



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Wirkungskontrolle von Strassenprojekten

Analyse des effets des projets routiers

Impact analysis of road infrastructure projects

büro widmer ag
Paul Widmer
Philippe Aemisegger
Thomas Buhl

**Forschungsprojekt VSS 2012/201 auf Antrag des Schweizerischen
Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)**

Oktober 2015

1536

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)



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Wirkungskontrolle von Strassenprojekten

Analyse des effets des projets routiers

Impact analysis of road infrastructure projects

büro widmer ag
Paul Widmer
Philippe Aemisegger
Thomas Buhl

**Forschungsprojekt VSS 2012/201 auf Antrag des Schweizerischen
Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)**

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

Paul Widmer

Mitglieder

Philippe Aemisegger

Thomas Buhl

Federführende Fachkommission

Fachkommission 2: Projektierung

Begleitkommission

Präsident

Alain Cuche

Mitglieder

Nikolaus Bischofberger

Nikolaus Hilty

Armin Jordi

Yvonne Meier-Bukowiecki

Michael Neumeister

Anja Simma

Philipp Stoffel

Simon Tanner

Antragsteller

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Bezugsquelle

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

Inhaltsverzeichnis

Impressum	4
Zusammenfassung	8
Résumé	11
Summary	13
1 Einleitung	15
1.1 Ausgangslage	15
1.2 Zielsetzung der Forschungsarbeit	16
1.3 Vorgehen	16
2 Grundlagen und Stand der Praxis	17
2.1 Einleitung	17
2.2 Leitfäden, Richtlinien und Hinweise	17
2.2.1 Beispiele aus der Schweiz	17
2.2.2 Beispiele aus dem Ausland	22
2.2.3 Leitfäden, Richtlinien und Hinweise für andere Projektarten	24
2.3 Beispiele durchgeführter Wirkungskontrollen in der Schweiz	25
3 Methoden der Wirkungskontrolle	29
3.1 Einleitung	29
3.2 Wissenschaftliche Methoden	29
3.2.1 Laborversuche	29
3.2.2 Experimente	29
3.2.3 Theoriebasierte Ansätze	30
3.3 Beobachtende Studien	30
3.3.1 Soll- / Ist-Vergleich	31
3.3.2 Querschnittsuntersuchung	32
3.3.3 Vorher- / Nachher-Untersuchung	32
3.3.4 Tripod-Methode	34
3.4 Fazit	34
4 Das Vorgehen im Überblick	35
4.1 Einleitung	35
4.2 Planungsprozess	36
4.2.1 Projektstart	37
4.2.2 Ist-Zustand / Ausgangszustand	37
4.2.3 Problemanalyse	37
4.2.4 Projektziele	37
4.2.5 Wirkungsmodell	37
4.2.6 Massnahmen	37
4.2.7 Evaluation	37
4.2.8 Umweltverträglichkeitsbericht (UVB) / Umweltnotiz	38
4.2.9 Projektierung, Landerwerb, Finanzierung, etc.	38
4.2.10 Massnahmenrealisierung	38
4.2.11 Folgemaassnahmen, Korrekturen	38
4.3 Wirkungskontrolle	39
4.3.1 Wirkungsmodell	39
4.3.2 Inhalt der Wirkungskontrolle	39
4.3.3 Festlegung des Erhebungskonzepts	39
4.3.4 Durchführung von Vorher- und Nachher-Untersuchungen	39
4.3.5 Auswertung und Beurteilung	39
4.3.6 Schlussfolgerungen und Folgemaassnahmen	40
4.3.7 Dokumentation	40
4.3.8 Berücksichtigung der Ergebnisse in Folgeprojekten	40

5	Erstellen des Wirkungsmodells	41
5.1	Einleitung	41
5.2	Verkehrliche Wirkungen eines Strassenprojektes	41
5.3	Externe Effekte	43
5.3.1	Externe Einflüsse auf das Verkehrs- resp. Fahrverhalten	43
5.3.2	Externe Einflüsse auf das Unfallgeschehen	44
5.3.3	Externe Einflüsse auf die Reisekosten	44
5.3.4	Externe Einflüsse auf die Erreichbarkeiten	44
5.3.5	Externe Einflüsse auf das Mobilitätsverhalten	45
5.3.6	Externe Einflüsse auf die Folgewirkungen	45
6	Festlegung des Inhaltes	47
6.1	Einleitung	47
6.2	Spektrum möglicher Auswirkungen	48
6.3	Mögliche Indikatoren	49
6.3.1	Indikatoren zur Untersuchung der verkehrlichen Auswirkungen	49
6.3.2	Indikatoren zur Untersuchung der Folgewirkungen	52
6.3.3	Wahl der zu berücksichtigenden Indikatoren	57
7	Festlegung des Erhebungskonzeptes	59
7.1	Einleitung	59
7.2	Abgrenzung des Untersuchungsgebietes	59
7.3	Identifikation der externen Effekte	59
7.4	Festlegung der Vergleichsgruppe	60
7.5	Festlegung der Erhebungsmethoden	60
7.6	Zeitliche Festlegungen der Erhebungen	61
7.6.1	Erhebungsdauer	61
7.6.2	Vorher-Untersuchung	61
7.6.3	Nachher-Untersuchung	62
7.7	Dateneingabe	62
7.8	Qualitätssicherung	62
7.9	Kostenschätzung	62
8	Auswertung und Beurteilung	63
8.1	Einleitung	63
8.2	Datenaufbereitung	64
8.3	Ermittlung von $Z_{Y_0,i}$ und $Z_{Y_m,i}$	64
8.3.1	Vorher-Nachher-Untersuchung ohne Vergleichsgruppe	64
8.3.2	Vorher-Nachher-Untersuchung mit Vergleichsgruppe	64
8.4	Beurteilung	65
8.4.1	Einleitung	65
8.4.2	Signifikanz der Unterschiede	65
8.4.3	Beurteilung der Wirkungen des Strassenprojektes	66
8.4.4	Schlussfolgerungen und Folgemaassnahmen	66
9	Dokumentation und Publikation der Ergebnisse	67
9.1	Inhalt der Dokumentation	67
9.2	Metadaten	67
9.3	Publikationsformen	67
9.4	Wissenstransfer	68
10	Fallbeispiel	69
10.1	Projektbeschrieb	69
10.1.1	Anlass	69
10.1.2	Projektbestandteile	70
10.2	Wirkungsmodell	70
10.2.1	Verkehrliche Wirkungen	70
10.2.2	Folgewirkungen	70

10.2.3	Externe Effekte	70
10.3	Inhalt der Wirkungskontrolle	70
10.4	Erhebungskonzept	71
10.4.1	Untersuchungsgebiet	71
10.4.2	Externe Effekte und Festlegung der Vergleichsgruppe	71
10.4.3	Erhebungsmethoden	71
10.4.4	Erhebungsdauer	72
10.4.5	Vorher- / Nachher-Untersuchungen	72
10.4.6	Dateneingabe	72
10.4.7	Qualitätssicherung	72
10.4.8	Kostenschätzung	72
10.5	Auswertung und Beurteilung	72
10.5.1	Dokumentation der Ergebnisse	74
Anhänge		75
Glossar		105
Literaturverzeichnis		107
Projektabschluss		111
Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen		115

Zusammenfassung

In der vorliegenden Forschungsarbeit wird ein Leitfaden für die zweckmässige Durchführung von Wirkungskontrollen bei allen Arten von Strassenprojekten, von einfachen Signalisationsmassnahmen bis zu umfangreichen Umfahrungsstrassen, erstellt. Die Arbeit, welche auch Grundlage für eine zu erstellende VSS-Norm zur Wirkungskontrolle bei Strassenprojekten bildet, soll dazu beitragen, dass die Wirkungskontrolle als Bestandteil eines Strassenprojektes verstanden und als Mittel zur Verbesserung bestehender und zukünftiger Strassenprojekte genutzt wird.

Aufgrund einer Sichtung von im In- und Ausland bestehenden Richtlinien und Hinweisen zur Wirkungskontrolle und der Ergebnisse einer Literaturrecherche werden die für Wirkungskontrollen verwendeten Methoden beschrieben und beurteilt. Für die Wirkungskontrolle von Strassenprojekten eignen sich sogenannte beobachtende Studien – im Gegensatz zu den wissenschaftlichen Methoden – wie z.B. Soll/Ist-Vergleich, Querschnittsvergleich und Vorher-/Nachher-Untersuchung. Einzig letztere erlaubt gesicherte Aussagen zur Kausalität zwischen dem Strassenprojekt und den untersuchten Wirkungen. Allerdings gilt dies nur dann, wenn die Auswirkungen externer, vom Strassenprojekt unabhängiger Effekte vernachlässigt oder durch den Einbezug von Vergleichsgruppen zuverlässig abgeschätzt werden können. Für den Regelfall von Wirkungskontrollen von Strassenprojekten empfiehlt die Studie, die Methodik der Vorher-/Nachher-Untersuchungen mit Einbezug von Vergleichsgruppen anzuwenden.

Der generelle Ablauf einer Wirkungskontrolle für Strassenprojekte wird eingehend beschrieben. Eine wichtige Voraussetzung für die erfolgreiche Durchführung einer Wirkungskontrolle ist die klare und frühzeitige Festlegung von deren Inhalt. Dabei geht es vor allem darum, die Projektziele, deren Erfüllungsgrad kontrolliert werden soll, sowie die Indikatoren, mit denen dieser Erfüllungsgrad gemessen werden kann, festzulegen. Der Bericht beschreibt einen umfassenden Satz von Indikatoren, aus dem die für die jeweilige Fragestellung relevanten auszuwählen sind.

Bei Strassenprojekten wird zwischen verkehrlichen Auswirkungen und Folgewirkungen auf Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt unterschieden, zu deren Messung Indikatoren erhoben werden müssen. Dazu gelangen die bekannten Verkehrserhebungs-, Umweltmonitoring- und sozialwissenschaftlichen Methoden zum Einsatz, welche im Bericht nicht näher beschrieben werden. Die Durchführung dieser Erhebungen kann zeit-, kosten- und personalintensiv sein; es ist wichtig, dass die entsprechenden Ressourcen im Planungsprozess rechtzeitig eingeplant und insbesondere die Kosten im Projektkredit mitberücksichtigt werden.

Ein wichtiger Grund für die Durchführung von Wirkungskontrollen ist, wie eingangs erwähnt, das Erkennen von Verbesserungspotentialen für das untersuchte und für zukünftige Strassenprojekte. Verbesserungen am untersuchten und evtl. an bestehenden ähnlichen Projekt sollen möglichst direkt umgesetzt werden. Damit für zukünftige Strassenprojekte – auch für solche anderer Projektträger – die aus einer Wirkungskontrolle gezogenen Lehren greifbar sind, ist eine sorgfältige und allgemein zugängliche Dokumentation erforderlich. Für die Beschreibung der durchgeführten Wirkungskontrollen und insbesondere der Erhebungen sind einheitliche Metadaten, welche im vorliegenden Bericht aufgeführt sind, zu verwenden.

Wichtig ist der Hinweis, dass die Durchführung einer Wirkungskontrolle keineswegs aufwändig und anspruchsvoll sein muss. Bei einfachen Strassenprojekten ist die Durchführung einer Wirkungskontrolle kaum mit Aufwand verbunden. Dies wird an einem Fallbeispiel im Bericht eindrücklich demonstriert. Selbstverständlich nehmen der Aufwand und die Kosten bei grossen Strassenprojekten zu, machen aber immer höchstens einen kleinen Bruchteil des Gesamtaufwandes resp. der Gesamtkosten aus.

Résumé

Dans le cadre de ce travail de recherche le bureau Widmer a élaboré un guide expliquant comment contrôler les effets de projets routiers. Ce guide s'applique à tous les types de projets routiers des simples mesures de signalisation jusqu'aux projets de plus grande envergure comme des routes de contournement. Ce travail servira de base à l'élaboration de la norme VSS « contrôle des effets des projets routiers ». Cette norme explicitera comment le contrôle des effets doit être intégré au processus d'élaboration de projet routier permettant ainsi d'améliorer le projet actuel et les projets futurs.

Après une recherche des instruments existants en Suisse et à l'étranger, le bureau mandaté a décrit et évalué les méthodologies utilisées. Pour contrôler les effets de projets routiers on utilise généralement des études observationnelles. Les méthodes scientifiques telles que des comparaisons entre la valeur consigne et la valeur réelle, des comparaisons transversales, des comparaisons entre l'état originel et l'état actuel ne sont pas adéquates. Seules ces études observationnelles permettent de déterminer la causalité entre le projet routier et les effets étudiés. Il faut cependant remarquer que ce n'est le cas que si les effets externes au projet routier sont soit négligés soit estimés en impliquant des groupes témoins. D'une manière générale, cette étude préconise pour contrôler les effets de projets routiers des comparaisons entre l'état originel et l'état actuel avec la participation de groupes témoins.

La procédure à suivre pour procéder à un contrôle des effets d'un projet routier est décrite dans ce rapport de manière détaillée. Pour réaliser avec succès un tel contrôle il est important d'en déterminer le contenu suffisamment tôt. Il s'agit surtout de contrôler que les buts du projet sont remplis. Dans ce rapport vous trouvez une large palette d'indicateurs appropriés sur la base de laquelle vous pourrez définir une série d'indicateurs convenant à la problématique traitée.

Pour les projets routiers, on distingue entre les effets liés au trafic et les conséquences sur l'économie, la société et l'environnement. Ces effets sont quantifiés sur la base d'indicateurs spécifiques. Pour cela on utilise les méthodes de comptage du trafic, les méthodes d'évaluation environnementale et les méthodes sociologiques décrites dans ce rapport. La collecte de ces données mobilise des ressources temporelles, financières et personnelles importantes; c'est pour cette raison qu'il est important que ces ressources soient définies lors de l'élaboration du projet et que les coûts soient prévus dans le crédit de projet.

Contrôler les effets d'un projet routier après sa réalisation permet de définir les améliorations à apporter au projet actuel et de les réaliser immédiatement. Il est important de documenter soigneusement ces contrôles et de les rendre accessibles aux autres responsables de projets afin que les expériences faites puissent être mises à profit lors de l'élaboration des projets futurs. Lors de la description des effets constatés et surtout lors de la collecte des données, il est important d'utiliser des métadonnées standardisées. Cela facilite la comparaison des résultats d'un projet à l'autre.

Il est important de souligner le fait que le contrôle des effets ne doit pas forcément être laborieux et ardu. Un exemple pratique montre, dans ce rapport, que pour les projets de faible envergure, les moyens nécessaires restent très limités. Pour les projets plus importants, les moyens nécessaires augmentent certainement mais restent infimes par rapport à l'ensemble des coûts générés par le projet.

Summary

This research report presents a framework for impact analysis of road projects, from simple signalization measures to complex by-pass roads. The research aims at contributing to the understanding of impact analyses as part of road projects and as means for improving existing and future road projects. In addition, the findings of this research will be the basis for an upcoming VSS-Norm on impact analyses of road projects.

Based on a review of existing domestic and foreign guidelines and references on impact analyses as well as the result of a literature review, we describe and evaluate methods used for impact analyses. We show that for impact analyses of road projects so-called observational studies, in particular observational before-after studies are most appropriate. Only these allow the drawing of conclusions on the causality between the road project and the effects investigated. However, this is true only if the impacts of external effects are negligible or can be estimated by using comparison groups. In general, the method of before-after studies with comparison groups should be used for impact analyses of road projects.

The general procedure of an impact analysis of a road project is explained in detail. It is important to specify precisely the content of the impact study at an early stage (what are the goals of the project to be evaluated, what indicators are used for the analysis?). This study describes an extensive set of indicators out of which the ones relevant for the specific questions have to be chosen.

The impacts of road projects can be split into traffic relevant impacts and secondary impacts on economy, society and environment. The indicators mentioned above serve the measurement or description of these impacts. This is done by using known methods – which are not described in detail – used in travel surveys, environmental monitoring and social science. These investigations are resource intensive (time, cost and staff), i.e. it is important that the relevant resources are included into the planning process on time and in particular that the costs are included in the project credit.

An important reason and advantage of the realization of impact analyses is, as already mentioned, the identification of possible improvements of the existing and of future road projects. It is important that impact analyses are documented carefully and that these documentations are generally accessible so that lessons learned can be used for future projects and by other project managers. For describing realized impact analyses, in particular the investigations, this report provides a list of standardized meta data which are to be used so that the comparability of the results are guaranteed.

It is important to note that doing an impact analysis is not necessarily a complex and challenging task. For a simple road project the impact analysis can be done with little effort, as is shown in the report by a case study. Self-evidently the required effort and costs are higher in large road projects. However, in any case, the costs of an impact analysis will be just a small part of the project's overall costs.

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Mit Strassenprojekten werden Massnahmen umgesetzt, deren Wirkungen zur Erreichung festgelegter Ziele beitragen sollen. Allgemein formuliert bestehen diese Ziele in der Reduktion resp. Vermeidung bestehender resp. erwarteter Probleme (Abweichungen des Ist- von einem gewünschten Sollzustand) unter grösstmöglicher Vermeidung negativer Auswirkungen.

Eine ex ante Abschätzung der Wirkungen und deren Bewertung ist – ob formell oder informell – in der Regel immer Bestandteil des Planungsprozesses von Strassenprojekten. Dabei werden die Ziele formuliert, welche mit dem Strassenprojekt erreicht werden sollen. Indikatoren dienen dazu, die voraussichtliche Zielerreichung quantitativ oder qualitativ abzuschätzen. Für die Prognose der Indikatorenwerte gelangen Modelle zum Einsatz, welche je nach Art des Projektes vom einfachen Gedankenmodell bis zum komplexen Verkehrs-/Siedlungsmodell reichen können. Für die Bewertung der Auswirkungen stehen anerkannte und standardisierte Methoden wie Nutzwertanalyse (NWA), Kosten-Nutzen-Analyse (KNA)¹, NISTRA usw. zur Verfügung.

Wirkungs- resp. Erfolgskontrollen², bei denen geprüft wird, ob und in welchem Umfang die im Rahmen des Planungsprozesses antizipierten Wirkungen nach der Realisierung tatsächlich eingetroffen sind, werden heute nicht systematisch und standardisiert durchgeführt (FGSV, 2012). Dies ist schade, denn mit dem Verzicht auf eine Wirkungskontrolle gehen unter anderem die folgenden Vorteile verloren:

- Die Ergebnisse der Wirkungskontrollen dienen der laufenden Verbesserung von Strassenprojekten (insbesondere auch hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit) sowie der Erhöhung der Zuverlässigkeit der Instrumente und Methoden zur ex ante Abschätzung von Projektwirkungen.
- Wirkungskontrollen ermöglichen das Aufdecken von Mängeln in der Projektkonzeption oder von anhaltenden Defiziten und liefern damit Hinweise auf Optimierungspotentiale bei Strassenprojekten.
- Mit einer Wirkungskontrolle legt der Bauherr eines Strassenprojektes darüber Rechenschaft ab, dass die öffentlichen Mittel effizient und effektiv eingesetzt worden sind.
- Die Wirkungskontrolle kann auch unerwartete - erwünschte oder unerwünschte - Wirkungen eines Strassenprojektes aufdecken.

Gründe für die bei vielen Strassenprojekten fehlende Wirkungskontrolle dürften u.a. sein:

- Man ist sich der mit einer Wirkungskontrolle verbundenen Vorteile sowohl für das untersuchte als auch für zukünftige Strassenprojekte zu wenig bewusst.
- Weil die Wirkungskontrolle nicht als Bestandteil des Prozesses der Projektbearbeitung verstanden wird, werden die notwendigen Zeit- und Geldressourcen nicht vorgesehen.
- Wegen der fehlenden Standardisierung der Planung und Durchführung von Wirkungskontrollen bestehen Unsicherheiten bezüglich Art und Umfang der vorzusehenden Untersuchungen sowie des Zeit- und Kostenbedarfes.
- Es fehlt eine systematisch und einfach zugängliche Sammlung der Ergebnisse von Wirkungskontrollen, welche sich für die Durchführung von Metaanalysen resp. das Lernen aus an anderen Orten gemachten Erfahrungen eignet.

¹ Siehe z.B. VSS-Normen SN 641 800, 621 820ff

² Die Begriffe "Wirkungskontrolle" und "Erfolgskontrolle" werden oft als Synonyme verwendet. Hier verwenden wir "Wirkungskontrolle", welche als Überprüfung eines Strassenprojektes sowohl hinsichtlich der Erreichung vorgängig formulierter Ziele (Erfolgskontrolle) als auch hinsichtlich weiterer, evtl. unerwarteter Wirkungen verstanden wird.

1.2 Zielsetzung der Forschungsarbeit

Ziel der Forschungsarbeit ist die Erstellung eines Leitfadens für die zweckmässige Durchführung von Wirkungskontrollen bei allen Arten von Strassenprojekten³. Für die Definition, den Inhalt sowie die Abgrenzung der Wirkungskontrolle siehe Kapitel 2.1.

Der Leitfaden soll dazu beitragen, dass die Wirkungskontrolle als Projektbestandteil verstanden und als Mittel zur Verbesserung bestehender und zukünftiger Strassenprojekte genutzt wird.

Die Ergebnisse der Forschungsarbeit sollen als Grundlage für die Erstellung einer neuen VSS-Norm "Wirkungskontrolle" dienen, welche die Normenreihe "Projektbearbeitung" komplementiert.

1.3 Vorgehen

Das Vorgehen gliedert sich in zwei Phasen. In der ersten Phase wird ein Überblick über die theoretischen und praktischen Aspekte von Wirkungskontrollen, mit Schwergewicht – aber nicht ausschliesslich – für Strassenprojekte, erstellt und eine zweckmässige Methode für die Wirkungskontrolle von Strassenprojekten festgelegt.

In der zweiten Phase wird ein standardisiertes Verfahren für die Wirkungskontrolle von Strassenprojekten aufgezeigt. Dieses Verfahren berücksichtigt, dass der Inhalt und der Umfang der notwendigen Erhebungen sowie die zu wählenden Erhebungsmethoden von der Art resp. dem Typ des Strassenprojektes abhängig sind.

Für das standardisierte Verfahren wird ein Normentwurf erstellt. Er ist im Anhang des Berichtes beigefügt.

³ Der Leitfaden soll insbesondere auch für grosse Strassenprojekte anwendbar sein, sich also nicht wie das SVI-Merkblatt 2012/01 auf kleine und mittlere Projekte beschränken. Ob und inwiefern er auch für Schienenprojekte eingesetzt werden kann, wird nicht behandelt.

2 Grundlagen und Stand der Praxis

2.1 Einleitung

Mit einer Wirkungskontrolle wird überprüft, ob resp. in wie fern mit einer Massnahme, im vorliegenden Fall einem Strassenprojekt, die anvisierten Ziele erreicht worden sind. Dabei geht es ausschliesslich um die kausal mit der Massnahme zusammenhängenden Wirkungen. Synonym verwendete Begriffe sind z.B. Wirkungsanalyse oder Erfolgskontrolle.

Zusätzlich zur Überprüfung der Zielerreichung kann es auch darum gehen, die Massnahme ex post hinsichtlich weiterer Auswirkungen, welche im Planungsprozess nicht explizit behandelt worden sind, zu untersuchen.

Neben Wirkungskontrollen werden bei Strassenprojekten weitere Kontrollen und Evaluationen durchgeführt, welche aber eine andere Zielsetzung haben. Zu diesen gehören beispielsweise:

- Umsetzungskontrolle, d.h. Überprüfung, ob das Strassenprojekt vollständig und entsprechend den Projektplänen ausgeführt wurde (z.B. Flächenverbrauch, versiegelte Fläche, Ausführung von Wildtierbrücken und Amphibiendurchlässen usw.)
- Kostenkontrolle, d.h. Überprüfung, ob die budgetierten Kosten eingehalten werden
- Controlling, d.h. Überwachung der Projektierungs- und Ausführungsphase als Teil des projektbezogenen Qualitätsmanagements (PQM)
- Ausführungs- und Materialkontrollen (z.B. Einhaltung der geforderten Festigkeiten, Belagsrauhigkeit etc.)
- Evaluation des Planungsprozesses (Wehmeier et al., 2012)

Auch das Monitoring der Verkehrsentwicklung, wie es z.B. von Sommer et al. (2008) beschrieben wird, ist im oben definierten Sinn keine Wirkungskontrolle, weil die Kausalität zwischen den Massnahmen und der gemessenen Entwicklung nicht im Vordergrund steht.

2.2 Leitfäden, Richtlinien und Hinweise

Die Literaturrecherche ergibt, dass im In- und Ausland eine Vielzahl von Hinweisen, Leitfäden und Richtlinien für die Durchführung von Wirkungskontrollen existiert. Im Folgenden beschreiben wir die im Zusammenhang mit Strassenprojekten wichtigsten Beiträge aus der Schweiz und Beispiele aus dem Ausland.

2.2.1 Beispiele aus der Schweiz

a) Leitfaden SVI "Wirkungskontrollen bei Verkehrsvorhaben" (2009)

Kägi et al. (2009) erstellten im Rahmen des Forschungsauftrages SVI 2004/002 einen Leitfaden für Wirkungskontrollen bei kleinen und mittleren Verkehrsvorhaben. Als Methoden (siehe Kapitel 3) werden die einfache Vorher-/Nachher-Untersuchung, der Soll/Ist-Vergleich und das experimentelle Design (mit zufällig ausgewählten Teilnehmern einer Experimental- und einer Kontrollgruppe) vorgestellt. Es wird darauf hingewiesen, dass letzteres bei Strassenprojekten nicht anwendbar ist, da bei diesen die Bildung von Experimental- und Kontrollgruppen nicht möglich ist.

Der Leitfaden stellt fest, dass die Wirkungskontrolle als Teil eines Projektes zu betrachten und möglichst frühzeitig zu planen ist. Als wichtigste Voraussetzung für eine erfolgreiche Durchführung einer Wirkungskontrolle werden präzise formulierte Projektziele genannt. Für die Untersuchung dieser Ziele sind Indikatoren festzulegen.

Inhalt und Ablauf einer Wirkungskontrolle bestehen nach diesem Leitfaden aus folgenden Punkten:

- Ziele der Wirkungskontrolle und Indikatoren festlegen (Ausgangspunkt sind die Projektziele)
- Erarbeiten des Wirkungsmodells
- Wahl der Methode für die Wirkungskontrolle
- Datenerhebung
- Auswertung und Interpretation der Daten
- Dokumentation
- Kommunikation

Das Wirkungsmodell soll vor allem beschreiben, welche Wirkung die geplante Massnahme ausübt und welche Wirkungen andere Einflussgrössen auf die untersuchten Indikatoren haben. Damit können potentiell störende Einflussgrössen identifiziert und deren Einfluss entweder geschätzt oder gar gemessen werden. Ist dies nicht möglich, sollen die Einflussgrössen und die Unsicherheit bezüglich der Aussagekraft der Resultate der Wirkungskontrolle erwähnt werden.

b) Leitfaden des Tiefbauamtes der Stadt Zürich (2010)

Das Tiefbauamt der Stadt Zürich (2010) hat einen Leitfaden als Grundlage für Wirkungskontrollen von Verkehrsprojekten in der Stadt Zürich erstellt. Dieser folgt mehrheitlich dem oben vorgestellten SVI-Leitfaden von Kägi et al. (2009). Zusätzlich werden Angaben zur Rolle der Wirkungskontrollen von Verkehrsprojekten im Verbund mit den verschiedenen in der Stadt Zürich bereits vorhandenen Monitorings und Wirkungskontrollen gemacht. Der Leitfaden enthält Angaben zum Ablauf von Wirkungskontrollen, zu deren Organisation sowie zu den zu erwartenden Kosten.

c) Konzept des Tiefbauamtes des Kanton Zürichs (2002)

Kern et al. (2002) erarbeiteten ein aufwändiges Konzept für die Wirkungskontrolle der Westumfahrung Zürich und der A4 im Knonauer Amt. Dabei wurde auf eine explizite Formulierung der Zielsetzung der Wirkungskontrolle (welche Auswirkungen resp. Erfüllungsgrade welcher Projektziele überprüft werden sollen) verzichtet. Das Konzept entspricht methodisch einer Vorher-/Nachher-Untersuchung von Indikatoren in den Bereichen Siedlung, Verkehr und Umwelt (vgl. Abbildung 1). Die meisten Indikatoren im Bereich Siedlung können vorhandenen, laufend aktualisierten Statistiken entnommen werden. Inwiefern zwischen der Entwicklung dieser Indikatoren und dem Strassenprojekt eine Kausalität besteht wird nicht behandelt. Auch bei den vorgeschlagenen Untersuchungen in den Bereichen Verkehr und Umwelt wird die Problematik, wie von den festgestellten Brutto- auf die Nettoeffekte geschlossen werden kann, nicht vertieft behandelt.

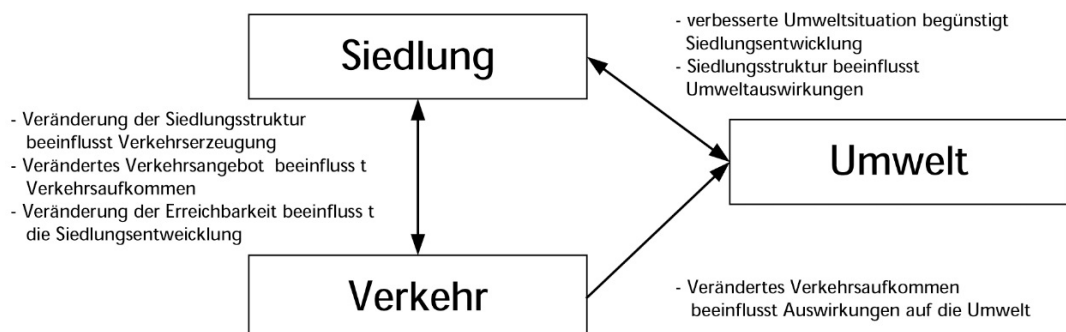


Abbildung 1: Zusammenhang Siedlung, Verkehr und Umwelt im Überblick (Kern et al., 2002)

Die Liste der im Konzept vorgeschlagenen Indikatoren ist sehr umfangreich und umfasst beispielsweise:

Bereich Verkehr

- Verkehrsbelastungen
- Routenwahl
- Zielwahl
- Verkehrsmittelwahl
- Fahrtenzahl und -länge

Bereich Siedlungsentwicklung

- Einwohnerentwicklung pro Gemeinde/Region
- Beschäftigtenentwicklung pro Gemeinde/Region
- Verhältnis Beschäftigten- zu Einwohnerentwicklung pro Gemeinde/Region
- Pendleraufkommen pro Gemeinde/Region
- Altersstruktur, Mittelschülerquote, ausländische Bevölkerung pro Gemeinde/Region
- Entwicklung überbaute Wohn-, Arbeits- und Mischzonen pro Gemeinde
- Nicht überbaute Wohn-, Arbeits- und Mischzonen pro Gemeinde
- Neubauten (EFH, MFH, Wohn- und Arbeitsgebäude, andere) pro Gemeinde
- Zuwachs an Wohnungen/Zimmern pro Gemeinde
- Wohnungsbestand/Zimmer pro Gemeinde
- Bestand an Geschossflächen (Wohn-, Arbeits- und Mischzonen) pro Gemeinde
- Reserve an Geschossflächen (Wohn-, Arbeits- und Mischzonen) pro Gemeinde
- Entwicklung der Leerwohnungsziffer pro Gemeinde
- Betriebsgrössen pro Gemeinde/Region
- Schlüsselbranchen pro Gemeinde/Region
- Mietpreise Wohnungen pro Gemeinde/Region
- Bodenpreis pro Gemeinde
- Steuerfuss pro Gemeinde/Region

Bereich Umwelt

- NO_x-, VOC- und PM10-Emissionen
- NO₂- und PM10-Immissionen
- Lärm-Immissionen

Insgesamt ist das Konzept sehr stark auf das Projekt "Westumfahrung/A4 Knonauer Amt und flankierende Massnahmen" ausgerichtet und kann kaum auf andere Strassenprojekte übertragen werden.

d) Systematische Wirkungskontrollen umweltbezogener verkehrspolitischer Massnahmen (1996)

Diese frühe Studie von Gottardi et al. (1996) zum Thema der Wirkungskontrolle stellt ein generisches Wirkungsmodell für umweltbezogene Verkehrsmassnahmen vor (vgl. Abbildung 2). Es wird zwischen unmittelbaren und mittelbaren Auswirkungen auf Verkehr und Umwelt unterschieden. Räumliche, gesellschaftliche und wirtschaftliche Verteilungseffekte sowie gesamtwirtschaftliche Effekte beeinflussen die Akzeptanz einer Massnahme. Es wird darauf hingewiesen, dass Massnahmen und Wirkungen nicht isoliert, sondern in einem System gegenseitiger Abhängigkeiten und Rückkoppelungen zu verstehen sind.

Für die Untersuchung von Wirkungen umgesetzter Massnahmen werden "empirische Verfahren" und "Analyse fortlaufender Statistiken" vorgestellt. Als empirische Verfahren werden Vorher-/Nachher-Untersuchungen mit/ohne Vergleichsgruppe sowie Befragungen behandelt. Die Studie weist auf Schwierigkeiten bei der Erfassung von längerfristigen Einflüssen und bei der Isolierung massnahmenunabhängiger (externer) Störeffekte hin.

Bei der Methode "Analyse fortlaufender Statistiken" wird die Entwicklung (Zeitreihe) der Indikatoren in der Situation mit Massnahme der mutmasslichen Entwicklung der Situation ohne Massnahme gegenübergestellt. Auf eine Vorher-Erhebung wird verzichtet. Daher können nur sehr kurzfristige verkehrliche Veränderungen (z.B. Modal-Split) untersucht werden, welche noch kaum von externen Effekten beeinflusst sind. Aussagen zu den kausalen Zusammenhängen zwischen Massnahme und Wirkungen sind mit diesem Verfahren kaum möglich.

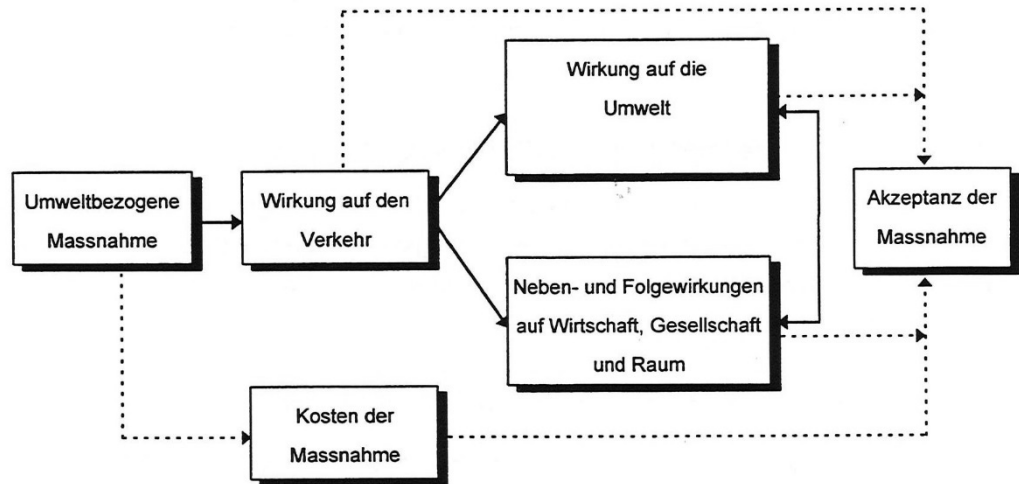


Abbildung 2: Wirkungsmodell (Gottardi et al., 1996)

e) Räumliche Auswirkungen der Verkehrsinfrastruktur, Lernen aus der Vergangenheit (Tripod-Ansatz)

Mit dem "Tripod"-Ansatz (ARE, 2000; Güller und Güller, 2003; Güller und Güller, 2007) wird versucht, die räumlichen Auswirkungen von Verkehrsinfrastrukturen abzuschätzen. Die drei den Tripod bildende Faktoren sind

- die direkten Verkehrswirkungen,
- die Potentiale der Standortregion und
- das Verhalten der Akteure (z.B. Investoren, Gemeinden als Ersteller der Nutzungsplanung usw.).

Der analytische Rahmen von Tripod ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

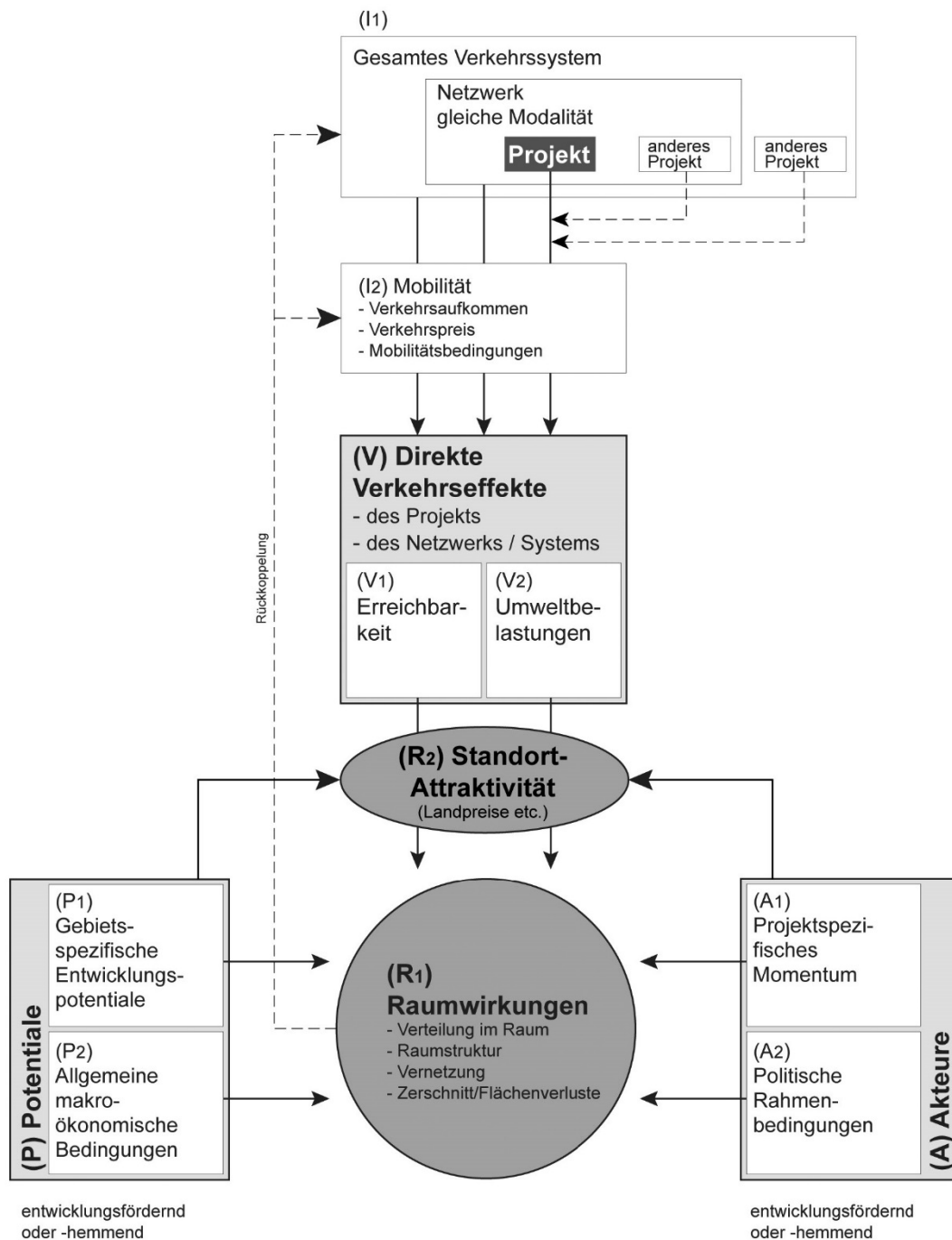


Abbildung 3: Analytischer Rahmen von Tripod (Güller und Güller, 2007)

Für die Untersuchung der direkten Verkehrseffekte wird eine Vorher-/Nachher-Untersuchung durchgeführt. Die Grundidee des Tripod-Ansatzes ist aber, dass die interessierenden Raumwirkungen nicht die alleinige Folge der neuen Verkehrsinfrastruktur sind, sondern aus dem Zusammenspiel der drei Einflüsse entstehen, welche den Tripod bilden. In diesem Sinne hat der Tripod-Ansatz einen viel breiteren und weiter in die Zukunft gerichteten Fokus, als dies für die Wirkungskontrolle eines Strassenprojektes, wie sie hier verstanden wird, notwendig ist. Dieser Ansatz wird daher im vorliegenden Forschungsprojekt nicht weiter verfolgt.

2.2.2 Beispiele aus dem Ausland

a) FGSV-Hinweise zur Evaluation von verkehrsbezogenen Massnahmen (Deutschland, 2012)

Wehmeier et al. (2012) beschreiben ein Vorgehen zur Evaluation des Planungsprozesses, zur Wirkungsevaluation und zur Bewertung einer Verkehrsmassnahme. Für die Wirkungsevaluation schlagen sie das folgende allgemeine Vorgehen vor:

- Identifizierung von Zielen und Festlegung von Zielkriterien und Indikatoren
- Konstruktion eines Wirkungsmodells und Aufstellung von Hypothesen
- Entwicklung von Instrumenten zur Wirkungsuntersuchung
- Stichprobenbildung
- Datensammlung
- Durchführung der Datenanalyse, Interpretation und Beurteilung

b) Leitlinien zur Evaluation verkehrlicher Massnahmen und Programme (Deutschland, 2004)

Das Handbuch von Wehmeier et al. (2004) kann als Vorläufer der oben erwähnten FGSV-Hinweise gesehen werden. Es behandelt verschiedene methodische Ansätze wie die Vorher-/Nachher-Untersuchung mit/ohne Vergleichsgruppen und mit/ohne Zeitreihenanalysen sowie das Verknüpfen vorhandener Daten. Es wird je ein exemplarisches Untersuchungsdesign (methodischer Ansatz und sinnvolle Indikatoren) für ein Grossprojekt (Verkehrsentwicklungsplan) und eine Infrastruktureinzelmassnahme vorgestellt. Das Handbuch gibt zudem Hinweise zur Wahl des Untersuchungsdesigns, zur Evaluation und zur Erstellung eines Wirkungsmodells. Dabei wird insbesondere auch auf die Unterscheidung zwischen Brutto- und Nettoeffekte hingewiesen.

Es sollen nur jene Indikatoren erhoben werden, welche für die Untersuchung der Zielvorgaben tatsächlich benötigt werden. Die erhobenen Daten sind einer Kontextanalyse zu unterziehen, um allfällige Fehlinterpretationen zu vermeiden. Unter "Kontext" werden die wirtschaftlichen, sozialen, politischen und weitere Rahmenbedingungen verstanden, welche während der Planungs- und Umsetzungsphase der Massnahme galten. Dieser Kontext soll in die Interpretation der Ergebnisse miteinbezogen werden. Im Kontext der Stadtentwicklung schlagen die Autoren folgende Indikatoren vor:

- Anzahl Einwohner
- Erwerbstätigenquote
- Arbeitslosenquote
- Einwohner 65 Jahre und älter
- Ausländeranteil
- Sozialhilfeempfänger
- Kommunale Schulden pro Einwohner

c) Loi d'Orientation sur les Transports Intérieurs (Frankreich, 2012)

Albuquerque et al. (2012) zitieren die französische Richtlinie "*Loi d'Orientation sur les Transports Intérieurs*" (LOTI) welche für grössere Strassen- und Schienenprojekte die Durchführung einer Vorher-/Nachher-Untersuchung vorschreibt. Die Nachher-Erhebung erfolgt in zwei Stufen. Zuerst werden Akzeptanz, Kosten, Verkehrsstärken, Sicherheit, Verkehrsqualitäten, Umwelt usw. erfasst. In einer zweiten, vertieften Untersuchung werden u.a. Auswirkungen auf andere Verkehrsmittel, Beschäftigung im Baugewerbe, Verteilungseffekte, Raumplanung usw. untersucht. Die Resultate müssen publiziert werden.

d) Guidance for transport impact evaluations (England, 2010)

Die Studie von Hills und Junge (2010) ist eine Anleitung für die Evaluation von Verkehrsprojekten. Als Methoden werden die Vorher-/Nachher-Untersuchung, das experimentelle Design und der theoriebasierte Ansatz (Überprüfung einer Theorie) vorgestellt. In einem Wirkungsmodell werden die Wechselwirkungen zwischen Input (z.B. Kosten),

Output (z.B. Infrastruktur), *Outcomes* (kurz und mittelfristige Effekte, z.B. Routenwahl) und *Impacts* (langfristige Effekte, Veränderung der Umweltqualität) dargestellt. *Outcomes* sollen ein bis drei Jahre nach der Umsetzung der Massnahme gemessen werden.

e) Post Opening Project Evaluation, POPE (England, 2001)

In England erfolgt die Wirkungskontrolle von Strassenprojekten seit 2001 nach dem Verfahren "*Post Opening Project Evaluation, POPE*" (Highways Agency, 2013b), bei welchem es sich um eine Vorher-/Nachher-Untersuchung handelt. Die Nachher-Erhebungen werden ein und fünf Jahre nach Inbetriebnahme der neuen Infrastruktur von privaten Büros durchgeführt. Im Minimum werden die Veränderungen der Reisezeiten, der Unfälle und der CO₂-Emissionen sowie die Projektkosten (Planung, Land, Bau, Überwachung) untersucht. Zusätzlich müssen alle in der Vorher-Untersuchung erhobenen Indikatoren zur Umwelt, Sicherheit, Wirtschaft, Zugänglichkeit und Integration erhoben werden. Die jeweiligen Indikatoren hängen vom Umfang und den Zielen des Projektes ab; werden gewisse Indikatoren nicht erhoben, ist dies zu begründen. Die Analysen unterscheiden nicht zwischen Brutto- und Nettoeffekt, jedoch soll neben der Vorher-/Nachher-Untersuchung auch ein Soll/Ist-Vergleich durchgeführt werden.

f) How should the ex post evaluation of trunk road schemes be enhanced (England, 2005)

Die Studie (Oxera, 2005) entstand rund vier Jahre nach der Einführung der POPE in England. Sie beschreibt Methoden und Indikatoren zur Erhebung von Auswirkungen auf die Umwelt, Sicherheit, Wirtschaft und Gesellschaft und macht Hinweise zu den Kosten für die Erhebung jedes Indikators. Die Auswahl der Indikatoren soll flexibel gehandhabt werden, damit nur das erhoben wird, was für die Wirkungskontrolle tatsächlich von Relevanz ist. Der Erhebungsplan soll jeweils mit den lokalen Stakeholdern abgestimmt werden. Wichtig ist, dass die Kosten für die Wirkungskontrolle bereits in den Projektkosten berücksichtigt werden. Die Studie empfiehlt die Erstellung einer zentralen Datenbank für die Ablage der Resultate von Wirkungskontrollen.

g) Scottish Trunk Road Infrastructure Project Evaluation, STRIPE (Schottland, 2013)

Das im Handbuch STRIPE beschriebene Vorgehen für Wirkungskontrollen (Transport Scotland, 2013) soll bei Infrastrukturprojekten angewendet werden, welche im "*Motorway and Trunk Road Programme*" von Transport Scotland aufgelistet sind und über 5 Mio. Pfund kosten. Analog zu POPE wird als Methode eine Vorher-/Nachher-Untersuchung empfohlen. Die Nachher-Erhebungen finden ein Jahr sowie drei und/oder fünf Jahre nach dem Bau der Infrastruktur statt. Untersucht werden: Zielerreichung, Projekt-Prozess (inkl. Kosten), verkehrliche Kenngrössen, Umwelt, Sicherheit, wirtschaftliche Auswirkungen, Integration, Zugänglichkeit und Kosten für den Staat. Das Handbuch gibt an, wann welcher Indikator unter welchen Umständen und mit welcher Methode zu erheben ist. Ein wichtiger Zweck der Wirkungskontrolle nach STRIPE ist das Lernen aus den Evaluationsergebnissen. Dazu werden ein Annual Report als Meta-Bericht für die Öffentlichkeit und ein STRIPE-Bericht des Projektes für Behörden und Planer erstellt. Schliesslich ist das Handbuch als "*live document*" gedacht, welches immer den neusten Erkenntnissen aus den STRIPE-Studien angepasst wird.

h) EVATREN Improved decision-aid methods and tools to support evaluation of investment of transport and energy networks in Europe (EU, 2008)

Das Handbuch der Europäischen Kommission (European Commission, 2008) für Wirkungskontrollen von Verkehrs- und Energieinfrastrukturprojekten schlägt als Methode eine Vorher-/Nachher-Untersuchung vor, bei welcher aber nicht direkt die Ergebnisse der Vorheruntersuchung als Referenzzustand verwendet werden, sondern jener Zustand, welcher zum Zeitpunkt der Nachher-Untersuchung zu erwarten gewesen wäre, wenn das Projekt nicht realisiert worden wäre. Von zentraler Bedeutung ist dabei die Unterscheidung zwischen Netto- und Bruttoeffekten. Als weitere Elemente der Wirkungskontrolle sieht das Handbuch eine Abschätzung der ökonomischen Effizienz des Projektes sowie eine Prozessevaluation vor. Ausserdem werden die Publikation der Ergebnisse und eine

einheitliche Ergebnisdatenbank empfohlen, damit Erfolge und Misserfolge sichtbar werden und als Inputs für ex ante Wirkungsabschätzungen bei anderen Projekten verwendet werden können. Schliesslich wird ein Vorgehen vorgeschlagen, mit welchem für eine bestimmte Projektart der "wahrscheinlichste" Effekt geschätzt werden kann. Dieser kann dann bei ex ante Abschätzungen der Wirkungen neuer Projekte (Risikoanalyse) verwendet werden, um den statistisch zu erwartenden Effekt zu bestimmen. Dieses als "*Reference Class Forecasting*" bezeichnete Vorgehen wurde gemäss Flyvbjerg (2006) u.a. beim Edinburgh Tram und beim London Crossrail Projekt angewendet.

2.2.3 Leitfäden, Richtlinien und Hinweise für andere Projektarten

Die folgenden Beispiele von Handbüchern resp. Anleitungen werden hier erwähnt, weil sie wertvolle methodische Hinweise liefern resp. im Zusammenhang mit Strassenprojekten relevant sein können.

a) Handbuch für die Erfolgskontrolle bei Fließgewässerrevitalisierungen (Woolsey et al., 2005)

Diese Anleitung für Erfolgskontrollen bei der Revitalisierung von Fließgewässern schlägt die Vorher-/Nachher-Untersuchung sowie den Soll/Ist-Vergleich vor. Die folgenden Punkte des Handbuches sind im Zusammenhang mit der vorliegenden Forschungsarbeit besonders interessant:

- Ergänzend zum Handbuch gibt es ein Excel-Tool, welches die Planung, Durchführung und Auswertung für die unterschiedlichsten Arten von Revitalisierungsmassnahmen unterstützt.
- Das Handbuch enthält Informationen zu den notwendigen Indikatoren, wann diese zu erheben sind, wie viele Personen benötigt werden, was der Nutzen für die Gesellschaft, Umwelt und Wirtschaft ist.
- Das Handbuch macht einen Vorschlag zur Klassifikation der Resultate (Misserfolg bis grosser Erfolg) in Form einer Darstellung als Radar resp. Spinnendiagramm. Damit wird visualisiert, welches Ziel wie gut erreicht wurde.

b) Standardisierte Wirkungskontrolle an Wildtierpassagen (Voser et al., 2005)

Diese Anleitung für die Wirkungskontrolle bei Wildtierpassagen ist bei Strassenbauprojekten von Interesse, welche Wildtierbrücken, Amphibiendurchlässe etc. beinhalten. Es werden ausführliche Informationen zu Durchführung, Organisation, Erhebungszeitpunkten und Kosten für die Wirkungskontrolle vermittelt.

Interessant ist auch der Ansatz einer zentralen Ablage der Resultate (inkl. Metadaten), damit u.a. die Resultate bei späteren Wirkungskontrollen verglichen werden können.

c) Monitoring und Controlling des Gesamtverkehrs in Agglomerationen

Von Sommer et al. (2008) wurde ein Konzept für das Monitoring und Controlling von Agglomerationsprogrammen erstellt. Die gemäss diesem Konzept periodisch durchzuführenden Erhebungen erlauben das Monitoring der Entwicklung sowie einen Vorher-/Nachher-Vergleich der erhobenen Indikatoren. Die Studie stellt ein Wirkungsmodell mit den Bereichen Siedlung, Verkehrssystem und Auswirkungen auf Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft vor. Der Aufwand für die Erhebung der notwendigen (maximal 20) Indikatoren ist wegen der grossräumigen Auswirkungen erheblich.

2.3 Beispiele durchgeführter Wirkungskontrollen in der Schweiz

a) Wirkungskontrolle Westumfahrung und A4 Knonauer Amt (Amt für Verkehr, 2011b)

Methodisch handelt es sich um eine Vorher-/Nachher-Untersuchung sowie um einen Soll/Ist-Vergleich. Die Studie untersucht die Auswirkungen der Westumfahrung und der A4 auf die Verkehrsbelastungen in verschiedenen Teilräumen im Umfeld des Projektes. Zusätzlich werden die Auswirkungen auf den ÖV, die Bevölkerungsentwicklung und die Umwelt (Luft und Lärm) untersucht. Die Studie geht explizit auf die Unterscheidung zwischen Brutto- und Nettoeffekt ein. Da die einzelnen Netzelemente des Projektes in unterschiedlichen Zeitabständen in Betrieb genommen wurden, wurde nach Eröffnung jedes Teilstücks eine eigene Wirkungskontrolle durchgeführt. In einem abschliessenden Soll/Ist-Vergleich wird untersucht, ob die in der UVP festgelegten Zielwerte erreicht wurden.

b) Wirkungskontrolle Limmat- und Furttal

Bühlmann und Laube (2005) untersuchten die Wirkung der Rampenbewirtschaftung, welche im Nachgang zur Eröffnung des Baregg-Tunnels an der A1 eingeführt wurde. Methodisch handelt es sich um eine Vorher-/Nachher-Untersuchung ohne Kontrollgruppe. Die Verkehrsbelastungen wurden vor und nach der Einführung der Rampenbewirtschaftung auf den unmittelbar betroffenen A1-Abschnitten und Hauptstrassen gemessen. Eine Differenzierung nach Brutto- und Nettoeffekten wurde nicht durchgeführt.

c) Stadtverkehr 2025, Bericht 2013 (Stadt Zürich, 2014)

"Stadtverkehr 2025" ist die aktuelle Mobilitätsstrategie der Stadt Zürich. Zu diesem Programm wird ein jährlicher Controllingbericht erstellt, welcher die Wirkung der Strategie anhand der Entwicklung diverser Indikatoren aufzeigen soll. Im Bericht 2013 wird festgestellt, dass die Veränderungen der Indikatoren seit 2012 gering sind und diese natürlich auch durch externe Effekte beeinflusst werden. Das Controlling berücksichtigt die folgenden Indikatoren:

- Verkehrsbelastung in der Stadt Zürich
- Nutzungshäufigkeit von Verkehrsmitteln
- Modal Split
- ÖV-Angebot
- Pünktlichkeit des ÖV
- Neue oder neu gestaltete Fusswege, Plätze und Begegnungszonen
- Qualität des Haupt- und Komfortroutennetzes für den Veloverkehr
- Zufriedenheit mit der Verkehrsqualität
- Verkehrsbelastung an der Stadtgrenze
- Parkplatzangebot
- Primärenergiebilanz, Detailbetrachtung Verkehr
- Treibhausgasbilanz
- Anzahl Personen, welche von Strassenlärmsanierungen profitieren
- NO₂-Belastung
- Zahl der Verunfallten
- Zufriedenheit mit der Verkehrssicherheit
- Aktivitäten der Stadt zur Verbesserung der Stadtraumqualität

d) Glatthalbahn Erfolgskontrolle Leistungsfähigkeit Knoten (Amt für Verkehr, 2011a)

Methodisch handelt es sich um einen Soll/Ist-Vergleich, mit welchem die Erfüllung der Zielvorgaben zur Leistungsfähigkeit der vom Projekt betroffenen Knoten überprüft wurde. Die Studie untersucht die Knotenleistungsfähigkeit und den Verkehrsfluss in zwei Teilgebieten sowohl für den ÖV als auch den Gesamtverkehr. Es wurden unter anderem die Knotenbelastungen und der Verkehrsfluss im Netz erhoben und mit den Prognosen des Verkehrsmodells verglichen. Weitere untersuchte Indikatoren sind die Beförderungsgeschwindigkeit und die Fahrgastzahlen im ÖV.

e) Wirkungskontrolle Schmiede Wiedikon

Die Wirkungskontrolle (Metron, 2012) für den Umbau der Schmiede Wiedikon, einem mittelgrossen Projekt im dichten städtischen Raum mit Massnahmen für den MIV, ÖV und LV folgt weitgehend dem SVI-Leitfaden (Kägi et al., 2009). Methodisch handelt es sich um eine Vorher-/Nachher-Untersuchung ohne Vergleichsgruppe. Es wurden Indikatoren für den MIV, ÖV und LV erhoben. Für den Vergleich des Ortsbildes vorher und nachher wurde eine Fotodokumentation erstellt. Die Erfassung des Fussgängerverhaltens erfolgte mit der Burano-Methode⁴. Gemäss der Studie war für die Erhebung des Fussgängerverhaltens ein stichprobenbasiertes Vorgehen ausreichend und eine kontinuierliche Videoüberwachung nicht erforderlich.

f) Wirkungskontrolle Umgestaltung Zentrum Köniz

Matti et al. (2000, 2005 und 2006) erstellten eine Wirkungskontrolle für die Umgestaltung der Seftigenstrasse in Köniz zu einem fussgängerlosen Ortszentrum (FLOZ). Es handelt sich um ein mittelgrosses Projekt im städtischen Raum mit Massnahmen zur Verkehrsberuhigung. Methodisch handelt es sich um eine Vorher-/Nachher-Untersuchung ohne Vergleichsgruppe. Es wurden zwei Nachher-Untersuchungen (ein und zwei Jahre nach Inbetriebnahme) durchgeführt, bei welchen jeweils die festgelegten Indikatoren gemessen wurden. Neben den verkehrlichen Auswirkungen wurden auch die Akzeptanz der Massnahmen sowie deren Auswirkungen auf die Attraktivität des Zentrums von Köniz, die sozialen Interaktionen, die Freizeitnutzungen und die Zufriedenheit von Gewerbe und Bevölkerung erfasst. Es gelangten qualitative (Fokusgruppe, Experteninterviews, standardisierte Befragungen, Fotodokumentation, Beobachtungen, Nutzungskartierungen) und quantitative (Reisezeiten, Verkehrsfrequenzen) Erhebungsmethoden zum Einsatz.

g) Limmatsteg / Promadenlift Baden – Ennetbaden

Die Studie von Meyer und Regli (2008) ist eine Wirkungskontrolle zum Neubau des Limmatsteges und des Promadenlifts in Baden, einem Langsamverkehrsprojekt. Es handelt sich um eine reine Nachher-Untersuchung, welche rund ein Jahr nach Eröffnung der Infrastruktur durchgeführt wurde. Es wurden Zählungen des Langsamverkehrs (Ströme, Belastungen, Belegungsgrad Veloparkplätze) und Befragungen von Fussgängern (Akzeptanz, Veränderung der Routenwahl) durchgeführt. Inwiefern die Projektziele erreicht wurden, wird nicht behandelt.

h) Erhebung Fuss- und Veloverkehr Ampèresteg

Scheider und Bäumler (2007) führten eine Wirkungskontrolle für den Neubau des Ampèrestegs in Zürich, einem Langsamverkehrsprojekt, durch. Es handelt sich um eine Vorher-/Nachher-Untersuchung ohne Vergleichsgruppe, bei welcher der Langsamverkehr vor und nach der Eröffnung des Ampèrestegs gezählt wurde. Zur Erhebung der Akzeptanz und der Veränderung der Routenwahl im Langsamverkehr wurden zwei Jahre nach der Inbetriebnahme Fussgänger und Velofahrer befragt. Zur Erreichung der Projektziele macht die Studie keine Aussagen.

⁴ Auch Blitzlicht- oder Scannermethode genannt. Hierbei handelt es sich um eine Art Scanning der sich vor Ort aufhaltenden Personen. Das Erhebungspersonal bewegt sich langsam durch den Beobachtungsraum und erfasst alle sich auf seiner Höhe aufhaltenden Personen, welche nach einem bestimmten Schema, z.B. Alter, Geschlecht und Tätigkeit, gescannt werden. (Metron, 2012).

i) Wirkungsanalyse Alfred-Escher-Strasse

Werdin und Canepa (2011) resp. Mehnert und Bürke (2013) führten für einen Fussgängerstreifen auf der Alfred-Escher-Strasse in Zürich, welcher eine bestehende Personenunterführung ersetzte, eine Wirkungsanalyse durch. Dazu wurde das in der folgenden Abbildung dargestellte einfache "Wirkungsmodell" verwendet. Methodisch handelt es sich um eine Vorher-/Nachher-Untersuchung ohne Vergleichsgruppe. Externe Effekte (Wetter, Jahreszeit, LSA-Regelung und Baustellen) werden erwähnt, deren Wirkung aber nicht quantifiziert. Als Indikatoren werden die Verkehrsbelastungen beim MIV und beim LV sowie der Rückstau beim MIV verwendet. Die Veränderungen werden mit Fotos dokumentiert.

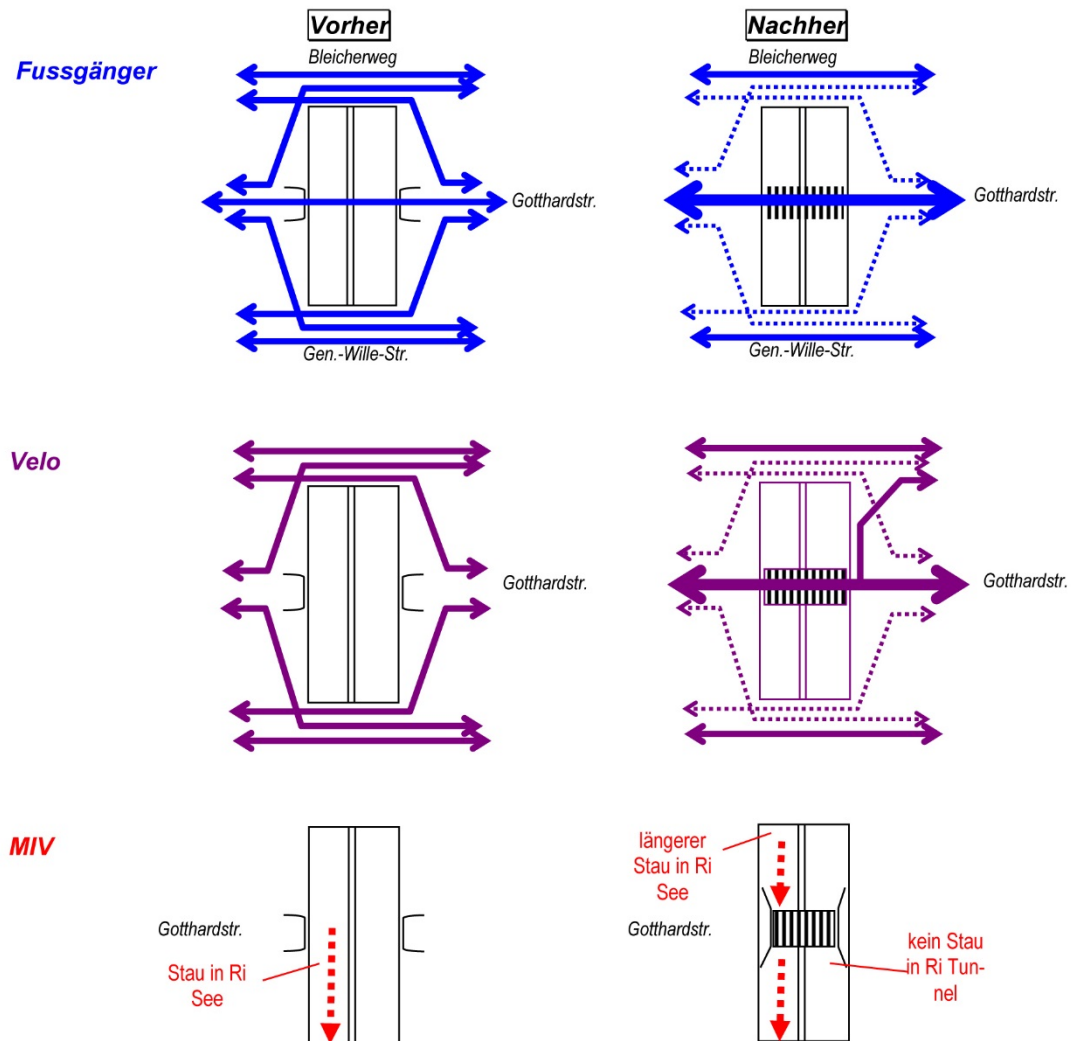


Abbildung 4: Wirkungsmodell Wirkungsanalyse Alfred-Escher-Strasse (Quelle: Werdin und Canepa (2011))

j) Wirkungsketten Verkehr-Wirtschaft, Fallbeispiel A7

In der Studie (Sommer et al., 2005) werden ein Wirkungsmodell für die kurz- und längerfristigen Wechselwirkungen zwischen Verkehr und Wirtschaft sowie ein Ziel- und Indikatorensystem zur Untersuchung der wirtschaftlichen Auswirkungen von Verkehrsprojekten erstellt. Die Anwendbarkeit dieses Indikatorensystems wurde am Fallbeispiel der A7 ex post getestet. Mittels einer Querschnittsuntersuchung wurde auch versucht, die Wirkungen der A7 auf die Entwicklung der Regionalwirtschaft ex post abzuschätzen. Als Vergleichsgruppe dienten die von der A7 nicht betroffenen Regionen des Kantons Thurgau. Die Abschätzung des Einflusses der A7 auf die Regionalwirtschaft erwies sich aber wegen der vielen externen Einflüsse, welche sich nicht isolieren liessen, als schwierig.

3 Methoden der Wirkungskontrolle

3.1 Einleitung

Wirkungskontrollen werden in verschiedenen Bereichen, sehr oft z.B. in der Medizin, eingesetzt. Ihre Methoden lassen sich generell in wissenschaftliche und in beobachtende Ansätze unterteilen.

Zu den wissenschaftlichen Methoden gehören z.B.:

- Laborversuche
- Experimente
- Theoriebasierte Ansätze

Zur Kategorie der beobachtenden Methoden zählen z.B.

- Soll/Ist-Vergleiche
- Querschnittsuntersuchungen
- Vorher-/Nachher-Untersuchungen ohne Vergleichsgruppe
- Vorher-/Nachher-Untersuchungen mit Vergleichsgruppe
- Tripod-Methode

Die Anwendung wissenschaftlicher Methoden wie Laborversuche, Experimente und teilweise auch theoriebasierter Ansätze erfordert die Einhaltung strenger Randbedingungen. Dazu gehört z.B. auch die rein zufällige Auswahl von Massnahmen- und Kontrollgruppen, was in der Praxis für Wirkungskontrollen von Strassenprojekten kaum gewährleistet werden kann. Daher gelangen hier meistens beobachtende Methoden zum Einsatz, wobei die Vorher-/Nachher-Untersuchungen im Vordergrund stehen.

3.2 Wissenschaftliche Methoden

Die im Folgenden beschriebenen wissenschaftlichen Methoden gelangen, wie oben erwähnt, für die Wirkungskontrolle von Strassenprojekten kaum zur Anwendung. Der Vollständigkeit halber werden sie hier trotzdem kurz beschrieben.

3.2.1 Laborversuche

Unter Laborbedingungen kann ein Experiment so durchgeführt werden, dass die Randbedingungen vor und nach Umsetzung einer Massnahme unverändert bleiben. Unter diesen Voraussetzungen können die unverfälschten, ausschliesslich auf die Massnahme zurückzuführenden Wirkungen gemessen werden. Solche idealen Verhältnisse mit fixierten Randbedingungen kommen bei Strassenprojekten nicht vor resp. können nicht geschaffen werden. Hier gibt es immer externe Faktoren, welche ausserhalb und unabhängig vom Strassenprojekt die bei der Wirkungskontrolle zu messenden Grössen beeinflussen.

3.2.2 Experimente

Bei experimentellen Wirkungskontrollen (*Randomized Controlled Trial*, RTC-Study), wie sie z.B. in der Medizin zum Einsatz gelangen, werden zufällig zwei Gruppen, eine Versuchs- und eine Kontrollgruppe, gebildet. Die zu testende Massnahme wird bei der Versuchsgruppe umgesetzt (z.B. das zu testende Medikament verabreicht), bei der Kontrollgruppe jedoch nicht. Der Vergleich der beiden Gruppen vor und nach der Massnahme zeigt die Wirkungen der Massnahme.

Damit gesicherte Aussagen zu diesen Wirkungen gemacht werden können, muss einerseits die Stichprobengrösse sowohl der Versuchs- als auch der Kontrollgruppe ausrei-

chend gross sein und andererseits müssen diese Stichproben rein zufällig gezogen worden sein. Beide Voraussetzungen sind bei Strassenprojekten in der Regel nicht erfüllt resp. nicht erfüllbar; Strassenprojekte werden dort umgesetzt, wo Probleme bestehen und nicht an rein zufällig gewählten Orten. Auch wäre die Möglichkeit, ausreichend grosse Versuchs- und Kontrollgruppen zu bilden, kaum gegeben.

Natürlich kann auch mit einem Experiment nur das Ausmass der Wirkung einer Massnahme geprüft werden, eine Erklärung, weshalb genau diese Wirkung eintritt (kausaler Zusammenhang) liefert das Experiment nicht (Hills und Junge, 2010).

3.2.3 Theoriebasierte Ansätze

Hills und Junge (2010) beschreiben einen Ansatz, mit welchem eine theoretisch hergeleitete Hypothese zur Wirkung einer Massnahme getestet wird. Der Ansatz verbindet quantitative und qualitative Methoden und möchte die Frage beantworten, weshalb und unter welchen Bedingungen die Wirkungen einer Massnahme zustande gekommen sind. Als Einsatzgebiet sehen die Autoren die Überprüfung von komplexen, sehr diversen und langfristigen Massnahmenbündeln mit unterschiedlichen Zielgruppen, wobei sich die Massnahmen oder der Fokus der Massnahmen ändern können. Im Gegensatz zum Experiment ist keine Kontrollgruppe vorhanden.

Der theoriebasierte Ansatz eignet sich einerseits für die Überprüfung von neuen, innovativen Massnahmen und andererseits von solchen, deren Wirkung nicht bekannt ist. Es werden zwei Verfahren unterschieden: Der "*Theory of Change*"- und der "*Realist Evaluation*"-Ansatz (Hills und Junge, 2010). Diese beiden sozialwissenschaftlichen Ansätze zur Überprüfung von Kausalzusammenhängen eignen sich weniger für Strassenprojekte. Sie sind hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt.

3.3 Beobachtende Studien

Weil bei Strassenprojekten in der Regel weder Laborversuche noch rein experimentelle Wirkungskontrollen möglich sind, werden dafür beobachtende Methoden (*Observational Studies*, manchmal auch analytische Methoden genannt) angewendet. Zur Kategorie der beobachtenden Methoden zählen, wie in Kapitel 3.1 erwähnt wurde, z.B. (Robson et al., 2001; Songer, 2005; ITE, 2009; Güller und Güller, 2007):

- Soll/Ist-Vergleiche
- Querschnittsvergleiche (*cross section studies*)
- Vorher-/Nachher-Untersuchungen ohne/mit Vergleichsgruppe
- Tripod-Methode

Mit beobachtenden Methoden können direkt nur die Bruttoeffekte gemessen werden. Diese Bruttoeffekte beinhalten neben den ausschliesslich auf die Massnahme zurückzuführenden Wirkungen (Nettoeffekte) auch die durch externe Effekte (Störeinflüsse) verursachten Wirkungen (Expositions-Effekt und Trend-Effekt) sowie allenfalls Zufallseffekte, z.B. den sog. Regression-zum-Mittelwert-Effekt (RTM-Effekt⁵). Für die interessierenden Nettoeffekte eines Strassenprojektes gilt also:

$$\text{Nettoeffekt} = \text{Bruttoeffekt} - \text{Expositionseffekt} - \text{Trendeffekt} - \text{Zufallseffekt}$$

Die externen Effekte können in der Summe sowohl positive (Fall 1) als auch negative Vorzeichen (Fall 2) aufweisen. Dieser Sachverhalt ist in der folgenden Abbildung vereinfachend dargestellt. Der interessierende Nettoeffekt ergibt sich aus dem um die Summe der externen Effekte korrigierten Bruttoeffekt.

⁵ Regression to Mean Bias = RTM-Effekt

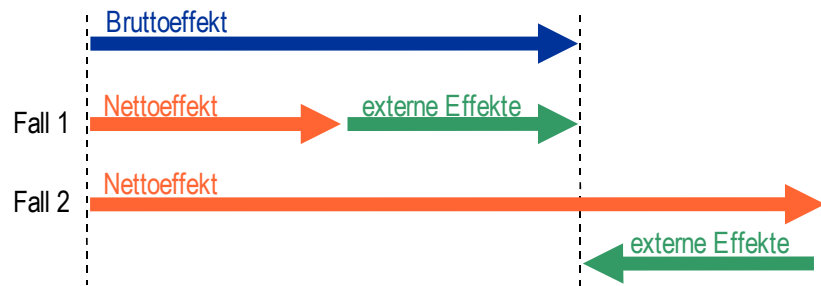


Abbildung 5: Nettoeffekt als Summe aus Brutto- und externen Effekten (Quelle: eigene Darstellung)

Am Beispiel von Strassenprojekten zur Erhöhung der Verkehrssicherheit sollen diese Effekte erläutert werden (Hauer, 1997; Kägi et al., 2004; Wehmeier et al., 2009):

- Nettoeffekt: Die der Massnahme zuzurechnende Veränderung der Anzahl Unfälle
- Bruttoeffekt: Gemessene Veränderung der Anzahl Unfälle
- Expositionseffekt: Veränderung der Anzahl Unfälle infolge der (unabhängig von der Massnahme) veränderten Verkehrsbelastung. Wenn die Zusammenhänge zwischen der Verkehrsbelastung und der Anzahl Unfälle (*Safety Performance Functions*⁶, SPF) bekannt sind, kann dieser Effekt abgeschätzt werden.
- Trendeffekt: Effekte aufgrund von allgemeinen, nicht erkannten resp. verstandenen Trends, welche nicht isoliert gemessen werden können (z.B. Veränderungen der Fahrzeugtechnologie, Veränderungen der Rapportierung von Unfällen usw.)
- Zufalls- oder RTM-Effekt: Die Erfahrung zeigt, dass aufgrund der stochastischen Eigenschaften des Unfallgeschehens die Zahl der Unfälle gegen einen Mittelwert tendiert. Wenn sich also an einem Ort während eines kurzen Zeitraumes überdurchschnittlich viele Unfälle ereignet haben, kann oft damit gerechnet werden, dass sich die Unfallzahlen in den Folgejahren auch ohne Massnahmen hin zum Mittelwert reduzieren werden. Da Massnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit vielfach dort umgesetzt werden, wo sich überdurchschnittlich viele oder schwere Unfälle ereignet haben, ist bei der Vorher-/Nachher-Untersuchung darauf zu achten, dass ein Teil der festgestellten Reduktion der Unfallhäufigkeit auf den Zufallseffekt zurückzuführen sein könnte.

Die Expositions- und Trendeffekte werden auch als externe Effekte bezeichnet, welche ausserhalb und unabhängig von der Massnahme auftreten. Bei den externen Effekten ist zu unterscheiden zwischen solchen, die erkannt und gemessen oder modelliert werden können und solchen, die unerkannt bleiben.

Bei dieser Betrachtung gehen wir davon aus, dass bei der Erhebung der Vorher- und Nachher-Situation keine Fehler (Messfehler) und keine auf das Design der Erhebung - Wehmeier et al. (2012) bezeichnen diese als Design-Effekte - zurückzuführende Unterschiede auftreten.

3.3.1 Soll- / Ist-Vergleich

Die Situation nach der Umsetzung des Strassenprojektes wird als Ist-Zustand bezeichnet. Dieser Ist-Zustand wird erhoben und den festgelegten Projektzielen wie beispielsweise der Einhaltung eines Grenzwertes (z.B. für die Lärm- oder Luftschadstoffimmissionen) oder eines Geschwindigkeitsniveaus (V_{85} -Wert) gegenübergestellt (Kägi et al., 2009).

Beim Soll/Ist-Vergleich wird der Zustand vor der Einführung des Projektes, also der Vorher-Zustand, nicht erhoben. Damit fehlen Referenzwerte und die effektiven Auswirkungen

⁶ Beispiele solcher Funktionen sind:
Für Strassenabschnitte: $\text{Anz. Unfälle} = \exp[\alpha + \beta \cdot \ln(\text{DTV}) + \ln(\text{Abschnitts-Längen})]$
Für Kreuzungen: $\text{Anz. Unfälle} = \exp[\alpha + \beta \cdot \ln(\text{DTV}_{\text{Haupttrichtung}}) + \ln(\text{DTV}_{\text{Nebenrichtung}})]$
(Quelle: http://safety.fhwa.dot.gov/tools/crf/resources/cmfs/docs/safety_performance_functions.pdf)

der Massnahme lassen sich nicht feststellen, da der gemessene Ist-Wert nicht ausschliesslich das Resultat der umgesetzten Massnahme sein muss. Dies ist insofern nicht problematisch, wenn nur die Einhaltung der Zielsetzungen interessiert.

In seiner "reinen" Form angewendet, handelt es sich beim Soll/Ist-Vergleich nicht um eine Wirkungskontrolle. Mit Hilfe eines Wirkungsmodells ist vielleicht eine qualitative Einschätzung der Massnahmen-Wirkungen möglich. Robson et al. (2001) weisen auch auf die Möglichkeit hin, unter Verwendung von Vergleichsgruppen (Situationen, bei denen die Massnahme nicht eingeführt wurde) wenigstens einen groben Anhaltspunkt für die Wirkungen der Massnahme zu erhalten. Die verbleibenden Unsicherheiten sind aber derart gross, dass diese Methode höchstens dann angewendet werden sollte, wenn aus irgendwelchen Gründen die Durchführung von Vorher-Untersuchungen nicht möglich war.

3.3.2 Querschnittsuntersuchung

Querschnittsuntersuchungen (*Cross Section Studies*) werden auch als "Nur-Nachher-Untersuchungen mit Vergleichsgruppe" bezeichnet (Wehrmeier et al., 2012). Es werden eine Massnahmen- und eine Vergleichsgruppe miteinander verglichen. Als Beispiel: Es interessiert die Wirkung einer speziellen Beleuchtung an Fussgängerstreifen. Dazu wird das Unfallgeschehen an einer Gruppe von Fussgängerstreifen mit (Massnahmengruppe) und an einer Gruppe ohne diese Beleuchtung (Vergleichsgruppe) verglichen. Wenn es gelänge, für beide Gruppen eine genügend grosse zufällige Stichprobe zu ziehen, würde die Studie einem Experiment entsprechen. In der Praxis ist es aber in der Regel so, dass die spezielle Beleuchtung (oder generell eine Massnahme zur Erhöhung der Verkehrssicherheit) an Orten mit auffälligem Unfallgeschehen (überdurchschnittliche Unfallhäufigkeit oder -schwere) eingeführt, die Massnahmengruppe also nicht zufällig gewählt wird. Aus diesem Grund ist nicht immer klar, ob Unterschiede zwischen der Massnahmen- und der Vergleichsgruppe kausal mit der Massnahme zusammenhängen oder auf externe Effekte, z.B. den RTM-Effekt, zurückzuführen sind.

3.3.3 Vorher- / Nachher-Untersuchung

Die Vorher-/Nachher-Untersuchungen sind die für die Wirkungskontrolle von Strassenprojekten zweckmässigsten und am häufigsten angewendeten Methoden, weshalb sie im Zentrum der folgenden Ausführungen stehen.

Für eine Vorher-/Nachher-Untersuchung ist eine Vorhersage des Zustandes zum Zeitpunkt Y ohne Massnahme (Z_{Y0}) und eine Schätzung des Zustandes zum gleichen Zeitpunkt, aber mit Massnahme (Z_{Ym}), erforderlich. Der Unterschied zwischen Z_{Ym} und Z_{Y0} entspricht dem Nettoeffekt der Massnahmen, wenn bei der Vorhersage von Z_{Y0} alle externen, von der Massnahme unabhängigen Einflüsse berücksichtigt werden konnten (Hauer, 1997). Siehe zur Illustration auch die Abbildung 10 auf Seite 64.

Als Grundlage für die Vorhersage von Z_{Y0} und die Schätzung von Z_{Ym} dienen Untersuchungen vor und nach der Einführung der Massnahme. Dabei kann es sich um Einzel- oder um Mehrfachuntersuchungen (Zeitreihen) handeln. Zeitreihen-Untersuchungen sind vor allem dann nötig, wenn die zu messende Grösse starken (zufälligen) Schwankungen oder einem Trend (z.B. allgemeine Verkehrszunahme) unterliegt.

Die im Folgenden beschriebenen Methoden unterscheiden sich vor allem darin, wie resp. auf welcher Basis die Vorhersage von Z_{Y0} und die Schätzung von Z_{Ym} erfolgen.

a) Einfache Vorher- / Nachher-Untersuchung

Bei der einfachen Vorher-/Nachher-Untersuchung werden die zur Beurteilung der Auswirkungen eines Strassenprojektes festgelegten Indikatoren vor und nach der Umsetzung des Projektes gemessen. Die Untersuchungen können je einmal oder je mehrmals (Zeitreihenanalyse) vor und nach der Einführung der Massnahme durchgeführt werden.

Die Ergebnisse der Vorher-Untersuchung (Z_v) werden direkt als Vorhersage von Z_{Y_0} verwendet, diejenigen der Nachher-Untersuchung als Z_{Y_m} angenommen. Bei der Untersuchung der Wirkungen auf das Unfallgeschehen beispielsweise wird also angenommen, die Unfallzahlen zum Zeitpunkt der Nachher-Untersuchung wären gegenüber jenen der Vorheruntersuchung unverändert geblieben, wäre die Massnahme nicht umgesetzt worden. Wie wir wissen, ist dies aber wegen externen Einflüssen (z.B. Verkehrsbelastungen, Fussgängerfrequenzen, Wetter, RTM-Effekt usw.) in den meisten Fällen nicht zutreffend.

Z_{Y_m} beinhaltet neben den Effekten der Massnahme auch solche externer Einflüsse. Wenn solche externen, von der Massnahme unabhängigen, Einflüsse auf die gemessenen Indikatoren nicht ausgeschlossen werden können, entspricht der Unterschied zwischen Z_{Y_m} und Z_{Y_0} dem Bruttoeffekt. Der Nettoeffekt der Massnahme bleibt unbekannt. In der Literatur wird diese Methode auch als naive Vorher-/Nachher-Untersuchung bezeichnet.

Eine einfache Vorher-/Nachher-Untersuchung sollte also nur dann durchgeführt werden, wenn Trends resp. Stör-Einflüsse zwischen der Vorher- und der Nachher-Untersuchung vernachlässigbar klein oder in ihrer Wirkung zuverlässig abgeschätzt werden können.

b) Vorher- / Nachher-Untersuchung mit Vergleichsgruppe

Die Vorhersage des Zustandes zum Zeitpunkt Y ohne Massnahme erfolgt auf der Basis einer oder mehrerer (Zeitreihe) Vorher-Untersuchungen (Z_v) unter Berücksichtigung der bekannten und soweit möglich der unbekannten resp. nicht messbaren externen Einflüsse. Für die Einschätzung der letzteren bedient man sich Vergleichsgruppen, d.h. Situationen mit möglichst vergleichbaren Randbedingungen, bei denen aber die interessierende Massnahme nicht eingeführt wird.

Weil die Vergleichsgruppe nicht einer Zufallsstichprobe entspricht, wird diese Methode oft auch als "quasi-experimentelles Design mit Vergleichsgruppe" bezeichnet (Wehrmeier et al., 2012).

Ein einfaches Beispiel ist die Wirkungskontrolle einer neuen Einbahnsignalisation auf einem Strassenabschnitt einer Stadt, bei welcher nur das Ausmass der Verkehrsverlagerungen interessiert. Von der Massnahme sind die Verkehrsbelastungen auf den neuen Einbahnabschnitten sowie auf den Alternativrouten betroffen. Aufgrund der Ortskenntnisse kann abgeschätzt werden (siehe auch Hinweise zum Wirkungsmodell im Kapitel 5), welches diese Alternativrouten sind und auf welchen Netzteilen die Verkehrsbelastungen durch die Einführung der Einbahnregelung nicht betroffen sind. Diese Netzteile dienen als Vergleichsgruppe (Vergleichsnetz). Unter der Annahme, die Entwicklung des Verkehrsaufkommens sei der einzige externe Effekt (keine unerkannten Einflüsse), kann für die Vorhersage des Zustandes Z_{Y_0} angenommen werden, die Verkehrsbelastungen auf den von der Massnahme betroffenen Netzabschnitten hätten sich ohne diese Massnahme gleich entwickelt wie jene auf dem Vergleichsnetz. Wenn die Veränderung auf dem Vergleichsnetz im Mittel also $\Delta\%$ beträgt, werden für Z_{Y_0} die Werte der Vorher-Untersuchung auf dem betroffenen Netz um $\Delta\%$ korrigiert. Für Z_{Y_m} werden die Werte der Nachher-Untersuchungen verwendet. Der Unterschied zwischen Z_{Y_m} und Z_{Y_0} entspricht dann in etwa der Netto-Wirkung der Einführung der Einbahnregelung.

Ein ähnliches Verfahren wurde bei der Wirkungskontrolle der Westumfahrung Zürich und A4 Knonauer Amt (Amt für Verkehr, 2011b) angewendet. Die Verkehrsbelastungen wurden in von der Massnahme beeinflussten Räumen (Betrachtungsräume) vor (2005) und nach (2010) der Eröffnung der neuen Autobahnabschnitte und der zum Projekt gehörenden flankierenden Massnahmen gemessen. Als Vergleichsgruppe diente das gesamtschweizerische Netz der Autobahnen und Hauptstrassen ausserorts. Es wurde davon ausgegangen, dass die gleiche Verkehrszunahme, welche bei der Vergleichsgruppe festgestellt wurde, auch in den Betrachtungsräumen stattgefunden hätte. Entsprechend wurden die Vorher-Untersuchungen für die Vorhersage des Zustandes Z_{Y_0} korrigiert. Für Z_{Y_m} wurden die Werte der Nachher-Untersuchungen übernommen. Ob im vorliegenden Fall mit der Wahl des gesamtschweizerischen Strassennetzes als Vergleichsgruppe die lokalen Verhältnisse genügend berücksichtigt werden konnten, wurde nicht näher untersucht.

Für die Ermittlung der Nettowirkung von Massnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit (*Safety*, definiert als die erwartete Anzahl Unfälle) einer Anlage schlägt Hauer (1997) einen empirischen Bayes-Ansatz (*Empirical Bayes Approach*, EB-Ansatz) vor. Dieser berücksichtigt nicht nur das Unfallgeschehen (*Accident History*) dieser Anlage, sondern auch die Informationen zur Verkehrssicherheit einer Referenzgruppe von Anlagen mit vergleichbaren Eigenschaften (z.B. Verkehrsbelastungen, Geometrie, Verkehrssteuerung usw.) wie jene der interessierenden Anlage. Die Methode dient insbesondere dazu, den RTM-Effekt zu eliminieren resp. zu minimieren. Die Anwendung des EB-Ansatzes erfordert in der Regel⁷ die Schätzung multivariater Regressionsmodelle. Die Details dazu sind im Buch von Hauer (1997) ausführlich beschrieben und sollen hier nicht wiederholt werden.

3.3.4 Tripod-Methode

Auch die im vorangegangenen Kapitel vorgestellte Tripod-Methode gehört zu den beobachtenden Studien. Für die Analyse der Effekte, welche direkt mit dem Strassenprojekt zusammenhängen, greift sie auf Vorher-/Nachher-Untersuchungen zurück und wird daher hier nicht als eigenständige Methode weiterverfolgt.

3.4 Fazit

Die für die Durchführung von Wirkungskontrollen bei Strassenprojekten am besten geeignete Methode ist eine Vorher-/Nachher-Untersuchung mit Vergleichsgruppe. Mit dieser Methode lassen sich am ehesten die Nettoeffekte des Strassenprojektes abschätzen.

Nur in Fällen, bei denen Einflüsse von externen Effekten weitgehend ausgeschlossen werden können, kann auf den Einbezug einer Vergleichsgruppe verzichtet werden. Dabei handelt es sich in der Regel um Strassenprojekte, deren Wirkung rasch eintritt und sich auf einen engen Raum beschränkt.

Wenn es verpasst wurde, eine Vorher-Untersuchung durchzuführen, können eine Querschnittsuntersuchung oder ein Soll/Ist-Vergleich eine Notlösung für eine behelfsmässige Wirkungskontrolle sein. Da die Durchführung der Untersuchungen grundsätzlich gleich wie bei einer Nachher-Untersuchung ist, werden diese beiden Methoden im Folgenden nicht weiter behandelt.

⁷ Als Alternative erwähnt Hauer die Methode der Stichproben-Momente, welche aber nur selten angewendet werden könne.

4 Das Vorgehen im Überblick

4.1 Einleitung

Das im Folgenden beschriebene generelle Vorgehen zur Durchführung einer Wirkungskontrolle mittels Vorher-/Nachher-Untersuchungen basiert auf den Arbeiten von Kägi et al. (2009), Wehmeier et al. (2012), European Commission (2008), Hills und Junge (2010), Odek (2012), Robson et al. (2001), Schmitt et al. (2003), Tiefbauamt Stadt Zürich (2010), Sommer et al. (2005) und Songer (2005).

In diesem Kapitel wird nur das empfohlene generelle Vorgehen zur Durchführung einer Wirkungskontrolle beschrieben. Detailliertere Hinweise zu den einzelnen Arbeitsschritten finden sich in den folgenden Kapiteln.

Die Wirkungskontrolle ist als Teil des Strassenprojektes zu sehen. Entsprechend soll sie während des Planungsprozesses und in Abstimmung mit diesem konzipiert werden. Dabei geht es vor allem auch darum, rechtzeitig die zeitlichen, personellen und finanziellen Ressourcen für ihre Durchführung bereitzustellen. Schematisch ist dieses Vorgehen in der folgenden Abbildung dargestellt.

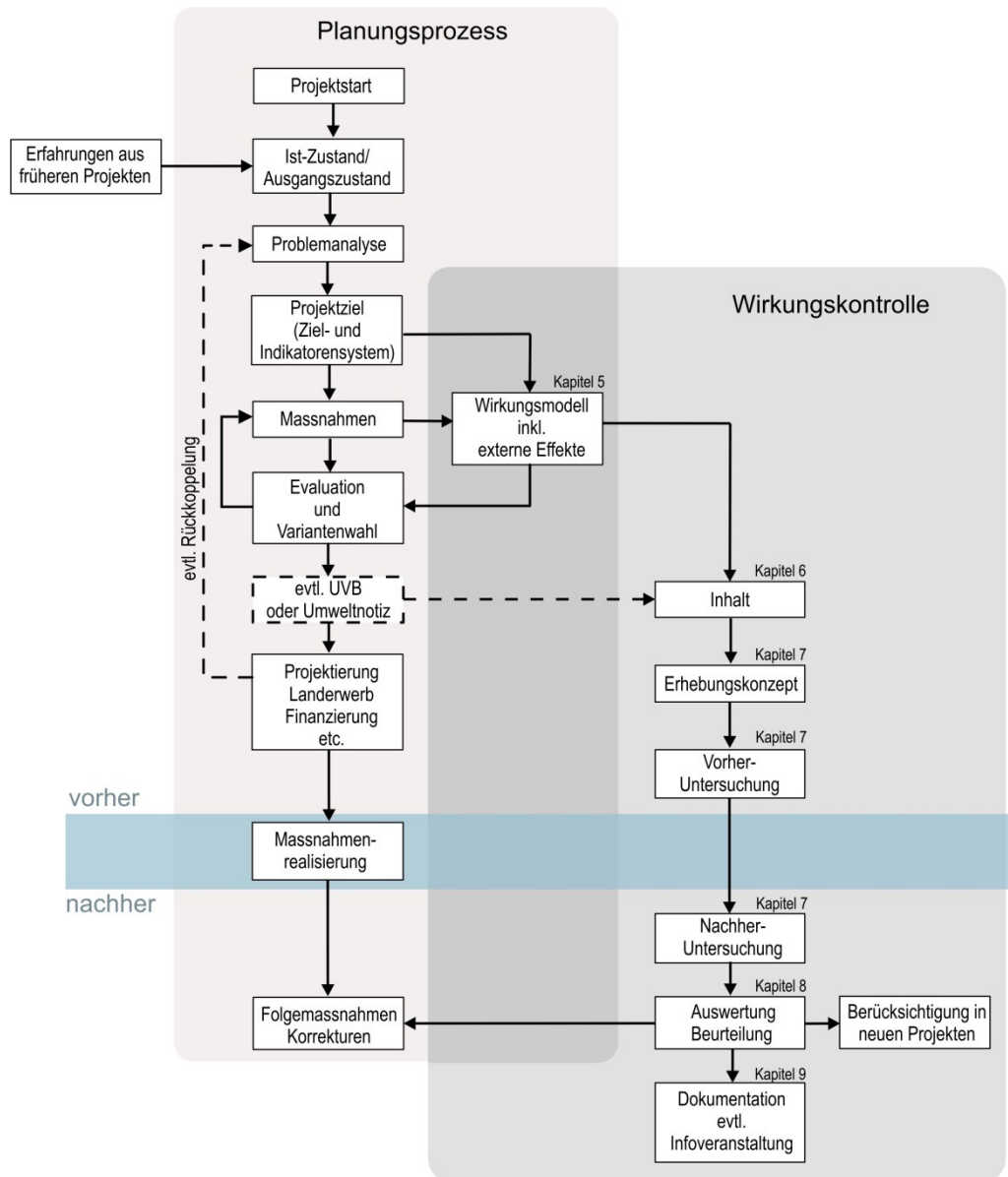


Abbildung 6: Abstimmung der Wirkungskontrolle mit dem Planungsprozess (Quelle: eigene Darstellung)

4.2 Planungsprozess

In der Abbildung 6 ist auf der linken Seite schematisch der übliche Ablauf des Planungsprozesses für ein Strassenprojekt mit den im Folgenden kurz erläuterten Arbeitsschritten dargestellt. Nicht bei jedem Strassenprojekt werden diese Arbeitsschritte formal durchgeführt und dokumentiert. Insbesondere bei kleinen Projekten erfolgen einzelne von ihnen oft rein gedanklich und werden nicht dokumentiert.

Der Planungsprozess läuft in der Regel nicht linear ab, vielfach sind Rückkopplungen notwendig. Auf diese wird hier aber nicht eingegangen. Eine detaillierte Beschreibung der formellen und informellen Planungsprozesse ist nicht Gegenstand dieser Arbeit. Details diesbezüglich befinden sich in den VSS-Normen SN 640 026 und SN 640 027.

4.2.1 Projektstart

Strassenprojekte werden in Angriff genommen, weil ein bestehender oder zu erwartender Zustand nicht befriedigt, also Mängel (z.B. Unfallhäufungen, Verkehrsstau, ungenügende Erreichbarkeit usw.) aufweist.

4.2.2 Ist-Zustand / Ausgangszustand

Als Grundlage für die folgenden Planungsschritte werden die relevanten Aspekte des Ist-Zustandes aufgenommen und beschrieben. Bei Projekten mit einem längerfristigen Realisierungshorizont muss auch eine Prognose des zukünftigen Zustandes erstellt werden, welcher zu erwarten ist, wenn keine Massnahmen ergriffen werden (Ausgangszustand). Für die Prognose des Verkehrsgeschehens werden dazu oft Verkehrsmodelle eingesetzt.

Eine Wirkungskontrolle bietet die Gelegenheit, die Genauigkeit der in diesem Arbeitsschritt erstellten Prognosen zu überprüfen.

4.2.3 Problemanalyse

In diesem Arbeitsschritt werden die Abweichungen des Ist- resp. des Ausgangszustandes von einem Sollzustand, z.B. bezüglich Verkehrsqualität, Verkehrssicherheit, Erreichbarkeit usw., beschrieben.

4.2.4 Projektziele

Die zu erreichenden Projektziele hinsichtlich der verkehrlichen Auswirkungen und der Folgewirkungen (in den Bereichen Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt) werden festgelegt und möglichst präzise formuliert. Zur Untersuchung der Zielerreichung werden Indikatoren festgelegt. Bei grösseren Projekten ist das Ergebnis dieses Arbeitsschrittes ein umfassendes Ziel- und Indikatorensystem.

4.2.5 Wirkungsmodell

Das Wirkungsmodell dient dazu, möglichst alle relevanten Auswirkungen eines Strassenprojektes sowie den Einfluss externer Effekte auf sie zu erkennen und bezüglich ihrer zeitlichen und räumlichen Dimensionen abzugrenzen. Es beschreibt die kausalen Zusammenhänge zwischen einer Massnahme resp. einem Massnahmenpaket und den verkehrlichen Auswirkungen, welche Folgewirkungen in den Bereichen Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt nach sich ziehen. Die Identifikation externer Effekte ist eine weitere wichtige Aufgabe bei der Erstellung des Wirkungsmodells (siehe Kapitel 5).

4.2.6 Massnahmen

Je nach Art und Umfang des Strassenprojektes werden Varianten von Einzelmassnahmen oder Massnahmenbündel (z.B. Umfahrungsstrassen mit flankierenden Massnahmen in den zu entlastenden Gebieten) erarbeitet.

4.2.7 Evaluation

Bei der Evaluation werden die zu erwartenden Auswirkungen der Massnahmen ermittelt und bewertet. Grundlage dazu bildet das Ziel- und Indikatorensystem (siehe 4.2.4). Eine zentrale Rolle in diesem Arbeitsschritt spielt das zu erstellende **Wirkungsmodell**, welches im Kapitel 5 beschrieben wird.

Für die Bewertung von Massnahmen mit komplexen Wirkungen stehen verschiedene Methoden wie Kosten-Nutzen-Analysen (KNA), Nutzwertanalysen (NWA), Vergleichswertanalysen (VWA) usw. zur Verfügung. Details diesbezüglich befinden sich in den VSS Normen SN 641 800, SN 641 810 und SN 641 820.

Für alle diese Methoden müssen in einem ersten Schritt die als Folge des Strassenprojektes zu erwartenden Veränderungen der festgelegten Indikatoren quantitativ oder qualitativ ermittelt werden. Für die Ermittlung der zu erwartenden verkehrlichen Auswirkungen werden bei grösseren Strassenprojekten Verkehrsmodelle eingesetzt. Immissionsmodelle dienen dazu, die Auswirkungen auf die Lärm- und Luftschadstoffbelastungen abzuschätzen.

Das Ziel der Evaluation ist die Ermittlung einer Bestvariante resp. die Bereitstellung der Entscheidungsgrundlagen für den politischen Prozess zur Festlegung der zu realisierenden Variante.

4.2.8 Umweltverträglichkeitsbericht (UVB) / Umweltnotiz

Für Nationalstrassen, Hauptstrassen die mit Bundeshilfe ausgebaut werden, andere Hochleistungs- und Hauptverkehrsstrassen sowie Parkieranlagen für mehr als 500 Motorwagen muss gemäss der "Verordnung über die Umweltverträglichkeitsprüfung" (UVPV) eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchgeführt werden. Grundlage dazu bildet der Umweltverträglichkeitsbericht.

Auch bei nicht UVP-pflichtigen Strassenprojekten sind vielfach Untersuchungen von Umweltaspekten, z.B. der Auswirkungen auf die Lärmimmissionen, nötig. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden in Umweltnotizen festgehalten.

Umweltverträglichkeitsberichte und Umweltnotizen sind ebenfalls wichtige Grundlagen für die Festlegung des Inhaltes einer Wirkungskontrolle.

4.2.9 Projektierung, Landerwerb, Finanzierung, etc.

Je nach der Art des Strassenprojektes folgen, nachdem die zu realisierenden Massnahmen festgelegt sind, weitere Projektierungs- und Verfahrensstufen, bis das Projekt umgesetzt werden kann. Dieser Prozess kann mehrere Jahre in Anspruch nehmen. Bei der definitiven Projektierung kann es zu Änderungen des Projektes kommen. Dies kann zu veränderten Zielen führen und hat zur Folge, dass evtl. auch das Wirkungsmodell und die vorgesehene Wirkungskontrolle angepasst werden muss.

Im Rahmen des Projektierungsprozesses ist auch sicherzustellen, dass die für die Wirkungskontrolle notwendigen Vorher-Untersuchungen rechtzeitig geplant und durchgeführt werden. Die Kosten für die Durchführung der Wirkungskontrolle sind Teil der Kosten für das Gesamtprojekt und im Budget resp. bei der Finanzierung zu berücksichtigen.

4.2.10 Massnahmenrealisierung

In diesem Schritt erfolgt die Realisierung der Massnahme, zu der auch die Umsetzungs-, Kosten-, Ausführungs- und Materialkontrollen gehören, welche jedoch nicht Teil der Wirkungskontrolle sind.

4.2.11 Folgemassnahmen, Korrekturen

Aufgrund der Ergebnisse der Wirkungs- und der Umsetzungskontrolle können sich Nachbesserungen am Strassenprojekt als notwendig erweisen.

4.3 Wirkungskontrolle

4.3.1 Wirkungsmodell

Das Wirkungsmodell, welches bereits im Planungsprozess erstellt wurde, muss evtl. für die Wirkungskontrolle ergänzt (insbesondere die externen Effekte) und angepasst werden. Hinweise zu diesem Arbeitsschritt finden sich in Kapitel 5.

4.3.2 Inhalt der Wirkungskontrolle

Es ist festzulegen, welche Massnahmen zum Gesamtprojekt, für welches die Wirkungskontrolle durchgeführt werden soll, gehören (neben dem eigentlichen Strassenprojekt sind dies beispielsweise auch flankierende Massnahmen) und welche Auswirkungen mit welchen Indikatoren untersucht werden sollen. Neben den im Planungsprozess festgelegten Projektzielen und den im UVB untersuchten Auswirkungen sind allenfalls im Vorfeld der Projektrealisierung geäusserte weitere Erwartungen und Befürchtungen zu berücksichtigen. Als Hilfsmittel für diesen Arbeitsschritt kann ein Wirkungsmodell (siehe Kapitel 5) wertvolle Dienste leisten. Hinweise zu diesem Arbeitsschritt finden sich in Kapitel 6.

4.3.3 Festlegung des Erhebungskonzepts

Grundsätzlich sollte die Wirkungskontrolle als Vorher-/Nachher-Untersuchung mit einer Vergleichsgruppe konzipiert werden. Nur wenn der vorangegangene Arbeitsschritt klar ergeben hat, dass nicht mit externen Einflüssen gerechnet werden muss, kann auf eine Vergleichsgruppe verzichtet werden.

Die Konzeption der Wirkungskontrolle richtet sich nach den zuvor festgelegten Inhalten und den zu berücksichtigenden externen Effekten. Insbesondere auch für die räumliche und zeitliche Festlegung der zu erhebenden Daten ist das im Kapitel 5 behandelte Wirkungsmodell ein wertvolles Hilfsmittel. Detailliertere Hinweise zu diesem Arbeitsschritt finden sich im Kapitel 7.

4.3.4 Durchführung von Vorher- und Nachher-Untersuchungen

a) Vorher-Untersuchung

Mit der Vorher-Untersuchung wird der Zustand vor der Umsetzung der geplanten Massnahme erhoben. Werden Vergleichsgruppen verwendet, sind auch bei diesen die Vorher-Untersuchungen durchzuführen. Detailliertere Hinweise zu diesem Arbeitsschritt finden sich im Kapitel 7.

b) Nachher-Untersuchung

Mit der Nachher-Untersuchung wird der Zustand nach der Umsetzung des Strassenprojektes erhoben. Bei grösseren, in Etappen realisierten Projekten ist es ggf. sinnvoll, auch nach der Fertigstellung der einzelnen Etappen jeweils Nachher-Untersuchungen durchzuführen. Detaillierte Hinweise zu diesem Arbeitsschritt finden sich im Kapitel 7.

4.3.5 Auswertung und Beurteilung

In diesem Arbeitsschritt werden die Nettowirkungen (Unterschied zwischen Z_{Ym} und Z_{Yo}) des Strassenprojektes aus den Ergebnissen der Vorher- und Nachher-Untersuchungen unter Berücksichtigung der externen Effekte geschätzt und beurteilt. Dabei geht es insbesondere auch um die Beurteilung, ob die prognostizierten Wirkungen und die mit dem Projekt verfolgten Ziele erreicht worden sind. Detaillierte Hinweise zu diesem Arbeitsschritt finden sich im Kapitel 8.

4.3.6 Schlussfolgerungen und Folgemaassnahmen

Die Gründe für ein allfälliges Nichterreichen der Projektziele oder für das Auftreten unerwarteter positiver oder negativer Wirkungen werden eruiert und die Lehren für spätere Projekte gezogen (siehe auch 4.3.8). Nötigenfalls sind Folgemaassnahmen zu planen und umzusetzen, um die angestrebte Projektwirkung besser zu erreichen oder negative Auswirkungen möglichst zu eliminieren.

Für Abweichungen zwischen den prognostizierten und den tatsächlichen Auswirkungen sind die möglichen Gründe zu erforschen und gegebenenfalls die Prognoseinstrumente (z.B. Verkehrsmodelle) im Hinblick auf weitere Einsätze zu verbessern. Detaillierte Hinweise zu diesem Arbeitsschritt finden sich im Kapitel 8.

4.3.7 Dokumentation

Die Durchführung und die Ergebnisse der Wirkungskontrolle sollen vollständig und nachvollziehbar dokumentiert werden. Detailliertere Hinweise dazu finden sich im Kapitel 9.

4.3.8 Berücksichtigung der Ergebnisse in Folgeprojekten

Die Durchführung einer Wirkungskontrolle soll auch dazu beitragen, dass aus den beim untersuchten Strassenprojekt gewonnenen Erfahrungen Lehren für Folgeprojekte gezogen werden können. Dazu ist einerseits die oben erwähnte sorgfältige Dokumentation und andererseits die Verbreitung des Wissens notwendig. Die Verbreitung des Wissens kann dadurch erreicht werden, dass die Dokumentationen von Wirkungskontrollen verfügbar gemacht werden (z.B. im Internet). Auch regelmässig durchgeführte Informationsveranstaltungen, an welchen Ergebnisse von Wirkungskontrollen vorgestellt und diskutiert werden, können dazu ein geeignetes Mittel sein. Detailliertere Hinweise dazu finden sich im Kapitel 9.

5 Erstellen des Wirkungsmodells

5.1 Einleitung

Ein Wirkungsmodell dient dazu, möglichst alle relevanten Auswirkungen eines Strassenprojektes sowie den Einfluss externer Effekte auf diese Auswirkungen zu erkennen und bezüglich ihrer zeitlichen und räumlichen Dimensionen abzugrenzen. Es beschreibt die kausalen Zusammenhänge zwischen einer Massnahme resp. einem Massnahmenpaket und den Auswirkungen in den Bereichen Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt. Auch die Einflüsse externer Effekte lassen sich im Wirkungsmodell abbilden.

Für qualitative Abschätzungen kann das Wirkungsmodell rein gedanklich oder graphisch, evtl. auch mittels geeigneter Software (z.B. aus dem Bereich der *System Dynamics*⁸) erstellt werden. Für die quantitative Abschätzung der direkten verkehrlichen Auswirkungen gelangen Verkehrsmodelle (je nach Typ des Strassenprojektes mikro-, meso- oder makroskopische Modelle) zum Einsatz. Bei komplexeren Wechselwirkungen zwischen Verkehrs- und Siedlungsentwicklungen werden integrierte Bodennutzungs-/Verkehrsmodelle erforderlich.

Das Wirkungsmodell hilft, die zeitliche, sachliche und räumliche Abgrenzung des Bezugsrahmens (Systemabgrenzung) festzulegen, sowohl für die Evaluation und Variantenwahl im Rahmen des Planungsprozesses als auch für die Wirkungskontrolle. Es liefert u.a. Antworten auf die folgenden Fragen: Welche Wirkungen sind zu erwarten? Innerhalb welcher räumlichen Abgrenzung ist mit relevanten Auswirkungen zu rechnen? Welche externen Effekte haben Auswirkungen auf das Messresultat? Zu welchen Zeitpunkten vor und nach der Umsetzung der Massnahme sind Untersuchungen durchzuführen?

Damit ein Wirkungsmodell erstellt werden kann, muss in einem ersten Schritt festgelegt werden, was alles zum Strassenprojekt gehört, welches also die Projektbestandteile sind. Dies sind in der Regel alle Massnahmen, welche einen direkten Zusammenhang mit dem eigentlichen Strassenprojekt haben sowie zusammen mit diesem festgelegt und beschlossen werden. Im Falle einer Umfahrungsstrasse sind dies z.B. auch allfällige flankierende Massnahmen im zu entlastenden Gebiet.

5.2 Verkehrliche Wirkungen eines Strassenprojektes

In der folgenden Abbildung ist ein generisches Wirkungsmodell für die verkehrlichen Auswirkungen eines Strassenprojektes zusammen mit Beispielen externer Effekte, welche die zu messenden Indikatoren unabhängig vom Strassenprojekt beeinflussen, dargestellt. Die verkehrlichen Auswirkungen verursachen Folgewirkungen in den Bereichen Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt, wie dies in der Abbildung 8 dargestellt ist und im Kapitel 6 beschrieben wird.

⁸ System Dynamics ist eine von Jay W. Forrester Mitte der 1950er Jahre an der Sloan School of Management des MIT entwickelte Methodik zur ganzheitlichen Analyse und (Modell-)Simulation komplexer und dynamischer Systeme. (Wikipedia, Zugriff: 04.02.2015)

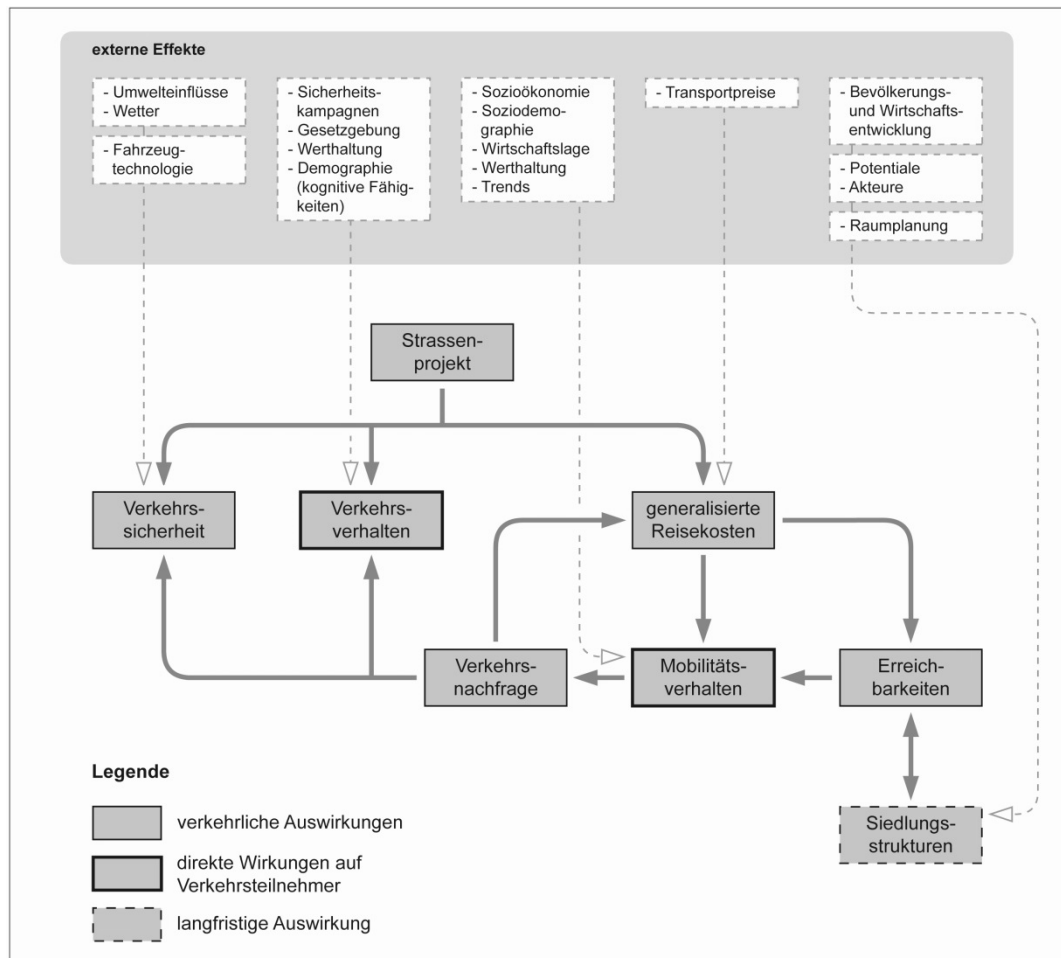


Abbildung 7: Generisches Wirkungsmodell für die verkehrlichen Auswirkungen eines Strassenprojektes (Quelle: eigene Darstellung)

Beim generischen Wirkungsmodell für die verkehrlichen Auswirkungen kann zwischen zwei Fällen unterschieden werden:

- Fall a): Das Strassenprojekt wirkt sich nicht oder nur in vernachlässigbarem Masse auf die generalisierten Reisekosten (generalisierte Kosten welche sich aus Zeit- und Distanzkosten sowie allfälligen Gebühren zusammensetzen) aus.
- Fall b): Das Strassenprojekt verändert die generalisierten Reisekosten.

Zum Fall a) gehören z.B. Strassen- und Unfallstellensanierungen, Markierungen und Signalisationen, welche z.B. die Folgen von Unfällen oder das Verkehrs- resp. Fahrverhalten, aber nicht oder kaum das Mobilitätsverhalten beeinflussen. Solche Massnahmen werden z.B. zur Erhöhung der lokalen Verkehrssicherheit getroffen.

Gewisse Strassenprojekte, z.B. das Anbringen von Leitplanken, können sich direkt auf die Unfälle und deren Folgen, auswirken, ohne dass sich das Verkehrsverhalten verändert.

Auswirkungen auf das Verkehrsverhalten können sein:

- Wahl der Geschwindigkeit
- Spurwechselverhalten
- Akzeptanz von Grenz- und Folgezeitlücken
- usw.

Die meisten Strassenprojekte haben Auswirkungen auf die generalisierten Reisekosten, gehören also zum Fall b). Die Veränderungen der Reisekosten führen zu Veränderungen der relativen Erreichbarkeiten mit den verschiedenen Verkehrsmitteln und zu Anpassun-

gen des individuellen Mobilitätsverhaltens (Wahl der Abfahrtszeit, des Ziels, des Verkehrsmittels und der Route). Das schlägt sich in veränderten Verkehrsnachfragen bei den verschiedenen Verkehrsmitteln nieder, welche wiederum die Reisekosten verändern (z.B. erhöhen sich mit steigender Verkehrsnachfrage die Reisezeiten im Strassenverkehr). Dieser Zyklus geht theoretisch weiter, bis ein Gleichgewichtszustand erreicht ist. Dies wäre dann der Zeitpunkt, um bei einer Wirkungskontrolle die Nachher-Untersuchungen durchzuführen. In Wirklichkeit wirken aber externe Effekte (siehe Kapitel 5.3), welche das Erreichen dieses Gleichgewichtszustandes beeinflussen resp. verhindern.

Längerfristig beeinflussen die veränderten Erreichbarkeiten neben dem Besitz von Mobilitätswerkzeugen (Fahrzeuge, ÖV-Abos usw.) auch die Standortwahl von Haushalten und Unternehmen und damit die Siedlungsentwicklung, welche sich ihrerseits wieder auf die Verkehrsentwicklung auswirkt. Die Siedlungsentwicklung wird neben den Erreichbarkeiten massgeblich durch externe Effekte beeinflusst, namentlich durch Festsetzungen der Raumplanung, vorhandene Potentiale und Entscheide verschiedener Akteure. Diese langfristig wirkenden Mechanismen werden beispielsweise mit der Tripod-Methode untersucht. Sie sind nicht Gegenstand einer Wirkungskontrolle für ein Strassenprojekt, wie wir sie hier behandeln.

5.3 Externe Effekte

Externe Effekte liegen ausserhalb des Strassenprojektes und sind von diesem unabhängig, beeinflussen aber die Indikatoren, mit welchen die Wirkungen des Strassenprojektes gemessen werden sollen. In der Abbildung 7 sind beispielhaft einige externe Effekte aufgeführt.

5.3.1 Externe Einflüsse auf das Verkehrs- resp. Fahrverhalten

Die Strassengeometrie, die Fahrbahnoberfläche sowie die Markierungen und Signalisationen sind "interne" Effekte eines Strassenprojektes, welche das individuelle Verkehrs- resp. Fahrverhalten beeinflussen.

Externe Effekte, welche unabhängig vom Strassenprojekt das Verkehrs- resp. Fahrverhalten beeinflussen sind z.B.:

- Veränderungen der Verkehrsbelastung
- Alterszusammensetzung der Verkehrsteilnehmer (demographische Entwicklung, d.h. Zunahme des Anteils älterer Verkehrsteilnehmer mit altersspezifischen kognitiven Fähigkeiten)
- Gesetzgebung im Bereich Strassenverkehr (z.B. Promillegrenze, Fahrzeugabmessungen, Rückhaltesysteme für Kinder, allgemeine Höchstgeschwindigkeiten)
- Veränderungen der Werthaltungen der Verkehrsteilnehmer, z.B. im Zuge von Sicherheitskampagnen
- Entwicklung der Fahrzeugtechnologie (Bremsysteme, Motorenleistung, Fahrerassistenzsysteme)

Die Wirkungen dieser externen Effekte auf das Verkehrs- resp. Fahrverhalten lassen sich kaum quantifizieren. Entweder müssen sie qualitativ abgeschätzt oder – besser – durch den Einbezug einer Vergleichsgruppe berücksichtigt werden.

Bei Strassenprojekten, welche keinen Einfluss auf die Verkehrsnachfrage haben, sind auch Veränderungen der Verkehrsbelastungen als externe Effekte zu betrachten, welche das Verkehrs- resp. Fahrverhalten beeinflussen. Der Einfluss der Auslastung einer Strasse auf die mittlere Geschwindigkeit kann mit Hilfe bekannter Funktionen (siehe z.B. Widmer et al., 2010) abgeschätzt werden.

5.3.2 Externe Einflüsse auf das Unfallgeschehen

Die Häufigkeit und die Schwere von Unfällen werden durch verschiedene externe Effekte beeinflusst, wie z.B. (Hauer, 1997):

- Umwelteinflüsse, insbesondere das Wetter (Nässe, Nebel, Schnee, Eis usw.)
- Verkehrsbelastung (wenn deren Entwicklung nicht durch das Strassenprojekt selbst beeinflusst wird)
- Entwicklung der Fahrzeugtechnologie, der passiven Sicherheit und der Fahrerassistenz-Systeme
- Einfluss der Alterung der Bevölkerung auf die Mortalität der Unfallopfer
- Einfluss der Verbesserung der Rettungsdienste und der Medizin auf die Sterbehäufigkeit von Unfallopfern

Grundlage für die Untersuchung der Auswirkungen eines Strassenprojektes auf das Unfallgeschehen ist die Statistik der polizeilich registrierten Unfälle. Wenn sich zwischen der Vorher- und der Nachher-Untersuchung die Methodik oder die geltenden Definitionen für die Registrierung der Unfälle verändert haben, kann sich dies auf die Unfallstatistik auswirken (Hauer, 1997).

Während sich die Auswirkungen der oben genannten externen Effekte mindestens grob abschätzen lassen, ist dies z.B. beim Einfluss höherer Bussen auf die Meldung von Verkehrsunfällen und damit auf die Anzahl polizeilich registrierter Unfälle kaum möglich. Auch Fehler beim Rapportieren der Unfälle, welche immer auftreten können, bleiben weitgehend unentdeckt. Hier handelt es sich um unerkannte externe Effekte, deren Einfluss unbekannt bleibt, wenn keine Vergleichsgruppen verwendet werden.

Wenn eine überdurchschnittliche Unfallohäufigkeit Anlass zur Ergreifung von Massnahmen war, ist als externer Einfluss auch der im Kapitel 3.3 erwähnte RTM-Effekt zu beachten.

5.3.3 Externe Einflüsse auf die Reisekosten

Unabhängig vom Strassenprojekt können die generalisierten Reisekosten im Untersuchungsgebiet durch Änderungen der Tarife im ÖV, der Treibstoffkosten, der LSVA, der Parkgebühren usw. beeinflusst werden. Die Wirkung dieser Effekte lassen sich abschätzen, am besten mit einem kalibrierten und validierten Verkehrsmodell.

5.3.4 Externe Einflüsse auf die Erreichbarkeiten

Die Erreichbarkeit der Zielorte hängt von den Reisezeiten und der Siedlungsstruktur (z.B. Verkaufsflächen, Freizeitangebote, Anzahl Arbeitsplätze, Anzahl Einwohner usw.) ab. Die Veränderung der Siedlungsstruktur kann sowohl als Auswirkung des Strassenprojektes (als Folge der veränderten Reisezeiten) als auch als externer Effekt betrachtet werden. Der erste Fall ist Gegenstand der Tripod-Methode. Für die hier behandelte Art von Wirkungskontrollen, welche primär die direkten Wirkungen von Strassenprojekten zum Gegenstand haben, wird die Entwicklung der Siedlungsstruktur als externer Effekt berücksichtigt.

Für die Abschätzung der Auswirkungen der Entwicklung der Siedlungsstruktur auf das Mobilitätsverhalten und die Verkehrsnachfrage sind Aufnahmen der Situationen vor und nach Umsetzung der Massnahme sowie zweckmässigerweise ein Verkehrsmodell, welches den Einfluss der Siedlung auf den Verkehr abbildet, erforderlich.

5.3.5 Externe Einflüsse auf das Mobilitätsverhalten

Zu den externen Einflüssen, welche unabhängig vom Strassenprojekt auf das Mobilitätsverhalten der Bevölkerung im Untersuchungsgebiet wirken, gehören z.B.:

- Soziodemographie (Alter, Einkommen, Besitz von Mobilitätswerkzeugen usw.)
- Wirtschaftslage
- Gesellschaftliche Werthaltungen
- Trends (z.B. Nutzung von E-Bikes)

Für einzelne dieser externen Effekte, z.B. die soziodemographischen Veränderungen, lassen sich die Wirkungen auf die Verkehrsnachfrage resp. die Verkehrsbelastungen quantitativ abschätzen, wenn dazu ein kalibriertes und validiertes Verkehrsmodell zur Verfügung steht.

Wie sich die Wirtschaftslage, die Werthaltungen oder die Trends auf die Verkehrsnachfrage resp. die Verkehrsbelastungen auswirken, kann aber höchstens qualitativ abgeschätzt werden; für eine verlässliche Berücksichtigung bei der Ermittlung der Nettoeffekte eines Strassenprojektes wird eine Vergleichsgruppe benötigt.

5.3.6 Externe Einflüsse auf die Folgewirkungen

Die Folgewirkungen der verkehrlichen Veränderungen und des Strassenprojektes an sich in den Bereichen Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt können durch vielfältige externe, vom Strassenprojekt unabhängige Wirkungen überlagert werden (wirtschaftliche Veränderungen, gesellschaftliche Veränderungen, kurz- und langfristige Klimaeffekte, Tierseuchen usw.), welche eine Identifikation der rein auf das Strassenprojekt zurückzuführenden Auswirkungen ohne Beizug einer Kontrollgruppe praktisch unmöglich machen.

6 Festlegung des Inhaltes

6.1 Einleitung

Unter "Inhalt" der Wirkungskontrolle werden die im konkreten Fall zu untersuchenden Auswirkungen verstanden. Diese und damit die inhaltliche Abgrenzung der Wirkungskontrolle richtet sich nach den Zielsetzungen der Wirkungskontrolle resp. nach den Fragestellungen, welche mit dieser beantwortet werden sollen, z.B.:

- Die Erreichung welcher Projektziele ist zu untersuchen?
- Das Eintreffen welcher weiteren Erwartungen und Befürchtungen, welche im Vorfeld der Projektumsetzung geäußert worden waren, ist zu überprüfen?
- Welche nicht antizipierten Auswirkungen hat das Strassenprojekt?
- Wie zutreffend waren die im Rahmen des Planungsprozesses erstellten Verkehrsprognosen?
- Wie zutreffend waren die im Bewertungsverfahren geschätzten Auswirkungen auf Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft?
- Wie zutreffend waren die im Umweltverträglichkeitsbericht prognostizierten Auswirkungen auf die Umwelt?

Ein wichtiger Teil einer Wirkungskontrolle ist in der Regel die Überprüfung, ob die anvisierten Projektziele erreicht worden sind. Die folgende Tabelle zeigt an Beispielen, welche Projektziele üblicherweise mit den verschiedenen Projekttypen verfolgt werden.

Tabelle 1: Mögliche Projektziele typischer Strassenprojekte

Projektziele \ Typen	Neubau	Um-/Ausbau der Infrastruktur	Aufwertung Strassenraum	Signalisation	Verkehrssteuerung Netz	Verkehrssteuerung Einzelknoten	Parkierungskonzept
Stau reduzieren	✓	✓	(✓)	✓	✓	✓	(✓)
Siedlungsgebiete entlasten	✓	(✓)			✓		(✓)
Reisezeit reduzieren, Verlässlichkeit erhöhen	✓	✓			✓	(✓)	(✓)
Sicherheit erhöhen	✓	✓	✓	✓		✓	
Attraktivität Langsamverkehr verbessern	(✓)	(✓)	✓	✓	✓	✓	(✓)
Modal Split verändern			(✓)		(✓)		✓
Aufenthaltsqualität / Wohnlichkeit verbessern	✓	(✓)	✓		(✓)		(✓)
Lärm reduzieren	✓	✓	✓	(✓)			(✓)

Legende:

- ✓ Projektziel, welches üblicherweise mit diesem Typ von Strassenprojekt verfolgt wird
- (✓) Projektziel, welches mit diesem Typ von Strassenprojekt ebenfalls verfolgt werden kann, aber in der Regel nicht im Vordergrund steht

Die Schonung der Umwelt ist üblicherweise ebenso ein Ziel von Strassenprojekten wie ein wirtschaftlicher Mitteleinsatz. Diese Ziele sind (evtl. mit Ausnahme des Lärmschutzes) aber in der Regel nicht Anlass für die Erstellung eines Strassenprojektes sondern Randbedingungen, welche bei der Planung zu berücksichtigen sind.

6.2 Spektrum möglicher Auswirkungen

Die zu untersuchenden Auswirkungen sind natürlich von der Art und dem Umfang des zu untersuchenden Strassenprojektes abhängig. Ein kleines Projekt wie z.B. die Einführung einer Tempo-30-Zone hat ganz andere Auswirkungen als ein Umfahrungsprojekt. Bei jedem Strassenprojekt ist aber mit Auswirkungen auf das Verhalten der Verkehrsteilnehmer und/oder mit Auswirkungen der Infrastruktur an sich zu rechnen. Zu letzteren zählen beispielsweise die Auswirkungen auf die Unfallfolgen (z.B. beim Anbringen von Leitplanen) oder auf das Orts- und Landschaftsbild, das Grundwasser, die Fauna und Flora usw.

Die folgende Abbildung zeigt schematisch das Spektrum möglicher verkehrlicher Auswirkungen und Folgewirkungen für ein grösseres Strassenprojekt. Aus diesem Spektrum können die für den konkreten Einzelfall massgebenden Auswirkungen gewählt werden.

Das Strassenprojekt beeinflusst das Verkehrs- und Mobilitätsverhalten. Dies hat verkehrliche Auswirkungen zur Folge, welche mit den in der Abbildung 8 aufgeführten Indikatoren gemessen werden können. Die Folgewirkungen dieser verkehrlichen Auswirkungen auf Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt werden mit den im Kapitel 6.3.2 beschriebenen Indikatoren gemessen.

Die durch das Strassenprojekt verursachten Veränderungen der Erreichbarkeiten beeinflussen längerfristig die Wahl des Wohn- und Arbeitsortes der Haushalte sowie die Standortentscheide der Unternehmen. Die langfristigen Auswirkungen dieser induzierten Siedlungsentwicklung werden hier nicht behandelt; sie sind Gegenstand spezieller Untersuchungen, z.B. mit der Tripod-Methode.

Das Strassenprojekt an sich (bauliche Massnahmen inkl. Massnahmen zum Schutz der Umwelt) kann, wie oben erwähnt, Auswirkungen in den Bereichen Gesellschaft (z.B. Unfallkosten) und Umwelt (z.B. Grundwasser, Flora und Fauna, Orts- und Landschaftsbild) haben.

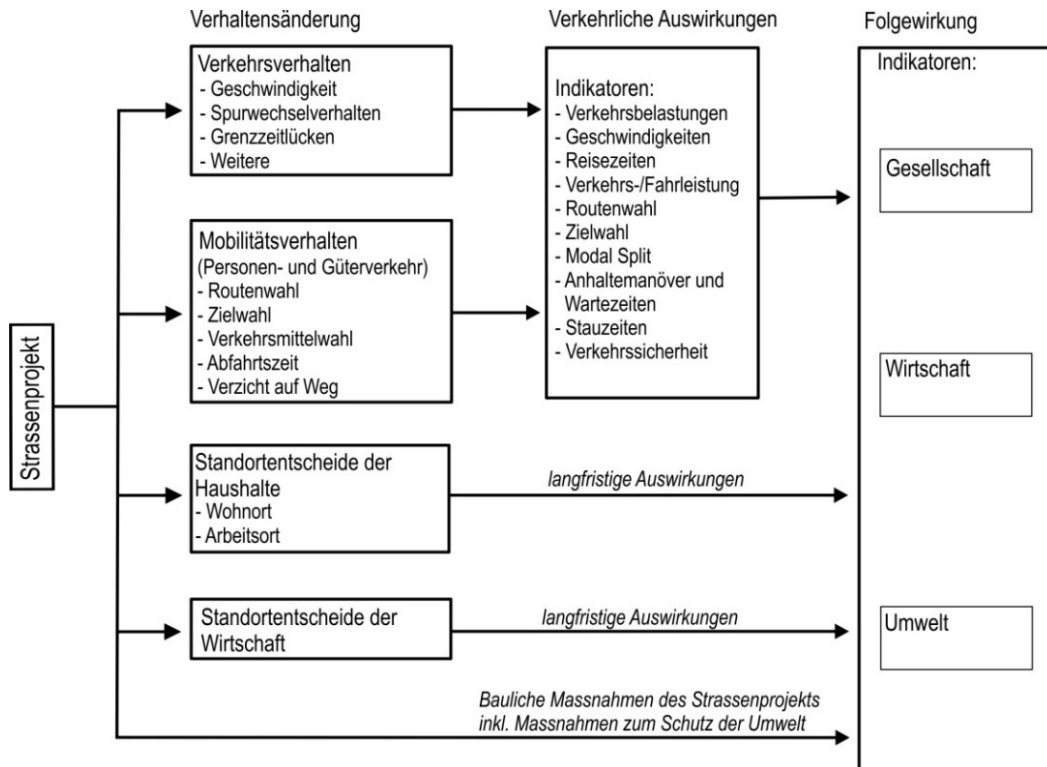


Abbildung 8: Mögliche Auswirkungen von Strassenprojekten (Quelle: eigene Darstellung)

Wie erwähnt ist nicht bei jedem Strassenprojekt mit allen in der obigen Abbildung aufgeführten Auswirkungen zu rechnen. Welche von ihnen im konkreten, zu untersuchenden Fall für die Wirkungskontrolle massgebend sind, wird zweckmässigerweise mit dem im vorangegangenen Kapitel vorgestellten Wirkungsmodell ermittelt.

6.3 Mögliche Indikatoren

Zur Quantifizierung oder Beschreibung der als massgebend betrachteten Auswirkungen werden Indikatoren verwendet. Im Folgenden wird eine möglichst umfassende Liste von Indikatoren zusammengestellt, aus welcher die für den Einzelfall relevanten gewählt werden können.

6.3.1 Indikatoren zur Untersuchung der verkehrlichen Auswirkungen

a) Verkehrsbelastungen

Die Verkehrsbelastungen beim MIV, ÖV und Langsamverkehr sind bei jenen Strassenprojekten wichtige Indikatoren, welche Verkehrsverlagerungen (z.B. Siedlungsentlastungen) oder Modal Split-Veränderungen zum Ziel haben oder bei denen solche Effekte erwartet werden.

Die Verkehrsbelastung bezeichnet die Anzahl Personen oder Fahrzeuge, welche einen Querschnitt pro Zeiteinheit passieren. Im ÖV kann auch die Zahl der pro Zeiteinheit beförderten Personen im Untersuchungsgebiet insgesamt oder auf einzelnen Linien von Interesse sein. Üblicherweise werden Durchschnittswerte pro Tag (DTV) oder pro Stunde (z.B. Morgen- oder Abendspitze) verwendet.

b) Geschwindigkeiten

Bei den Geschwindigkeiten ist zwischen den über einen gewissen Zeitraum an einem Querschnitt gemessenen Werten (Durchschnittswert = *Time Mean Speed*) und den mo-

mentanen Geschwindigkeiten der einzelnen Fahrzeuge, welche sich innerhalb eines Abschnittes befinden (Durchschnittswert = *Space Mean Speed*), zu unterscheiden.

Für Wirkungskontrollen (z.B. bei Tempo-30-Zonen) werden in der Regel die an einem Querschnitt gemessenen Geschwindigkeiten verwendet und als Indikator der Median sowie das 85-Perzentil (V_{85}) verwendet. Für Wirkungskontrollen von Um-, Aus- oder Neubauten von Strassen interessieren die Auswirkungen auf die Geschwindigkeiten (resp. Fahrzeiten) auf Streckenabschnitten.

Die Reisegeschwindigkeit ist der Quotient aus Reisezeit (siehe unten) und zurückgelegter Strecke.

c) Reisezeiten

Die Reisezeit schliesst die Zeit in Bewegung (Fahrzeit, Gehzeit inkl. Zugangszeit) sowie Wartezeiten (im Stau, an der Haltestelle oder beim Umsteigen) ein. Bei Wirkungskontrollen interessieren die tageszeitabhängigen Reisezeiten zwischen festgelegten Orten. Im Vordergrund stehen dabei die Mittel- oder Medianwerte der Reisezeiten.

Zunehmend von Bedeutung ist auch die Variabilität der Reisezeiten, d.h. die **Verlässlichkeit** des Verkehrsangebotes. Zur Untersuchung der Verlässlichkeit werden verschiedene Masse verwendet. Ein einfaches Mass ist die Differenz zwischen dem 90-Perzentil und dem Median der Reisezeiten, welche als Buffer-Index bezeichnet wird (Li et al., 2010; Lam und Small, 2001).

Im Vordergrund des Interesses stehen bei der Wirkungskontrolle die vom zu untersuchenden Strassenprojekt verursachten Veränderungen der Reisezeiten (evtl. differenziert nach Verkehrsmitteln) zwischen festgelegten Räumen, z.B. zwischen den Zentren oder zwischen ländlichen Räumen und den zugehörigen Regionalzentren. Diese Veränderungen lassen sich mittels Vorher-/Nachher-Messungen der Reisezeiten zwischen festgelegten Punkten ermitteln.

d) Verkehrs- / Fahrleistung

Die Verkehrsleistung ist definiert als die Summe der von allen Personen im Untersuchungsgebiet zurückgelegten Distanzen pro Zeiteinheit, z.B. pro Jahr. Die Verkehrsleistung wird entsprechend in Personen-km pro Zeiteinheit angegeben.

Analog misst die Fahrleistung die von allen Fahrzeugen im Untersuchungsgebiet zurückgelegten Distanzen pro Zeiteinheit. Entsprechend wird die Fahrleistung in Fahrzeug-km pro Zeiteinheit angegeben.

e) Routenwahl

Die Veränderungen der Routenwahl, welche sich in Veränderungen der Verkehrsbelastungen niederschlagen, sind insbesondere zur Überprüfung der Genauigkeit des eingesetzten Verkehrsmodells (Verkehrsumlegungs-Modell) von Interesse.

f) Zielwahl

Strassenprojekte, welche die Reisezeiten oder die Reisekosten (z.B. Parkierungskonzepte) verändern, können bereits kurzfristig, ohne dass sich die Siedlungsstruktur massgeblich verändert hat, zu Zielwahländerungen führen. Auch die Untersuchung dieses Effektes hilft, die Genauigkeit des eingesetzten Verkehrsmodells zu überprüfen.

g) Modal Split

Unter Modal Split werden die Anteile der einzelnen Verkehrsmittel (MIV, ÖV, Velo, Fussgänger) am Gesamtverkehr verstanden. Als Gesamtverkehr können die Summen aller Etappen, aller Wege oder die Verkehrsleistung (Personen-km) pro Verkehrsmittel innerhalb des Untersuchungsgebietes verstanden werden. Welche Kenngrösse für die Angabe des Modal Splits verwendet wird, ist jeweils klar zu deklarieren.

h) Anhaltenmanöver und Wartezeiten

Die Wartezeiten an Knoten sind massgebend für deren Verkehrsqualität (VSS-Normen SN 640 022, SN 640 023a und SN 640 024a).

Für Einzelknoten oder ganze Gebiete lassen sich die Anzahl Halte und die Wartezeiten zu einem Performance Index (PI), welcher ebenfalls ein Mass für die Verkehrsqualität ist, wie folgt kombinieren (Brilon et al., 2013):

$$PI = \left(G_w \cdot \sum_i \sum_z (W_{iz} \cdot g_i \cdot g_z) + G_H \cdot \sum_i \sum_z (H_{iz} \cdot g_i \cdot g_z) \right)$$

mit:

PI = Performance Index

G_w = Gewicht der Wartezeiten

G_H = Gewicht der Halte

W_{iz} = Summe der Wartezeiten pro Zeiteinheit für Fahrzeuge der Art z auf der Strecke i

g_i = Gewicht der Strecke i

g_z = Gewicht der Fahrzeuge der Art z

H_{iz} = Summe der Anzahl Halte pro Zeiteinheit für Fahrzeuge der Art z auf der Strecke i

i) Stauzeiten

Als Stauzeit T wird die Differenz zwischen der Zeit T_0 , welche bei unbehinderter Fahrt (*free flow speed*) für die Zurücklegung einer Strecke benötigt wird, und der Zeit T_a verstanden, welche bei den aktuell herrschenden Bedingungen (Verkehrsbelastung, Unfall, Baustelle usw.) benötigt wird.

Sowohl T_a als auch T_0 sind stochastische Grössen. Während der Mittelwert von T_0 als konstant angenommen werden kann, sind die Werte von T_a von den tageszeitlichen Schwankungen der Verkehrsbelastungen und von besonderen Ereignissen abhängig. Für eine Wirkungskontrolle empfiehlt es sich, für kurze Zeitperioden i (z.B. 5 oder 10 Minuten) die Mittelwerte $T_{a,i}$ zu bilden und die Stauzeit jeder Zeitperiode i über alle Zeitperioden i des Tages zu summieren:

$$T = \sum_i (T_0 - T_{a,i}), \quad \forall i = 1, 2, \dots, n$$

mit

T = Stauzeit pro Tag

n = Anzahl Zeitperioden

T_0 = mittlere Reisezeit bei unbehinderter Fahrt

$T_{a,i}$ = aktuelle mittlere Reisezeit während der Zeitperiode i

j) Verkehrssicherheit

Hauer (1997) empfiehlt, zur Untersuchung der Verkehrssicherheit eines Strassenabschnittes oder Netzteils die Anzahl Unfälle pro Zeiteinheit zu verwenden. Werden für die Beurteilung der Unfallkosten die Anzahl Verletzter (Leicht- und Schwerverletzte) und Getöteter verwendet, sind die für die Registrierung der Unfälle verwendeten Definitionen für leichte und schwere Verletzungen sowie für durch Unfälle verursachte Todesfälle zu beachten (diese Definitionen können sich evtl. zwischen der Vorher- und der Nachher-Untersuchung verändert haben).

Je nach Art des Strassenprojektes, insbesondere wenn das Ziel die Sanierung eines Unfallschwerpunktes ist, muss nach Unfalltypen unterschieden werden.

Wenn die Zahl der registrierten Unfälle klein ist (zu klein für statistische Aussagen), z.B. weil nur eine beschränkte Beobachtungszeit zur Verfügung steht, kann eine Konfliktanalyse Hinweise zur Verkehrssicherheit eines begrenzten Netzabschnittes oder Einzelknotens liefern. Dazu werden die Anzahl und die Art der Konfliktsituationen erhoben.

6.3.2 Indikatoren zur Untersuchung der Folgewirkungen

Als Folgewirkungen werden in dieser Arbeit Veränderungen in den Bereichen Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft als Folge der verkehrlichen Auswirkungen und/oder der Infrastruktur des Projektes an sich verstanden. Ebenfalls zu den Folgewirkungen gehören die - hier nicht behandelten - langfristigen Auswirkungen der Standortentscheide von Haushalten und Unternehmen.

Das Bewertungstool NISTRA, welches für die Bewertung von Strasseninfrastrukturprojekten erstellt worden ist (Ecoplan, 2010), enthält ein umfangreiches Ziel- und Indikatorensystem. Wenn dieses Instrument für die Bewertung des Strassenprojektes eingesetzt worden war, ist es natürlich naheliegend, im Rahmen der Wirkungskontrolle die Veränderungen der massgebenden damals verwendeten Indikatoren zu überprüfen und mit den prognostizierten Werten zu vergleichen.

Nicht alle in NISTRA enthaltenen Indikatoren sind für die Wirkungskontrolle relevant. Einzelne, wie z.B. die Kosten, der Materialverbrauch (z.B. an Rundkies), der Flächenbedarf usw., sind gegebenenfalls Gegenstand von Ausführungs- und Kostenkontrollen, werden aber für die Wirkungskontrolle nicht benötigt. Dagegen sind evtl. für die Untersuchung der folgenden Aspekte zusätzliche Indikatoren erforderlich:

- Erfüllungsgrad der anvisierten Projektziele
- Prognosegenauigkeit des Verkehrsmodells⁹
- Überprüfung der im Umweltverträglichkeitsbericht getroffenen Annahmen
- Überprüfung des Eintretens weiterer im Vorfeld der Projektrealisierung geäusselter Erwartungen und Befürchtungen

In der folgenden Tabelle werden alle NISTRA-Indikatoren aufgeführt und bezüglich ihrer möglichen Relevanz für Wirkungskontrollen beurteilt.

⁹ Die Überprüfung der Prognosegenauigkeit des Verkehrsmodells ist im Hinblick auf die Verbesserung dieses Instrumentes und dessen Einsatz bei weiteren Strassenprojekten von grosser Bedeutung.

Tabelle 2: NISTRA Indikatoren und ihre mögliche Relevanz für Wirkungskontrollen

NISTRA-Indikator	Möglicherweise relevant?
Bereich Gesellschaft	
Erreichbarkeit des IHG-Regionalzentrums	Evtl.
Attraktivität des Fussverkehrs	Ja
Attraktivität des Veloverkehrs	Ja
Unfälle	Ja
Wohnlichkeit in den urbanen Räumen und Zentren des ländlichen Raums	Ja
Räumliche Verteilungseffekte	Evtl.
Gestaltung der Partizipation der Bevölkerung	Nein
Grad der Abstimmung mit der Siedlungsplanung	Nein
Bereich Wirtschaft	
Baukosten	Nein ¹⁰
Ersatzinvestitionen	Nein ¹⁰
Landkosten	Nein ¹⁰
Betriebs- und Unterhaltskosten Strasse	Nein ¹⁰
Auswirkungen auf ÖV	Ja
Finanzierungskosten	Nein ¹⁰
Reisezeitveränderungen	Ja
Veränderung der Zuverlässigkeit	Ja
Betriebskosten Fahrzeuge	Nein ¹¹
Nettonutzen des Mehrverkehrs	Nein ¹²
Veränderung der MWST-Einnahmen im ÖV	Nein
Ausbaustandard/Fahrkomfort	Nein
Einnahmen aus Treibstoffsteuern und Maut im Mehrverkehr	Nein
Einnahmen aus Treibstoffsteuern und Maut im Stammverkehr	Nein
Realisierungszeit	Nein
Bautechnisches Risiko	Nein
Ettappierbarkeit	Nein
Attraktivitätsmass basierend auf Reisezeitveränderungen	Nein ¹³
Einwohnergewichtete Reisezeit zwischen Zentrumsstädten	Ja
Vor- und Nachteile aus der verbesserten Erschliessung	Tripod-Methode
Innovationseffekte in der Bauwirtschaft bzw. im Verkehrsbereich	Nein
Bereich Umwelt	
Luftbelastung	Ja
Übermässig lärmbelastete Personen am Wohnort	Nein ¹⁴
Übermässig lärmbelastete Flächen in Schutz und Erholungsgebieten	Ja
Bodenversiegelung	Nein ¹⁵
Zerschneidungseffekte ausserhalb des Siedlungsgebiets	Nein ¹⁶
Landschafts- und Ortsbild	Ja
Beeinträchtigung von Gewässern	Ja
Klimaeffekt Treibhausgas-Emissionen	Ja
Externe Kosten des Energieverbrauchs durch den Betrieb der Infrastruktur	Nein
Verbrauch von Rundkies	Nein

¹⁰ Bestandteil der Kostenkontrolle¹¹ Mit dem Indikator "Fahrleistung" abgedeckt¹² Hängt von Veränderungen der Zeitkosten ab, welche sich im Rahmen einer Wirkungskontrolle nicht ermitteln lassen¹³ Mit dem Indikator "Reisezeit" abgedeckt¹⁴ Wird in der Wirkungskontrolle ersetzt durch "Lärmbelastung im Siedlungsgebiet"¹⁵ Bestandteil Ausführungskontrolle¹⁶ Wird durch den Indikator "Einfluss auf die Fauna" berücksichtigt

Im Folgenden werden die möglicherweise als relevant zu erachtenden NISTRA-Indikatoren sowie weitere Indikatoren, welche im Rahmen von Wirkungskontrollen von Strassenprojekten bedeutsam sein können, stichwortartig beschrieben.

Bereich Gesellschaft

a) Erreichbarkeit des IHG-Regionalzentrums

Dieser Indikator misst die Erreichbarkeit der Regionalzentren aus Sicht der Randregionen. Er ist nur bei grösseren Projekten, welche einen Einfluss auf die Reisezeiten haben, relevant.

Die Veränderung der Reisezeiten ist eine verkehrliche Auswirkung und wird im Kapitel 6.3.1 behandelt.

b) Attraktivität des Fussverkehrs

Die Attraktivität für die Fussgänger verbessert sich durch eine Reduktion der Verkehrsbelastung und der Verkehrsgeschwindigkeit, eine Erleichterung der Überquerbarkeit der Strassen und Plätze, eine bessere Strassenraumgestaltung usw. Für die Messung der Veränderung der Attraktivität für die Fussgänger gibt es mehrere Methoden:

- Vorher-/Nachher-Befragungen von Fussgängern zur wahrgenommenen Attraktivität
- Vorher-/Nachher-Beobachtungen (z.B. mit Video) des Fussgängerverhaltens, insbesondere auch beim Queren der Strassen und Plätze, Messung der Wartezeiten usw.
- Vorher-/Nachher-Messungen der Verkehrsbelastungen und -geschwindigkeiten (siehe Kapitel 6.3.1) als indirekte Indikatoren für die Veränderung der Attraktivität für die Fussgänger

c) Aufenthaltsqualität

Die Aufenthaltsqualität, deren Verbesserung ein Ziel verschiedenster Strassenprojekte ist, beschreibt die Attraktivität eines öffentlichen Raumes (z.B. Strasse, Platz) als Aufenthaltsort (z.B. zum Einkaufen, Flanieren usw.). Die Wahrnehmung der Aufenthaltsqualität ist weitgehend subjektiv. Veränderungen lassen sich z.B. mit Vorher-/Nachher-Befragungen von Passanten feststellen.

Die Aufenthaltsqualität eines Ortes hängt oft auch direkt mit der vorhandenen Verkehrsbelastung zusammen. Ähnlich wie bei der Attraktivität des Fussverkehrs können deshalb auch hier die Verkehrsbelastungen und -geschwindigkeiten (siehe Kapitel 6.3.1) vor und nach der Umsetzung des Strassenprojektes als indirekte Indikatoren für die Beurteilung der Veränderung der Aufenthaltsqualität beigezogen werden.

d) Attraktivität des Veloverkehrs

Auch für die Messung der Veränderung der Attraktivität für die Radfahrer gibt es, wie bei den Fussgängern, mehrere Methoden:

- Vorher-/Nachher-Befragungen von Radfahrern zur wahrgenommenen Attraktivität
- Vorher-/Nachher-Beobachtungen (z.B. mit Video) des Radfahrerverkehrs, z.B. seitliche Abstände vom Fahrzeugverkehr und vom Strassenrand, Verhalten beim Abbiegen, Behinderungen durch Fussgänger usw.
- Vorher-/Nachher-Messungen der Verkehrsbelastungen und -geschwindigkeiten (siehe Kapitel 6.3.1) als indirekte Indikatoren für die Veränderung der Attraktivität des Veloverkehrs.

e) Verkehrssicherheit

Die Veränderung der objektiven Verkehrssicherheit (Unfälle, Konflikte) ist eine verkehrliche Auswirkung und wird im Kapitel 6.3.1 unter dem Thema "Verkehrssicherheit" behandelt.

Neben der objektiven Verkehrssicherheit kann ein Strassenprojekt auch die subjektiv wahrgenommene Sicherheit verändern. Neben der individuell gefühlsmässigen Einschätzung der Verkehrssicherheit betrifft dies auch das Sicherheitsempfinden bezüglich Übergriffen. Letzteres ist besonders beim Fuss- und Veloverkehr ein wichtiges Thema. Die Veränderung der subjektiv wahrgenommenen Sicherheit wird am zweckmässigsten mit Vorher-/Nachher-Befragungen erhoben.

f) Wohnlichkeit in den urbanen Räumen und Zentren des ländlichen Raums

Die Wohnlichkeit beschreibt die Attraktivität einer Ortschaft als Wohnstandort anhand der Kriterien Lärm- und Luftschadstoffbelastung, subjektive Sicherheit, Orts- und Landschaftsbild usw. Zwischen der Wohnlichkeit eines Ortes und der Verkehrsbelastung besteht damit ein enger Zusammenhang.

Approximativ kann die Veränderung der Wohnlichkeit mit der Veränderung der Verkehrsbelastung und -geschwindigkeit gemessen werden (siehe Kapitel 6.3.1). Für die Erfassung der Veränderung der subjektiven Wahrnehmung der Wohnlichkeit sind Vorher-/Nachher-Befragungen erforderlich.

g) Räumliche Verteilungseffekte

Neben den absoluten Veränderungen der Verkehrsbelastungen und Reisezeiten interessiert auch deren räumliche Verteilung: Sind die Kosten und Nutzen des Strassenprojektes fair verteilt (Equity) oder geht die Verbesserung in einen Raum zu Lasten eines anderen?

Die Messung dieses Indikators erfordert eine räumliche Analyse der vom Strassenprojekt verursachten Kosten und Nutzen, z.B. der Veränderungen der Verkehrsbelastungen, Reisezeiten (Erreichbarkeiten), Lärm- und Luftschadstoffbelastungen usw.

Bereich Wirtschaft

h) Auswirkung auf das lokale Gewerbe

Strassenprojekte können die Erreichbarkeit und die Aufenthaltsqualität von Einkaufs-, Freizeit- oder Gewerbestandorten und damit deren Attraktivität verändern. Dies kann sich auf den Umsatz des lokalen Gewerbes auswirken. Als Surrogate für die Umsatzzahlen, welche oft schwer zu erheben sind, können Kundenfrequenzen, Verkaufsflächen, Personalbestand usw. vorher und nachher herangezogen werden.

i) Auswirkungen auf den ÖV

Ein Strassenprojekt kann Auswirkungen auf die Nachfrage, die Reisezeiten, die Betriebskilometer, die Zuverlässigkeit usw. im öffentlichen Verkehr haben. Alle diese Effekte lassen sich mit Vorher-/Nachher-Erhebungen dieser Indikatoren (siehe Kapitel 6.3.1) ermitteln.

Im Gegensatz zur Bewertung im Rahmen des Planungsprozesses stehen bei der Wirkungskontrolle die Veränderungen der Einnahmen und Betriebskosten nicht im Vordergrund; diese sind eine direkte Folge der Veränderungen der Nachfrage und Betriebskilometer und hängen von den Tarifen resp. Kostensätzen ab, welche extern bestimmt werden.

Bereich Umwelt

j) Luftschadstoffbelastung

Die Veränderung der Luftschadstoffbelastung ist im Wesentlichen eine Folge der Auswirkungen des Strassenprojektes auf die Verkehrsbelastungen, -zusammensetzung und -geschwindigkeiten. Mit Hilfe des Handbuchs der Emissionsfaktoren (HBEFA, Infrac 2014) lassen sich z.B. die NO_x-Emissionen berechnen (für die Vorher- und Nachher-Untersuchung müssen unveränderte Emissionsfaktoren angenommen werden).

Grundsätzlich wären auch Messungen der Luftbelastungen möglich. Da aber deren Ergebnisse stark von externen Effekten (Emissionen aus anderen Quellen wie Heizungen, Industrie usw., Wettereinflüsse, Motorentechnologie usw.) abhängen und die Ermittlung des Nettoeffektes daher schwierig wäre, wird von dieser Methode abgeraten.

k) Treibhausgas-Emissionen

Das wichtigste vom Strassenverkehr emittierte Treibhausgas ist Kohlendioxid (CO₂). Dessen Emissionen lassen sich anhand der effektiven Verkehrssituationen (Verkehrsbelastung und -zusammensetzung, Geschwindigkeiten usw.) mit dem Handbuch der Emissionsfaktoren (HBEFA, Infrac 2014) berechnen.

l) Lärmbelastung im Siedlungsgebiet

Der Indikator beschreibt die Lärmbelastung (Beurteilungspegel) gemäss Lärmschutzverordnung (LSV) in der Mitte offener Fenster von lärmempfindlichen Räumen. Die Reduktion der Lärmimmissionen kann bei Neu-, Um- oder Ausbauten, Betriebs- und Gestaltungskonzepten sowie bei Projekten zur Geschwindigkeitsreduktion ein Ziel - oft auch das Hauptziel (z.B. bei einem Lärmschutzprojekt) - sein.

Die Lärmimmissionen sind eine direkte Folge des Verkehrs (Menge, Zusammensetzung und Geschwindigkeit sowie Steigung) und der Situation auf dem Ausbreitungsweg. Sie lässt sich mit anerkannten Berechnungsmodellen, z.B. STL-86+ (BAFU 1987), berechnen. Statt einer Berechnung für einzelne Empfangspunkte können auch Lärmbelastungskarten (Isophonenkarten) für die repräsentativen Situationen vor und nach Inbetriebnahme des Strassenprojektes erstellt werden. Anstelle komplexer Modellrechnungen können vereinfachte Abschätzungen der Lärmimmissionen aufgrund der veränderten Verkehrsbelastung oder Fahrleistung innerorts vorgenommen werden.

Bei Lärmschutzprojekten (z.B. Lärmschutzwänden) ist evtl. die Durchführung von Messungen zweckmässig.

m) Übermässig lärmbelastete Flächen in Schutz- und Erholungsgebieten

Der Indikator beschreibt die Lärmimmissionen aufgrund des Strassenverkehrs in Schutz- und Erholungsgebieten. Die Lärmimmissionen können, wie oben beschrieben, punktuell für festgelegte Empfangspunkte oder flächig in der Form von Isophonen berechnet werden. Anstelle komplexer Modellrechnungen können vereinfachte Abschätzungen der Lärmimmissionen aufgrund der veränderten Verkehrsbelastung oder Fahrleistung ausserorts vorgenommen werden.

Lärmmessungen sind, vor allem wenn die Distanz zum Strassenprojekt gross ist, wegen der störenden Einflüsse von Fremdgeräuschen meist nicht zweckmässig.

n) Flora und Fauna

Die Auswirkungen auf Flora und Fauna hängen von der Ausgestaltung des Strassenprojektes ab (z.B. Zerschneidung von Habitaten, Grundwasserabsenkungen, ökologische Ersatzmassnahmen, Grünbrücken, Verlust oder Schaffung von Trockenstandorten, Veränderung des Mikroklimas). Die Komplexität der biologischen Wechselwirkungen bedingt, dass dieser Indikator durch entsprechend ausgebildete Fachleute und vor allem für Projekte, welche Gegenstand einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) waren, erhoben

wird. Im Umweltverträglichkeitsbericht wird in der Regel auch ein Konzept festgelegt, welche Arten wie und wann zu beobachten sind. Diese Erhebungen dienen auch der Wirkungskontrolle.

Die VSS-Norm SN 640 690 gibt einen Überblick zur Problematik Fauna – Verkehr und die VSS-Norm SN 640 692 beschreibt Methoden zur Fauna-Analyse. Für die standardisierte Wirkungskontrolle an Wildtierpassagen hat das BAFU (2005) eine Handlungsanleitung publiziert. Diese basiert auf dem Grundlagenbericht von Voser et al. (2005). Woolsey et al. (2005) geben detaillierte Anweisungen für Wirkungskontrollen bei der Revitalisierung von Fliessgewässern. Die VSS-Norm SN 640 610b gibt einen Überblick über die Umweltbaubegleitung, welche bezüglich der Wirkungskontrolle von Ersatzmassnahmen relevant ist.

o) Landschafts- und Ortsbild

Mit dem Bau einer Verkehrsinfrastruktur kann sich das Landschaft- und Ortsbild verändern. Die Veränderung lässt sich mit Fotos, welche vor und nach der Inbetriebnahme von verschiedenen Standorten aus aufgenommen werden, dokumentieren und anschliessend (subjektiv) beurteilen.

p) Beeinträchtigung von Gewässern

Im Gegensatz zur Bewertung gemäss NISTRA geht es bei der Wirkungskontrolle nicht um die potentielle Gefährdung der Gewässer durch Gefahrgüter-Transporte, sondern um die effektive Wasserqualität der Vorfluter, den Gewässerraum des Grundwassers sowie um die Veränderung der Grundwasserspiegel (z.B. bei Einschnitten, Tunnels) usw. Die Feststellung dieser Veränderungen erfordert die Durchführung von Vorher-/Nachher-Messungen.

6.3.3 Wahl der zu berücksichtigenden Indikatoren

Welche der oben aufgeführten Indikatoren für die Wirkungskontrolle eines bestimmten Strassenprojektes massgebend und also zu berücksichtigen sind, hängt stark von den Ausprägungen (Art, Umfang, Ausmass der Veränderungen der Reisekosten usw.) des Projektes, den Projektzielen und den einleitend (Kapitel 6.1) aufgeführten Fragestellungen ab, welche mit der Wirkungskontrolle beantwortet werden sollen.

Allgemeingültige Hinweise, welche Indikatoren im Einzelfall zu betrachten sind, können nicht gemacht werden. Vielmehr sind für das zu untersuchende Strassenprojekt die dazugehörigen Projektbestandteile zu definieren und das Wirkungsmodell zu erstellen. Mit diesem können die relevanten Auswirkungen mit ihrer räumlichen Ausdehnung erkannt und die zu berücksichtigenden Indikatoren gewählt werden.

7 Festlegung des Erhebungskonzeptes

7.1 Einleitung

Nachdem der Inhalt der Wirkungskontrolle, d.h. der Projektumfang und die zu betrachtenden Indikatoren festgelegt sind, geht es darum - wiederum mit Hilfe des Wirkungsmodells - das Konzept für die Erhebung der Indikatoren festzulegen. Dazu gehören:

- Abgrenzung des Untersuchungsgebietes, innerhalb welchem die festgelegten Indikatoren zu erheben sind
- Beurteilung des Einflusses externer Effekte
- Festlegung der Vergleichsgruppe, wenn mit nicht vernachlässigbaren externen Effekten gerechnet werden muss und sich deren Wirkung nicht abschätzen lässt
- Festlegung der Erhebungsmethoden für die Vorher- und Nachher-Untersuchung
- Zeitliche und räumliche Festlegung der einzelnen Vorher- und Nachher-Erhebungen

Die Vorher- und Nachher-Erhebungen im Untersuchungsgebiet und bei einer allfälligen Vergleichsgruppe sind möglichst unter gleichen Bedingungen durchzuführen:

- Gleiche Erhebungsmethoden
- Gleiche Erhebungsstandorte
- Gleiche Erhebungszeitpunkte (Ferien, Hauptverkehrszeiten)

7.2 Abgrenzung des Untersuchungsgebietes

Grundsätzlich ist das Untersuchungsgebiet für jeden zu erhebenden Indikator separat festzulegen und in Abhängigkeit des Projektes festzulegen. So kann sich beispielsweise die Untersuchung der Wirkungen eines Projektes zur Sanierung eines Unfallschwerpunktes auf das lokale Unfallgeschehen beschränken. Das Untersuchungsgebiet für ein Strassenprojekt, welches das Mobilitätsverhalten beeinflusst, muss dagegen alle Strassen umfassen, auf denen sich die Verkehrsbelastungen infolge des Projektes z.B. um mehr als 5 - 10% verändern. Hinweise dazu liefert, wenn vorhanden, ein Verkehrsmodell.

Für die Untersuchung der Wirkungen der Infrastruktur auf Grundwasser, Flora und Fauna wiederum ist eher das nähere Umfeld der Anlage in die Untersuchung einzubeziehen.

Allgemeingültige Hinweise zur Abgrenzung der Untersuchungsgebiete für die einzelnen Indikatoren können nicht gemacht werden. Die Abgrenzung muss abgestimmt auf den Einzelfall anhand des Wirkungsmodells (siehe Kapitel 5) erfolgen.

7.3 Identifikation der externen Effekte

Die möglichen externen Einflüsse, welche die zu erhebenden Indikatoren unabhängig vom Strassenprojekt beeinflussen, werden bei der Erstellung des Wirkungsmodells identifiziert (siehe Kapitel 5).

Für jeden externen Effekt ist zu prüfen, ob und wie er gemessen und ob sein Einfluss auf die jeweiligen Indikatoren genügend genau quantifiziert werden kann. Beispielsweise kann bei einem Projekt zur Sanierung eines Unfallschwerpunktes der Einfluss der – hier als externen Effekt zu betrachtenden – Verkehrsbelastung auf die Unfallhäufigkeit abge-

schätzt werden, wenn die Abhängigkeit zwischen der Verkehrsbelastung und der Unfallhäufigkeit (*Safety Performance Function* (SPF)¹⁷ bekannt ist.

7.4 Festlegung der Vergleichsgruppe

Gibt es externe Effekte, deren Wirkungen nicht abgeschätzt werden können, oder ist mit unbekannten externen Effekten zu rechnen, muss eine Vergleichsgruppe herangezogen werden.

Als Vergleichsgruppe werden Situationen gewählt, welche möglichst die gleichen Eigenschaften, Rahmenbedingungen und externen Effekte aufweisen wie das oben festgelegte Untersuchungsgebiet, aber durch das Strassenprojekt nicht beeinflusst werden.

Es sollte davon ausgegangen werden können, dass, wenn das Strassenprojekt nicht realisiert worden wäre, die Entwicklung der zu untersuchenden Indikatoren in der Zeitspanne zwischen der Vorher- und Nachher-Untersuchung im Untersuchungsgebiet gleich verlaufen wäre wie in der Vergleichsgruppe.

7.5 Festlegung der Erhebungsmethoden

Für die Durchführung der Vorher- und Nachher-Untersuchungen sind die für die einzelnen Indikatoren geeigneten Erhebungsmethoden festzulegen. Hinweise dazu liefert die im Anhang beigefügte tabellarische Zusammenstellung. Dort finden sich auch Hinweise zu weiterführenden Quellen.

Für die Erhebung der verkehrlichen Auswirkungen wird insbesondere auf die Arbeiten von Widmer et al., Schneider et al. und Axhausen (2015) verwiesen. In diesen Forschungsprojekten werden die Erhebungsmethoden gemäss der folgenden Abbildung in Beobachtungen und Befragungen gegliedert. Die beiden Gruppen unterscheiden sich dadurch, dass im ersten Fall die Erhebung ohne Interaktion mit dem zu erhebenden Objekt erfolgt, während bei den Befragungen (mündlich, schriftlich, online usw.) eine solche natürlich notwendig ist.

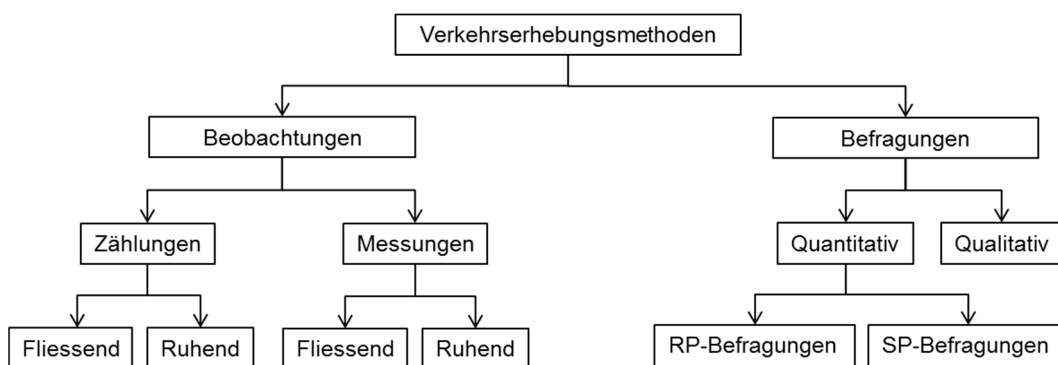


Abbildung 9: Gliederung der Verkehrserhebungsmethoden (Quelle: Widmer et al., 2015)

Die Abkürzungen RP und SP stehen in der obigen Abbildung für Revealed Preference (Befragungen zum durchgeführten Verkehrsverhalten) und Stated Preference (Befragungen zu den Präferenzen in hypothetischen Angebotssituationen). Im Rahmen einer Wirkungskontrolle werden in der Regel keine SP-Befragungen durchgeführt, während je

¹⁷ Die SPF ist eine multivariate Funktion, welche aufgrund des Unfallgeschehens auf vergleichbaren Strassenabschnitten oder Knoten geschätzt wurde und welche als eine der erklärenden Variablen die Verkehrsbelastung (z.B. DTV) enthält (siehe z.B. Hauer (1997) und Schweizer Regel SNR 641 721)

nach massgebendem Indikator Befragungen zu den tatsächlich durchgeführten Wegen (z.B. Ziel-, Verkehrsmittel- und Routenwahl) oder zur Wahrnehmung der tatsächlichen Situation notwendig sein können.

Für Befragungen zur Situation vor und nach Einführung des Strassenprojektes werden zweckmässigerweise für die Gesamtbevölkerung oder für das Gewerbe im Untersuchungsgebiet repräsentative Panels gebildet. Dies gewährleistet, dass bei der Vorher- und der Nachher-Untersuchung die gleichen Leute befragt werden und diese die eingetretenen Veränderungen auch tatsächlich beurteilen können.

Im Hinblick auf eine möglichst einfache Auswertung und Interpretation der Ergebnisse ist es unerlässlich, dass für die Vorher- und Nachher-Erhebungen sowohl im Untersuchungsgebiet als auch für die Vergleichsgruppe die gleichen Erhebungsmethoden und Messinstrumente zum Einsatz gelangen.

Zur Festlegung der Erhebungsmethoden gehören auch die Überlegungen zur Dateneingabe und -auswertung sowie zur Überprüfung der Datenqualität (z.B. hinsichtlich Vollständigkeit und Plausibilität).

7.6 Zeitliche Festlegungen der Erhebungen

Die zeitliche Festlegung der Erhebungen umfasst sowohl deren Zeitpunkt als auch deren Dauer.

7.6.1 Erhebungsdauer

Bei verschiedenen der zu erhebenden Indikatoren handelt es sich um Grössen, welche jahreszeitlichen, tageszeitlichen und zufälligen Schwankungen unterliegen. Für diese ist die Dauer der Erhebungen daher so festzulegen, dass repräsentative Stichproben gewonnen werden können.

Bei einfach zu erhebenden Indikatoren wie z.B. Verkehrsbelastungen oder Unfällen lohnt es sich, die Vorher-Erhebungen über mehrere Jahre durchzuführen; damit lassen sich Trends erkennen, welche bei der Vorhersage des Zustandes Z_{V_0} hilfreich sein können.

Wenn für die Vorhersage der Unfälle die *Empirische Bayes-Methode* (Hauer, 1997 und Hauer et al., 2002) verwendet wird, verbessert sich deren Genauigkeit mit der Dauer der Beobachtungsperiode.

7.6.2 Vorher-Untersuchung

Vorher-Untersuchungen sind so zu terminieren, dass sie möglichst knapp vor Beginn der Bauarbeiten resp. der Realisierung des Strassenprojektes abgeschlossen werden können. Dadurch soll gewährleistet werden, dass vom Projekt unabhängige Veränderungen der erhobenen Indikatoren zwischen der Vorher- und der Nachher-Erhebung möglichst klein sind.

Im Rahmen des Planungsprozesses durchgeführte Erhebungen des Ist-Zustands können nur dann als (alleinige) Vorher-Erhebungen für eine Wirkungskontrolle verwendet werden, wenn das Strassenprojekt kurz danach realisiert werden kann. Bei grösseren Projekten mit einem grösseren Zeitbedarf für die Projektierung resp. Realisierung ist dies oft nicht der Fall; bei diesen sollten zusätzliche Erhebungen unmittelbar vor der Umsetzung des Projektes durchgeführt werden.

7.6.3 Nachher-Untersuchung

Eine übliche Empfehlung ist, mit den Nachher-Untersuchungen dann zu beginnen, wenn sich die Wirkung der Massnahme voll entfaltet hat, die Verkehrsteilnehmer also z.B. ihr Verhalten der neuen Situation angepasst haben. Wann dies der Fall ist, wurde unseres Wissens aber noch nie untersucht. In der Literatur finden sich Empfehlungen welche von einem Jahr (z.B. Amt für Verkehr, 2011b) bis fünf Jahre nach der Inbetriebnahme (z.B. Transport Scotland, 2013) reichen.

Grundsätzlich sollten die Nachher-Untersuchungen so früh als möglich nach der Inbetriebnahme, solange die Wirkungen externer Effekte noch klein sind, und in Abhängigkeit der zu messenden Indikatoren festgelegt werden; bei der Verkehrssicherheit kann die Wirkung rasch eintreten, während Veränderungen der Flora und Fauna erst nach Jahren feststellbar sind. Der Zeitpunkt des Beginns der Nachher-Untersuchungen ist entsprechend festzulegen und je nach Projekt und Indikator sind evtl. mehrere Nachher-Untersuchungen notwendig.

7.7 Dateneingabe

Damit die Daten möglichst einfach und fehlerfrei eingegeben (manuell oder automatisiert) und ausgewertet werden können, muss bereits vor den Erhebungen klar sein, wie die Daten erfasst, aufbereitet und ausgewertet werden. Die Anforderungen an die Datenerfassung und die entsprechende Software ist der Methode und der Komplexität anzupassen.

7.8 Qualitätssicherung

Bei der Festlegung des Erhebungs- und Auswertungskonzeptes ist auch das Konzept zur Qualitätssicherung festzulegen. Dazu gehören z.B. die folgenden Prüfungen:

- Vollständigkeit der Daten
Es wird geprüft, ob die Daten richtig und komplett erfasst worden sind und ob sie vollständig resp. sinnvoll sind. Gegebenenfalls können die Daten korrigiert und ergänzt werden.
- Inhaltliche Plausibilitätskontrollen
Diese dient dazu, zufällige¹⁸ und systematische¹⁹ Fehler aufzuspüren (siehe auch Widmer et al., 2015).

7.9 Kostenschätzung

Die Kosten für die Durchführung der Vorher-/Nachher-Erhebungen bilden einen wesentlichen Bestandteil der Gesamtkosten einer Wirkungskontrolle. Entsprechend wichtig ist eine sorgfältige Kostenschätzung. Hinweise dazu sind in den im Literaturverzeichnis zusammengestellten Normen, Leitfäden und Richtlinien für die Durchführung der Erhebungen zu finden. Ein Beispiel eines detaillierten Erhebungskonzeptes einer Wirkungskontrolle mit dazugehöriger Kostenschätzung findet sich im Bericht von Kern et al. (2002).

Die für die Durchführung der Wirkungskontrolle nötigen finanziellen, personellen und zeitlichen Ressourcen sind im Rahmen des Planungsprozesses (siehe Kapitel 4.2.9) und im Budget für das Strassenprojekt zu berücksichtigen und sicherzustellen.

¹⁸ Als zufälliger Fehler wird ein Stichprobenfehler (Abweichung zum wahren Wert aufgrund der Tatsache, dass es sich um eine Stichprobe handelt) bei einer richtig gezogenen Stichprobe bezeichnet. Je grösser die Stichprobe ausfällt, desto mehr werden Zufallsschwankungen ausgeglichen und desto kleiner fällt der zufällige Fehler aus.

¹⁹ Als systematischer Fehler (*B*) wird die Abweichung zwischen dem Erwartungswert (*Y*) einer gemessenen Grösse und deren wahren Wert (*m*) bezeichnet. Er ist ein Mass für die Richtigkeit resp. die Verzerrung einer Erhebung.

8 Auswertung und Beurteilung

8.1 Einleitung

Die Auswertung der Vorher-/Nachher-Untersuchungen richtet sich nach den Zielsetzungen der Wirkungskontrolle resp. den Fragestellungen, welche mit dieser beantwortet werden sollen, also z.B.:

- Wurden die Projektziele erreicht?
- Haben sich die Erwartungen und Befürchtungen, welche im Vorfeld der Projektumsetzung geäußert worden sind, erfüllt?
- Hatte das Strassenprojekt unerwartete, nicht antizipierte Auswirkungen?
- Wie gut stimmen die effektiv eingetretenen Veränderungen der Verkehrsnachfrage mit den Prognosen des Verkehrsmodells überein?
- Wie gut stimmen die im Rahmen des Bewertungsverfahrens oder der Umweltverträglichkeitsprüfung geschätzten Auswirkungen mit den tatsächlich eingetroffenen überein?

Für die Ermittlung der Auswirkungen des Strassenprojektes muss für die einzelnen Indikatoren i der Nettoeffekt, also der Unterschied von $Z_{Y0,i}$ und $Z_{Ym,i}$ ermittelt werden.

Die Vorhersage des Zustandes $Z_{Y0,i}$ erfolgt auf der Basis des Wertes aus der Vorher-Untersuchung $Z_{V,i}$, welcher um die externen Effekte korrigiert wird.

Die externen Effekte werden mit Hilfe der Vergleichsgruppe ermittelt. Bei dieser werden zu den gleichen Zeitpunkten der Vorher- und Nachher-Untersuchung bei der Massnahmengruppe (d.h. im Untersuchungsgebiet) die Zustände $Z_{VVG,i}$ und $Z_{YVG,i}$ aufgenommen. Der Unterschied zwischen $Z_{YVG,i}$ und $Z_{VVG,i}$ entspricht dem externen Effekt auf den Indikator i .

Im Folgenden sind die verwendeten Begriffe nochmals beschrieben:

$Z_{V,i}$ = Wert für den Indikator i der Vorher-Untersuchung der Massnahmengruppe (d.h. innerhalb des Untersuchungsgebietes)

$Z_{Y0,i}$ = Vorhersage, was der Wert des Indikators i zum Zeitpunkt Y nach der Realisierung des Strassenprojektes unter Berücksichtigung der externen Effekte gewesen wäre, wenn dieses nicht realisiert worden wäre.

$Z_{Ym,i}$ = Schätzwert für den Wert des Indikators i zum Zeitpunkt Y nach der Realisierung des Strassenprojektes. In der Regel kann dazu der Wert der Nachher-Untersuchung verwendet werden.

$Z_{VVG,i}$ = Wert für den Indikator i zum Zeitpunkt der Vorher-Untersuchung in der Vergleichsgruppe

$Z_{YVG,i}$ = Wert für den Indikator i zum Zeitpunkt der Nachher-Untersuchung in der Vergleichsgruppe

Die folgende Abbildung veranschaulicht die Bedeutung dieser Begriffe (zur Vereinfachung ohne den Index i für den Indikator).

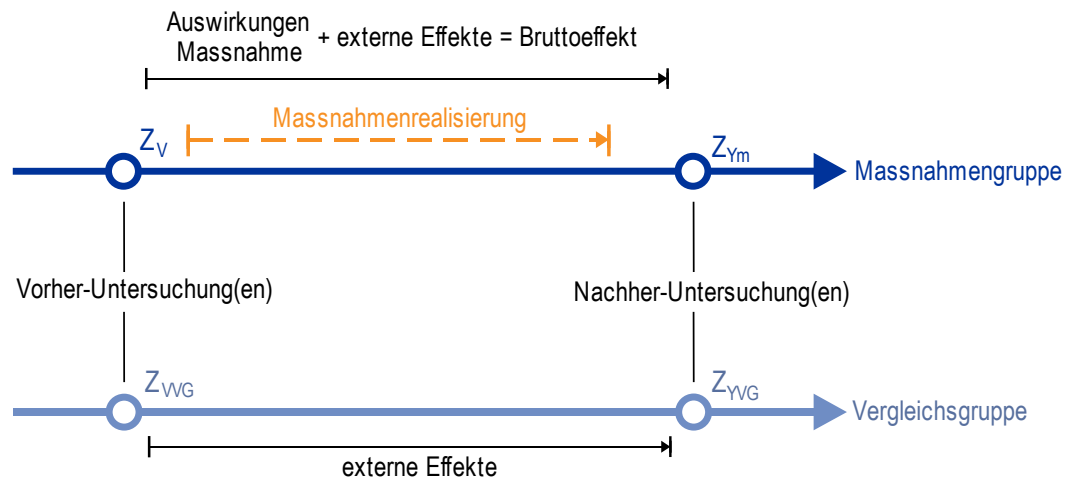


Abbildung 10: Bezeichnung der erhobenen Indikatoren-Werte (Quelle: eigene Darstellung)

8.2 Datenaufbereitung

Für jeden Indikator ist festzulegen, welche Kennwerte (z.B. Mittelwert mit/ohne Standardfehler, Perzentile, Anteile, qualitative Beschreibung etc.) für $Z_{Y0,i}$ und $Z_{Ym,i}$ zu verwenden sind.

In gewissen Fällen sind Hochrechnungen, Klassifikationen (z.B. Zuordnung des Hauptverkehrsmittels zu einem Weg) oder Gewichtungen der Daten erforderlich.

8.3 Ermittlung von $Z_{Y0,i}$ und $Z_{Ym,i}$

8.3.1 Vorher-Nachher-Untersuchung ohne Vergleichsgruppe

Wenn zwischen den Vorher- und den Nachher-Untersuchungen wenig Zeit vergangen ist und/oder der Einfluss der externen Effekte vernachlässigt werden kann, können die Ergebnisse der Vorher-Untersuchung (Z_V) $Z_{Y0,i}$ gleichgesetzt werden. Für die Schätzung der Werte $Z_{Ym,i}$ der Indikatoren i können in der Regel direkt die Ergebnisse der Nachher-Untersuchungen verwendet werden:

$$Z_{Ym,i} - Z_{V,i} = \text{Bruttoeffekt} = \text{Nettoeffekt, wenn keine externen Effekte vorhanden sind}$$

8.3.2 Vorher-Nachher-Untersuchung mit Vergleichsgruppe

Wenn zwischen den Vorher- und den Nachher-Untersuchungen eine längere Zeitspanne liegt oder andere Veränderungen durch externe Effekte vorhanden sind (z.B. längere Schliessung wichtiger Netzelemente aufgrund Einzelereignisse, wie Gotthard-Tunnelbrand), müssen die Ergebnisse der Vorher-Erhebungen auf den Zeitpunkt Y der Nachher-Erhebungen unter Berücksichtigung der externen Effekte hochgerechnet resp. vorhergesagt werden.

Die Wirkung der externen Effekte lässt sich bei kleinen Projekten in Einzelfällen evtl. abschätzen. In der Regel wird sie jedoch aus dem Vergleich der Vorher-/Nachher-Untersuchungen der Vergleichsgruppe ermittelt und auf die Werte der im Untersuchungsgebiet durchgeführten Vorher-Erhebungen übertragen.

Der Zufalls-Effekt spielt vor allem bei der Sanierung von Unfallstellen eine Rolle, welche in der Regel aufgrund ihrer überdurchschnittlichen Unfallhäufigkeit in ein Sanierungspro-

gramm aufgenommen worden sind. Mit der von Hauer (1997, 2002) vorgeschlagene *Empirical Bayes*-Methode zur Schätzung der erwarteten Anzahl Unfälle im Zustand Z_{Y0} wird der RTM-Effekt berücksichtigt.

Für die Schätzung der Werte $Z_{Ym,i}$ der Indikatoren i können in der Regel direkt die Ergebnisse der Nachher-Untersuchungen verwendet werden:

$Z_{YVG,i} - Z_{VVG,i}$ = Einfluss der externen Effekte auf den Indikator i

$Z_{Y0,i} = Z_{V,i} + (Z_{YVG,i} - Z_{VVG,i})$

$Z_{Ym,i} - Z_{Y0,i}$ = Nettoeffekt

Hinweis: Das in den "Formeln" verwendete Minus-Zeichen "-" resp. Plus-Zeichen "+" ist hier nicht als mathematisches Symbol zu verstehen, sondern als Zeichen für den (bildungssprachlich, in Zahlen ausdrückbaren) Unterschied zwischen zwei Werten.

8.4 Beurteilung

8.4.1 Einleitung

Im Rahmen der Beurteilung sind die eingangs gestellten Fragen zu beantworten. Inwiefern wurden die Projektziele erreicht? Wie gut stimmen die prognostizierten Auswirkungen mit den tatsächlich eingetroffenen überein?

8.4.2 Signifikanz der Unterschiede

Bei vielen Indikatoren handelt es sich um stochastische Werte. Für diese ist in einem ersten Schritt zu beurteilen, ob der Unterschied zwischen $Z_{Y0,i}$ und $Z_{Ym,i}$ signifikant oder rein zufällig ist. Dazu stehen statistische Methoden zur Verfügung, beispielsweise der t-Test für die Prüfung, ob sich die Mittelwerte von zwei Stichproben signifikant unterscheiden. Die Teststatistik t ist wie folgt definiert:

$$t = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{\frac{s_1^2}{N_1} + \frac{s_2^2}{N_2}}} \quad \text{mit der näherungsweisen Anzahl Freiheitsgrade } df = \frac{N_1 + N_2 - 2}{2}$$

mit

$\bar{x}_1$ = Mittelwert der Stichprobe 1

$\bar{x}_2$ = Mittelwert der Stichprobe 2

s_1 = Standardabweichung der Stichprobe 1

s_2 = Standardabweichung der Stichprobe 2

N_1 = Messwerte der Stichprobe 1

N_2 = Messwerte der Stichprobe 2

Für die Prüfung, ob sich die Häufigkeit von Attributen in zwei Stichproben signifikant unterscheidet, kann ein Chi-Quadrat (X^2)-Test durchgeführt werden. Details zu diesem und zu weiteren Testverfahren finden sich in der Literatur (z.B. Bortz, 1999).

8.4.3 Beurteilung der Wirkungen des Strassenprojektes

Wie einleitend erwähnt, wird in einem ersten Schritt festgestellt, ob und inwiefern die Projektziele erreicht worden sind und ob die prognostizierten Auswirkungen, insbesondere auch die mit dem Verkehrsmodell erstellten Prognosen, mit den tatsächlich eingetretenen übereinstimmen.

Für allfällige Abweichungen sollen Begründungen gesucht werden, welche insbesondere für das Ziehen von Lehren aus der Wirkungskontrolle wichtig sind

8.4.4 Schlussfolgerungen und Folgemaassnahmen

Aus der Beurteilung der Wirkungen und den Begründungen für allfällige Abweichungen von den angestrebten Projektzielen resp. zwischen den prognostizierten und den tatsächlich eingetretenen Projektwirkungen können Lehren gezogen werden. Aus diesen werden Schlussfolgerungen und Empfehlungen formuliert, welche bei zukünftigen, ähnlich gelagerten Strassenprojekten berücksichtigt werden sollen. Auch für die Weiterentwicklung von Verkehrsmodellen und der Prognose-Tools zur Abschätzung von Umweltauswirkungen usw. liefern die Ergebnisse der Wirkungskontrolle wertvolle Erkenntnisse.

Wenn die Wirkungskontrolle zeigt, dass das Strassenprojekt nicht den erhofften Erfolg gebracht oder unerwünschte "Nebeneffekte" zur Folge hat, sollen Massnahmen aufgezeigt werden, mit denen das Projekt verbessert werden könnte.

9 Dokumentation und Publikation der Ergebnisse

9.1 Inhalt der Dokumentation

Damit die Wirkungskontrolle dem Lernen für zukünftige Projekte dienen kann, müssen deren Durchführung und Ergebnisse sorgfältig in einem Bericht dokumentiert werden. Dabei sind die Details des Strassenprojektes und der gesamten Wirkungskontrolle (Ziele, Wirkungsmodell, Indikatoren, Messmethoden, Datenauswertung, Ergebnisse, Schlussfolgerungen und Folgemaassnahmen) inkl. allenfalls aufgetretene Probleme usw. zu beschreiben.

Da die im Rahmen der Vorher-/Nachher-Untersuchungen durchgeführten Erhebungen sowohl zeit- als auch kostenmässig ein wesentlicher Bestandteil einer Wirkungskontrolle sind, ist es wichtig, dass insbesondere auch diese sorgfältig dokumentiert werden. Zur Dokumentation von Erhebungen gehören neben der sicheren Aufbewahrung der erhobenen Daten ein Erhebungsbericht, die Metadaten, ein Verzeichnis der erhobenen Daten und eine Beschreibung der Datenstruktur.

9.2 Metadaten

Zu den Metadaten gehören die Angaben zum Projekt wie z.B.:

- Auftraggeber
- Beschreibung aller Projektbestandteile (Art, Lage etc.)
- Projektziele
- Kosten der Projektbestandteile
- Inbetriebnahme der einzelnen Projektbestandteile

Hinweise zu den für eine einheitliche Dokumentation von Verkehrserhebungen erforderlichen Metadaten finden sich in der VSS-Norm SN 640 015a und in der EVE (FSGV, 2012b). Damit Verkehrserhebungs-Daten von möglichen Nachnutzern, z.B. für Sekundäranalysen, bearbeitet werden können, sollen diese in einem allgemein lesbaren Format (z.B. ASCII, XML usw.) gespeichert werden.

9.3 Publikationsformen

Damit Wirkungskontrollen miteinander verglichen und Lerneffekte für zukünftige Projekte erzielt werden können, sollten die Dokumentationen über das Internet frei verfügbar und über das Stichwort "Wirkungskontrolle" auffindbar sein. Verantwortlich dafür sollten zweckmässigerweise die Auftraggeber (in der Regel Verwaltungsstellen) sein.

Optimal wäre es, die Dokumentationen von Wirkungskontrollen an einem zentralen Ort zugänglich zu machen, wie dies in England für die "*Post Opening Project Evaluation*" der Highways Agency der Fall ist (<http://www.highways.gov.uk>). In der Schweiz könnte dies beispielsweise die "Mobilityplattform" des VSS (<http://www.mobilityplatform.ch>) sein. Alternativ wäre auch eine zentrale Datenbank denkbar, auf welcher die wichtigsten Informationen (z.B. Metadaten) von Wirkungskontrollen abrufbar wären. Dies wird beispielsweise von Schmitt et al. (2003) und Oxera (2005) vorgeschlagen. Ein Beispiel dazu ist das amerikanische Projekt "*Transportation Project Impact Case Studies*"²⁰

²⁰ <http://www.tpics.us>, Zugriff 06.03.2015

9.4 Wissenstransfer

Damit die aus den Wirkungskontrollen gewonnenen Erkenntnisse und Lehren auch für zukünftige Projekte und insbesondere auch für andere Bauherren nutzbar gemacht werden können, sollten neben der oben beschriebenen Publikation der Berichte regelmässig, z.B. durch den VSS, Weiterbildungskurse oder Informationsveranstaltungen durchgeführt werden. An diesen könnten das Vorgehen und die Ergebnisse durchgeführter Wirkungskontrollen vorgestellt und diskutiert werden.

10 Fallbeispiel

Im Folgenden wird anhand eines einfachen Fallbeispiels exemplarisch das Vorgehen bei der Durchführung einer Wirkungskontrolle gezeigt.

10.1 Projektbeschreibung

10.1.1 Anlass

In Frauenfeld musste wegen einer Baustelle der Verkehr auf der Promenaden- und Zürcherstrasse (siehe die folgende Abbildung) in Fahrtrichtung von Nordost nach Südwest für ca. 3 Wochen gesperrt werden. Diese Teilspernung bot Gelegenheit, mit einer Wirkungskontrolle die zu erwartenden Auswirkungen einer schon seit längerem diskutierten Einbahnregelung zur Entlastung insbesondere der Zürcherstrasse durch die Vorstadt zu erheben.

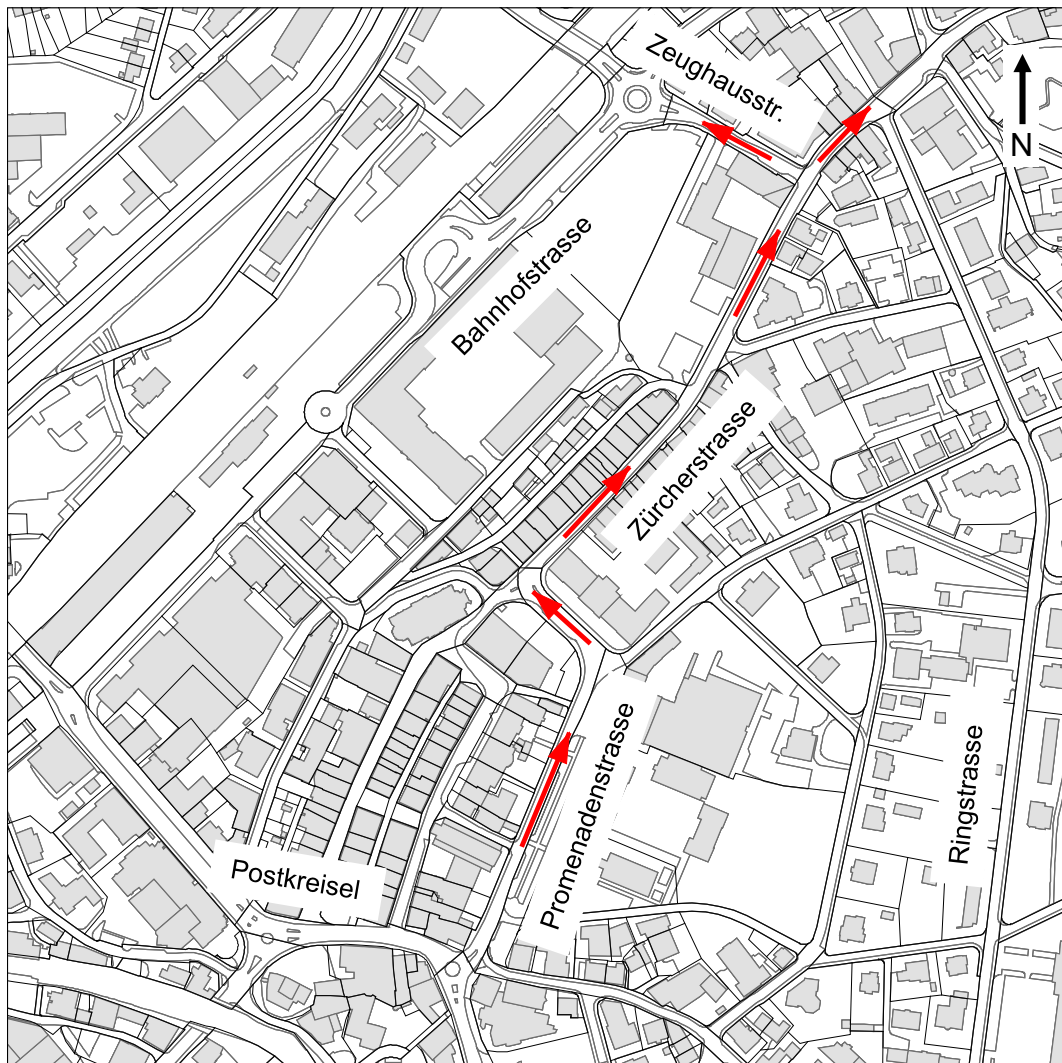


Abbildung 11: Situation Projekt Einbahnregelung

10.1.2 Projektbestandteile

Zum Projekt gehört die Signalisation der Einbahnregelung auf der bis anhin im Gegenverkehr betriebenen Promenaden- und Zürcherstrasse. Dazu wurde auf der Zürcherstrasse östlich der Einmündung der Ringstrasse das Signal 2.02 "Einfahrt verboten" mit dem Zusatz "ausgenommen Radfahrer" angebracht. Auf der Zeughausstrasse (Verbindung zwischen der Zürcher- und der Bahnhofstrasse), auf welcher schon bisher ein Linksabbiegeverbot in die Zürcherstrasse bestand, entstand damit faktisch ebenfalls eine Einbahnstrasse mit Fahrtrichtung von Ost nach West.

Zum definitiven Projekt würde auch eine Verbreiterung der Trottoirs längs der Zürcherstrasse in der Vorstadt gehören, welche dank der Einbahnregelung möglich würde. Im Rahmen der baustellenbedingten temporären Einführung der Einbahnregelung konnte aber dieser Teil des Projektes nicht umgesetzt werden.

10.2 Wirkungsmodell

10.2.1 Verkehrliche Wirkungen

Es ist zu erwarten, dass die Einführung der Einbahnregelung in erster Linie Veränderungen der Routenwahl im MIV bewirken wird, welche zu einer Verkehrsentslastung auf der Promenaden-/Zürcherstrasse und Mehrbelastungen auf dem angrenzenden Strassennetz führen. Am Postkreisel muss mit einer Verschlechterung der schon heute ungenügenden Verkehrsqualität während der Verkehrsspitzen gerechnet werden. Ausserdem werden längere Reisezeiten und höhere Fahrleistungen erwartet.

10.2.2 Folgewirkungen

Als Folgewirkungen sind Veränderungen der Aufenthaltsqualität, Wohnlichkeit, Attraktivität des Langsamverkehrs sowie der Luftschadstoff- und Lärmbelastungen zu erwarten.

10.2.3 Externe Effekte

Als externe Effekte sind im vorliegenden Fall die vom Projekt unabhängigen Veränderungen der Verkehrsbelastungen (allgemeine Verkehrsentwicklung, saisonale Schwankungen, Verlauf der Tages- und Wochenganglinien usw.) zu beachten.

Ein weiterer externer Effekt wäre im vorliegenden Fall ein Stadtfest gewesen, welches unmittelbar vor der Einführung der Einbahnregelung stattfand. Die Wirkung desselben auf die Verkehrsbelastungen hätte kaum quantifiziert werden können, weshalb die Erhebungszeiten ausserhalb dieses Sonderanlasses gelegt wurden.

10.3 Inhalt der Wirkungskontrolle

Die Wirkung der temporären Einführung der Einbahnregelung wird anhand der folgenden Indikatoren gemessen:

- Verkehrsbelastungen
- Verkehrsqualität am Postkreisel
- Lärmimmissionen

Wegen des nur temporären Charakters des Projektes und des damit verbundenen Verzichts auf eine Verbreiterung der Trottoirs in der Vorstadt wird auf die Untersuchung weiterer Indikatoren wie Attraktivität für den Langsamverkehr, Aufenthaltsqualität, Wohnlichkeit, Auswirkungen auf das Gewerbe usw. verzichtet.

10.4 Erhebungskonzept

10.4.1 Untersuchungsgebiet

Aufgrund der im Rahmen des Wirkungsmodells angestellten Überlegungen wird das Untersuchungsgebiet, innerhalb welchem mit Veränderungen der Verkehrsbelastungen gerechnet wird, wie in der Abbildung 12 eingezeichnet festgelegt.

10.4.2 Externe Effekte und Festlegung der Vergleichsgruppe

Als externe Effekte auf die Verkehrsbelastungen im Untersuchungsgebiet werden die allgemeine Verkehrsentwicklung und die saisonalen Schwankungen der Verkehrsbelastungen erkannt. Um deren Einflüsse berücksichtigen zu können, werden als Vergleichsgruppe die in der Abbildung 12 eingezeichneten, ausserhalb des Untersuchungsgebietes liegenden Zählstellen herangezogen. Die Verkehrsbelastungen an diesen Zählstellen werden durch die Einführung der Einbahnregelung nicht beeinflusst, liegen aber doch so nahe, dass davon ausgegangen werden kann, dass sie die gleichen Charakteristiken bezüglich allgemeiner Verkehrszunahme und Ganglinien der Verkehrsbelastungen aufweisen wie die Strassen innerhalb des Untersuchungsgebietes.

Ein weiterer externer Effekt ist die Veränderung der Verkehrszusammensetzung, welcher Einfluss auf den Lärm und die Verkehrsqualität hat. Dieser externe Effekt wird als vernachlässigbar eingestuft und wird nicht weiter betrachtet.

10.4.3 Erhebungsmethoden

Die Verkehrsbelastungen werden an den in der folgenden Abbildung eingezeichneten Zählstellen mittels automatischen Zählgeräten ermittelt. Dazu werden permanent installierten Induktionsschlaufen und zwei mobile Seitenradargeräte verwendet.

Die Auswirkungen auf die Verkehrsqualität am Rathausplatz und auf die Lärmimmissionen werden rechnerisch aufgrund der veränderten Verkehrsbelastung ermittelt.

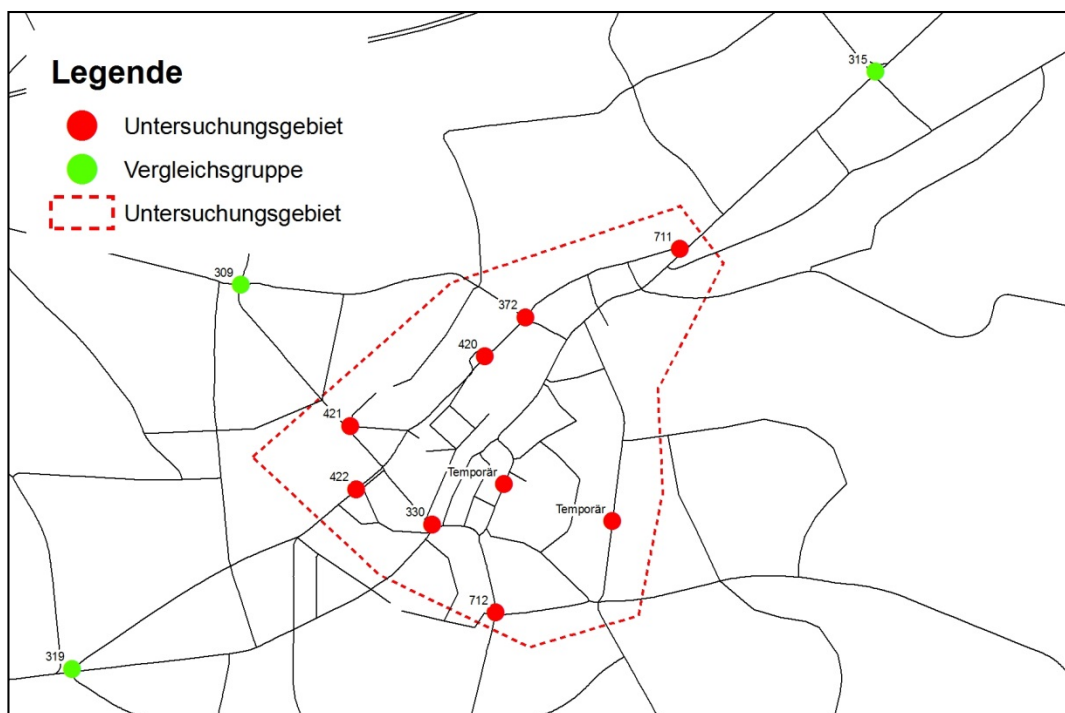


Abbildung 12: Zählstellen

10.4.4 Erhebungsdauer

Der Entscheid, eine Wirkungskontrolle durchzuführen, fiel erst knapp vor der Einführung der Massnahme, sodass für die Vorher-Messungen nur eine Woche Zeit blieb. Entsprechend wurden die Vorher- und Nachher-Messungen während je einer Woche durchgeführt.

Bei den Zählstellen der Vergleichsgruppe handelte es sich um permanent eingerichtete Zählstellen. Hier standen entsprechend längere Zeitreihen zur Verfügung.

10.4.5 Vorher- / Nachher-Untersuchungen

Die Vorher-Erhebung wurde in der Woche unmittelbar vor der Einführung der Einbahnregelung durchgeführt. Die Nachher-Erhebung erfolgte mit den gleichen Zählgeräten und an den gleichen Stellen eine Woche nach der Einführung der Einbahnregelung.

10.4.6 Dateneingabe

Die Zählzeiten wurden in den automatischen Zählgeräten gespeichert und konnten von dort als Excel-Files ausgelesen werden.

10.4.7 Qualitätssicherung

Die Zählzeiten wurden hinsichtlich Vollständigkeit und Plausibilität überprüft. Dabei wurde festgestellt, dass bei einer der fest installierten Zählstellen die erfassten Daten fehlerhaft waren und für die Wirkungskontrolle nicht verwendet werden konnten.

10.4.8 Kostenschätzung

Die Kosten für diese einfache Wirkungskontrolle wurden auf ca. Fr. 15'000.- geschätzt. Diese relativ tiefen Kosten waren möglich, weil die meisten der verwendeten Zählstellen bereits permanent eingerichtet waren.

10.5 Auswertung und Beurteilung

Für den Vergleich der Vorher-/Nachher-Untersuchung wurden die Mittelwerte der Verkehrsbelastungen an einem mittleren Werktag berechnet. Die externen Effekte wurden anhand der Ergebnisse der Verkehrszählungen bei der Vergleichsgruppe abgeschätzt.

Hierbei wurde der Unterschied zwischen dem Durchschnitt (Z_{VG}) der täglichen Zählwerte der Nachher-Periode und dem Durchschnitt der täglichen Zählwerte in der Vorher-Periode der Vergleichsgruppe (Z_{YVG}) ermittelt. Der relative Unterschied entsprach -7% des durchschnittlichen Zählwerts der Vorher-Periode (Z_{VG}). Entsprechend wurden die Mittelwerte jeder einzelnen Zählstelle der Massnahmengruppe für die Vorher-Periode (Z_V) mit den Faktor 0.93 modifiziert um den Wert Z_{Y0} zu erhalten. Die Ergebnisse der Nachher-Erhebung dienten direkt als Zustand Z_{Ym} . Der Unterschied zwischen Z_{Y0} und Z_{Ym} entspricht dem Nettoeffekt der Einführung der Einbahnregelung.

Die Sperrung der Promenadenstrasse in eine Fahrtrichtung führten zu signifikanten Veränderungen der Verkehrsbelastung in der Frauenfelder Innenstadt, wie die Zusammenstellung der Ergebnisse in der folgenden Abbildung und Tabelle zeigen.

Ebenso führt die geänderte Verkehrsführung zu einer deutlichen Verkehrszunahme beim Postkreisel, namentlich auf der Rhein- und auf der Zürcherstrasse in Richtung Kreisel. Hier erhöhen sich die mittleren Wartezeiten während der Spitzenzeiten spürbar (auch für die Busse) und es ist vermehrt mit ungenügenden Verkehrsqualitäten zu rechnen.

Die Verkehrsverlagerungen sind mit Mehrwegen resp. mit einer Erhöhung der Reisezeiten und der Fahrleistung (und entsprechenden Erhöhungen der Schadstoff- und CO₂-Emissionen) verbunden.

Da sich die Ergebnisse gut mit den Erwartungen aus den verschiedenen, früher durchgeführten Verkehrsmodell-Berechnungen decken, zeigt, dass das Verkehrsmodell für die Frauenfelder Innenstadt gute Resultate liefert.

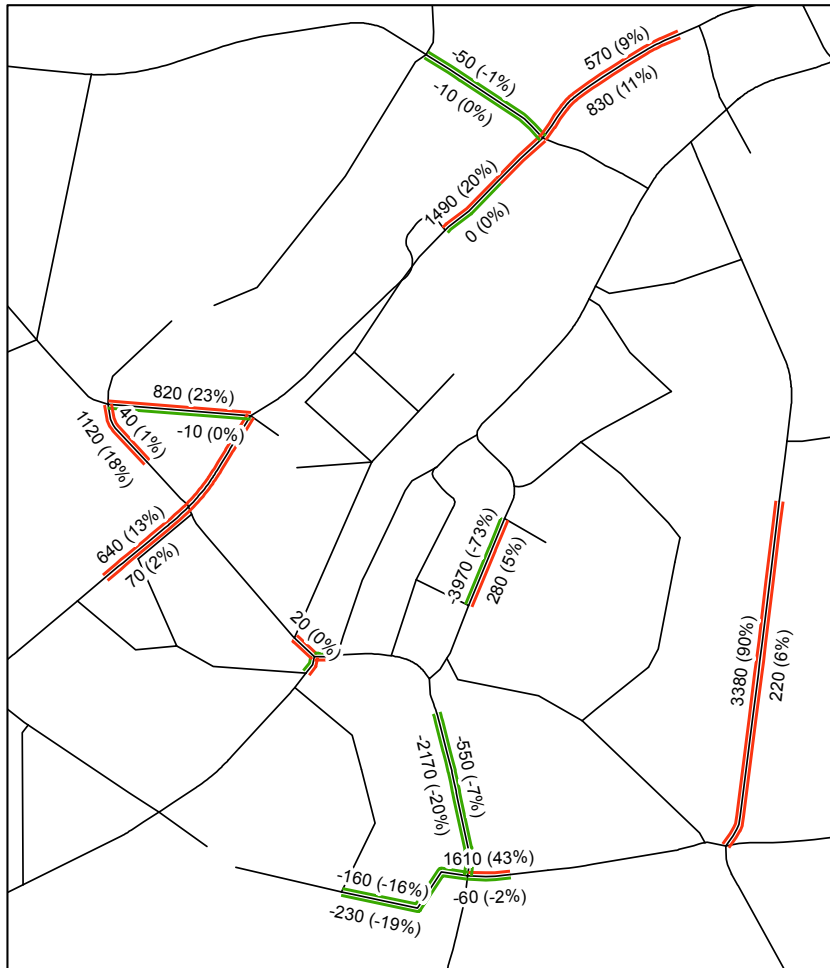


Abbildung 13: Nettoeffekt: Belastungsänderungen [Fz/Tag] infolge Einbahnregelung (grün = Verkehrsabnahme, rot = Verkehrszunahme)

Tabelle 3: Nettoeffekt: Belastungsänderungen [Fz/Tag] infolge Einbahnregelung im Untersuchungsgebiet

Zählstelle	Strassenabschnitt	Richtung	Verkehrsbelastung [Fz/Tag]		Differenz	
			ohne Einbahn	mit Einbahn	Fz/Tag	%
Promenadenstrasse		Nord	5'070	5'350	280	6%
		Süd	5'450	1'480	-3'970	-73%
Ringstrasse		Nord	3'720	3'950	220	6%
		Süd	3'750	7'140	3'380	90%
Rosenegg-Kreisel	Rosenegg - Passage	West	3'640	4'460	820	23%
		Ost	2'750	2'750	-10	0%
	Rheinstrasse Süd	Nord	5'150	5'190	40	1%
		Süd	6'210	7'330	1'120	18%
Postkreisel	Rheinstrasse	Süd	6'220	7'410	1'190	19%
		Nord	5'830	5'850	20	0%
	Rathausplatz	West	9'280	8'980	-300	-3%
		Ost	10'130	11'490	1'350	13%
	Zürcherstrasse	Nord	6'660	7'040	380	6%
		Süd	6'550	6'350	-200	-3%
Marktplatz	St. Gallerstrasse Nord	Süd	10'620	8'450	-2'170	-20%
		Nord	7'420	6'870	-550	-7%
	Marktstrasse	West	3'770	5'380	1'610	43%
		Ost	4'140	4'070	-60	-1%
	Schlossmühlestrasse	Ost	1'170	940	-230	-20%
		West	990	830	-160	-16%
Schweizerhof-Kreisel	Bahnhofstrasse West	Ost	7'070	7'220	150	2%
		West	7'410	9'070	1'660	22%
	Zeughausstrasse Nord	Süd	5'730	5'720	-10	0%
		Nord	5'520	5'470	-50	-1%
	Bahnhofstrasse Ost	West	6'420	6'990	570	9%
		Ost	7'670	8'490	830	11%

Die Auswirkungen auf die Lärmimmissionen wurden mit dem Lärmberechnungsmodell STL-86 berechnet.

10.5.1 Dokumentation der Ergebnisse

Die Ergebnisse wurden in einem Kurzbericht zusammengestellt und beurteilt. Er diente als Grundlage im Entscheidungsprozess zur Durchführung eines einjährigen Versuchsbetriebs eines Einbahnsystems in Frauenfeld.

Anhänge

I	Erhebungsmethoden	77
I.1	Verkehrliche Indikatoren	77
I.2	Indikatoren für die Folgewirkungen	81
II	Normentwurf	85

I Erhebungsmethoden

Folgende Tabellen geben einen (nicht abschliessenden) Überblick über die verschiedenen Methoden und Technologien zur Erhebung der Indikatoren. Nicht jede Methode und Technologie ist für jeden Fall gleich gut geeignet. Details finden sich in den erwähnten Quellen.

I.1 Verkehrliche Indikatoren

Tabelle 1: Indikatoren und Methoden zur Untersuchung der verkehrlichen Auswirkungen

Indikatoren	Erhebungsmethode	Auswahl Untermethoden	Auswahl möglicher Technologien	Details siehe
Verkehrsbelastungen	Beobachtung	Lokale manuelle Zählung	Strichlisten / Zähluhren Tablet-Computer / Smartphones Foto- oder Videoaufnahmen	VSS-Norm SN 640 000a (in Bearbeitung) VSS-Norm SN 640 002a (in Bearbeitung) Widmer et al. (2015) FGSV 2012
		Lokale automatische Zählung	Radartechnologie Lasertechnologie Infrarottechnologie Lichtschranken Induktionsschlaufen Magnetfeldsensoren Ultraschallsensoren Drucksensoren Radiowellen Videoaufnahmen (automatische Auswertung)	
		Streckenbezogene Zählung	GPS (Floating Car Data, Floating Phone Data) Mobilfunk (Floating Phone Data)	
Geschwindigkeiten	Beobachtung	Lokale Messung	Radartechnologie Lasertechnologie Infrarottechnologie Lichtschranken Induktionsschlaufen Ultraschallsensoren Drucksensoren	VSS-Norm SN 640 000a (in Bearbeitung) VSS-Norm SN 640 002a (in Bearbeitung) Widmer et al. (2015) FGSV 2012
		Streckenbezogene Messung	GPS (Floating Car Data) / Mobilfunk (Floating Phone Data)	

Indikatoren	Erhebungsmethode	Auswahl Untermethoden	Auswahl möglicher Technologien	Details siehe
Reisezeiten, Stauzeiten	Beobachtung	Lokale Messung	Foto- oder Videoaufnahmen (Kennzeichen-Vergleich) Bluetooth/Wi-Fi (Vergleich von MAC-Adressen)	VSS-Norm SN 640 000a (in Bearbeitung) VSS-Norm SN 640 002a (in Bearbeitung) Widmer et al. (2015)
		Streckenbezogene Messung	Messfahrten mit manueller Messung GPS (Floating Car Data, Floating Phone Data) Mobilfunk (Floating Phone Data)	
	Berechnung		Verkehrsmodell Mikrosimulation	
Verkehrsleistung Fahrleistung	(Panel-)Befragung	Quantitative Befragung (nicht Computer-gestützt)	Schriftlich postalisch (mail out – mail back) Schriftlich telefonisch (mail out – telephone collection) Persönlich (face to face) Telefonisch	VSS-Norm SN 640 000a (in Bearbeitung) VSS-Norm SN 640 003a (in Bearbeitung) Widmer et al. (2015)
		Quantitative Befragung (Computer-gestützt)	Selbst administriert (CASI) Selbst administriert mit Webzugang (CAWI) Persönlich (CAPI) Telefonisch (CATI)	
		Quantitative Befragung (GPS-unterstützt)	GPS (GPS-Logger/Smartphone mit Befragung)	
	Beobachtung	Streckenbezogene Beobachtung	GPS (Floating Car Data/GPS-Logger/Smartphone ohne Befragung) Mobilfunk (Floating Phone Data)	
	Berechnung		Verkehrsmodell Mikrosimulation	
Routenwahl	Beobachtung	Lokale Zählung	Foto- oder Videoaufnahmen (Kennzeichen-Vergleich) Bluetooth / Wi-Fi (Vergleich von MAC-Adressen)	VSS-Norm SN 640 000a (in Bearbeitung) VSS-Norm SN 640 002a (in Bearbeitung) Widmer et al. (2015)
		Streckenbezogene Beobachtung	GPS (Floating Car Data, Smartphone, GPS-Logger) Mobilfunk (Floating Phone Data)	
	Berechnung		Verkehrsmodell Mikrosimulation	

Indikatoren	Erhebungsmethode	Auswahl Untermethoden	Auswahl möglicher Technologien	Details siehe
Zielwahl	(Panel-)Befragung	Quantitative Befragung (nicht Computer-gestützt)	Schriftlich postalisch (mail out – mail back) Schriftlich telefonisch (mail out – telephone collection) Persönlich (face to face) Telefonisch	VSS-Norm SN 640 000a (in Bearbeitung) VSS-Norm SN 640 003a (in Bearbeitung) Widmer et al. (2015)
		Quantitative Befragung (Computer-gestützt)	Selbst administriert (CASI) Selbst administriert mit Webzugang (CAWI) Persönlich (CAPI) Telefonisch (CATI)	
		Quantitative Befragung (GPS-unterstützt)	GPS (GPS-Logger/Smartphone mit Befragung)	
	Beobachtung	Streckenbezogene Beobach- tung	GPS (Floating Car Data/GPS-Logger/Smartphone ohne Befragung) Mobilfunk (Floating Phone Data)	
	Berechnung		Verkehrsmodell Mikrosimulation	
Modal-Split	(Panel-)Befragung	Quantitative Befragung (nicht Computer gestützt)	Schriftlich postalisch (mail out – mail back) Schriftlich telefonisch (mail out – telephone collection) Persönlich (face to face) Telefonisch	VSS-Norm SN 640 000a (in Bearbeitung) VSS-Norm SN 640 003a (in Bearbeitung) Widmer et al. (2015)
		Quantitative Befragung (Computer gestützt)	Selbst administriert (CASI) Selbst administriert mit Webzugang (CAWI) Persönlich (CAPI) Telefonisch (CATI)	
		Quantitative Befragung (GPS unterstützt)	GPS (GPS-Logger/Smartphone mit Befragung)	
	Beobachtung	Streckenbezogene Beobach- tung	GPS (Floating Car Data/GPS-Logger/Smartphone ohne Befragung) Mobilfunk (Floating Phone Data)	
	Berechnung		Verkehrsmodell Mikrosimulation	

Indikatoren	Erhebungsmethode	Auswahl Untermethoden	Auswahl möglicher Technologien	Details siehe
Anhaltenmanöver, Wartezeiten	Beobachtung	Lokale manuelle Zählung	Strichlisten Tally Counters (Zähluhren) Tablet-Computer / Smartphones Foto- oder Videoaufnahmen	VSS-Norm SN 640 000a (in Bearbeitung) VSS-Norm SN 640 002a (in Bearbeitung) Widmer et al. (2015)
		Lokale automatische Zählung	Radartechnologie Lasertechnologie Infrarottechnologie Lichtschranken Induktionsschlaufen Magnetfeldsensoren Ultraschallsensoren Drucksensoren Radiowellen Videoaufnahmen (automatische Auswertung)	
		Streckenbezogene Messung und Zählung	GPS (Floating Car Data) Mobilfunk (Floating Phone Data)	
	Berechnung		Mikrosimulation	
Verkehrssicherheit	Statistik		Polizeiliche Unfallstatistik (VUGIS)	Zuständige kantonale Stellen
	Beobachtung (Konfliktanalyse)	Lokale Zählung	Manuelle Beobachtung Video-basierte Beobachtung	FGSV (2012)

I.2 Indikatoren für die Folgewirkungen

Tabelle 2: Indikatoren und Methoden zur Messung der Indikatoren für die Folgewirkungen

Indikatoren	Erhebungsmethode	Auswahl Untermethoden	Auswahl möglicher Technologien	Details siehe
Erreichbarkeit des IHG-Regionalzentrums	Beobachtung	Lokale Messung	Siehe Reisezeiten	Siehe Reisezeiten
		Streckenbezogene Messung	Siehe Reisezeiten	
	Berechnung		Verkehrsmodell	
Attraktivität des Fussverkehrs	Befragung zu Wahrnehmungen	Qualitative Befragung	Persönlich	VSS-Norm SN 640 000a (in Bearbeitung)
		Quantitative Befragung	Persönlich	VSS-Norm SN 640 002a (in Bearbeitung)
	Beobachtung des Verhaltens	Qualitative Beobachtung	Mit / ohne Videoaufnahmen Burano-Methode	VSS-Norm SN 640 003a (in Bearbeitung) Flick (2007) Metron (2012) zur Burano Methode
	Beobachtung	Lokale manuelle Zählung	Siehe Verkehrsbelastungen	Siehe Verkehrsbelastungen
		Lokale automatische Zählung	Siehe Verkehrsbelastungen	
		Streckenbezogene Zählung	Siehe Verkehrsbelastungen	
		Lokale Messung	Siehe Geschwindigkeiten	Siehe Geschwindigkeiten
		Streckenbezogene Messung	Siehe Geschwindigkeiten	
Aufenthaltsqualität	Befragung der Wahrnehmungen	Qualitative Befragung	Persönlich	Widmer et al. (2015) VSS-Norm SN 640 000a (in Bearbeitung)
		Quantitative Befragung	Persönlich	Axhausen (2015) VSS-Norm SN 640 003a (in Bearbeitung) Flick (2007)
	Beobachtung	Lokale manuelle Zählung	Siehe Verkehrsbelastungen	Siehe Verkehrsbelastungen
		Lokale automatische Zählung	Siehe Verkehrsbelastungen	
		Streckenbezogene Zählung	Siehe Verkehrsbelastungen	
		Lokale Messung	Siehe Geschwindigkeiten	Siehe Geschwindigkeiten
		Streckenbezogene Messung	Siehe Geschwindigkeiten	

Indikatoren	Erhebungsmethode	Auswahl Untermethoden	Auswahl möglicher Technologien	Details siehe
Attraktivität des Veloverkehrs	Befragung der Wahrnehmungen	Qualitative Befragung	Persönlich	Siehe Attraktivität des Fussverkehrs
		Quantitative Befragung	Persönlich	
	Beobachtung des Verhaltens	Qualitative Beobachtung	Mit / ohne Videoaufnahmen	
	Beobachtung des MIV-Verkehrs	Lokale manuelle Zählung	Siehe Verkehrsbelastungen	Siehe Verkehrsbelastungen
		Lokale automatische Zählung	Siehe Verkehrsbelastungen	
		Streckenbezogene Zählung	Siehe Verkehrsbelastungen	
		Lokale Messung	Siehe Geschwindigkeiten	Siehe Geschwindigkeiten
		Streckenbezogene Messung	Siehe Geschwindigkeiten	
Verkehrssicherheit	Statistik		Polizeiliche Unfallstatistik (vugis)	zuständige kantonale Stellen
	Beobachtung (Konfliktanalyse)	Lokale Zählung	Manuelle Beobachtung Video basierte Beobachtung	FGSV (2012)
	Befragung der Wahrnehmungen	Qualitative Befragung	Persönlich	Siehe Attraktivität des Fussverkehrs
		Quantitative Befragung	Persönlich	
Wohnlichkeit in den urbanen Räumen und Zentren des ländlichen Raums	Beobachtung	Lokale manuelle Zählung	Siehe Verkehrsbelastungen	Siehe Verkehrsbelastungen
		Lokale automatische Zählung	Siehe Verkehrsbelastungen	
		Streckenbezogene Zählung	Siehe Verkehrsbelastungen	
		Lokale Messung	Siehe Geschwindigkeiten	Siehe Geschwindigkeiten
		Streckenbezogene Messung	Siehe Geschwindigkeiten	
	Befragung	Qualitative Befragung	Persönlich	Siehe Verkehrsleistung
		Quantitative Befragung (nicht Computer-gestützt)	Schriftlich postalisch (mail out – mail back) Schriftlich telefonisch (mail out – telephone collection) Persönlich (face to face) Telefonisch	
		Quantitative Befragung (Computer-gestützt)	Selbst administriert (CASI) Selbst administriert mit Webzugang (CAWI) Persönlich (CAPI) Telefonisch (CATI)	

Indikatoren	Erhebungsmethode	Auswahl Untermethoden	Auswahl möglicher Technologien	Details siehe
Räumliche Verteilungseffekte	Räumliche Verteilung interessierender Indikatoren			
Auswirkung auf das lokale Gewerbe	Beobachtung	Lokale manuelle Zählung der Kunden	Strichlisten Tally Counters (Zähluhren) Tablet-Computer / Smartphones Foto- oder Videoaufnahmen	Siehe Verkehrsbelastung
	(Panel-) Befragung des Gewerbes	Qualitative Befragung	Persönlich	Siehe Verkehrsleistung
		Quantitative Befragung (nicht Computer-gestützt)	Schriftlich postalisch (mail out – mail back) Schriftlich telefonisch (mail out – telephone collection) Persönlich (face to face) Telefonisch	
		Quantitative Befragung (Computer-gestützt)	Selbst administriert (CASI) Selbst administriert mit Webzugang (CAWI) Persönlich (CAPI) Telefonisch (CATI)	
Auswirkungen auf den ÖV	Beobachtung	Lokale manuelle Zählung der Fahrgäste	Strichlisten Zähluhren Tablet-Computer / Smartphones Foto- oder Videoaufnahmen	VSS-Norm SN 640 000a (in Bearbeitung) VSS-Norm SN 640 002a (in Bearbeitung)
		Lokale automatische Zählung der Fahrgäste	Automatische Fahrgastzählgeräte Elektronische Ticketsysteme	FGSV (2012) Widmer et al. (in Bearbeitung)
		Messung der Betriebskilometer	Auswertung Fahrzeugdaten	
		Messung der Reisezeiten	Auswertung Fahrzeugdaten Siehe Reisezeiten	Siehe Reisezeiten
Reisezeitveränderungen	Beobachtung	Lokale Messung	Foto- oder Videoaufnahmen (Kennzeichen-Vergleich) Bluetooth / Wi-Fi (Vergleich von MAC-Adressen)	Siehe Reisezeiten
		Streckenbezogene Messung	Messfahrten mit manueller Messung GPS (Floating Car Data, Floating Phone Data) Mobilfunk (Floating Phone Data) Verkehrsmodell	
			Verkehrsmodell	

Indikatoren	Erhebungsmethode	Auswahl Untermethoden	Auswahl möglicher Technologien	Details siehe
Veränderung der Zuverlässigkeit	Beobachtung	Lokale Messung	Foto- oder Videoaufnahmen (Kennzeichen-Vergleich) Bluetooth / Wi-Fi (Vergleich von MAC-Adressen)	Siehe Reisezeiten
		Streckenbezogene Messung	Messfahrten mit manueller Messung GPS (Floating Car Data, Floating Phone Data) Mobilfunk (Floating Phone Data)	
			Verkehrsmodell	
Luftschadstoffbelas- tung	Beobachtung	Lokale manuelle Zählung	Siehe Verkehrsbelastungen	Siehe Verkehrsbelastungen
Treibhausgas- Emissionen		Lokale automatische Zählung	Siehe Verkehrsbelastungen	
Lärmbelastung im Siedlungsgebiet		Streckenbezogene Zählung	Siehe Verkehrsbelastungen	
Übermässig lärmbelas- tete Flächen in Schutz- und Erholungsgebieten		Lokale Messung	Siehe Geschwindigkeiten	Siehe Geschwindigkeiten
		Streckenbezogene Messung	Siehe Geschwindigkeiten	
Flora und Fauna	Beobachtung	Zählung	Unterschiedliche Technologie je nach Tierart	VSS-Norm SN 640 690a VSS-Norm SN 640 692 Voser et al. (2005)
	Befragung	Qualitative Befragung von Jägern, Wildhütern, Fischern etc.	Persönlich	VSS-Norm SN 640 692 Voser et al. (2005)
Landschafts- und Ortsbild	Beobachtung	Fotodokumentation	Fotoaufnahmen	Metron (2012)
Wasserqualität	Beobachtung	Messung	Analyse von Wasserproben	BAFU (2010) BAFU (2013) Schweizerischer Bundesrat (2014)

II Normentwurf

Ersetzt / Remplace / Replaces:
SN XXX XXX:XXXX, SN EN XXXXX:XXXX

Ausgabe / Edition: xxxx
ICS-Code:

Projektbearbeitung Wirkungskontrollen von Strassenprojekten

Elaboration des projets Analyse des impacts des projets routiers

ENTWURF

Für diese Norm ist die VSS-FK X, xxxxxxk, sowie die VSS-FNK yy, yyyyyy, zuständig.

La présente norme est de la compétence de la CT VSS x, xxxx, et la CRN VSS yy, yy

Ref. Nr. / N° de réf. / Ref. no.:

SN 640 yyy

Gültig ab / Valide de / Valid from:

yyyyyy

Herausgeber / Editeur / Editor:

Schweiz. Verband der Strassen-
und Verkehrsfachleute VSS
Sihlquai 255
CH-8005 Zürich
© VSS

Vertrieb / Distribution:

Schweiz. Verband der Strassen-
und Verkehrsfachleute VSS
Sihlquai 255
CH-8005 Zürich

Anz. Seiten / Nb. de pages / No. of pages:

Preisklasse / Classe de prix / Price class:

—

Urheberrechtsvermerk

© 2014, VSS Zürich

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung des VSS.

Herausgeber

Schweizerischer Verband der
Strassen- und Verkehrsfachleute VSS
Sihlquai 255
8005 Zürich
Telefon +41 44 269 40 20
Fax +41 44 252 31 30
info@vss.ch
www.vss.ch

Bearbeitung

VSS-Forschungs- und Normierungskommission (FNK)
xxxxx

Liste der beteiligten Mitglieder

Name, Vorname, Ort

Diese Norm wurde gemäss dem aktuellen Wissensstand in den Bereichen der Sicherheit und der Nachhaltigkeit erarbeitet.

Genehmigung

VSS-Fachkommission (FK) x,
xxxxxx

Publikation

xxxxx

Notice du droit d'auteur

© 2014, VSS Zurich

Tous droits réservés. L'ouvrage et ses parties sont protégés par la législation sur le droit d'auteur. Toute autre utilisation que celles autorisées par la loi nécessite l'accord préalable écrit de la VSS.

Editeur

Association suisse des professionnels
de la route et des transports VSS
Sihlquai 255
8005 Zurich
Téléphone +41 44 269 40 20
Fax +41 44 252 31 30
info@vss.ch
www.vss.ch

Elaboration

Commission de recherche et de normalisation (CRN) VSS
xxxxx

Ont collaboré à l'élaboration de la norme

Nom, prénom, lieu

Cette norme a été élaborée sur la base des connaissances actuelles dans les domaines de la sécurité et du développement durable.

Approbation

Commission technique VSS (CT) x,
xxxxxxx

Publication

xxxxx

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

A	Allgemeines	4
1	Geltungsbereich	4
2	Gegenstand	4
3	Zweck	4
4	Begriffe	4
4.1	Strassenprojekt	4
4.2	Indikator	4
4.3	Indikatorenwerte	4
4.3.1	$Z_{V,i}$	4
4.3.2	$Z_{Y0,i}$	5
4.3.3	$Z_{Ym,i}$	5
4.3.4	$Z_{VVG,i}$	5
4.3.5	$Z_{YVG,i}$	5
4.4	Externe Effekte	5
4.4.1	Expositionseffekt	5
4.4.2	Trendeffekt	5
4.4.3	Zufallseffekt	5
4.5	Bruttoeffekt	5
4.6	Nettoeffekt	5
4.7	Vorher-und Nachher-Untersuchung	6
4.8	Untersuchungsgebiet	6
4.9	Massnahmengruppe	6
4.10	Vergleichsgruppe	6
4.11	Wirkungsmodell	6
4.12	Generalisierte Reisekosten	6
5	Abgrenzung	7
B	Ablauf der Wirkungskontrolle	7
6	Abstimmung mit dem Planungsprozess	7
7	Arbeitsschritte	8
7.1	Erstellen des Wirkungsmodells	8
7.2	Festlegung des Inhaltes der Wirkungskontrolle	9
7.2.1	Spektrum möglicher Auswirkungen	9
7.2.2	Indikatoren zur Untersuchung der verkehrlichen Auswirkungen	9
7.2.3	Indikatoren zur Untersuchung der Folgewirkungen	11
7.2.4	Wahl der zur berücksichtigen Indikatoren	13
7.3	Festlegung des Erhebungskonzepts	13
7.3.1	Methode	13
7.3.2	Berücksichtigung der externen Effekte	13
7.3.3	Festlegung der Vergleichsgruppe	13
7.3.4	Untersuchungsgebiet	13
7.3.5	Erhebungsmethoden	14
7.3.6	Zeitliche Festlegung der Erhebungen	14
7.3.7	Dateneingabe	14
7.3.8	Qualitätssicherung	14
7.3.9	Kostenschätzung für die Wirkungskontrolle	14
7.3.10	Auswertungskonzept	14
7.4	Auswertung und Beurteilung	15
7.4.1	Inhalt der Auswertung	15
7.4.2	Datenaufbereitung	15
7.4.3	Ermittlung von $Z_{Y0,i}$ und $Z_{Ym,i}$	15
7.4.4	Beurteilung	16
7.4.5	Schlussfolgerung und Folgemaassnahmen	16
7.5	Dokumentation der Ergebnisse	16
7.5.1	Inhalt der Dokumentation	16
7.5.2	Metadaten und Datenformate	16
7.5.3	Publikation	17

A Allgemeines

1 Geltungsbereich

Diese Norm gilt für die Wirkungskontrolle von Strassenprojekten aller Art (Neu-, Um- und Ausbauten, betriebliche Massnahmen wie Parkplatzbewirtschaftung usw.).

2 Gegenstand

Die Norm gibt Hinweise zum Inhalt und zur Durchführung von Wirkungskontrollen von Strassenprojekten.

3 Zweck

Die Norm dient der Vereinheitlichung des Vorgehens bei der Planung, Durchführung, Auswertung, Bewertung und Dokumentation von Wirkungskontrollen von Strassenprojekten.

Eine Wirkungskontrolle dient hauptsächlich folgenden Zwecken:

- Überprüfung, ob die Projektziele erreicht wurden
- Lernen aus der Erfahrung zur Verbesserung zukünftiger Strassenprojekte sowie zur Erhöhung der Zuverlässigkeit der Instrumente und Methoden zur ex ante Abschätzung von Projektwirkungen
- Erkennen von unerwarteten Wirkungen eines Strassenprojektes.

4 Begriffe

4.1 Strassenprojekt

Strassenprojekte sind Massnahmen im Bereich des Strassenverkehrs, deren Wirkungen zur Erreichung festgelegter Ziele beitragen sollen.

4.2 Indikator

Ein Indikator ist eine mess- oder beschreibbare Grösse, mit der ein Sachverhalt beurteilt wird, das heisst der Erreichungsgrad eines verfolgten Teilziels.

4.3 Indikatorenwerte

Die in den Vorher-/Nachher-Untersuchungen erhobenen Indikatorenwerte sind in der folgenden Abbildung veranschaulicht.

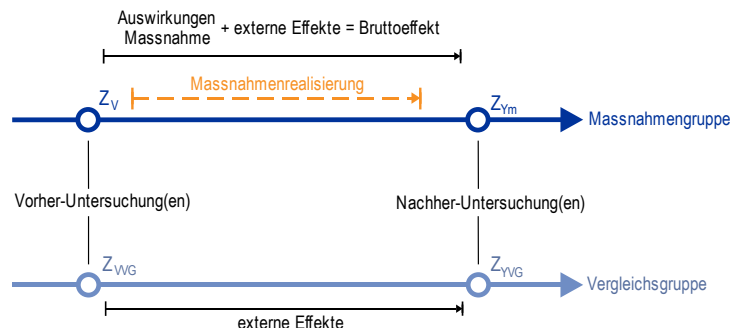


Abb. 1
Bezeichnung der erhobenen Indikatorenwerte

4.3.1 $Z_{v,i}$

Wert für den Indikator i der Vorher-Untersuchung der Massnahmengruppe (d.h. innerhalb des Untersuchungsgebietes).

4.3.2 $Z_{Y0,i}$

Z_{Y0} ist die Vorhersage, was der Wert des Indikators i zum Zeitpunkt Y nach der Realisierung des Strassenprojektes unter Berücksichtigung der externen Effekte gewesen wäre, wenn dieses nicht realisiert worden wäre (Massnahmengruppe).

4.3.3 $Z_{Ym,i}$

$Z_{Ym,i}$ ist der Schätzwert für den Wert des Indikators i zum Zeitpunkt Y nach der Realisierung des Strassenprojektes (Massnahmengruppe; in der Regel kann dazu der Wert der Nachher-Untersuchung verwendet werden).

4.3.4 $Z_{VVG,i}$

Wert für den Indikator i zum Zeitpunkt der Vorher-Untersuchung in der Vergleichsgruppe

4.3.5 $Z_{YVG,i}$

Wert für den Indikator i zum Zeitpunkt der Nachher-Untersuchung in der Vergleichsgruppe

4.4 Externe Effekte

Externe Effekte sind Einflüsse, welche einen Indikator unabhängig vom Strassenprojekt verändern. Es werden Expositions-, Trend- und Zufallseffekte unterschieden.

4.4.1 Expositionseffekt

Der Expositionseffekt ist ein externer Effekt, welcher einen Indikator aufgrund lokal vorherrschender, vom Strassenprojekt unabhängigen Bedingungen (z.B. Wetter, Verkehrsbelastungen usw.) beeinflusst.

4.4.2 Trendeffekt

Der Trendeffekt ist ein externer Effekt, welcher einen Indikator aufgrund allgemeiner, vom Strassenprojekt unabhängiger Entwicklungen (z.B. Fahrzeugtechnologie, Gesetzgebung, Treibstoffkosten usw.) beeinflusst.

4.4.3 Zufallseffekt

Der Zufallseffekt beschreibt die Tendenz der in einer Zeitreihe aufgenommenen Messwerte stochastischer Grössen (z.B. Unfälle) sich dem Mittelwert dieser Grösse anzunähern. Diese Tendenz wird als Regression-zum-Mittelwert-Effekt (RTM-Effekt) bezeichnet.

4.5 Bruttoeffekt

Der Bruttoeffekt ist die Differenz zwischen den Ergebnissen der Vorher- und Nachher-Messung. Er beinhaltet neben den auf die Massnahme zurückzuführenden Wirkungen (Nettoeffekt) auch die von externen Effekten verursachten Veränderungen.

4.6 Nettoeffekt

Der Nettoeffekt beschreibt die ausschliesslich auf die Massnahme zurückzuführenden Wirkungen und entspricht dem Unterschied $Z_{Ym} - Z_{Y0}$

Es gilt: Nettoeffekt = Bruttoeffekt minus Expositionseffekt minus Trendeffekt minus Zufallseffekt.

Die externen Effekte können in der Summe sowohl positive (Fall 1) als auch negative Vorzeichen (Fall 2) aufweisen.
© VSS

sen. Dieser Sachverhalt ist in der folgenden Abbildung vereinfachend dargestellt. Der interessierende Nettoeffekt ergibt sich aus dem gemessenen Bruttoeffekt und der Korrektur um die Summe der externen Effekte.

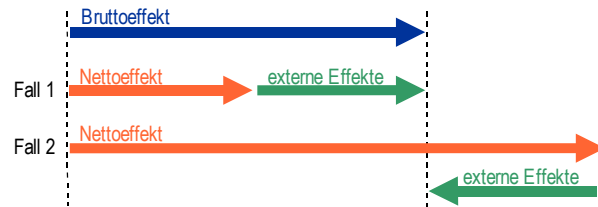


Abb. 2
Nettoeffekt als Summe aus Bruttoeffekt und externen Effekten

4.7 Vorher-und Nachher-Untersuchung

Mit der Vorher-und Nachher-Untersuchung werden die Indikatoren für die Zustände vor und nach der Inbetriebnahme des Strassenprojektes gemessen resp. beschrieben.

4.8 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet ist jener geographische Raum, innerhalb welchem das Strassenprojekt relevante Auswirkungen auf die zu untersuchenden Indikatoren hat. Grundsätzlich ist das Untersuchungsgebiet für jeden Indikator separat festzulegen.

4.9 Massnahmengruppe

Eine Massnahmengruppe sind Objekte (Anlagen, Bewohner, Geschäfte, Siedlungs- und Landschaftsräume usw.) innerhalb des Untersuchungsgebietes, welche vom Strassenprojekt betroffen sind.

4.10 Vergleichsgruppe

Eine Vergleichsgruppe sind Objekte (Anlagen, Bewohner, Geschäfte, Siedlungs- und Landschaftsräume usw.) ausserhalb des Untersuchungsgebietes, welche möglichst ähnliche Eigenschaften und Rahmenbedingungen bezüglich der externen Effekte aufweisen wie jene innerhalb des Untersuchungsgebietes, aber vom Strassenprojekt nicht betroffen sind.

4.11 Wirkungsmodell

Das Wirkungsmodell beschreibt die kausalen Zusammenhänge zwischen dem Strassenprojekt und dem Verkehrs- und Mobilitätsverhalten. Ausserdem identifiziert es externe Effekte und deren möglichen Einflüsse. Es dient dazu, die relevanten verkehrlichen Auswirkungen und die Folgewirkungen zu erkennen und bezüglich ihrer zeitlichen und räumlichen Dimension abzugrenzen.

4.12 Generalisierte Reisekosten

Die generalisierten Reisekosten entsprechen der Summe aus den (monetär bewerteten) Zeitkosten, den (monetarierten) Kosten der (Un-)Zuverlässigkeit, den Betriebskosten des Fahrzeugs (inkl. Treibstoff ohne Steuern), den Abgaben für Treibstoffsteuern und Maut sowie den Parkgebühren.

5 Abgrenzung

In der Wirkungskontrolle werden die kausal mit dem Straßenprojekt zusammenhängenden Wirkungen überprüft. Andere Kontrollen wie Umsetzungs-, Kosten- und Qualitätskontrollen oder die Evaluation des Planungsprozesses sind nicht Bestandteil der Norm. Ebenfalls nicht Bestandteil von Wirkungskontrollen im Sinne der Norm ist die Untersuchung langfristiger Auswirkungen auf Siedlungs- und Wirtschaftsstrukturen.

B Ablauf der Wirkungskontrolle

6 Abstimmung mit dem Planungsprozess

Die Festlegung des Ablaufs und der Inhalte der Wirkungskontrolle erfolgen, wie in Abb. 3 generell dargestellt, abgestimmt auf den Planungsprozess.

Von besonderer Bedeutung sind die im Planungsprozess festgelegten Projektziele, deren Erreichungsgrad mit der Wirkungskontrolle überprüft werden soll.

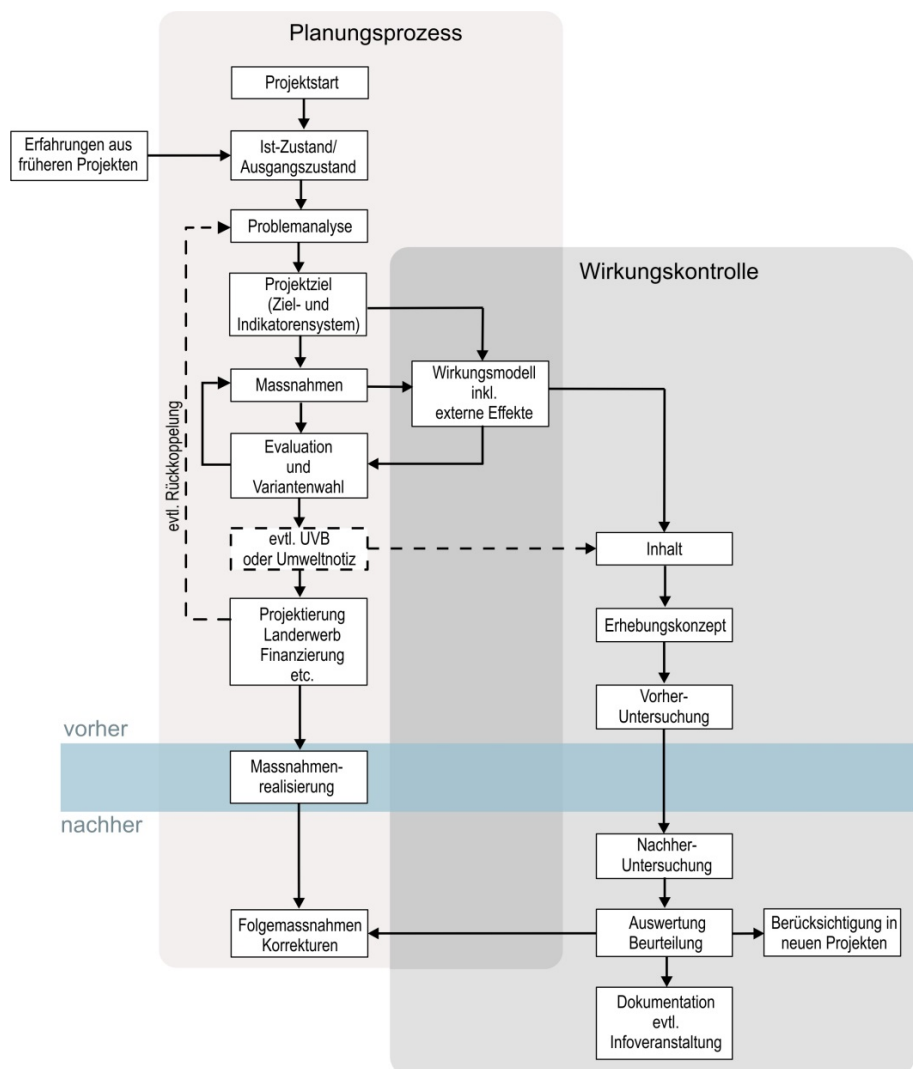


Abb. 3
Generelles Ablaufschema Planungsprozess und Wirkungskontrolle

7 Arbeitsschritte

7.1 Erstellen des Wirkungsmodells

Das Wirkungsmodell, welches bereits im Planungsprozess erstellt wurde, wird nötigenfalls ergänzt und verfeinert. Ein generisches Wirkungsmodell zur Abbildung der verkehrlichen Auswirkungen eines Strassenprojektes ist in Abb. 4 dargestellt. Die verkehrlichen Auswirkungen haben Folgewirkungen in den Bereichen Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt, wie dies in Kapitel 7.2.1 beschrieben und in Abb. 5 dargestellt ist.

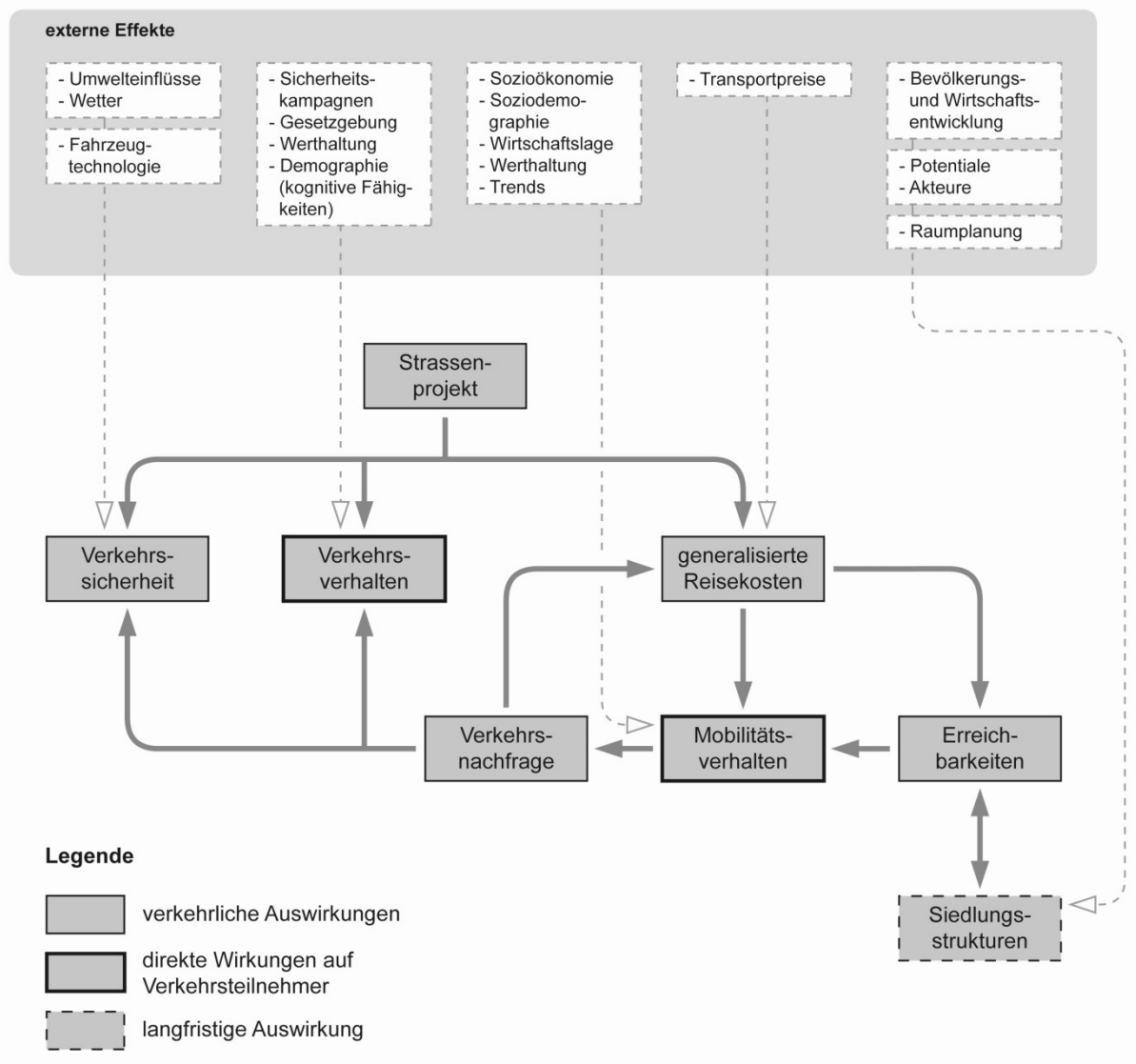


Abb. 4
Generisches Wirkungsmodell für die verkehrlichen Auswirkungen eines Strassenprojektes

Das generische Wirkungsmodell unterscheidet zwischen Strassenprojekten, welche sich nicht auf die generalisierten Reisekosten auswirken und solchen, welche eine Veränderung der generalisierten Reisekosten im Untersuchungsgebiet zur Folge haben.

Die längerfristigen Auswirkungen der veränderten Erreichbarkeiten auf die Siedlungsstrukturen sind nicht Gegenstand der Wirkungskontrolle gemäss dieser Norm.

7.2 Festlegung des Inhaltes der Wirkungskontrolle

Die Festlegung der zu untersuchenden Auswirkungen richtet sich nach den Zielsetzungen der Wirkungskontrolle resp. nach den Fragestellungen (z.B.: wurden die Projektziele erreicht?), welche mit dieser beantwortet werden sollen.

Aus den Tabellen 1 – 4 sind die für das zu untersuchende Strassenprojekt relevanten Indikatoren auszuwählen. Weiterführende Informationen zu den Indikatoren finden sich in [11].

7.2.1 Spektrum möglicher Auswirkungen

Die folgende Abbildung zeigt schematisch das Spektrum möglicher Auswirkungen für ein grösseres Strassenprojekt. Aus diesem Spektrum sind die für den konkreten Einzelfall massgebenden Auswirkungen auszuwählen.

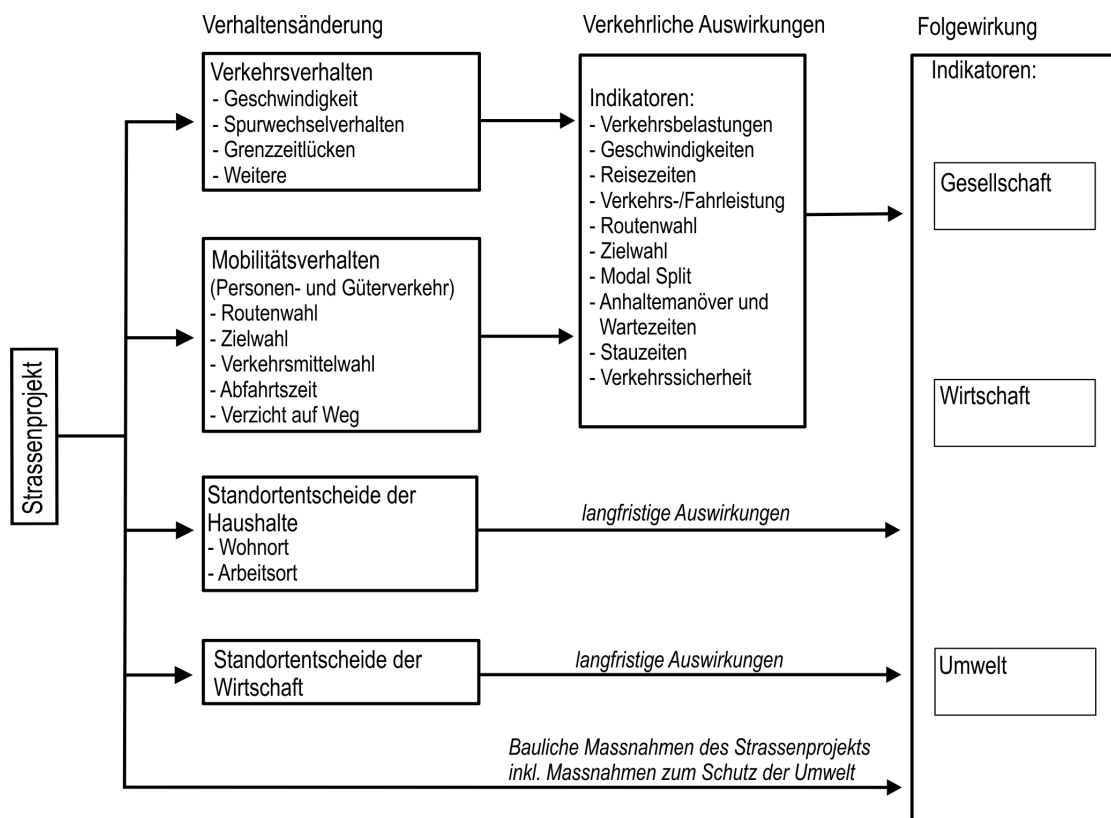


Abb. 5

Mögliche Auswirkungen von Strassenprojekten

7.2.2 Indikatoren zur Untersuchung der verkehrlichen Auswirkungen

Mögliche Indikatoren zur Messung der verkehrlichen Auswirkungen sind in der folgenden Tabelle aufgelistet. Hinweise zur Erhebung dieser Indikatoren finden sich in den Normen SN 640 000 «Verkehrserhebungen; Grundlagen» [1], SN 640 002 «Verkehrserhebungen; Methoden der Verkehrsbeobachtung» [2] und SN 640 003 «Verkehrserhebungen; Methoden der Verkehrsbefragung» [3].

Aus dieser Liste sind die für das zu untersuchende Strassenprojekt unter Berücksichtigung der Zielsetzungen für die Wirkungskontrolle relevanten Indikatoren auszuwählen. Weiterführende Informationen zu den Indikatoren finden sich in [11].

Indikatoren zur Untersuchung der verkehrlichen Auswirkungen	
Indikator	Kommentar
Verkehrsbelastungen	Anzahl Personen oder Fahrzeuge, welche einen Querschnitt pro Zeiteinheit passieren. Im ÖV kann auch die Zahl der pro Zeiteinheit beförderten Personen insgesamt oder auf einzelnen Linien von Interesse sein. Übliche Kennwerte sind die Spitzenstundenbelastungen, der durchschnittliche Werktagsverkehr (DWV) oder der durchschnittliche Tagesverkehr (DTV).
Geschwindigkeiten	Es wird unterschieden zwischen den während einer Zeitperiode an einem Querschnitt gemessenen Geschwindigkeiten und den zu einem bestimmten Zeitpunkt auf einem Strassenabschnitt gefahrenen Geschwindigkeiten. Üblich sind Messungen an einem Querschnitt, deren Ergebnisse mit dem Medianwert und dem 85-Perzentil beschrieben werden.
Reisezeiten	Die Reisezeit schliesst die Zeit in Bewegung (Fahrzeit, Gehzeit) sowie Wartezeiten (im Stau, an der Haltestelle oder beim Umsteigen) ein. Bei Wirkungskontrollen interessieren die tageszeitabhängigen Reisezeiten zwischen festgelegten Orten. Zunehmend ist auch die Variabilität der Reisezeiten, d.h. die Verlässlichkeit des Verkehrsangebotes, von Interesse. Zur Untersuchung der Verlässlichkeit werden verschiedene Masse verwendet. Ein einfaches Mass ist der Buffer-Index, d.h. die Differenz zwischen dem 90-Perzentil und dem Median der Reisezeiten. Bei der Wirkungskontrolle stehen die vom zu untersuchenden Strassenprojekt verursachten Veränderungen der Reisezeiten (evtl. differenziert nach Verkehrsmitteln) zwischen festgelegten Räumen, z.B. zwischen den Zentren oder zwischen ländlichen Räumen und den zugehörigen Regionalzentren im Vordergrund des Interesses. Diese Veränderungen lassen sich mittels Vorher-/Nachher-Messungen der Reisezeiten zwischen festgelegten Punkten unter Berücksichtigung allfälliger externer Effekte ermitteln.
Verkehrs- und Fahrleistungen	Die Verkehrsleistung ist definiert als die Summe der von allen Personen des Untersuchungsgebietes zurückgelegten Distanzen pro Zeiteinheit, z.B. pro Jahr. Die Verkehrsleistung wird entsprechend als Personen-km pro Zeit angegeben. Analog misst die Fahrleistung die von allen Fahrzeugen im Untersuchungsgebiet zurückgelegten Distanzen pro Zeiteinheit. Entsprechend wird die Fahrleistung als Fahrzeug-km pro Zeit angegeben. Die Ermittlung der Verkehrs- und Fahrleistungen erfolgt am zweckmässigsten mit Verkehrsmodellen, welche anhand von Vorher- und Nachhermessungen kalibriert worden sind.
Routenwahl	Veränderungen der Routenwahl, welche sich in Veränderungen der Verkehrsbelastungen niederschlagen, sind insbesondere zur Überprüfung der Genauigkeit des eingesetzten Verkehrsmodells (Verkehrsumlegungs-Modell) von Interesse.
Zielwahl	Veränderungen der Zielwahl, d.h. der Wahl des Ortes, an welchem Aktivitäten ausgeführt werden, können sich als Folge eines Strassenprojektes bereits kurzfristig, ohne dass sich die Siedlungsstruktur massgeblich verändert hat, ergeben. Auch die Untersuchung dieses Effektes, z.B. mittels Befragungen, hilft, die Genauigkeit des eingesetzten Verkehrsmodells zu überprüfen.
Modal Split	Unter Modal Split werden die Anteile der einzelnen Verkehrsmittel (MIV, ÖV, Velo, Fussgänger) am Gesamtverkehr verstanden. Als Gesamtverkehr können die Summen aller Etappen, aller Wege oder die Verkehrsleistung (Personen-km) verstanden werden.
Anhaltenmanöver und Wartezeiten	Die Zahl der Anhaltenmanöver und die statistischen Kennwerte für die Wartezeiten werden zur Beschreibung der Verkehrsqualität verwendet.
Stauzeiten	Als Stauzeit wird hier (es gibt andere Definitionen) die Differenz zwischen der Zeit, welche bei unbehinderter Fahrt für die Zurücklegung einer Strecke benötigt wird, und der Zeit welche bei den aktuell herrschenden Bedingungen (Verkehrsbelastung, Unfall, Baustelle usw.) benötigt wird, verstanden.
Verkehrssicherheit	Für die Untersuchung der Verkehrssicherheit eines Strassenabschnittes oder Netzteils wird die Anzahl Unfälle, evtl. differenziert nach Unfalltypen, pro Zeiteinheit verwendet. Wenn die Zahl der registrierten Unfälle klein ist (zu klein für statistisch gesicherte Aussagen), kann eine Konfliktanalyse Hinweise zur Verkehrssicherheit eines begrenzten Netzabschnittes oder Einzelknotens liefern.

Tab. 1
Indikatoren für die verkehrlichen Auswirkungen

7.2.3 Indikatoren zur Untersuchung der Folgewirkungen

In der folgenden Tabelle sind mögliche Indikatoren zur Messung der Folgewirkungen in den Bereichen Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt aufgelistet.

Aus diesen Listen sind die für das zu untersuchende Strassenprojekt relevanten Indikatoren auszuwählen.

Indikatoren zur Untersuchung der Folgewirkungen im Bereich Gesellschaft	
Indikator	Kommentar
Erreichbarkeit des IHG-Regionalzentrums	Dieser Indikator misst die Erreichbarkeit der Regionalzentren aus Sicht der Randregionen. Er ist nur bei grösseren Projekten, welche einen Einfluss auf die generalisierten Reisekosten haben, relevant.
Attraktivität des Fussverkehrs	Die Attraktivität für die Fussgänger verbessert sich durch eine Reduktion der Verkehrsbelastung und der Verkehrsgeschwindigkeit, eine Erleichterung der Überquerbarkeit der Strassen und Plätze, eine bessere Strassenraumgestaltung usw. Die Messung der Veränderung der Attraktivität für die Fussgänger kann mittels Vorher-/Nachher-Befragungen von Fussgängern zur wahrgenommenen Attraktivität, Vorher-/Nachher-Beobachtungen (z.B. mit Video) des Fussgängerverhaltens, insbesondere auch beim Queren der Strassen und Plätze oder indirekt mittels Vorher-/Nachher-Messungen der Verkehrsbelastungen und -geschwindigkeiten erfolgen.
Aufenthaltsqualität	Die Aufenthaltsqualität beschreibt die Attraktivität eines öffentlichen Raumes (z.B. Strasse, Platz) als Aufenthaltsort (z.B. zum Einkaufen, Flanieren usw.). Die Wahrnehmung der Aufenthaltsqualität ist weitgehend subjektiv, kann aber auch mit der vorhandenen Verkehrsbelastung zusammenhängen. Die Messung der Veränderung der Aufenthaltsqualität kann mittels Vorher-/Nachher-Befragungen von Passanten zur wahrgenommenen Aufenthaltsqualität oder indirekt mittels Vorher-/Nachher-Messungen der Verkehrsbelastungen und -geschwindigkeiten erfolgen.
Attraktivität des Veloverkehrs	Für die Messung der Veränderung der Attraktivität für die Radfahrer durch ein Strassenprojekt können die analogen Methoden wie oben bei der Attraktivität des Fussverkehrs beschrieben verwendet werden.
Subjektive Verkehrssicherheit	Neben der Veränderung der objektiven Verkehrssicherheit, einer verkehrlichen Auswirkung, kann ein Strassenprojekt auch die subjektiv wahrgenommene Sicherheit verändern. Neben der individuell gefühlsmässigen Einschätzung der Verkehrssicherheit betrifft dies auch das Sicherheitsempfinden bezüglich Übergriffen. Letzteres ist besonders beim Fuss- und Veloverkehr ein wichtiger Aspekt. Die Veränderung der subjektiv wahrgenommenen Sicherheit wird mit Vorher-/Nachher-Befragungen erhoben.
Wohnlichkeit in den urbanen Räumen und Zentren des ländlichen Raums	Die Wohnlichkeit beschreibt die Attraktivität einer Ortschaft als Wohnstandort anhand der Kriterien Lärm- und Luftschadstoffbelastung, subjektive Sicherheit, Orts- und Landschaftsbild usw. Zwischen der Wohnlichkeit eines Ortes und der Verkehrsbelastung besteht ein enger Zusammenhang. Für die Erhebung der subjektiven Wahrnehmung der Veränderung sind entsprechende Vorher-/Nachher-Befragungen erforderlich.
Räumliche Verteilungseffekte	Der Indikator beschreibt die räumliche Verteilung von Kosten und Nutzen des Strassenprojektes. Die Messung erfordert eine räumliche Analyse der vom Strassenprojekt verursachten Kosten und Nutzen, z.B. der Veränderungen der Verkehrsbelastungen, Lärm- und Luftschadstoffbelastungen, Reisezeiten usw.

Tab. 2
Indikatoren zur Erhebung der gesellschaftlichen Folgewirkungen

Indikatoren zur Untersuchung der Folgewirkungen im Bereich Wirtschaft	
Indikator	Beschreibung
Auswirkung auf das lokale Gewerbe	Strassenprojekte können die Erreichbarkeit und die Aufenthaltsqualität von Einkaufs-, Freizeit- oder Gewerbestandorten und damit deren Attraktivität verändern. Dies kann sich auf den Umsatz des lokalen Gewerbes auswirken. Es können z. B. folgende Zahlen vorher und nachher erhoben werden: – Umsatzzahlen (oft schwer zu erheben) – Kundenfrequenzen – Verkaufsflächen – Personalbestand
Auswirkungen auf den ÖV	Ein Strassenprojekt kann Auswirkungen auf die Nachfrage, die Reisezeiten, die Betriebskilometer, die Zuverlässigkeit usw. im öffentlichen Verkehr haben. Alle diese Effekte lassen sich mit Vorher-/Nachher-Erhebungen dieser Indikatoren ermitteln.

Tab. 3
Indikatoren zur Erhebung der wirtschaftlichen Folgewirkungen

Indikatoren zur Untersuchung der Folgewirkungen im Bereich Umwelt	
Indikator	Beschreibung
Luftschadstoffbelastung	Die Veränderung der Luftschadstoffbelastung ist eine Folge der Auswirkungen des Strassenprojektes auf die Verkehrsbelastungen und die Verkehrsgeschwindigkeiten. Mit Hilfe des Handbuchs der Emissionsfaktoren [9] lassen sich z.B. die NOx-Emissionen berechnen. Für die Vorher- und Nachher-Untersuchung müssen unveränderte Emissionsfaktoren angenommen werden.
Treibhausgas-Emissionen	Das wichtigste vom Strassenverkehr emittierte Treibhausgas ist Kohlendioxid (CO₂). Dessen Emissionen lassen sich anhand der effektiven Verkehrssituationen (Verkehrsmenge und -zusammensetzung, Geschwindigkeiten usw.) mit Hilfe des Handbuchs der Emissionsfaktoren [9] berechnen. Für die Vorher- und Nachher-Untersuchung müssen unveränderte Emissionsfaktoren angenommen werden.
Lärmbelastung im Siedlungsgebiet	Der Indikator beschreibt die Lärmbelastung (Beurteilungspegel) gemäss Lärmschutzverordnung in der Mitte offener Fenster von lärmempfindlichen Räumen. Bei Strassenprojekten interessiert in der Regel nur der Lärm des Strassenverkehrs. Dieser ist eine direkte Folge des Verkehrs (Menge, Zusammensetzung und Geschwindigkeit), der Strassenanlage (Belag, Steigung) und der Situation auf dem Ausbreitungsweg. Für die Lärmberechnung stehen entsprechende Berechnungsmodelle (z.B. STL-86) zur Verfügung. Anstelle komplexer Modellrechnungen können vereinfachte Abschätzungen der Lärmimmissionen aufgrund der veränderten Verkehrsbelastung oder Fahrleistung innerorts vorgenommen werden. Bei Lärmschutzprojekten (z.B. Lärmschutzwänden) ist evtl. die Durchführung von Messungen zweckmässig.
Übermässig lärmbelastete Flächen in Schutz- und Erholungsgebieten	Der Indikator beschreibt die Lärmimmissionen aufgrund des Strassenverkehrs in Schutz- und Erholungsgebieten. Die Lärmimmissionen für die Situation vor und nach Inbetriebnahme des Strassenprojektes können mit Modellen (z.B. STL-86) berechnet werden. Anstelle komplexer Modellrechnungen können vereinfachte Abschätzungen der Lärmimmissionen aufgrund der veränderten Verkehrsbelastung oder Fahrleistung ausserorts vorgenommen werden.

Tab. 4
Indikatoren zur Erhebung der umweltrelevanten Folgewirkungen

Indikatoren zur Untersuchung der Folgewirkungen im Bereich Umwelt	
Indikator	Beschreibung
Flora und Fauna	Die Auswirkungen auf Flora und Fauna hängen von der Ausgestaltung des Strassenprojektes ab (z.B. Zerschneidung von Habitaten, Grundwasserabsenkungen, ökologische Ersatzmassnahmen, Grünbrücken, Verlust oder Schaffung von Trockenstandorten, Veränderung des Mikroklimas). Die Komplexität der biologischen Wechselwirkungen erfordert eine Bearbeitung durch entsprechend ausgebildete Fachleute und beschränkt sich in der Regel auf Projekte, welche Gegenstand einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) waren. In den Normen SN 640 610b «Umwelt; Umweltbegleitung samt Umweltabnahme» [5], SN 640 690 «Fauna und Verkehr; Grundnorm» [6] und SN 640 692 «Fauna und Verkehr; Fauna-Analysemethoden» [7] sowie in [8] und [12] finden sich Hinweise für die Bearbeitung dieses Indikators.
Landschafts- und Ortsbild	Mit dem Bau einer Verkehrsinfrastruktur kann sich das Landschaft- und Ortsbild verändern. Die Veränderung lässt sich mit Fotos, welche vor und nach der Inbetriebnahme von verschiedenen Standorten aus aufgenommen wurden, dokumentieren und anschließend (subjektiv) beurteilen.
Beeinträchtigung von Gewässern	Der Bau und der Betrieb einer Verkehrsinfrastruktur können die Wasserqualität der Vorfluter, den Gewässerraum und das Grundwasser sowie den Grundwasserspiegel (z.B. bei Einschnitten, Tunnels) verändern. Die Feststellung dieser Veränderungen erfordert die Durchführung von Vorher-/Nachher-Messungen.

Tab. 4

Indikatoren zur Erhebung der umweltrelevanten Folgewirkungen (Fortsetzung)

7.2.4 Wahl der zur berücksichtigten Indikatoren

Die Wahl der zur berücksichtigenden Indikatoren hängt von den im Wirkungsmodell als relevant erkannten Auswirkungen ab.

7.3 Festlegung des Erhebungskonzepts

7.3.1 Methode

Grundsätzlich soll die Wirkungskontrolle bei Strassenprojekten als Vorher-/Nachher-Untersuchung, in der Regel mit Vergleichsgruppe, durchgeführt werden.

7.3.2 Berücksichtigung der externen Effekte

Das Erkennen möglicher externer Effekte bei der Erstellung des Wirkungsmodells und die Berücksichtigung ihres Einflusses auf die zu messenden Indikatoren sind für die Validität der Ergebnisse der Wirkungskontrolle von entscheidender Bedeutung.

7.3.3 Festlegung der Vergleichsgruppe

Gibt es externe Effekte, deren Auswirkungen auf die Indikatoren nicht direkt abgeschätzt werden können, oder ist mit unbekannten externen Effekten zu rechnen, muss eine Vergleichsgruppe herangezogen werden.

7.3.4 Untersuchungsgebiet

Die Abgrenzung des Untersuchungsgebietes muss abgestimmt auf den Einzelfall für jeden Indikator anhand des Wirkungsmodells erfolgen. Als Faustregel gilt bei Projekten, welche sich auf die Verkehrsbelastungen auswirken, dass alle Strassenabschnitte mit Belastungsänderungen von mehr als 5 – 10% oder 1'000 Fahrzeugen pro Tag in das Untersuchungsgebiet einbezogen werden sollten. Hinweise dazu kann ein Verkehrsmodell liefern.

7.3.5 Erhebungsmethoden

Für die Auswahl der Erhebungsmethoden muss bekannt sein, in welchem Detaillierungsgrad die benötigten Daten vorliegen müssen. Eine Übersicht über die Methoden zur Erhebung der verkehrlichen Indikatoren findet sich in den Normen SN 640 000 [1], SN 640 002 [2] und SN 640 003 [3]. Methoden zur Erhebung des Indikators «Flora und Fauna» sind in den Normen SN 640 610b [5], SN 640 690 [6], SN 640 692 sowie in [7], [8] und [12] beschrieben.

7.3.6 Zeitliche Festlegung der Erhebungen

Bei Indikatoren, welche jahreszeitlichen, tageszeitlichen oder zufälligen Schwankungen unterliegen, ist die Dauer der Vorher- und Nachher-Erhebungen so festzulegen, dass repräsentative Stichproben gewonnen werden können.

Vorher-Untersuchungen sind so zu terminieren, dass sie möglichst knapp vor Beginn der Bauarbeiten resp. der Realisierung des Strassenprojektes abgeschlossen werden können. Dadurch soll gewährleistet werden, dass vom Projekt unabhängige Veränderungen der erhobenen Indikatoren zwischen der Vorher- und der Nachher-Erhebung möglichst klein sind.

Grundsätzlich sollten die Nachher-Untersuchungen so früh als möglich nach der Inbetriebnahme, sobald die Massnahme Wirkung zeigt und solange die Wirkungen externer Effekte noch möglichst klein sind, und in Abhängigkeit der zu messenden Indikatoren festgelegt werden; bei Unfällen kann die Wirkung sofort eintreten während Veränderungen der Flora und Fauna erst nach Jahren feststellbar sind.

7.3.7 Dateneingabe

Damit die Daten möglichst einfach und fehlerfrei eingegeben (manuell oder automatisiert) und ausgewertet werden können, muss bereits vor den Erhebungen klar sein, wie die Daten erfasst, aufbereitet und ausgewertet werden.

7.3.8 Qualitätssicherung

Zur Qualitätssicherung gehören die Prüfung der Vollständigkeit und der Plausibilität der Daten. Hinweise dazu liefern die Normen SN 640 000 [1], SN 640 002 [2] und SN 640 003 [3].

7.3.9 Kostenschätzung für die Wirkungskontrolle

Die Kosten für die Wirkungskontrolle sind frühzeitig abzuschätzen und im Gesamtbudget für das Strassenprojekt einzuplanen. Die Durchführung der Vorher-/Nachher-Untersuchungen bilden einen wesentlichen Bestandteil der Kosten einer Wirkungskontrolle. Hinweise zu den Kosten von Verkehrserhebungen finden sich in den Normen SN 640 002 [2] und SN 640 003 [3].

7.3.10 Auswertungskonzept

Das Vorgehen für die Auswertung und die Dokumentation sollte mindestens in den Grundzügen während der Erstellung des Erhebungskonzeptes festgelegt werden, damit sichergestellt ist, dass die Daten in der erforderlichen Form und im nötigen Umfang erhoben werden.

7.4 Auswertung und Beurteilung

7.4.1 Inhalt der Auswertung

Die Auswertung der Vorher-/Nachher-Untersuchungen richtet sich nach den Zielsetzungen der Wirkungskontrolle resp. den Fragestellungen, welche mit dieser beantwortet werden sollen, also z.B.:

- Wurden die Projektziele erreicht?
- Haben sich die Erwartungen und Befürchtungen, welche im Vorfeld der Projektumsetzung geäußert worden sind, erfüllt?
- Hatte das Strassenprojekt unerwartete, nicht antizipierte Auswirkungen?
- Wie gut stimmen die effektiv eingetretenen Veränderungen der Verkehrsnachfrage mit den Prognosen des Verkehrsmodells überein?
- Wie gut stimmen die im Rahmen des Bewertungsverfahrens oder der Umweltverträglichkeitsprüfung geschätzten Auswirkungen mit den tatsächlich eingetroffenen überein?

Bei stochastischen Indikatoren ist die Signifikanz des Nettoeffektes mit statistischen Methoden zu überprüfen.

7.4.2 Datenaufbereitung

Für jeden Indikator ist festzulegen, welcher Kennwert (z.B. Mittelwert mit/ohne Standardfehler, Perzentile, Anteile, qualitative Beschreibungen etc.) zu verwenden ist.

In gewissen Fällen sind Hochrechnungen, Klassifikationen (z.B. Zuordnung des Hauptverkehrsmittels zu einem Weg) oder Gewichtungen der Daten erforderlich.

7.4.3 Ermittlung von $Z_{Y0,i}$ und $Z_{Ym,i}$

Wenn zwischen den Vorher- und den Nachher-Untersuchungen wenig Zeit vergangen ist und/oder der Einfluss der externen Effekte vernachlässigt werden kann, so können die Ergebnisse der Vorher-Untersuchung (Z_V) $Z_{Y0,i}$ gleichgesetzt werden. Für die Schätzung der Werte $Z_{Ym,i}$ der Indikatoren i können in der Regel direkt die Ergebnisse der Nachher-Untersuchungen verwendet werden:

$Z_{Ym,i} - Z_{V,i} = \text{Bruttoeffekt} = \text{Nettoeffekt}$, wenn keine externen Effekte vorhanden sind

Wenn zwischen den Vorher- und den Nachher-Untersuchungen eine längere Zeitspanne liegt oder sonstige externe Effekte erwartet werden, müssen die Ergebnisse der Vorher-Erhebungen auf den Zeitpunkt Y der Nachher-Erhebungen unter Berücksichtigung der externen Effekte hochgerechnet resp. vorhergesagt werden.

Die Wirkung der externen Effekte lässt sich in Einzelfällen evtl. abschätzen. In der Regel wird sie jedoch aus dem Vergleich der Vorher-/Nachher-Untersuchungen der Vergleichsgruppe ermittelt und auf die Werte der im Untersuchungsgebiet durchgeführten Vorher-Erhebungen übertragen.

Dabei sind die externen Effekte, inkl. allfällige RTM-Effekte, zu berücksichtigen ($\triangleq Z_{VVG,i} - Z_{VVG,i}$).

Für die Schätzung der Werte $Z_{Ym,i}$ der Indikatoren i können in der Regel direkt die Ergebnisse der Nachher-Untersuchungen verwendet werden:

$$Z_{Y0,i} = Z_{V,i} + (Z_{VVG,i} - Z_{VVG,i})$$

$$Z_{Ym,i} - Z_{Y0,i} = \text{Nettoeffekt}$$

7.4.4 Beurteilung

Im Rahmen der Beurteilung sind die eingangs gestellten Fragen zu beantworten.

Falls die Projektziele nicht erreicht wurden oder grössere Abweichungen zwischen den prognostizierten und den tatsächlich eingetretenen Auswirkungen auftreten, soll nach möglichen Begründungen gesucht werden.

7.4.5 Schlussfolgerung und Folgemaassnahmen

Aus der Beurteilung der Wirkungen und den Begründungen für allfällige Abweichungen von den angestrebten Projektzielen resp. zwischen den prognostizierten und den tatsächlich eingetretenen Projektwirkungen werden die Lehren und Schlussfolgerungen gezogen sowie Empfehlungen formuliert. Diese dienen der Verbesserung zukünftiger Strassenprojekte, der Weiterentwicklung von Verkehrsmodellen und der Weiterentwicklung der Methodik zur Prognose von Umweltauswirkungen usw.

Wenn die Wirkungskontrolle zeigt, dass das Strassenprojekt nicht den erhofften Erfolg bringt oder unerwünschte "Nebeneffekte" zur Folge hat, sollen Massnahmen aufgezeigt werden, mit denen das Projekt verbessert werden könnte.

7.5 Dokumentation der Ergebnisse

7.5.1 Inhalt der Dokumentation

Damit Wirkungskontrollen dem Lernen für zukünftige Projekte dienen können, müssen deren Durchführung und Ergebnisse sorgfältig in einem Bericht dokumentiert werden. Dabei sind die Details des Strassenprojektes und der Wirkungskontrolle (Ziele, Wirkungsmodell, Indikatoren, Messmethoden, Datenauswertung, Ergebnisse, Schlussfolgerungen und Folgemaassnahmen) inkl. allenfalls aufgetretener Probleme usw. zu beschreiben.

Da die im Rahmen der Vorher-/Nachher-Untersuchungen durchgeführten Erhebungen sowohl zeit- als auch kostenmässig ein wesentlicher Bestandteil einer Wirkungskontrolle sind, ist es wichtig, dass auch diese sorgfältig dokumentiert werden. Dazu gehört auch eine sichere Ablage der erhobenen Daten.

7.5.2 Metadaten und Datenformate

Zu den Metadaten für Ablage der Daten der Wirkungskontrolle gehören die Angaben zum Projekt wie:

- Auftraggeber
- Beschreibung aller Projektbestandteile (Art, Lage etc.)
- Projektziele
- Kosten der Projektbestandteile
- Inbetriebnahme der einzelnen Projektbestandteile
- usw.

Hinweise zu den für eine einheitliche Dokumentation von Verkehrserhebungen erforderlichen Metadaten finden sich in den Normen SN 640 000 [1] und SN 640 015a «Verkehrserhebungen; Dokumentation von Verkehrsaufkommen» [4] sowie in [10].

Damit Verkehrserhebungs-Daten für andere Projekte oder Sekundäranalysen zur Verfügung stehen, sind sie in einem allgemein lesbaren Format (z.B. ASCII, XML usw.) zu speichern.

7.5.3 Publikation

Die Dokumentation der Wirkungskontrolle ist der Geschäftsstelle des VSS in elektronischer Form zur Verfügung zu stellen, damit sie von jedermann kostenlos von <http://www.mobilityplatform.ch> heruntergeladen werden kann.

C Literaturverzeichnis

- [1] SN 640 000 Verkehrserhebungen
Grundlagen
- [2] SN 640 002 Verkehrserhebungen
Methoden der Verkehrsbeobachtung
- [3] SN 640 003 Verkehrserhebungen
Methoden der Verkehrsbefragung
- [4] SN 640 015a Verkehrserhebungen
Dokumentation von Verkehrsaufkommen
- [5] SN 640 610b Umwelt
Umweltbegleitung samt Umweltabnahme
- [6] SN 640 690 Fauna und Verkehr
Grundnorm
- [7] SN 640 692 Fauna und Verkehr, Fauna-Analysemethoden
- [8] BAFU Standardisierte Wirkungskontrolle
an Wildtierpassagen, Handlungsanleitung, 2005
- [9] INFRAS Handbuch der Emissionsfaktoren,
2014
- [10] FGSV Empfehlungen für Verkehrserhebungen (EVE), 2012
- [11] Widmer P., P. Aemisegger, T. Buhl (2015) Wirkungskontrolle: Nachher-Untersuchung der Wirkung von Strassenprojekten. Forschungsprojekt VSS 2012/201
- [12] Woolsey, S. et al. (2005), Handbuch für die Erfolgskontrolle bei Fließgewässerrevitalisierungen. Publikation des Rhone-Thur Projektes, Eawag, WSL, LCH-EPFL, VAW-ETHZ

Glossar

Begriff	Bedeutung
EB	Empirical Bayes
ITE	Institute of Transportation Engineers
HBEFA	Handbuch Emissionsfaktoren
KNA	Kosten-Nutzen-Analyse
LSV	Lärmschutzverordnung
MAC-Adresse	Media-Access-Control-Adresse
NWA	Nutzwertanalyse
RTC	Randomized Controlled Trial
RTM	Regression to Mean
SPF	Safety Performance Function

Literaturverzeichnis

-
- Albuquerque, E. et al. (2012) Approaches to Evaluation of Social Impacts of Road Projects. Technical Committee A.3, World Road Association. <http://www.piarc.org>, Zugriff: 18.6.2014
-
- Amt für Verkehr (2011a) Glattalbahn. Erfolgskontrolle Leistungsfähigkeit Knoten Management Summary. Kanton Zürich
-
- Amt für Verkehr (2011b) Wirkungskontrolle Westumfahrung und A4 Knonaueramt. Kanton Zürich
-
- ARE (2000) Räumliche Auswirkungen der Verkehrsinfrastrukturen. Lernen aus der Vergangenheit. Projektübersicht. Bundesamt für Raumentwicklung
-
- Axhausen, K.W. (2015) Forschungsbündel Erhebung verkehrsplanerischer Grundlagedaten: Teilprojekt 3: Methoden der Verkehrsbefragung. Forschungsprojekt VSS 2011/103
-
- BAFU (2013) NAWA. Nationale Beobachtung Oberflächenwasserqualität. Bundesamt für Umwelt
-
- BAFU (2010) Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Bundesamt für Umwelt
-
- BAFU (2005) Standardisierte Wirkungskontrolle an Wildtierpassagen. Handlungsanleitung. Bundesamt für Umwelt
-
- BAFU (1987) Computermodell zur Berechnung von Strassenlärm. Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 60. Bundesamt für Umwelt
-
- Bortz, J. (1999) Statistik für Sozialwissenschaftler. Springer Verlag Berlin Heidelberg
-
- Brilon W., S. Hohmann und S. Giuliani (2013) Potenziale adaptiver Steuerungen. Strassenverkehrstechnik 9.2013
-
- Ecoplan (2010) Handbuch eNISTRA 2010. Schlussbericht zuhanden des Bundesamtes für Strassen. Bern und Altdorf
-
- European Commission (2008) EVATREN. Improved decision-aid methods and tools to support evaluation of investment of transport and energy networks in Europe. Guidelines for ex ante and ex post evaluation. http://www.transport-research.info/web/projects/project_details.cfm?ID=28311, Zugriff: 25.03.2014
-
- FGSV (2012) Empfehlungen für Verkehrserhebungen (EVE). Ausgabe 2012. Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen e.V., Arbeitsgruppe Verkehrsplanung, Köln
-
- Flick, U. (2007) Qualitative Sozialforschung, eine Einführung. Rowohlt
-
- Flyvbjerg Bent (2008) Curbing Optimism Bias and Strategic Misrepresentation in Planning. Reference Class Forecasting in Practice. European Planning Studies, Jg. 16, Nr. 1
-
- Gottardi, G., B. Greuter, G. Del Curto, P. Güller, D. Leupi (1996) Systematische Wirkungsanalysen umweltbezogener verkehrspolitischer Massnahmen. Hauptstudie. Forschungsauftrag VSS 1/91 (Bericht 374)
-
- Güller und Güller (2007) Räumliche Auswirkungen der Verkehrsinfrastrukturen, Lernen aus der Vergangenheit für die Zukunft, Synthesebericht. Bundesamt für Raumentwicklung
-
- Güller und Güller (2003) Räumliche Auswirkungen der Verkehrsinfrastrukturen, Lernen aus der Vergangenheit. Methodologische Vorstudie. Bundesamt für Raumentwicklung
-
- Hauer, E., D. Harwood, F. Council und M. Griffith (2002) Estimating Safety by the Empirical Bayes Method. A Tutorial. Transportation Research Board: Journal of the Transportation Research Board, Nr. 1784, S. 126-131
-
- Hauer, E. (1997) Observational Before-After Studies in Road Safety. Estimating the effect of highway and traffic engineering measures on road safety. Pergamon, Elsevier Science Ltd.
-
- Hills, D. und K. Junge (2010) Guidance for transport impact evaluations. Choosing an evaluation approach to achieve better attribution. The Tavistock Institute
-
- Highways Agency (2013) Post Opening Project Evaluation of Major Schemes, Meta-analysis 2013: Main Report. Department for Transport. London
-
- INFRAS (2014) Handbuch der Emissionsfaktoren. <http://www.hbefa.net>, Zugriff: 13.10.2014
-
- ITE (2009) Before-and-After Study. Technical Brief. Institute of Transportation Engineers, Washington
-
- Kägi, W. et al. (2009) Systematische Wirkungsanalysen von kleinen und mittleren Verkehrsvorhaben. Forschungsauftrag SVI 2004/002 (Bericht Nr. 1281)
-
- Kern, P., L. Raymann, E. Meier-Eisenmann und P. Hegi (2002) Westumfahrung/A4 Knonauer Amt und flankierende Massnahmen. Konzept für eine Wirkungskontrolle. Schlussbericht. Tiefbauamt des Kanton Zürich
-
- Lam T.C. und K.A. Small (2001) The value of time and reliability: measurement from a value pricing experiment. Transportation Research Part E 37 (2-3), S. 231-251
-

-
- Li Z., D.A. Hensher und J.M. Rose (2010) Willingness to pay for travel time reliability in passenger transport: A review and some new empirical evidence. *Transportation Research Part E* 46, S. 384-403
-
- Meyer, K und P. Regli (2008) Limmatsteg / Promenadenlift Baden – Ennetbaden. Wirkungsanalyse Limmatsteg und Promenadenlift im Auftrag der Stadt Baden und der Gemeinde Ennetbaden. Fussverkehr Schweiz
-
- Matti, D., U. Haefeli und S. Fässler (2006) Wirkungsanalyse Umgestaltung Zentrum Köniz. Nach-Untersuchung Akzeptanz Verkehrssituation 2006. Luzern
-
- Matti, D., M. Müller und U. Häfeli (2005) Umgestaltung Zentrum Köniz Wirkungsanalyse. Kommerzielle Nutzungen, Freizeitnutzungen, soziale Nutzungen, Verkehrssituation. Schlussbericht zuhanden der Verkehrsabteilung der Gemeinde Köniz und des Tiefbauamtes des Kantons Bern
-
- Matti, D., U. Haefeli und U. Seewer (2000) Die Sanierung und Umgestaltung der Seftigenstrasse. Auswirkungen auf Lebensqualität und Einkaufsverhalten der NutzerInnen (mit besonderer Berücksichtigung des Langsamverkehrs und der Ertragssituation des Detailhandels). Bern
-
- Mehnert, C. und A. Bürke (2013) Wirkungsanalyse Alfred-Escher-Strasse. Schlussbericht. Tiefbauamt Stadt Zürich.
-
- Metron (2012) Wirkungsanalyse Schmiede Wiedikon. Schlussbericht. Tiefbauamt Stadt Zürich
-
- Odek, J. (2012) Lessons from ex post benefit-cost analysis of road projects in Norway. Vortrag, The 5th Concept Symposium on Project Governance, Valuing the Future – Public and Social Return. Finstadjordet, http://www.concept.ntnu.no/symposium/cs2012/presentations/5_4_Odeck.pdf, Zugriff: 12.08.2014
-
- Robson L., H. Shannon, L. Goldenhar und A. Hale (2001) Guide to Evaluating the Effectiveness of Strategies for Preventing Work Injuries: How to Show Whether a Safety Intervention Really Works. National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati
-
- Schmitt H.-M., F. Marti und R. Häflinger (2003) Erfolgskontrolle von Umweltschutzmassnahmen bei Verkehrsvorhaben. Forschungsbericht SVI 1999/142 (Bericht 1063)
-
- Schneider, S. und D. Hirzel (2015) Forschungsbündel Erhebung verkehrsplanerischer Grundlagedaten: Teilprojekt 2: Methoden der Verkehrsbeobachtung. Forschungsprojekt VSS 2009/102
-
- Schneider, S. und R. Bäumler (2007) Erhebungen Fuss- und Veloverkehr Ampèresteg. Situationsvergleich vor und nach der Brückeneröffnung. Tiefbauamt Stadt Zürich
-
- Schweizerischer Bundesrat (2014) Gewässerschutzverordnung vom 28.12.1998. Schweizerische Eidgenossenschaft
-
- Sommer, H. et al. (2005) Wirkungsketten Verkehr – Wirtschaft. Forschungsbericht SVI 1999/310 (Bericht Nr. 1096)
-
- Sommer, H. et al. (2008) Monitoring und Controlling des Gesamtverkehrs in Agglomerationen. Forschungsbericht SVI 2004/090 (Bericht 1230)
-
- Songer, T. (2005) Before and After Studies in Injury Research. <http://www.pitt.edu/~epi2670/beforeafter/>, Zugriff 18.6.2014
-
- Tiefbauamt Stadt Zürich (2010) Wirkungsanalyse von Verkehrsprojekten. Leitfaden. Zürich
-
- Transport Scotland (2013) Scottish Trunk Road Infrastructure Project Evaluation (STRIFE). Glasgow
-
- Werdin H. und S. Canepa (2011) Wirkungsanalyse Alfred-Escher-Strasse. Vorher-Erhebung. Tiefbauamt Stadt Zürich
-
- Wehmeier, T., et al. (2012) Hinweise zur Evaluation von verkehrsbezogenen Massnahmen. Ausgabe 2012. Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen e.V., Arbeitsgruppe Verkehrsplanung, Köln
-
- Wehmeier, T., K. Beckmann und S. Bamberg (2004) Leitlinien zur Evaluation verkehrlicher Massnahmen und Programme. Forschungsprogramm Stadtverkehr, F+E-Vorhaben Nr. 70 693/2002 im Auftrag BMVBW, Aachen/Giessen
-
- Widmer P., M. Ruesch, K. W. Axhausen, P. Aemisegger, G. Moreni und M. Wagner (in Bearbeitung) Anforderungen an zukünftige Mobilitätsenerhebungen. Forschungsprojekt SVI 2011/01
-
- Widmer P., P. Aemisegger und M. Schoch (2015) Forschungsbündel Erhebung verkehrsplanerischer Grundlagedaten: Teilprojekt 1: Systematik und Glossar. Forschungsprojekt VSS 2009/101
-
- Widmer P., T. Buhl, D. Bärlocher und A. Heitz (2010) Widerstandsfunktionen für Innerorts-Strassenabschnitte ausserhalb des Einflussbereiches von Knoten. Forschungsbericht SVI 2005/001 (Bericht 1339)
-
- Woolsey, S. et al. (2005), Handbuch für die Erfolgskontrolle bei Fliessgewässerrevitalisierungen. Publikation des Rhone-Thur Projektes. Eawag, WSL, LCH-EPFL, VAW-ETHZ
-
- Voser, M., N. Brauchli, A. Righetti und N. Bebié (2005) Standardisierte Wirkungskontrolle an Wildtierpassagen. Grundlagebericht. Bundesamt für Umwelt
-
- VSS (in Bearbeitung) SN 640 000a Verkehrserhebungen, Grundlagen. Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute, Zürich
-

VSS (in Bearbeitung) SN 640 002a Verkehrserhebungen, Methoden der Verkehrsbeobachtung. Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute, Zürich
VSS (in Bearbeitung) SN 640 003a Verkehrserhebungen, Methoden der Verkehrsbefragung. Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute, Zürich
VSS (2013) SN 641 721 Strassenverkehrssicherheit, Folgeabschätzung. Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute, Zürich
VSS (2012) SN 640 026 Projektbearbeitung, Projektstufen. Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute, Zürich
VSS (2010) SN 640 027 Projektbearbeitung, Planungsstudie. Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute, Zürich
VSS (2009) SN 640 015a Verkehrserhebungen, Dokumentation von Verkehrsaufkommen. Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute, Zürich
VSS (2008) SN 640 023a Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit, Knoten mit Lichtsignalanlage. Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute, Zürich
VSS (2006) SN 640 024a Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit, Knoten mit Kreisverkehr. Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute, Zürich
VSS (2006) SN 641 820 Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr, Grundnorm. Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute, Zürich
VSS (2004) SN 640 690a Fauna und Verkehr, Grundnorm. Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute, Zürich
VSS (2004) SN 640 692 Fauna und Verkehr, Faunanalysemethoden. Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute, Zürich
VSS (1999) SN 640 022 Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit, Knoten ohne Lichtsignalanlage. Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute, Zürich
VSS (1998) SN 640 610b Umwelt samt Umweltabnahme. Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute, Zürich

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: 1.4.2015

Grunddaten

Projekt-Nr.: VSS 2012/201
Projekttitel: Wirkungskontrolle von Strassenprojekten
Enddatum: März 2015

Texte

Zusammenfassung der Projektergebnisse:

In der vorliegenden Forschungsarbeit wird ein Leitfaden für die zweckmässige Durchführung von Wirkungskontrollen bei allen Arten von Strassenprojekten, von einfachen Signalisationsmassnahmen bis zu umfangreichen Umfahrungsstrassen, erstellt. Die Arbeit, welche auch Grundlage bildet für eine zu erstellende VSS-Norm zur Wirkungskontrolle bei Strassenprojekten, soll dazu beitragen, dass die Wirkungskontrolle als Bestandteil eines Strassenprojektes verstanden und als Mittel zur Verbesserung bestehender und zukünftiger Strassenprojekte genutzt wird.

Aufgrund einer Sichtung von im In- und Ausland bestehenden Richtlinien und Hinweisen zur Wirkungskontrolle und der Ergebnisse einer Literaturrecherche werden die für Wirkungskontrollen verwendeten Methoden beschrieben und beurteilt. Für die Wirkungskontrolle von Strassenprojekten eignen sich sogenannte beobachtende Studien – im Gegensatz zu den wissenschaftlichen Methoden – wie z.B. Soll/Ist-Vergleich, Querschnittsvergleich und Vorher-/Nachher-Untersuchung. Einzig letztere erlaubt gesicherte Aussagen zur Kausalität zwischen dem Strassenprojekt und den untersuchten Wirkungen. Allerdings gilt dies nur dann, wenn die Auswirkungen externer, vom Strassenprojekt unabhängiger Effekte vernachlässigt oder durch den Einbezug von Vergleichsgruppen zuverlässig abgeschätzt werden können. Für den Regelfall empfiehlt die Studie, für Wirkungskontrollen von Strassenprojekten die Methodik der Vorher-/Nachher-Untersuchungen mit Einbezug von Vergleichsgruppen anzuwenden.

Der generelle Ablauf einer Wirkungskontrolle für Strassenprojekte wird eingehend beschrieben. Eine wichtige Voraussetzung für die erfolgreiche Durchführung einer Wirkungskontrolle ist die klare und frühzeitige Festlegung von deren Inhalt: Dabei geht es vor allem darum, die Projektziele, deren Erfüllungsgrad kontrolliert werden soll, sowie die Indikatoren, mit denen dieser Erfüllungsgrad gemessen werden kann, festzulegen. Der Bericht beschreibt einen umfassenden Satz von Indikatoren, aus dem die für die jeweilige Fragestellung relevanten auszuwählen sind.

Bei Strassenprojekten wird zwischen verkehrlichen Auswirkungen und Folgewirkungen auf Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt unterschieden, zu deren Messung die oben erwähnten Indikatoren erhoben werden müssen. Dazu gelangen die bekannten Verkehrserhebungs-, Umweltmonitoring- und sozialwissenschaftlichen Methoden zum Einsatz, welche im Bericht nicht näher beschrieben werden. Die Durchführung dieser Erhebungen kann zeit-, kosten- und personalintensiv sein. Es ist wichtig, dass die entsprechenden Ressourcen im Planungsprozess rechtzeitig eingeplant und insbesondere die Kosten im Projektkredit mitberücksichtigt werden.

Ein wichtiger Grund und Vorteil der Durchführung von Wirkungskontrollen ist, wie eingangs erwähnt, das Erkennen von Verbesserungspotentialen für das untersuchte und für zukünftige Strassenprojekte. Verbesserungen am untersuchten Projekt sollen so weit möglich direkt umgesetzt werden. Damit Lehren, die aus einer Wirkungskontrolle gezogen werden können (für zukünftige Strassenprojekte oder auch für solche anderer Projektträger), zur Verfügung stehen, ist es wichtig, dass die Wirkungskontrollen sorgfältig dokumentiert und die Dokumente allgemein zugänglich gemacht werden. Für die Beschreibung der durchgeführten Wirkungskontrollen und insbesondere der Erhebungen sind einheitliche Metadaten, welche im vorliegenden Bericht aufgeführt sind, zu verwenden, damit die Vergleichbarkeit der Ergebnisse sichergestellt ist.

Wichtig ist der Hinweis, dass die Durchführung einer Wirkungskontrolle keineswegs aufwändig und anspruchsvoll sein muss. Bei einfachen Strassenprojekten ist die Durchführung einer Wirkungskontrolle kaum mit Aufwand verbunden. Dies wird an einem Fallbeispiel im Bericht demonstriert. Selbstverständlich nehmen der Aufwand und die Kosten bei grossen Strassenprojekten zu, machen aber immer höchstens einen kleinen Bruchteil des Gesamtaufwandes resp. der Gesamtkosten aus.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

Zielerreichung:

Das Ziel, einen Leitfaden für die zweckmässige und standardisierte Durchführung von Wirkungskontrollen bei Strassenprojekten zu erstellen, wurde erreicht.

Folgerungen und Empfehlungen:

Wirkungskontrollen bei Strassenprojekten geben darüber Auskunft, ob die anvisierten Projektziele erreicht werden konnten und was allenfalls zu unternehmen wäre, um den Zielerreichungsgrad zu verbessern. Darüber hinaus bieten sie die Möglichkeit, aus der Erfahrung zu lernen und die gewonnenen Erkenntnisse nutzbringend in zukünftige Projekte einzubringen. Wirkungskontrollen sind im Vergleich zum Strassenprojekt weder besonders aufwändig noch teuer und sollen daher möglichst standardmässig durchgeführt werden. Die Ergebnisse sollen sorgfältig dokumentiert und anderen Projektierenden unkompliziert zur Verfügung gestellt werden.

Zur Förderung des Verständnisses von Wirkungskontrollen als Teil eines Strassenprojektes und zu deren standardisierten Anwendung wird empfohlen, die Ergebnisse dieser Forschungsarbeit mit einer VSS-Norm "Wirkungskontrolle" den mit Strassenprojekten betrauten Stellen und Büros bekannt zu machen.

Publikationen:

Widmer, P., P. Aemisegger und T. Buhl (2015) Wirkungskontrolle: Nachher-Untersuchung der Wirkungen von Strassenprojekten, Bericht VSS 2012/201, Schriftenreihe, im Druck, UVEK, Bern

Der Projektleiter/die Projektleiterin:

Name: Widmer

Vorname: Paul

Amt, Firma, Institut: büro widmer ag, Frauenfeld

Unterschrift des Projektleiters/der Projektleiterin:



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 Forschung hat die grosse Herausforderung erfüllt, diese komplexe Materie klar und verständlich für die Praxis darzulegen. Die Forschungsziele sind vollumfänglich erfüllt.

Umsetzung:

Dieser Bericht bildet eine sehr gute Grundlage für die Erarbeitung der vorgesehenen Norm „Wirkungskontrolle von Strassenprojekten“.

weitergehender Forschungsbedarf:

-

Einfluss auf Normenwerk:

Ja, eine neue Norm wird aufgrund dieser Studie erarbeitet.

Der Präsident/die Präsidentin der Begleitkommission:

Name: Cuche

Vorname: Alain

Amt, Firma, Institut: Bundesamt für Strassen ASTRA

Unterschrift des Präsidenten/der Präsidentin der Begleitkommission:

A. Cuche 7.4.15

Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

Das Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen kann heruntergeladen werden unter: www.astra.admin.ch -> Dienstleistungen -> Forschung im Strassenwesen -> Downloads -> Formulare