basis graphentheoretischer Optimierungsverfahren sowie der Anwendung von Standortoptimierungsverfahren werden potentielle Werkhofstandorte untersucht mit dem Ziel minimale Gesamtkosten bei 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.

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



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

Zielerreichung:

Die in der Projektausschreibung vorgegebenen Ziele

- Modellentwicklung einer optimalen Leistungserbringung sowie Gerätebereitstellung sowie
- Entwicklung eines Entscheidungsunterstützungs-Modells im betrieblichen Strassenunterhalt, um für eine interkommunale Kooperation einen optimalen Werkhofstandort unter Berücksichtigung minimaler Gesamtkosten zu finden

wurde in der vorliegenden Projektarbeit erreicht. Die entwickelten Modelle (Kosten-Leistungs-Modell und Werkhofstandort-Routen-Modell) ermöglichen die Simulation einer siedlungsübergreifenden Zusammenarbeit im betrieblichen Strassenunterhalt.

Folgerungen und Empfehlungen:

Die vorliegenden Projektergebnisse liefern ein holistisches und systematisch aufgebautes Entscheidungsunterstützungsmodell für die Umsetzung und Beurteilung einer interkommunalen Zusammenarbeit im betrieblichen Strassenunterhalt.

Die vorliegende Forschungsarbeit schliesst die zuvor identifizierte Forschungslücke und stellt den Ressortverantwortlichen Entscheidungswerkzeuge zur Beurteilung einzelner Aufgabenerfüllungs-Varianten im betrieblichen Strassenunterhalt zur holistischen und objektiven Beurteilung und Entscheidungsfindung zur Verfügung. Zudem wird den Verantwortlichen ein Prozessmodell geboten, das das Vorgehen im Zuge einer angedachten interkommunalen Kooperation im Strassenunterhalt sachlich, abseits der politischen Diskussionen, und prozessorientiert aufbereitet, den langfristigen Nutzen aufzeigt

Publikationen:

Koller, L.; Girmscheid, G.
Process-oriented cost and performance optimization model for inter-municipal street maintenance; Auf: SIBRAGEC 2013, Salvador, 2013

Koller, L.; Girmscheid, G.
Inter-municipal facility location-routing model; Auf: CIB World Building Congress 2013 - Construction and Society, Brisbane, 2013

Der Projektleiter/die Projektleiterin:

Name: Prof. Dr.-Ing. Girmscheid Vorname: Gerhard
Amt, Firma, Institut: Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement, ETH Zürich

Unterschrift des Projektleiters/der Projektleiterin:

Forschung im Strassenwesen des UVEK: Formular 3

Seite 2 / 3



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Formular Nr. 3: Projektabschluss

Beurteilung der Begleitkommission:

Beurteilung:

Die vorliegende Forschungsarbeit "Prozess- und wirkungsorientiertes Management im betrieblichen Strassenunterhalt - Modell der siedlungsübergreifenden Zusammenarbeit" ist systematisch strukturiert, vollständig ausgearbeitet und klar verständlich. Die Experten der Begleitkommission erachten die geleistete Forschungsarbeit als qualitativ hochstehend.

Insgesamt wurde ein Praxisproblem auf wissenschaftlichem Weg untersucht und auf wissenschaftlicher Weise beantwortet. Dazu wurde ein strukturiertes Entscheidungsmodell zur interkommunalen Zusammenarbeit und Zusammenlegung von Werkhofbetrieben entwickelt.

Umsetzung:

Die Begleitkommission empfiehlt, den Bericht in der vorliegenden Version zu veröffentlichen.

weitergehender Forschungsbedarf:

Implementierung eines GIS-basierten Computerprogrammes, das die theoretischen Ausarbeitungen des vorgestellten Zusammenarbeitsmodells aufgreift und auf Basis realer Daten eines Strassennetzes die vorgestellten Modellergebnisse gemeindespezifisch simuliert.

Einfluss auf Normenwerk:

Die Forschungsarbeit hat keinen direkten Einfluss auf das Normenwerk.

Der Präsident/die Präsidentin der Begleitkommission:

Name: Fässler

Vorname: Rudolf

Amt, Firma, Institut: WIFpartner AG, Zürich

Unterschrift des Präsidenten/der Präsidentin der Begleitkommission:

Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1422	ASTRA 2011/006_OBF	Fracture processes and in-situ fracture observations in Gipskeuper	2013
1421	VSS 2009/901	Experimenteller Nachweis des vorgeschlagenen Raum- und Topologiemodells für die VM-Anwendungen in der Schweiz (MDATrafo)	2013
1420	SVI 2008/003	Projektierungsfreiräume bei Strassen und Plätzen	2013
1419	VSS 2001/452	Stabilität der Polymere beim Heisseinbau von PmB-haltigen Strassenbelägen	2013
1416	FGU 2010/001	Sulfatwiderstand von Beton: verbessertes Verfahren basierend auf der Prüfung nach SIA 262/1, Anhang D	2013
1415	VSS 2010/A01	Wissenslücken im Infrastrukturmanagementprozess "Strasse" im Siedlungsgebiet	2013
1414	VSS 2010/201	Passive Sicherheit von Tragkonstruktionen der Strassenausstattung	2013
1413	SVI 2009/003	Güterverkehrsintensive Branchen und Güterverkehrsströme in der Schweiz Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz Teilprojekt B1	2013
1412	ASTRA 2010/020	Werkzeug zur aktuellen Gangliniennorm	2013
1411	VSS 2009/902	Verkehrstelematik für die Unterstützung des Verkehrsmanagements in ausserordentlichen Lagen	2013
1410	VSS 2010/202_OBF	Reduktion von Unfallfolgen bei Bränden in Strassentunneln durch Abschnittsbildung	2013
1409	ASTRA 2010/017_OBF	Regelung der Luftströmung in Strassentunneln im Brandfall	2013
1408	VSS 2000/434	Viellissement thermique des enrobés bitumineux en laboratoire	2012
1407	ASTRA 2006/014	Fusion des indicateurs de sécurité routière : FUSAIN	2012
1406	ASTRA 2004/015	Amélioration du modèle de comportement individuel du Conducteur pour évaluer la sécurité d'un flux de trafic par simulation	2012
1405	ASTRA 2010/009	Potential von Photovoltaik an Schallschutzmassnahmen entlang der Nationalstrassen	2012
1404	VSS 2009/707	Validierung der Kosten-Nutzen-Bewertung von Fahrbahn-Erhaltungsmassnahmen	2012
1403	SVI 2007/018	Vernetzung von HLS- und HVS-Steuerungen	2012
1402	VSS 2008/403	Witterungsbeständigkeit und Durchdrückverhalten von Geokunststoffen	2012
1401	SVI 2006/003	Akzeptanz von Verkehrsmanagementmassnahmen-Vorstudie	2012
1400	VSS 2009/601	Begrünte Stützgitterböschungssysteme	2012
1399	VSS 2011/901	Erhöhung der Verkehrssicherheit durch Incentivierung	2012
1398	ASTRA 2010/019	Environmental Footprint of Heavy Vehicles Phase III: Comparison of Footprint and Heavy Vehicle Fee (LSVA) Criteria	2012
1397	FGU 2008/003_OBF	Brandschutz im Tunnel: Schutzziele und Brandbemessung Phase 1: Stand der Technik	2012
1396	VSS 1999/128	Einfluss des Umhüllungsgrades der Mineralstoffe auf die mechanischen Eigenschaften von Mischgut	2012
1395	FGU 2009/003	KarstALEA: Wegleitung zur Prognose von karstspezifischen Gefahren im Untertagebau	2012
1394	VSS 2010/102	Grundlagen Betriebskonzepte	2012
1393	VSS 2010/702	Aktualisierung SN 640 907, Kostengrundlage im Erhaltungsmanagement	2012
1392	ASTRA 2008/008_009	FEHRL Institutes WIM Initiative (Fiwi)	2012
1391	ASTRA 2011/003	Leitbild ITS-CH Landverkehr 2025/30	2012

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1390	FGU 2008/004_OBF	Einfluss der Grundwasserströmung auf das Quellverhalten des Gipskeupers im Belchentunnel	2012
1389	FGU 2003/002	Long Term Behaviour of the Swiss National Road Tunnels	2012
1388	SVI 2007/022	Möglichkeiten und Grenzen von elektronischen Busspuren	2012
1387	VSS 2010/205_OBF	Ablage der Prozessdaten bei Tunnel-Prozessleitsystemen	2012
1386	VSS 2006/204	Schallreflexionen an Kunstbauten im Strassenbereich	2012
1385	VSS 2004/703	Bases pour la révision des normes sur la mesure et l'évaluation de la planéité des chaussées	2012
1384	VSS 1999/249	Konzeptuelle Schnittstellen zwischen der Basisdatenbank und EMF-, EMK- und EMT-DB	2012
1383	FGU 2008/005	Einfluss der Grundwasserströmung auf das Quellverhalten des Gipskeupers im Chienbergtunnel	2012
1382	VSS 2001/504	Optimierung der statischen Eindringtiefe zur Beurteilung von harten Gussasphaltsorten	2012
1381	SVI 2004/055	Nutzen von Reisezeiteinsparungen im Personenverkehr	2012
1380	ASTRA 2007/009	Wirkungsweise und Potential von kombinierter Mobilität	2012
1379	VSS 2010/206_OBF	Harmonisierung der Abläufe und Benutzeroberflächen bei Tunnel-Prozessleitsystemen	2012
1378	SVI 2004/053	Mehr Sicherheit dank Kernfahrbahnen?	2012
1377	VSS 2009/302	Verkehrssicherheitsbeurteilung bestehender Verkehrsanlagen (Road Safety Inspection)	2012
1376	ASTRA 2011/008_004	Erfahrungen im Schweizer Betonbrückenbau	2012
1375	VSS 2008/304	Dynamische Signalisierungen auf Hauptverkehrsstrassen	2012
1374	FGU 2004/003	Entwicklung eines zerstörungsfreien Prüfverfahrens für Schweissnähte von KDB	2012
1373	VSS 2008/204	Vereinheitlichung der Tunnelbeleuchtung	2012
1372	SVI 2011/001	Verkehrssicherheitsgewinne aus Erkenntnissen aus Datapooling und strukturierten Datenanalysen	2012
1371	ASTRA 2008/017	Potenzial von Fahrgemeinschaften	2011
1370	VSS 2008/404	Dauerhaftigkeit von Betonfahrbahnen aus Betongranulat	2011
1369	VSS 2003/204	Rétention et traitement des eaux de chaussée	2012
1368	FGU 2008/002	Soll sich der Mensch dem Tunnel anpassen oder der Tunnel dem Menschen?	2011
1367	VSS 2005/801	Grundlagen betreffend Projektierung, Bau und Nachhaltigkeit von Anschlussgleisen	2011
1366	VSS 2005/702	Überprüfung des Bewertungshintergrundes zur Beurteilung der Strassengriffbarkeit	2010
1365	SVI 2004/014	Neue Erkenntnisse zum Mobilitätsverhalten dank Data Mining?	2011
1364	SVI 2009/004	Regulierung des Güterverkehrs Auswirkungen auf die Transportwirtschaft Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP D	2012
1363	VSS 2007/905	Verkehrsprognosen mit Online -Daten	2011
1362	SVI 2004/012	Aktivitätenorientierte Analyse des Neuverkehrs	2012
1361	SVI 2004/043	Innovative Ansätze der Parkraumbewirtschaftung	2012
1360	VSS 2010/203	Akustische Führung im Strassentunnel	2012
1359	SVI 2004/003	Wissens- und Technologientransfer im Verkehrsbereich	2012
1358	SVI 2004/079	Verkehrsanbindung von Freizeitanlagen	2012
1357	SVI 2007/007	Unaufmerksamkeit und Ablenkung: Was macht der Mensch am Steuer?	2012
1356	SVI 2007/014	Kooperation an Bahnhöfen und Haltestellen	2011
1355	FGU 2007/002	Prüfung des Sulfatwiderstandes von Beton nach SIA 262/1, Anhang D: Anwendbarkeit und Relevanz für die Praxis	2011

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1354	VSS 2003/203	Anordnung, Gestaltung und Ausführung von Treppen, Rampen und Trep-penwegen	2011
1353	VSS 2000/368	Grundlagen für den Fussverkehr	2011
1352	VSS 2008/302	Fussgängerstreifen (Grundlagen)	2011
1351	ASTRA 2009/001	Development of a best practice methodology for risk assessment in road tunnels	2011
1350	VSS 2007/904	IT-Security im Bereich Verkehrstelematik	2011
1349	VSS 2003/205	In-Situ-Abflussversuche zur Untersuchung der Entwässerung von Auto-bahnen	2011
1348	VSS 2008/801	Sicherheit bei Parallelführung und Zusammentreffen von Strassen mit der Schiene	2011
1347	VSS 2000/455	Leistungsfähigkeit von Parkieranlagen	2010
1346	ASTRA 2007/004	Quantifizierung von Leckagen in Abluftkanälen bei Strassentunneln mit konzentrierter Rauchabsaugung	2010
1345	SVI 2004/039	Einsatzbereiche verschiedener Verkehrsmittel in Agglomerationen	2011
1344	VSS 2009/709	Initialprojekt für das Forschungspaket "Nutzensteigerung für die Anwender des SIS"	2011
1343	VSS 2009/903	Basistechnologien für die intermodale Nutzungserfassung im Personenver-kehr	2011
1342	FGU 2005/003	Untersuchungen zur Frostkörperbildung und Frosthebung beim Gefrier-verfahren	2010
1341	FGU 2007/005	Design aids for the planning of TBM drives in squeezing ground	2011
1340	SVI 2004/051	Aggressionen im Verkehr	2011
1339	SVI 2005/001	Widerstandsfunktionen für Innerorts-Strassenabschnitte ausserhalb des Einflussbereiches von Knoten	2010
1338	VSS 2006/902	Wirkungsmodelle für fahrzeugseitige Einrichtungen zur Steigerung der Verkehrssicherheit	2009
1337	ASTRA 2006/015	Development of urban network travel time estimation methodology	2011
1336	ASTRA 2007/006	SPIN-ALP: Scanning the Potential of Intermodal Transport on Alpine Corri-dors	2010
1335	VSS 2007/502	Stripping bei lärmmindernden Deckschichten unter Überrollbeanspruchung im Labormassstab	2011
1334	ASTRA 2009/009	Was treibt uns an? Antriebe und Treibstoffe für die Mobilität von Morgen	2011
1333	SVI 2007/001	Standards für die Mobilitätsversorgung im peripheren Raum	2011
1332	VSS 2006/905	Standardisierte Verkehrsdaten für das verkehrsträgerübergreifende Ver-kehrsmanagement	2011
1331	VSS 2005/501	Rückrechnung im Strassenbau	2011
1330	FGU 2008/006	Energiegewinnung aus städtischen Tunneln: Systemevaluation	2010
1329	SVI 2004/073	Alternativen zu Fussgängerstreifen in Tempo-30-Zonen	2010
1328	VSS 2005/302	Grundlagen zur Quantifizierung der Auswirkungen von Sicherheitsdefiziten	2011
1327	VSS 2006/601	Vorhersage von Frost und Nebel für Strassen	2010
1326	VSS 2006/207	Erfolgskontrolle Fahrzeugrückhaltesysteme	2011
1325	SVI 2000/557	Indices caractéristiques d'une cité-vélo. Méthode d'évaluation des poli-tiques cyclables en 8 indices pour les petites et moyennes communes.	2010
1324	VSS 2004/702	Eigenheiten und Konsequenzen für die Erhaltung der Strassenverkehrs-anlagen im überbauten Gebiet	2009
1323	VSS 2008/205	Ereignisdetektion im Strassentunnel	2011
1322	SVI 2005/007	Zeitwerte im Personenverkehr: Wahrnehmungs- und Distanzabhängigkeit	2008
1321	VSS 2008/501	Validation de l'oedomètre CRS sur des échantillons intacts	2010
1320	VSS 2007/303	Funktionale Anforderungen an Verkehrserfassungssysteme im Zusam-menhang mit Lichtsignalanlagen	2010
1319	VSS 2000/467	Auswirkungen von Verkehrsberuhigungsmassnahmen auf die Lärmimmiss-	2010

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
		sionen	
1318	FGU 2006/001	Langzeitquellversuche an anhydritführenden Gesteinen	2010
1317	VSS 2000/469	Geometrisches Normalprofil für alle Fahrzeugtypen	2010
1316	VSS 2001/701	Objektorientierte Modellierung von Strasseninformationen	2010
1315	VSS 2006/904	Abstimmung zwischen individueller Verkehrsinformation und Verkehrsmanagement	2010
1314	VSS 2005/203	Datenbank für Verkehrsaufkommensraten	2008
1313	VSS 2001/201	Kosten-/Nutzenbetrachtung von Strassenentwässerungssystemen, Ökobilanzierung	2010
1312	SVI 2004/006	Der Verkehr aus Sicht der Kinder: Schulwege von Primarschulkindern in der Schweiz	2010
1311	VSS 2000/543	VIABILITE DES PROJETS ET DES INSTALLATIONS ANNEXES	2010
1310	ASTRA 2007/002	Beeinflussung der Luftströmung in Strassentunneln im Brandfall	2010
1309	VSS 2008/303	Verkehrsregelungssysteme - Modernisierung von Lichtsignalanlagen	2010
1308	VSS 2008/201	Hindernisfreier Verkehrsraum - Anforderungen aus Sicht von Menschen mit Behinderung	2010
1307	ASTRA 2006/002	Entwicklung optimaler Mischgüter und Auswahl geeigneter Bindemittel; D-A-CH - Initialprojekt	2008
1306	ASTRA 2008/002	Strassenglätte-Prognosesystem (SGPS)	2010
1305	VSS 2000/457	Verkehrserzeugung durch Parkieranlagen	2009
1304	VSS 2004/716	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen	2008
1303	ASTRA 2009/010	Geschwindigkeiten in Steigungen und Gefällen; Überprüfung	2010
1302	VSS 1999/131	Zusammenhang zwischen Bindemittleigenschaften und Schadensbildern des Belages?	2010
1301	SVI 2007/006	Optimierung der Strassenverkehrsunfallstatistik durch Berücksichtigung von Daten aus dem Gesundheitswesen	2009
1300	VSS 2003/903	SATELROU Perspectives et applications des méthodes de navigation pour la télématique des transports routiers et pour le système d'information de la route	2010
1299	VSS 2008/502	Projet initial - Enrobés bitumineux à faibles impacts énergétiques et écologiques	2009
1298	ASTRA 2007/012	Griffigkeit auf winterlichen Fahrbahnen	2010
1297	VSS 2007/702	Einsatz von Asphaltbewehrungen (Asphalteinlagen) im Erhaltungsmanagement	2009
1296	ASTRA 2007/008	Swiss contribution to the Heavy-Duty Particle Measurement Programme (HD-PMP)	2010
1295	VSS 2005/305	Entwurfgrundlagen für Lichtsignalanlagen und Leitfaden	2010
1294	VSS 2007/405	Wiederhol- und Vergleichspräzision der Druckfestigkeit von Gesteinskörnungen am Haufwerk	2010
1293	VSS 2005/402	Détermination de la présence et de l'efficacité de dope dans les bétons bitumineux	2010
1292	ASTRA 2006/004	Entwicklung eines Pflanzenöl-Blockheizkraftwerkes mit eigener Ölmühle	2010
1291	ASTRA 2009/005	Fahrmuster auf überlasteten Autobahnen Simultanes Berechnungsmodell für das Fahrverhalten auf Autobahnen als Grundlage für die Berechnung von Schadstoffemissionen und Fahrzeitgewinnen	2010
1290	VSS 1999/209	Conception et aménagement de passages inférieurs et supérieurs pour piétons et deux-roues légers	2008
1289	VSS 2005/505	Affinität von Gesteinskörnungen und Bitumen, nationale Umsetzung der EN	2010
1288	ASTRA 2006/020	Footprint II - Long Term Pavement Performance and Environmental Monitoring on A1	2010

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1287	VSS 2008/301	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit von komplexen ungesteuerten Knoten: Analytisches Schätzverfahren	2009
1286	VSS 2000/338	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit auf Strassen ohne Richtungstrennung	2010
1285	VSS 2002/202	In-situ Messung der akustischen Leistungsfähigkeit von Schallschirmen	2009
1284	VSS 2004/203	Evacuation des eaux de chaussée par les bas-cotés	2010
1283	VSS 2000/339	Grundlagen für eine differenzierte Bemessung von Verkehrsanlagen	2008
1282	VSS 2004/715	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen: Zusatzkosten infolge Vor- und Aufschub von Erhaltungsmassnahmen	2010
1281	SVI 2004/002	Systematische Wirkungsanalysen von kleinen und mittleren Verkehrsvorhaben	2009
1280	ASTRA 2004/016	Auswirkungen von fahrzeuginternen Informationssystemen auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit Verkehrspsychologischer Teilbericht	2010
1279	VSS 2005/301	Leistungsfähigkeit zweistreifiger Kreisel	2009
1278	ASTRA 2004/016	Auswirkungen von fahrzeuginternen Informationssystemen auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit - Verkehrstechnischer Teilbericht	2009
1277	SVI 2007/005	Multimodale Verkehrsqualitätsstufen für den Strassenverkehr - Vorstudie	2010
1276	VSS 2006/201	Überprüfung der schweizerischen Ganglinien	2008
1275	ASTRA 2006/016	Dynamic Urban Origin - Destination Matrix - Estimation Methodology	2009
1274	SVI 2004/088	Einsatz von Simulationswerkzeugen in der Güterverkehrs- und Transportplanung	2009
1273	ASTRA 2008/006	UNTERHALT 2000 - Massnahme M17, FORSCHUNG: Dauerhafte Materialien und Verfahren SYNTHESE - BERICHT zum Gesamtprojekt "Dauerhafte Beläge" mit den Einzelnen Forschungsprojekten: - ASTRA 200/419: Verhaltensbilanz der Beläge auf Nationalstrassen - ASTRA 2000/420: Dauerhafte Komponenten auf der Basis erfolgreicher Strecken - ASTRA 2000/421: Durabilité des enrobés - ASTRA 2000/422: Dauerhafte Beläge, Rundlaufversuch - ASTRA 2000/423: Griffigkeit der Beläge auf Autobahnen, Vergleich zwischen den Messergebnissen von SRM und SCRIM - ASTRA 2008/005: Vergleichsstrecken mit unterschiedlichen oberen Tragschichten auf einer Nationalstrasse	2008
1272	VSS 2007/304	Verkehrsregelungssysteme - behinderte und ältere Menschen an Lichtsignalanlagen	2010
1271	VSS 2004/201	Unterhalt von Lärmschirmen	2009
1270	VSS 2005/502	Interaktion Strasse Hangstabilität: Monitoring und Rückwärtsrechnung	2009
1269	VSS 2005/201	Evaluation von Fahrzeugrückhaltesystemen im Mittelstreifen von Autobahnen	2009
1268	ASTRA 2005/007	PM10-Emissionsfaktoren von Abriebspartikeln des Strassenverkehrs (APART)	2009
1267	VSS 2007/902	MDAinSVT Einsatz modellbasierter Datentransfernormen (INTERLIS) in der Strassenverkehrstelematik	2009
1266	VSS 2000/343	Unfall- und Unfallkostenraten im Strassenverkehr	2009
1265	VSS 2005/701	Zusammenhang zwischen dielektrischen Eigenschaften und Zustandsmerkmalen von bitumenhaltigen Fahrbahnbelägen (Pilotuntersuchung)	2009
1264	SVI 2004/004	Verkehrspolitische Entscheidungsfindung in der Verkehrsplanung	2009
1263	VSS 2001/503	Phénomène du dégel des sols gélifs dans les infrastructures des voies de communication et les pergélisols alpins	2006
1262	VSS 2003/503	Lärmverhalten von Deckschichten im Vergleich zu Gussasphalt mit strukturierter Oberfläche	2009

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1261	ASTRA 2004/018	Pilotstudie zur Evaluation einer mobilen Grossversuchsanlage für beschleunigte Verkehrslastsimulation auf Strassenbelägen	2009
1260	FGU 2005/001	Testeinsatz der Methodik "Indirekte Vorauserkundung von wasserführenden Zonen mittels Temperaturdaten anhand der Messdaten des Lötschberg-Basistunnels	2009
1259	VSS 2004/710	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen - Synthesebericht	2008
1258	VSS 2005/802	Kapthaltestellen Anforderungen und Auswirkungen	2009
1257	SVI 2004/057	Wie Strassenraumbilder den Verkehr beeinflussen Der Durchfahrtswiderstand als Arbeitsinstrument bei der städtebaulichen Gestaltung von Strassenräumen	2009
1256	VSS 2006/903	Qualitätsanforderungen an die digitale Videobild-Bearbeitung zur Verkehrsüberwachung	2009
1255	VSS 2006/901	Neue Methoden zur Erkennung und Durchsetzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit	2009
1254	VSS 2006/502	Drains verticaux préfabriqués thermiques pour la consolidation in-situ des sols	2009
1253	VSS 2001/203	Rétention des polluants des eaux de chaussées selon le système "infiltrations sur les talus". Vérification in situ et optimisation	2009
1252	SVI 2003/001	Nettoverkehr von verkehrsintensiven Einrichtungen (VE)	2009
1251	ASTRA 2002/405	Incidence des granulats arrondis ou partiellement arrondis sur les propriétés d'adhérence des bétons bitumineux	2008
1250	VSS 2005/202	Strassenabwasser Filterschacht	2007
1249	FGU 2003/004	Einflussfaktoren auf den Brandwiderstand von Betonkonstruktionen	2009
1248	VSS 2000/433	Dynamische Eindringtiefe zur Beurteilung von Gussasphalt	2008
1247	VSS 2000/348	Anforderungen an die strassenseitige Ausrüstung bei der Umwidmung von Standstreifen	2009
1246	VSS 2004/713	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen: Bedeutung Oberflächenzustand und Tragfähigkeit sowie gegenseitige Beziehung für Gebrauchs- und Substanzwert	2009
1245	VSS 2004/701	Verfahren zur Bestimmung des Erhaltungsbedarfs in kommunalen Strassennetzen	2009
1244	VSS 2004/714	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen - Gesamtnutzen und Nutzen-Kosten-Verhältnis von standardisierten Erhaltungsmassnahmen	2008
1243	VSS 2000/463	Kosten des betrieblichen Unterhalts von Strassenanlagen	2008
1242	VSS 2005/451	Recycling von Ausbaus asphalt in Heissmischgut	2007
1241	ASTRA 2001/052	Erhöhung der Aussagekraft des LCPC Spurbildungstests	2009
1240	ASTRA 2002/010	L'acceptabilité du péage de congestion : Résultats et analyse de l'enquête en Suisse	2009
1239	VSS 2000/450	Bemessungsgrundlagen für das Bewehren mit Geokunststoffen	2009
1238	VSS 2005/303	Verkehrssicherheit an Tagesbaustellen und bei Anschlüssen im Baustellenbereich von Hochleistungsstrassen	2008
1237	VSS 2007/903	Grundlagen für eCall in der Schweiz	2009
1236	ASTRA 2008/008_07	Analytische Gegenüberstellung der Strategie- und Tätigkeitsschwerpunkte ASTRA-AIPCR	2008
1235	VSS 2004/711	Forschungspaket Massnahmenplanung im EM von Fahrbahnen - Standardisierte Erhaltungsmassnahmen	2008
1234	VSS 2006/504	Expérimentation in situ du nouveau drainomètre européen	2008
1233	ASTRA 2000/420	Unterhalt 2000 Forschungsprojekt FP2 Dauerhafte Komponenten bitumenhaltiger Belagsschichten	2009
651	AGB 2006/006_OBF	Instandsetzung und Monitoring von AAR-geschädigten Stützmauern und Brücken	2013

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
650	AGB 2005/010	Korrosionsbeständigkeit von nichtrostenden Betonstählen	2012
649	AGB 2008/012	Anforderungen an den Karbonatisierungswiderstand von Betonen	2012
648	AGB 2005/023 + AGB 2006/003	Validierung der AAR-Prüfungen für Neubau und Instandsetzung	2011
647	AGB 2004/010	Quality Control and Monitoring of electrically isolated post-tensioning tendons in bridges	2011
646	AGB 2005/018	Interactin sol-structure : ponts à culées intégrales	2010
645	AGB 2005/021	Grundlagen für die Verwendung von Recyclingbeton aus Betongranulat	2010
644	AGB 2005/004	Hochleistungsfähiger Faserfeinkornbeton zur Effizienzsteigerung bei der Erhaltung von Kunstbauten aus Stahlbeton	2010
643	AGB 2005/014	Akustische Überwachung einer stark geschädigten Spannbetonbrücke und Zustandserfassung beim Abbruch	2010
642	AGB 2002/006	Verbund von Spanngliedern	2009
641	AGB 2007/007	Empfehlungen zur Qualitätskontrolle von Beton mit Luftpermeabilitätsmessungen	2009
640	AGB 2003/011	Nouvelle méthode de vérification des ponts mixtes à âme pleine	2010
639	AGB 2008/003	RiskNow-Falling Rocks Excel-basiertes Werkzeug zur Risikoermittlung bei Steinschlagschutzgalerien	2010
638	AGB2003/003	Ursachen der Rissbildung in Stahlbetonbauwerken aus Hochleistungs- beton und neue Wege zu deren Vermeidung	2008
637	AGB 2005/009	Détermination de la présence de chlorures à l'aide du Géoradar	2009
636	AGB 2002/028	Dimensionnement et vérification des dalles de roulement de ponts routiers	2009
635	AGB 2004/002	Applicabilité de l'enrobé drainant sur les ouvrages d'art du réseau des routes nationales	2008
634	AGB 2002/007	Untersuchungen zur Potenzialfeldmessung an Stahlbetonbauten	2008
633	AGB 2002/014	Oberflächenschutzsysteme für Betontragwerke	2008
632	AGB 2008/201	Sicherheit des Verkehrssystem Strasse und dessen Kunstbauten Testregion - Methoden zur Risikobeurteilung Schlussbericht	2010
631	AGB 2000/555	Applications structurales du Béton Fibré à Ultra-hautes Performances aux ponts	2008
630	AGB 2002/016	Korrosionsinhibitoren für die Instandsetzung chloridverseuchter Stahlbetonbauten	2010
629	AGB 2003/001 + AGB 2005/019	Integrale Brücken - Sachstandsbericht	2008
628	AGB 2005/026	Massnahmen gegen chlorid-induzierte Korrosion und zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit	2008
627	AGB 2002/002	Eigenschaften von normalbreiten und überbreiten Fahrbahnübergängen aus Polymerbitumen nach starker Verkehrsbelastung	2008
626	AGB 2005/110	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Baustellensicherheit bei Kunstbauten	2009
625	AGB 2005/109	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Effektivität und Effizienz von Massnahmen bei Kunstbauten	2009
624	AGB 2005/108	Sicherheit des Verkehrssystems / Strasse und dessen Kunstbauten / Risikobeurteilung für Kunstbauten	2010
623	AGB 2005/107	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Tragsicherheit der bestehenden Kunstbauten	2009
622	AGB 2005/106	Rechtliche Aspekte eines risiko- und effizienzbasierten Sicherheitskonzepts	2009
621	AGB 2005/105	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten Szenarien der Gefahrenentwicklung	2009
620	AGB 2005/104	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Effektivität und Effizienz von Massnahmen	2009

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
619	AGB 2005/103	Sicherheit des Verkehrssystems / Strasse und dessen Kunstbauten / Ermittlung des Netzrisikos	2010
618	AGB 2005/102	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Methodik zur vergleichenden Risikobeurteilung	2009
617	AGB 2005/100	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten Synthesebericht	2010
616	AGB 2002/020	Beurteilung von Risiken und Kriterien zur Festlegung akzeptierter Risiken in Folge aussergewöhnlicher Einwirkungen bei Kunstbauten	2009