

**SVI-Forschungsauftrag
47/99**

Januar 2002 / T1263_02

Nachhaltigkeit im Verkehr

**Kriterien für kommunale und kantonale Strassen-
verkehrsplanungen und -projekte**

SVI-Forschungsauftrag 47/99

Januar 2002 / T1263_02

Nachhaltigkeit in Verkehr

Kriterien für kommunale und kantonale Strassenverkehrsplanungen und -projekte

Bearbeitung : Y. Meier-Bukowiecki, dipl. sc. nat. ETH
G. Gottardi, Dr. sc. techn. ETH/SIA/SVI

8802 Kilchberg/Zürich
Hornhaldenstrasse 9
Telefon 01 716 10 80
Telefax 01 716 10 81
e-mail: gottardi@swissonline.ch

Jenni + Gottardi AG

Beratende Ingenieure

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Zusammenfassung	Z1
Résumé	R1
Summary	S1
1. Einleitung	1
1.1 Ausgangslage	1
1.2 Aufgabenstellung und Ziele des Forschungsprojektes	2
1.3 Abgrenzungen	3
1.4 Vorgehen	4
2. Ziel- und Indikatorenssysteme Nachhaltigkeit	8
2.1 Basis	8
2.2 Ziel- und Indikatorenssystem Fallbeispiel ZMB „Fallwil“ bisher	8
2.3 Ziel- und Indikatorenssystem unter dem Aspekt Nachhaltigkeit	9
2.3.1 Systematik der Nachhaltigkeit und Zuordnung	9
2.3.2 Zusätzliche Indikatoren	9
2.3.3 Vergleiche mit den Zielsystemen des UVEK	11
2.4 Gewichtung der Ziele	14
2.5 Skalierung der Indikatoren gemäss Nachhaltigkeit	14
3. Vergleich Nutzwertanalyse bisher/ gemäss Nachhaltigkeit	15
3.1 Abgrenzungen	15
3.2 Ergebnis NWA nach „Nachh SVI Entwurf“ für das Fallbeispiel ZMB „Fallwil“	15
3.3 Ergebnis NWA nach UVEK „ZINV“ für das Fallbeispiel ZMB „Fallwil“	16
3.4 Ergebnis NWA nach UVEK „AVANTI“ für das Fallbeispiel ZMB „Fallwil“	17
3.5 Ergebnis NWA mit reduziertem Indikatorensatz (bisher/ gemäss Nachhaltigkeit)	18
3.6 Ergebnis NWA mit Ergänzungen „NIS“ für das Fallbeispiel ZMB „Fallwil“	19
4. Standardisiertes Ziel- und Indikatorenssystem für die Praxis	21
5. Empfehlungen	30
Literaturverzeichnis	32

Anhänge

- Anhang 1.1:** Ziel- und Indikatorensystem UVEK (ZINV), Version Oktober 2001
- Anhang 1.2:** Ziel- und Indikatorensystem UVEK (ZINV), Version März 2001
- Anhang 2.1:** Ziel- und Indikatorensystem zur Beurteilung der Nachhaltigkeit im Strassenverkehr "Nachh SVI Entwurf"
- Anhang 2.2:** Indikatoren für andere Bewertungsverfahren (z. B. Konzeptstufe)
- Anhang 2.3:** Verworfenen Indikatoren
- Anhang 2.4:** Muster Ziel-/ Indikatorensystem aus Handlungsanleitung Zweckmässigkeitsbeurteilung von Strassenverkehrsanlagen [25]
- Anhang 2.5:** Auswertung Nutzwertanalyse "Fallwil" (Ziel- und Indikatorensystem bisher)
- Anhang 3.1:** Auswertung NWA nach "Nachh SVI Entwurf" für das Fallbeispiel ZMB "Fallwil"
- Anhang 3.2:** Auswertung NWA nach "ZINV" für das Fallbeispiel ZMB "Fallwil"
- Anhang 3.3:** Auswertung NWA nach "AVANTI" für das Fallbeispiel ZMB "Fallwil"
- Anhang 3.4:** Auswertung NWA mit reduziertem Indikatorensatz für das Fallbeispiel ZMB "Fallwil" (Systematik ZMB Fallwil)
- Anhang 3.5:** Auswertung NWA mit reduziertem Indikatorensatz für das Fallbeispiel ZMB "Fallwil" (Systematik Nachh SVI Entwurf)
- Anhang 3.6:** Auswertung NWA mit reduziertem Indikatorensatz für das Fallbeispiel ZMB "Fallwil" (Systematik UVEK "ZINV")
- Anhang 3.7:** Auswertung NWA nach "NIS" für das Fallbeispiel ZMB "Fallwil"
- Anhang 4.1:** Auswertung NWA nach "standardisiertem Ziel- / Indikatorensystem Nachhaltigkeit SVI" für das Fallbeispiel ZMB "Fallwil"
- Anhang 4.2:** Indikatorenblätter Nutzwertanalyse für das "Standardisierte Ziel- und Indikatorensystem Nachhaltigkeit SVI"

Zusammenfassung

Aufgabenstellung und Ziele des Forschungsprojektes

Im Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit soll ein anwendungsorientiertes Ziel- und Indikatorensystem zur Beurteilung der Nachhaltigkeit von Strassenverkehrsprojekten auf kantonaler, regionaler und kommunaler Ebene entwickelt werden. Dabei soll nicht ein neues Beurteilungsverfahren erarbeitet werden, sondern vielmehr soll das bewährte Verfahren der Zweckmässigkeitsbeurteilung (ZMB) mit dem neu entwickelten Ziel- und Indikatorensystem gemäss Nachhaltigkeit angewendet werden.

Die vorgeschlagenen Indikatoren sollen in eine anwendungsorientierte Form gebracht werden. Die Handhabbarkeit der Nachhaltigkeitsindikatoren wird dabei mit einer Nutzwertanalyse anhand von geeigneten Fallbeispielen überprüft und beurteilt.

Das ursprüngliche Ziel der Forschungsarbeit war, **ein** Ziel- und Indikatorensystem zu entwickeln und mit mehreren Beispielen zu testen. Im Laufe der Arbeiten musste die Aufgabe angepasst werden: Es mussten **mehrere** Ziel- und Indikatorensysteme berücksichtigt werden. Diese wurden mit einem Beispiel, bestehend aus 2 Projekten überprüft. Da die Ziel- und Indikatorensysteme des ASTRA („ZINV“ und „NIS“) laufend weiterentwickelt wurden und immer noch werden, wurde die Aufgabe entsprechend komplex.

Dies hat zur Folge, dass die Art des vorliegenden Berichtes mit umfangreichen Anhängen etwas ungewohnt ist. Die Forschungsstelle ist sich bewusst, dass der Bericht deshalb mühsam ist zu lesen und viel Nachschlagen erfordert. Der Bericht wäre jedoch zu unübersichtlich, wenn die Informationen aus dem Anhang im Text enthalten wären.

Als Beispiel wird „Fallwil“ gewählt. Bei diesem Beispiel handelt es sich um ein Strassenprojekt im Siedlungsgebiet mit mittlräumigen Auswirkungen. Bei der ZMB „Fallwil“ geht es um den Vergleich einer Variante Umfahrung mit Tunnelbauten mit einer Variante Massnahmen auf dem bestehenden Strassennetz. Diese Bauvarianten werden dem Bauverzicht (Ausgangszustand Z0) gegenübergestellt.

Entwicklung eines Ziel- und Indikatorensystems Nachhaltigkeit

Auf der Basis der aktuellen Literatur über die Bewertung der Nachhaltigkeit im Verkehr, hauptsächlich der im Rahmen des Nationalen Forschungsprogrammes NFP 41, Verkehr und Umwelt erarbeiteten Studien, wird ein Ziel- und Indikatorensystem speziell für die Beurteilung von kommunalen und kantonalen Strassenverkehrsprojekten entwickelt. Um von einer möglichst breiten, vollständigen Grundlagenbasis ausgehen zu können, werden die in der Literatur vorhandenen Kriterien ergänzt und angepasst. Durch eine Triage werden die für die Zielsetzung des Forschungsauftrages geeigneten von den nicht dafür verwendbaren Indikatoren getrennt.

Bei der Entwicklung der Indikatoren wird ein empirisches Vorgehen gewählt: Auf der Basis von Hypothesen, die ihrerseits auf Erfahrungswerten und Literaturangaben basieren, werden für die Zielsetzung brauchbare Indikatoren entwickelt. Es geht dabei nicht darum aufzuzeigen, warum der entsprechende Indikator und nicht ein anderer gewählt wird.

Vergleiche mit anderen Ziel- und Indikatorensystemen

Zur Überprüfung und Weiterentwicklung des in dieser Forschungsarbeit erarbeiteten Ziel- und Indikatorensystems „Nachh SVI Entwurf“ (vgl. Anhang 2.1) werden Vergleiche mit den folgenden Ziel- und Indikatorensystemen durchgeführt:

1. bisher für ZMB verwendetes System mit erweitertem Indikatorensatz
2. Ziel- und Indikatorensystem nachhaltiger Verkehr „ZINV“ des UVEK
3. für die Beurteilung der AVANTI-Initiative verwendetes System „AVANTI“ (Basis „ZINV“)
4. Systeme „ZMB bisher“, „Nachh SVI Entwurf“ und „ZINV“ mit reduziertem Indikatorensatz
5. Nachhaltigkeitsindikatoren für Strasseninfrastrukturprojekte „NIS“

Die beiden Systeme des UVEK werden laufend weiterentwickelt. Im Rahmen dieser Forschungsarbeit wird beim „ZINV“ der Stand März 2001 und beim „NIS“ der Stand September 2001 (2. Zwischenbericht) übernommen. Beim „NIS“ werden die Grundzüge des Systems, nicht aber die Ansätze der Indikatoren berücksichtigt.

Die untersuchten Ziel- und Indikatorensysteme unterscheiden sich hauptsächlich durch die Systematik und die Zuordnung der Indikatoren zu den drei Bereichen der Nachhaltigkeit Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft. Die verwendeten Indikatoren und deren Zuordnung gehen aus der Abbildung auf der übernächsten Seite hervor. Die Zuordnung von ausgewählten Indikatoren ist für die berücksichtigten Systeme in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

Zuordnung ausgewählter Indikatoren zu den drei Bereichen der Nachhaltigkeit

Indikator	Ökologie	Ökonomie	Gesellschaft
Luftschadstoffbelastungen (Immissionen)	UVEK		Nachh SVI Entwurf
Lärmbelastungen (Siedlungsgebiete/ Schutz- und Erholungsgebiete)	UVEK		Nachh SVI Entwurf
Erreichbarkeiten (beide Indikatoren)		Nachh SVI Entwurf	UVEK/ Nachh SVI

Die Nutzwertanalyse wird jeweils wiederholt für das Fallbeispiel „Fallwil“. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Resultate nach der Systematik der Nachhaltigkeit weder für die drei Bereiche der Nachhaltigkeit einzeln noch in der Bilanz wesentlich unterscheiden. Dies gilt für die kompletten Indikatorensätze „Nachh SVI Entwurf“, (2), (3), (5). Werden die reduzierten Indikatorensätze (4) verwendet, führt dies zu verzerrten und demzufolge unbrauchbaren Resultaten (vgl. Abb. 4.1 auf Seite 29). Bei Anwendung der bisherigen ZMB-Systematik (1) ergeben sich in der Bilanz leicht abweichende Resultate.

Übersicht Ziel- und Indikatorensysteme

Empfohlenes Ziel- und Indikatorensystem Nachhaltigkeit SVI

Aus der folgenden Tabelle geht das für die Praxis empfohlene „Ziel- und Indikatorensystem Nachhaltigkeit SVI“ hervor. Die Beschreibung der vorgeschlagenen Indikatoren und die verwendeten Skalierungsansätze sind in den Indikatorenblättern in Anhang 4.2 enthalten. Das empfohlene Ziel- und Indikatorensystem hat sich in der praktischen Anwendung als gut handhabbar, nachvollziehbar und transparent erwiesen.

Die wesentlichsten Unterschiede zu den anderen Ziel- und Indikatorensystemen bestehen in den unterschiedlichen Zuordnungen der Indikatoren (z.B. Lärmbelastung in den Bereich Gesellschaft statt Umwelt) und in der Berücksichtigung des induzierten Neuverkehrs als Indikator zur Beschreibung des Teilziels „Begrenzung der Ausdehnung der Agglomeration“.

Dieser Standardindikatorensatz kann für die Beurteilung von kommunalen und kantonalen Strassenprojekten angewendet werden. Dessen Eignung für die Beurteilung von grossen Strassenbauprojekten auf Bundesebene wurde nicht konkret überprüft, ist aber durchaus gegeben. Es wird empfohlen, das standardisierte Ziel- und Indikatorensystem Nachhaltigkeit SVI nicht blindlings zu übernehmen, sondern in Abhängigkeit der Grösse und der geografischen Lage des Projektes anzupassen (z.B. innerhalb oder ausserhalb des Siedlungsgebietes).

Empfehlung

Standardisiertes Ziel- und Indikatorensystem Nachhaltigkeit SVI

1 Ökologische Kriterien

Oberziel	Teilziel	Indikator	Nr.	Einheit	Bemerkung
1a) Senkung der Umweltbelastung auf ein langfristig unbedenkliches Niveau	10 Luftschadstoffemissionen senken	NO _x -Emissionen	101	t No _x	Leitsubstanz, Vorläufer von Ozon, Fahrmodus abhängig (inkl. Bauphase)
		PM ₁₀ -Emissionen	102	t PM10	Luftschadstoff, Fahrmodus abhängig (inkl. Bauphase)
		VOC-Emissionen	103	t VOC	Luftschadstoff, Vorläufer von Ozon, Fahrmodus abhängig (inkl. Bauphase)
	11 Treibhausgasemissionen senken	CO ₂ -Emissionen	111	t CO ₂	Treibhausgas, Fahrmodus abhängig direkt proportional zu Treibstoffverbrauch (inkl. Bauphase)
	12 Bodenumnutzung minimieren	Flächenbeanspruchung (Bodenversiegelung)	121	Flächenverlust (m ²)	Je nach Nutzung ist die Beanspruchung der Flächen unterschiedlich zu gewichten.
		Bedarf Deponievolumen	122	m ³	Zusätzlich Platzverhältnisse und Kapazität der Deponie berücksichtigen
	13 Belastung von Landschaften und Lebensräumen minimieren	Beeinträchtigung von Lebensräumen	131	Qualitativ	Beeinträchtigung durch Zerschneidung und Verlust seltener Lebensräume
		Bodenzerstörung und Beeinträchtigung von Lebensräumen während der Bauphase	132	Qualitativ	Beeinträchtigung durch Bodenverschmutzung, Strukturzerstörung
		Veränderung Orts-/Landschaftsbild	133	Qualitativ	Beeinträchtigung
	14 Schonung von Gewässern und Wasserressourcen	Beeinträchtigung von Gewässern und Wasserressourcen	141	Qualitativ	Gefährdung Grundwasser, Quellgebiete, Schutzzonen
1b) Senkung des Energieverbrauchs	15 Energieeffizienz fördern	Energieverbrauch	151	Gigajoule	Energieverbrauch insgesamt (Treibstoff, Strom)

2 **Ökonomische Kriterien**

Oberziel	Teilziel	Indikator	Nr.	Einheit	Bemerkung
2a) Förderung der Wirtschaftsentwicklung	20 Verkehrsattraktivität	Anschluss ans übergeordnete Netz (inklusive zukünftiger Nutzungen)	201	Qualitativ	<i>Anschluss der Industrie- und Gewerbegebiete (inkl. zukünftiger Nutzung) ans übergeordnete Strassennetz oder an Güterumschlagplätze</i>
	21 Erhalt und Stärkung der Wirtschaftsqualität	Entwicklungspotential Industrie und Gewerbe	211	Qualitative Veränderung	<i>Abschätzung der Entwicklung der lokalen Wirtschaft infolge neuer Projekte</i>
2b) Leistungsfähige und effiziente Verkehrsinfrastruktur	22 Effizienter Verkehrsablauf	Reisezeit im Modellgebiet (inklusive Stauzeit)	221	Personenstunden	<i>Stau bedeutet Stress und Freizeitverlust. Güterverkehr mitberücksichtigen, Neuverkehr nicht</i>
		eingesparte Reservezeit	222	Personenstunden	<i>Veränderung der einberechneten Zeitreserven</i>
	23 Fahrkomfort	Fahren auf überlasteten Strecken (Stau)	231	Pkm im Stau	<i>Stau = wenn Belastung 90% der Kapazität. Stau bedeutet Stress und Freizeitverlust</i>
		Stetigkeit	232	Anzahl Stopps für Durchfahrt (inkl. LSA, Fussgänger, Knoten)	<i>Mass für Reisequalität. Ziel: schnelleres Durchkommen und weniger Benzinverbrauch</i>
		Einmünden und Abbiegen	233	Qualitativ	<i>mögl. Einheiten: Anzahl</i>
2c) optimaler wirtschaftlicher Mitteleinsatz	24 Effiziente, fahrzeugbezogene Leistungserbringung	Fixe Fahrzeugkosten (Nutzverkehr)	241	Fz-Std (Fr.)	<i>Fahrzeughaltungskosten (Kapitalzinskosten, zeitbedingte Abschreibungskosten, Garagierungskosten, Verwaltungskosten)</i>
		variable Fahrzeugkosten	242	Fzkm (Fr.)	<i>Betriebskostenwert (Unterhalt, Reifenverschleiss, leistungsabhängige Abschreibungen), fahrleistungsbezogene Ansätze (ohne Neuverkehr)</i>
		Konsumentenrente	243	Veränderung Zeit (Ph/d)	<i>Abschätzung des internen Nutzens des Neuverkehrs (neu erzeugte Fahrten+ Fahrten mit veränderten Zielen)</i>
	25 Effiziente, infrastrukturbezogene Leistungserbringung	Kosten für die Bereitstellung der Infrastruktur	251	Fr.	<i>Investitionskosten</i>
		Betriebs- und Unterhaltskosten	252	Fr.	<i>Strasse, ÖV, verkehrslenkende Massnahmen (Mobilitätsmanagement)</i>
		Etappierbarkeit der Erstellung von Neubauten	253	qualitativ	<i>Vor- und Nachteile für Projektentwicklung. Flexibilität</i>
		Kostenrisiko Investitionen	254	Risiko-potential	<i>Unsicherheiten Technik (z.B. Geologie) und Baukosten</i>

3 Gesellschaftliche Kriterien

Oberziel	Teilziel	Indikator	Nr.	Einheit	Bemerkung
3a) Schutz und Förderung der Gesundheit des Menschen	30 Sicherheit im Strassenverkehr	Verkehrsunfälle	301	Verkehrsunfälle / a	<i>Unfallschwere unterscheiden (Verletzte und Tote)</i>
	31 Senkung der Lärm- und Luftschadstoffbelastungen	Luftbelastung NO ₂ +PM10 im Betrieb	311	µg NO ₂ + PM10 / m ³	<i>Leitsubstanzen Gesundheit</i>
		Verkehrslärmbelastung in Siedlungsgebieten	312	Wohnungs-dB(A)	<i>Immissionen an relevanten Empfangspunkten</i>
		Verkehrslärmbelastung in potenziellen Siedlungsgebieten	313	Flächen mit Belastung	<i>nur für potenzielle Siedlungsgebiete in Richtplangebieten</i>
		Verkehrslärmbelastung in Schutz-/Erholungsgebieten	314	Qualitativ	<i>Reduktion in speziellen Gebieten</i>
3b) Koexistenz der Verkehrsteilnehmer	32 Gegenseitige Rücksichtnahme und Akzeptanz der Verkehrsteilnehmer im Siedlungsgebiet steigern	Trennwirkung des motorisierten Verkehrs für Fussgänger	321	Fz / d	<i>Möglichst geringe Wartezeiten für Fussgänger (abhängig von Belastungen etc.)</i>
		Bedingungen des Strassenraumes für Fahrradverkehr	322	Qualitativ	<i>Für Fahrradverkehr wichtig sind kleine Belastungen, tiefe Geschwindigkeiten und Breite der Strasse</i>
3c) Erhaltung und Ausbau der Wohn-/Lebensqualität	33 hohe Aufenthaltsqualität im Siedlungsgebiet	Nutzbarkeit des Strassenraums	331	m ² Freiraumflächen gewichtet mit Belastung	<i>Nutzbarkeit des strassenorientierten Aussenraumes ist von Verkehrsbelastung und Immissionen abhängig.</i>
		Verkehrsentlastung des relevanten Siedlungsgebietes	332	Fzkm im Siedlungsgebiet	<i>Für heutige und potentielle Siedlungsgebiete</i>
3d) Förderung der Siedlungsentwicklung (dezentrale Konzentration)	34 Ausdehnung der Agglomeration begrenzen	Induzierter Neuverkehr aus veränderter Standort- und Routenwahl	341	Qualitativ	<i>Neue Strassenprojekte induzieren Neuverkehr. Abschätzung qualitativ -</i>
	35 Verbesserungen für die Siedlungsentwicklung als Grundversorgung	Erreichbarkeiten Zone - Zone	351	Veränderung	<i>Vernetzung von Städten, Anbindung von Randregionen</i>
		Erreichbarkeit Zielorte mit öffentlichen Verkehrsmitteln auf der Strasse	352	Qualitativ	<i>Angebot öffentlicher Verkehr aus dem Blickwinkel der Betreiber und Benutzer</i>
36 Interessenabwägung (Richtplan, Leitbilder) sicherstellen	Grad der Übereinstimmung mit der Siedlungsplanung	361	Qualitativ	<i>Richtplan und Projekte sollten verträglich sein</i>	

Résumé

Mission et objectifs du projet de recherche

Dans le cadre de ce projet de recherche, il est prévu d'élaborer un système d'objectifs et d'indicateurs, axé sur l'application concrète, aux fins d'évaluation de la durabilité des projets de transports routiers au niveau cantonal, régional et communal. L'objet de ce projet n'est pas l'élaboration d'une nouvelle procédure d'évaluation, mais l'application de la procédure éprouvée en matière d'évaluation de l'utilité avec le nouveau système d'objectifs et d'indicateurs dans une optique de durabilité.

Les indicateurs proposés doivent être axés sur une application concrète. L'applicabilité des indicateurs de durabilité est contrôlée et évaluée dans le cadre d'une analyse d'utilité à l'aide d'exemples appropriés.

Initialement, le projet de recherche visait l'élaboration d'un système d'objectifs et d'indicateurs et sa mise à l'essai à l'aide de plusieurs exemples. Au fur et à mesure de la progression des travaux, il s'est avéré nécessaire d'adapter cette mission : il a fallu prendre en compte **plusieurs** systèmes d'objectifs et d'indicateurs. Ces systèmes ont été contrôlés à l'aide d'un exemple constitué de 2 projets. Du fait de l'évolution permanente des systèmes d'objectifs et d'indicateurs de l'OFROU („ZINV“ et „NIS“), la mission n'a cessé de se complexifier en conséquence.

C'est pourquoi le présent rapport, assorti d'annexes volumineuses, a pris une forme quelque peu inhabituelle. Le service de recherche a conscience que le rapport est de ce fait difficile à lire et qu'il nécessite bon nombre de consultations en relation avec les diverses références aux annexes. L'intégration des informations présentées dans les annexes dans le texte du rapport aurait toutefois nuit à la clarté et la lisibilité du rapport.

L'exemple choisi est „Fallwil“. Il s'agit d'un projet de route dans la zone d'habitat avec des effets à moyenne échelle. Dans le cas de l'évaluation de l'utilité „Fallwil“, il s'agit de comparer une variante de contournement avec construction d'un tunnel et une variante impliquant des mesures sur le réseau routier existant. Ces variantes de construction font l'objet d'une comparaison avec l'absence de construction (situation initiale Z0).

Elaboration d'un système d'objectifs et d'indicateurs de durabilité

Sur la base des documents actuels portant sur l'évaluation de la durabilité dans les transports, essentiellement des études élaborées dans le cadre des programmes nationaux de recherche NFP 41 "Transports et environnement", un système d'objectifs et d'indicateurs est spécifiquement élaboré aux fins d'évaluation des projets de transports routiers au niveau communal et cantonal. Afin de pouvoir se référer à une base aussi vaste et exhaustive que possible, les critères mentionnés dans ces documents sont complétés et adaptés. Un tri permet de faire la distinction entre les indicateurs appropriés en fonction des objectifs du mandat de recherche et les indicateurs non utilisables à cet égard.

Les indicateurs sont élaborés dans le cadre d'une procédure empirique : des indicateurs utilisables en fonction des objectifs fixés sont élaborés sur la base d'hypothèses, lesquelles sont également basées sur des valeurs empiriques et des indications émanant des documents susmentionnés. Le but n'est pas d'exposer les raisons pour lesquelles l'indicateur concerné est sélectionné et non pas un autre.

Comparaisons avec d'autres systèmes d'objectifs et d'indicateurs

Aux fins de contrôle et de développement permanent du système d'objectifs et d'indicateurs élaboré dans le cadre de ce projet de recherche „Projet SVI Durabilité“ (voir Annexe 2.1), il est procédé à des comparaisons avec les systèmes d'objectifs et d'indicateurs ci-après :

6. le système jusqu'à présent utilisé aux fins d'évaluation de l'utilité avec un ensemble d'indicateurs plus important
7. le système d'objectifs et d'indicateurs de durabilité dans les transports „ZINV“ du DETEC
8. le système „AVANTI“ (base „ZINV“) utilisé aux fins d'évaluation de l'initiative AVANTI
9. les systèmes „évaluation de l'utilité jusqu'à présent“, „Projet SVI Durabilité“ et „ZINV“ avec un ensemble d'indicateurs moins important
10. les indicateurs de durabilité dans les projets d'infrastructures routières „NIS“

Les deux systèmes du DETEC ont été développés en permanence. Dans le cadre de ce projet de recherche, nous avons pris en compte la version mars 2001 pour le „ZINV“ et la version septembre 2001 pour le „NIS“ (2^{ème} rapport provisoire). Dans le cas du „NIS“, les principales caractéristiques du système ont été prises en compte, sans les estimations concernant les indicateurs.

Les systèmes d'objectifs et d'indicateurs se distinguent pour l'essentiel par la systématique et le classement des indicateurs dans les trois catégories de durabilité que sont l'environnement, l'économie et la société. Les indicateurs utilisés et leur classement sont présentés deux pages

plus loin. Le classement des indicateurs sélectionnés pour les systèmes pris en compte est récapitulé dans le tableau ci-après :

Classement des indicateurs sélectionnés dans les trois catégories de durabilité

Indicateur	Ecologie	Economie	Société
Polluants atmosphériques (nuisances)	DETEC		Projet SVI Durabilité
Nuisances sonores (zones d'habitat/ réserves naturelles/zones de détente et de loisirs)	DETEC		Projet SVI Durabilité
Accessibilités (les deux indicateurs)		Projet SVI Du- rabilité	DETEC/ Durabilité SVI

Dans chaque cas, l'analyse d'utilité est répétée pour l'exemple „Fallwil“. Les résultats selon la systématique de durabilité ne font état d'aucune différence notable, tant au niveau de chacune des trois catégories de durabilité qu'au niveau du bilan global, et ce pour les ensembles complets d'indicateurs „Projet SVI Durabilité“, (2), (3), (5). L'utilisation d'ensembles réduits d'indicateurs (4) débouche sur des résultats déformés et donc inutilisables (voir 4.1 page 29). En appliquant la systématique d'évaluation de l'utilité utilisée jusqu'à présent (1), on obtient des résultats légèrement différents au niveau du bilan global.

Présentation globale des systèmes d'objectifs et d'indicateurs

Système d'objectifs et d'indicateurs de durabilité SVI recommandé

Le tableau ci-dessous présente le „système d'objectifs et d'indicateurs de durabilité SVI“ recommandé pour une application concrète. Les indicateurs proposés et les estimations d'échelle utilisées sont mentionnés dans les descriptifs d'indicateurs en Annexe 4.2. Dans la pratique, le système d'objectifs et d'indicateurs recommandé s'est avéré très maniable, compréhensible et transparent.

Les principales différences par rapport aux autres systèmes d'objectifs et d'indicateurs portent sur le classement des indicateurs (les nuisances sonores étant par exemple classées dans la catégorie 'Société' au lieu de la catégorie 'Environnement') et sur la prise en compte du nouveau trafic induit à cet égard en tant qu'indicateur pour la description de l'objectif partiel „Limitation de l'extension de l'agglomération“.

Cet ensemble d'indicateurs standard peut être utilisé pour l'évaluation de projets d'infrastructures routières au niveau communal et cantonal. Bien que n'ayant pas été concrètement vérifiée, sa qualification aux fins d'évaluation de grands projets d'infrastructures routières au niveau fédéral est un fait établi. Il est recommandé de ne pas utiliser aveuglément le système d'objectifs et d'indicateurs de durabilité SVI standardisé, mais de l'adapter en fonction de l'importance et de la situation géographique du projet (par exemple s'il est ou non situé dans une zone d'habitat).

Recommandation

Système d'objectifs et d'indicateurs de durabilité SVI standardisé

Système hiérarchisé d'indicateurs pour apprécier les projets routiers du point de vue du développement durable

Critères environnementaux					
But principal	But partiel	Indicateurs	No	Unités	Remarques
1a) Réduire à long terme les atteintes à l'environnement à un niveau qui ne représente pas un danger pour l'humanité	10 Réduire les émissions de substances polluantes de l'air	Émissions de NO _x	101	[t] NO _x	Substance indicatrice, précurseur de l'ozone, dépend du mode de conduite (y compris pendant la phase de construction)
		Émissions de particules fines PM ₁₀	102	[t] PM10	Polluant de l'air dont les quantités émises dépendent du mode de conduite (y compris la phase de construction)
		Émissions de COV	103	[t] COV	Substance indicatrice, précurseur de l'ozone, dépend du mode de conduite (y compris pendant la phase de construction)
	11 Réduire les émissions de gaz à effet de serre	Émissions CO ₂	111	[t] CO ₂	Polluant atmosphérique dont la quantité émise dépend directement de la consommation en carburant et par conséquent du mode de conduite (y compris la phase de construction)

12 Veiller à une utilisation parcimonieuse du sol	Réaffectation de terrain pour la construction	121	Utilisation de terrain [m ²]	<i>L'utilisation de terrain doit être pondérée en fonction de l'utilisation originelle du sol</i>
	Besoin en volume de décharge	122	m ³	<i>Prendre en considération aussi capacité des décharges et les terrains à disposition</i>
13 Diminuer les atteintes aux paysages et aux habitats	Atteintes aux habitats	131	Qualitatif	<i>Perturbations liées à la fragmentation des habitats et la pertes de milieux rares</i>
	Atteintes au sol et aux habitats pendant la phase de construction	132	Qualitatif	<i>Atteinte à la capacité de production agricole des sols par des substances chimiques et par la destruction de la structure macroscopique des sols</i>
	Modification du paysage et des sites construits à protéger	133	Qualitatif	<i>Atteinte au paysage</i>

	14 Utilisation parcimonieuse des cours d'eau et des ressources en eau	Atteintes aux cours d'eau et au réserve en eau potable	141	Qualitatif	<i>Mise en danger des aquifères, de zones contenant des sources et des zones de protection des eau</i>
1b) Diminuer la consommation d'énergie	15 Promouvoir l'amélioration de l'efficacité énergétique	Consommation d'énergie	151	Gigajoule	<i>Consommation énergétique des véhicules et de l'infrastructure (carburants et électricité)</i>

Critères économiques (accroissement de l'efficacité économique)					
But principal	But partiel	Indicateurs	No	Unités	Remarques
2a) Promotion du développement économique	20 Attrait pour le trafic	Raccordement actuel et futur au réseau des routes principales et nationales	201	Qualitatif	<i>Raccordement actuel et futur des zones industrielles et artisanales au réseau des routes principales et nationales comme aux zones de transbordement de marchandises</i>
	21 Maintien et renforcement de la qualité du tissu économique	Potentiel de développement de l'industrie et de l'artisanat	211	Changement du point de vue qualitatif	<i>Estimation des possibilités de développement de l'industrie locale par le nouveau projet</i>
2b) Infrastructures efficaces et adaptées aux besoins de utilisateurs	22 Écoulement efficace du trafic	Temps de parcours au sein de la zone modélisée, y compris les bouchons	221	Heures	<i>Les bouchons stressent et réduisent inutilement la liberté des utilisateurs (prendre en compte trafic marchandise mais pas le nouveau trafic induit par le proje</i>

		Temps de réserve économisé par une meilleure fiabilité du réseau	222	Heures	<i>changement des temps de résen pris en compte</i>
	23 Confort du point de vue de l'infrastructure	Trajets effectués sur des tronçons surchargés (bouchons)	231	Pkm dans les bouchons	<i>Bouchons à partir de 90% de la capacité Les bouchons stresser et réduisent inutilement la liberté des utilisateurs</i>
		Continuité et régularité du parcours	232	Nombres d'arrêts nécessaires pour traverser (y compris les signaux lumineux les piétons et les embranchements)	<i>Estimation de la qualité du parcours, le but étant de minimiser temps de parcours et la consommation de carburant</i>
		Embranchement	233	Qualitatif	<i>Unité possible: le nombre d'embranchement</i>
2c) Maximiser l'efficacité lors de l'allocation des ressources financières	24 Utilisation optimale des ressources financières	Frais fixes des véhicules (trafic professionnel)	241	Heures véhicules (Fr.)	<i>Coûts fixes effectifs du véhicule (intérêt du capital investi, amortissement liés au temps, frais de garage et frais administratifs)</i>
		Frais variables des véhicules	242	Véhicules km (Fr.)	<i>Coûts d'exploitation (entretien, usure des pneus, amortissement liés à l'utilisation (sans le trafic induit))</i>

25 Maximiser l'efficacité des prestations de transport du point de vue de l'infrastructure	Konsumentenrente du consommateur (monétarisation du surplus d'utilité pour les consommateurs) <i>(chapitre 2.2)</i>	243	Veränderung Zeit (Ph/d) Changement du temps de parcours	Estimation des utilités internes c trafic induit (nouveaux trajets et trajets avec de nouvelles destina tions)
	Coûts de mise à disposition de l'infrastructure	251	Fr.	Coûts d'investissement
	Coûts d'exploitation et d'entretien	252	Fr.	Routes, transports publics, mes ures de gestion du trafic
	Possibilité d'échelonnement des projets de construction	253	Qualitatif	Avantages et inconvénients d'un plus grande flexibilité lors de la réalisation du projet
	Coûts des risques et des incertitudes liées au projet	254	Risque	Incertitudes liées à la technique (par exemple à la géologie) et au coûts

Critères sociaux (promotion de la solidarité sociale)					
But principal	But partiel	Indicateurs	No	Unités	Remarques
3a) Protection et promotion de la santé des êtres humains	30 Sécurité routière	Accidents de la circulation	301	Nombre d'accidents par année	<i>Unfallschwere unterscheiden (Verletzte und Tote) à différencier selon la gravité des accidents (blessés et morts)</i>
	31 Diminution des nuisances liées à la pollution de l'air et du bruit	Pollution de l'air en phase d'exploitation (NO ₂ +PM10)	311	µg NO ₂ + PM10 / m ³	<i>substances indicatrices de l'état de santé de la population</i>
		Nuisances dues au bruit du trafic dans les zones d'habitation	312		dB(A) x appartement

		Nuisances dues au bruit du trafic dans les zones d'habitation potentielles	313	Surfaces exposées au bruit	<i>Immissions constatées aux points de réception déterminants</i>
		Nuisances dues au bruit du trafic dans les zones de protection et de détente	314	Qualitatif	<i>Reduktion in speziellen Gebiete</i> <i>Réduction du bruit dans des zones particulières ? ? ? ?</i>

3b) Cohabitation des différents usagers de la route	32 Amélioration de la tolérance mutuelle et des égards entre les usagers de la route	Entraves aux déplacements des piétons dues au trafic automobile	321	Fz / d véhicules par jour Piétons par jours	Diminution du temps d'attente pour les piétons qui désirent traverser la route (fonction de la charge de trafic)
		Conditions de circulation du trafic cyclistes sur l'espace routier	322	Qualitatif	La diminution de la quantité et de la vitesse du trafic ainsi que l'augmentation de la largeur de la route sont favorables au trafic cycliste
3c) Erhaltung und Ausbau der Wohn-/ Lebensqualität Maintien et amélioration de la qualité de vie	33 Amélioration de la qualité de vie dans les zones bâties	Constructibilité de la zone jouxtant la route	331	Surface constructible pondérée en fonction des nuisances m ²	La constructibilité de la zone jouxtant la route dépend de la charge de trafic et des immissions de bruit.
		Diminution du trafic dans les zones habitées principales	332	Km parcourus dans les zones d'habitation	Pour les zones habitées actuelles et futures

3d) Promotion du développement des habitations dans le cadre d'une concentration décentralisée	34 Limitation de l'extension des agglomérations	Trafic induit par une modification des destinations et des parcours	341	Qualitatif	<i>Les nouveaux projets routiers induisent du trafic, appréciation qualitative</i>
	35 Amélioration du développement de l'habitat en tant que partie intégrante du service public	Accès d'une zone à l'autre	351	Changement	<i>Interconnexion des villes et raccordement des régions périphériques</i>
		Accessibilité des destinations par les transports publics	352	Qualitatif	<i>Offre des transports publics du point de vue de l'exploitant et de l'utilisateur</i>
	36 Pesée transparente des intérêts parfois contradictoires (plan directeur, conceptions directrices)	Degré de concordance avec les documents de planification et d'aménagement du territoire	361	Qualitatif	<i>Les projets doivent être conformes au plan directeur</i>

Summary

Responsibilities and objectives for the research project

Within the scope of this research project, an application-oriented system of objectives and indicators is to be developed for assessing the sustainability of road traffic projects at cantonal, regional and municipal levels. What is more, it is not a new method of assessment that is to be worked out, but rather that the tried and tested method of assessing expediency (ZMB) is to be used together with the newly developed system of objectives and indicators in accordance with sustainability.

The suggested indicators are to be brought into an application-oriented format. The manageability of the sustainability indicators will at the same time be checked and assessed using a cost-benefit analysis and with the aid of suitable case studies.

The original aim of this piece of research was to develop **one** system of objectives and indicators and to test it using several examples. In the course of this, the task had to be adapted: **Several** systems of objectives and indicators had to be taken into account. These were checked using one example consisting of two projects. Since FEDRO's system of objectives and indicators (ZINV and NIS) were subject to ongoing further development and continue to be so, the task became accordingly complex.

The consequence of this was that the nature of this report with its extensive annexes is somewhat unfamiliar. The research office is aware that the report thus makes laborious reading and requires much looking up of terms. However, the report would be too confusing if the information from the annex were to be contained in the main text.

'Fallwil' was selected as the test case. This example deals with a road project in a residential area with average consequences. In the case of the 'Fallwil' expediency assessment, it concerns the comparison between one version consisting of a bypass using tunnels, with the other relating to steps taken to improve the existing road network. These construction options are compared with abandoning of building work altogether (initial state Z0).

Development of a system of objectives and indicators in accordance with sustainability

On the basis of current literature about the assessment of sustainability in road traffic, in the main worked out within the scope of the studies NFP 41 National Research Programme and Road Traffic and the Environment, an objectives and indicators system is being specially developed for the evaluation of municipal and cantonal road traffic projects. In order to be able to assume as wide and complete a basis as possible, the criteria present in the literature will be added to and adapted. By means of a triage system, indicators that are suitable for the objectives of the research project will be separated from those that are not usable.

In the development of indicators an empirical procedure will be selected: Based on the hypotheses that, for their part, are based on figures drawn from past experience and on references to literature, usable indicators will be developed for the setting of objectives. At the same time, it is not a question of showing why the indicator concerned was chosen and not another one.

Comparisons with other systems of aims and objectives

For the checking and further development of the system of aims and objectives, known as 'Sustainability SVI concept' (cf. Annex 2.1) and worked out in this research project, comparisons will be carried out using the following systems of aims and objectives:

11. System previously used for assessment of expediency, using an extended set of indicators
12. System of aims and objectives for sustainable road traffic (ZINV) for the UVEK
13. AVANTI system (on the basis of ZINV) used for the evaluation of the AVANTI initiative
14. 'Previous ZMB', 'Sustainability SVI concept' and 'ZINV' using a reduced set of indicators.
15. Sustainability indicators for 'NIS' roadway infrastructure projects

UVEK's two systems will be subject to continual further development. Within the scope of this research project, the situation as at March 2001 for the ZINV and as at September 2001 for the NIS (2nd interim report) will be adopted. In the case of the NIS, the system's essential features will be taken into account, but not the beginnings of the indicators.

The systems of aims and objectives examined differ mainly on account of their classification system and the assignment of their indicators to the three areas of sustainability: The environment, the economy and the community. The indicators used and their assignment stem from the illustration on the next page but one. The assignment of selected indicators is summarized for the systems under consideration in the following table:

Assignment of selected indicators to the three areas of sustainability

Indicator	Ecology	Economy	Community
Air pollution (emissions)	UVEK		Sustainability SVI concept
Noise pollution (residential areas/ nature reserves and recreational areas)	UVEK		Sustainability SVI concept
Achievability (both indicators)		Sustainability SVI concept	UVEK/ Sustainability SVI

The cost-benefit analysis will be repeated each time for the 'Fallwil' case study. The outcome shows that the results in accordance with the classification system of sustainability are not essentially different for the three areas of sustainability individually, or in the final analysis. This applies to the complete indicator sets 'Sustainability SVI concept' (2), (3) and (5). Were the reduced indicator sets to be used (4), then this will lead to distorted and therefore unusable results (cf. Fig. 4.1 on Page 29). By applying the previous ZMB classification system (1), slightly divergent results are revealed in the final analysis.

Overview of systems of objectives and indicators

Recommended Sustainability SVI system of objectives and indicators

It is evident from the following table that the 'Sustainability SVI concept' system of objectives and indicators emerges as the one to be recommended for practical use. The description of the suggested indicators and the scaling stages in use are contained in the indicator sheets at Annex 4.2. The system of objectives and indicators recommended has proven itself in practical application to be easy to handle, easy to understand and transparent.

The essential differences between it and the other system of objectives and indicators consist of the differing assignments of the indicators (e.g. noise pollution in the area of the community, rather than the environment) and in the consideration given to the induced new traffic as an indicator for the objective component 'limitation of the spread of the agglomeration'.

This standard set of indicators can be employed for assessing communal and cantonal road projects. Its suitability for the evaluation of big road building projects at a federal level has not been checked in concrete terms, but it certainly exists. It is recommended that the standardized system of objectives and indicators is not adopted implicitly, but should rather be adapted depending on the size and geographical situation of the project (e.g. whether inside or outside of a residential area).

Recommendation

Sustainability SVI standardized system for objectives and indicators: see german summary

1. Einleitung

1.1 Ausgangslage

Die Schweiz hat sich anlässlich des UNO-Erdgipfels 1992 in Rio verpflichtet, auf nationaler Ebene eine Politik nachhaltiger Entwicklung auszuarbeiten und umzusetzen. Die Bundesverfassung enthält eine entsprechende Bestimmung zur Nachhaltigkeit: „Bund und Kantone streben ein auf Dauer ausgewogenes Verhältnis zwischen der Natur und ihrer Erneuerungsfähigkeit einerseits und ihrer Beanspruchung durch den Menschen andererseits an,“, welche sich auf die ursprüngliche Definition gemäss Brundtland abstützt. Da Verkehrsprojekte oft weitreichende und vielseitige Auswirkungen haben, soll gemäss UVEK¹ die Nachhaltigkeit im Verkehr zum übergeordneten Ziel der schweizerischen Verkehrspolitik werden.

Nachhaltigkeit ist gemäss Definition dann gewährleistet, wenn unser Handeln künftige Generationen nicht an der Deckung ihrer Bedürfnisse hindert. Die drei Bereiche Ökologie, Ökonomie und Gesellschaft mit den Zielen Schutz der Umwelt, wirtschaftliche Effizienz und gesellschaftliche Solidarität (Soziales) bilden ein sogenanntes „magisches Dreieck“ einer nachhaltigen Entwicklung, indem keines der drei genannten Ziele erreicht werden kann, wenn die andern zwei vernachlässigt werden (vgl. Abb. 1.1).

Abb.1.1: „magisches Dreieck“ der Nachhaltigkeit

¹ UVEK: Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation

Realistischerweise muss davon ausgegangen werden, dass sich der Zustand, in welchem wir nur noch von den ‚Zinsen‘, nicht aber vom Kapital leben, nicht innert einiger Jahre herbeiführen lässt. Trotzdem, oder gerade deshalb ist es wichtig, unsere Entscheidungen heute schon daraufhin zu prüfen und unser Handeln darauf auszurichten.

Ein Ziel des nationalen Forschungsprogrammes NFP 41 „Verkehr und Umwelt“ war es, die wissenschaftlichen Grundlagen für eine nachhaltige Verkehrspolitik zu verbessern. Zu diesem Zweck wurde im Modul C „Methoden und Modelle zur Analyse von Umweltauswirkungen“ im Projekt C5 „Nachhaltigkeit: Kriterien im Verkehr“ [20] ein auf nationaler Ebene anwendbarer Kriterienkatalog zur Beurteilung der Nachhaltigkeit im Verkehr ausgearbeitet. Im Rahmen des Forschungsprojektes C7 „Strategie: Nachhaltiger Verkehr“ [16] wurden diese Kriterien überarbeitet und teilweise ergänzt. Die Kriterien und Indikatoren zur Operationalisierung des Nachhaltigkeitskonzeptes gemäss C5 und C7 basieren auf den drei oben genannten Bereichen der Nachhaltigkeit.

Beim UVEK ist ebenfalls die Entwicklung eines Ziel- und Indikatorensystems nachhaltiger Verkehr im Gange, welches auf den Zielen der Nachhaltigkeit basiert (vgl. Anhang 1.1, ZINV UVEK, aktuelle Version 24. Oktober 2001). Dieses ist auf die Beurteilung von Verkehrskonzepten und -strategien fokussiert, nicht spezifisch auf die Beurteilung von Strassenverkehrsprojekten. Eine vorläufige Version davon (Version März 2001, vgl. Anhang 1.2) wurde für die Beurteilung der Projekte der AVANTI-Initiative verwendet.

1.2 Aufgabenstellung und Ziele des Forschungsprojektes

Die vorliegende Forschungsarbeit soll ein anwendungsorientiertes Ziel- und Indikatorensystem zur Beurteilung der Nachhaltigkeit im Strassenverkehr auf kantonaler, regionaler und kommunaler Ebene liefern. Dabei soll nicht ein neues Beurteilungsverfahren geschaffen werden, sondern vielmehr das bewährte Verfahren der Zweckmässigkeitsbeurteilung (ZMB) [24] zugrunde gelegt werden, aber mit dem Ziel- und Indikatorensystem gemäss Nachhaltigkeit angewendet werden.

Die im Rahmen der Forschungsprojekte C5 und C7 (NFP 41) aufgestellten Kriterien und Indikatoren zur Beurteilung von Strategien und Konzepten bezüglich Nachhaltigkeit im Verkehr auf nationaler Ebene dienen für den vorliegenden Forschungsauftrag als Basis, werden hinsichtlich ihrer Eignung für kantonale, regionale und kommunale Strassenverkehrsprojekte überprüft und entsprechend ergänzt.

Ziel ist es, einen Satz von für die Praxis geeigneten Standardindikatoren zu ermitteln, mit denen sich Strassenverkehrsprojekte im Rahmen von Zweckmässigkeitsbeurteilungen (ZMB) im

Sinne der Definition des UVEK auf Nachhaltigkeit beurteilen lassen. Die Handhabbarkeit der Nachhaltigkeitsindikatoren soll dabei anhand eines geeigneten Beispiels überprüft und beurteilt werden.

Dabei soll auch untersucht werden, inwiefern die gewählten Kriterien in eine Nutzwertanalyse eingehen können. Ein Vergleich der Resultate einer Nutzwertanalyse basierend auf einem ursprünglichen Ziel- und Indikatorensystem mit einem bezüglich Nachhaltigkeit angepassten System soll den Einfluss von zusätzlichen oder angepassten Nachhaltigkeitskriterien aufzeigen. Die vorliegende Forschungsarbeit hat aber nicht zum Ziel, die Aggregationsmethode zu überprüfen, die Nutzwertanalyse wird nur als Beispiel einer Aggregation verwendet.

Kurz zusammengefasst können die Aufgaben und Ziele dieser Forschungsarbeit wie folgt umschrieben werden:

- Kriterien zur Beurteilung der Nachhaltigkeit von kantonalen, regionalen und kommunalen Strassenverkehrsplanungen² und -projekten ermitteln, ergänzen und überprüfen
- die Kriterien und Indikatoren in eine anwendungsorientierte Form bringen
- die Kriterien mittels ZMB auf ihre Handhabbarkeit hin überprüfen.

1.3 Abgrenzungen

Im Rahmen dieses Forschungsauftrages wird untersucht, mit welchen Kriterien die Erreichung der Nachhaltigkeitsziele bei **konkreten Strassenprojekten** überprüft werden kann. Nicht berücksichtigt werden allgemeine Verkehrskonzepte.

Zur Beurteilung von Verkehrsprojekten auf der Basis von Nachhaltigkeitszielen sind verschiedene Methoden denkbar. In diesem Forschungsprojekt wird **die Nutzwertanalyse (NWA)** als eine Möglichkeit der Aggregation mit einem gewichteten Ziel- und Indikatorensystem im Rahmen der Zweckmässigkeitsbeurteilung (ZMB) angewendet. Im Rahmen dieser Forschungsarbeit wird die Aggregationsmethode selbst nicht überprüft.

² In dieser Forschungsarbeit werden diese im Sinne von Planungsstudien definiert

1.4 Vorgehen

Das ursprüngliche Ziel der Forschungsarbeit war, **ein** Ziel- und Indikatorensystem zu entwickeln und mit mehreren Beispielen zu testen. Im Laufe der Arbeiten musste das Ziel angepasst werden: Es mussten **mehrere** Ziel- und Indikatorensysteme berücksichtigt werden. Diese wurden mit einem Beispiel, bestehend aus 2 Projekten überprüft. Da die Ziel- und Indikatorensysteme des ASTRA („ZINV“ und „NIS“) laufend weiterentwickelt wurden und immer noch werden, wurde die Aufgabe entsprechend komplex.

Dies hat zur Folge, dass die Art des vorliegenden Berichtes mit umfangreichen Anhängen etwas ungewohnt ist. Die Forschungsstelle ist sich bewusst, dass der Bericht deshalb mühsam ist zu lesen und viel Nachschlagen erfordert. Der Bericht wäre jedoch zu unübersichtlich, wenn die Informationen aus dem Anhang im Text enthalten wären.

Die Forschungsarbeit ist in folgende 5 Teile gegliedert:

1. Literaturstudium
2. Entwicklung eines Ziel- und Indikatorensystems „Nachhaltigkeit“
3. Vergleich Nutzwertanalyse mit / ohne Nachhaltigkeitsindikatoren anhand eines Fallbeispiels
4. Ableitung eines standardisierten Ziel- und Indikatorensystems für die Praxis
5. Schlussfolgerungen

Im **ersten Teil** wird die aktuelle Literatur über die Bewertung der Nachhaltigkeit im Verkehr aufgearbeitet. Eine umfassende Literaturliste findet sich am Schluss des vorliegenden Berichtes. Speziell zu erwähnen sind die Arbeiten C5 [20] und C7 [16], die im Rahmen des Nationalen Forschungsprogrammes NFP 41, Verkehr und Umwelt, erarbeitet wurden. Darin wurden Kriterien entwickelt, mit welchen die Nachhaltigkeit bei allgemeinen Verkehrsplanungen und -konzepten beurteilt werden kann.

Wie bereits erwähnt, ist beim UVEK (ARE) ebenfalls die Bearbeitung eines Kriterienkataloges für die Beurteilung von Verkehrsinfrastrukturvorhaben und deren Betrieb in Bezug auf Nachhaltigkeit (ZINV) im Gange. Im vorliegenden Forschungsauftrag wird der Stand vom März 2001 berücksichtigt (vgl. Anhang 1.2). Dieser unterscheidet sich wesentlich vom aktuellen Stand vom Oktober 2001 (vgl. Anhang 1.1).

Im Rahmen des Forschungsauftrages 44/99 der SVI wurde die Nachhaltigkeit im Planungsprozess und als Planungsinstrument für eine angebotsorientierte Verkehrsplanung untersucht:

„Nachhaltigkeit und Koexistenz in der Strassenraumplanung“ [3]. Darin wurde ebenfalls ein Beurteilungsraster mit Indikatoren zur Projektevaluation entwickelt, welches auf den drei Bereichen der Nachhaltigkeit beruht.

Im **zweiten Teil** der Forschungsarbeit wird ein Ziel- und Indikatorensystem speziell für die Beurteilung von kommunalen und kantonalen Strassenverkehrsplanungen und -projekten entwickelt. Die in der Literatur vorhandenen Kriterien werden ergänzt und angepasst. Durch eine Triage werden die für die Beurteilung von solchen Strassenverkehrsprojekten im Rahmen von ZMB verwendbaren Indikatoren (Ziel- und Indikatorensystem „Nachh SVI Entwurf“, vgl. Anhang 2.1) von den nicht dafür verwendbaren (vgl. Anhang 2.2 und 2.3) getrennt. Dabei wird soweit wie möglich die im Aufbau befindliche Systematik des UVEK berücksichtigt.

Bei der Entwicklung der Indikatoren wird ein empirisches Vorgehen gewählt: Auf der Basis von Hypothesen, die ihrerseits auf Erfahrungswerten und Literaturangaben basieren, werden für die Zielsetzung brauchbare Indikatoren entwickelt. Es geht dabei nicht darum aufzuzeigen, warum der entsprechende Indikator und nicht ein anderer gewählt wird.

Im **dritten Teil** wird das Ziel- und Indikatorensystem anhand eines konkreten Fallbeispiels überprüft. Es handelt sich dabei um ein Projekt, für welches schon eine Zweckmässigkeitsbeurteilung gemäss Handlungsanleitung [25] vorliegt:

Fallbeispiel „Fallwil“, Zweckmässigkeitsbeurteilung Umfahrung und Massnahmen (im Weiteren Kurzbezeichnung ZMB „Fallwil“ verwendet). Da es sich bei diesem Beispiel um ein aktuelles Projekt handelt, dessen Bewilligungsverfahren noch im Gange ist, wird das Projekt anonymisiert.

Beim Fallbeispiel „Fallwil“ handelt es sich um ein für kantonale Verhältnisse mittleres Strassenprojekt mit Netzerweiterung, mit mittelräumigen Auswirkungen, das im Siedlungsgebiet liegt und eine relevante Bauphase aufweist. Bei der ZMB „Fallwil“ geht es um den Vergleich einer Variante Umfahrung mit Tunnelbauten mit einer Variante Massnahmen auf dem bestehenden Strassennetz. Diese Bauvarianten wurden dann dem Bauverzicht (Ausgangszustand Z0= heutiger Netzzustand mit Berücksichtigung der Verkehrsentwicklung) gegenübergestellt. Die Situation „Fallwil“ geht aus der folgenden Darstellung (Abb. 1.2) hervor.

Abb. 1.2: Situation Fallbeispiel „Fallwil“

Ebenfalls im dritten Teil der Forschungsarbeit wird die bereits nach [25] durchgeführte Nutzwertanalyse mit dem neu entwickelten Ziel- und „Nachh SVI Entwurf“ (Anhang 2.1) wiederholt und die Resultate miteinander verglichen. Die beiden verwendeten Indikatorensätze können sich durch folgende Typen von Indikatoren unterscheiden:

- bisher in NWA verwendete, geeignete Indikatoren, evtl. mit angepassten Nutzwertfunktionen
- neue, für die Beurteilung gemäss den Zielen der Nachhaltigkeit erforderliche Indikatoren
- bisher verwendete Indikatoren, die für die Beurteilung gemäss Nachhaltigkeit nicht relevant sind.

Mit Sensitivitätsanalysen wird getestet, welche Kriterien für die Beurteilung von Verkehrsprojekten im Rahmen von Zweckmässigkeitsbeurteilungen im Sinne der Nachhaltigkeit bedeutend sind. Das neu entwickelte Ziel- und Indikatorensystem „Nachh SVI Entwurf“ wird mit den fol-

genden zwei Systemen des UVEK verglichen: Es wird das „Ziel- und Indikatoren-system nachhaltiger Verkehr“ ZINV (ARE), welches für die Beurteilung der AVANTI-Initiative verwendet wurde (Stand März 2001, vgl. Anhang 1.2) und die „Nachhaltigkeitsindikatoren für Strasseninfrastrukturprojekte“ NIS (ASTRA, Stand September 2001) berücksichtigt. Diese Zielsysteme werden parallel zur vorliegenden Forschungsarbeit erarbeitet und noch laufend weiter entwickelt. Das Ziel- und Indikatoren-system „Nachh SVI Entwurf“ wird mit den beiden oben erwähnten Systemen verglichen und jeweils angepasst.

Im **vierten Teil** wird für die ZMB-Praxis ein standardisiertes Ziel- und Indikatoren-system Nachhaltigkeit SVI abgeleitet, das die wichtigsten für die Beurteilung von kommunalen und kantonalen Strassenprojekten notwendigen Indikatoren enthält. Strassenbauvorhaben auf Konzeptstufe sind nicht Bestandteil der Untersuchung.

Die Beurteilung eines Projektes nach den Zielen der Nachhaltigkeit ist abhängig vom Projekttyp, respektive von der Art und vom Ausmass der Auswirkungen des Projektes. Zum Beispiel: wenn ein Projekt ausserhalb des Siedlungsgebietes liegt und keinen Einfluss darauf hat, ist es nicht sinnvoll, das Projekt nach den Zielen der Erhaltung der Wohn- und Lebensqualität zu beurteilen. Die Projekttypen können nach folgenden Kriterien unterschieden werden:

- Art des Strassenprojektes (Netzveränderung/ -erweiterung oder Kapazitätserweiterung oder Massnahmen auf dem bestehenden Netz, angebotsorientiert)
- Umfang (grosse Strassenprojekte mit weitreichenden Auswirkungen oder kleine mit kleinräumigen Auswirkungen)
- geographische Lage/ Umgebung Projekt und Auswirkungen (im Siedlungsgebiet z.B. Stadt, Agglomeration, ländliche Umgebung, ausserhalb Siedlungsgebiet)
- Relevanz Bauphase (Tunnel mit viel Material z.B. Deponieproblematik, Lärm und Luftschadstoffe bei Transporten, Etappierbarkeit).

Beim Projekt „Fallwil“ handelt es sich wie schon erwähnt um ein mittleres Projekt mit Netzerweiterung im Siedlungsgebiet. Die Nutzwertanalyse wird im vierten Teil mit dem empfohlenen Ziel- und Indikatoren-system Nachhaltigkeit SVI nochmals für das Fallbeispiel „Fallwil“ wiederholt. Ebenfalls in diesem Teil werden die Resultate aller Vergleiche zusammengefasst und grafisch dargestellt.

Im **fünften und letzten Teil** werden die Schlussfolgerungen gezogen und Empfehlungen für die Praxis zur Anwendung des standardisierten Ziel- und Indikatoren-systems Nachhaltigkeit SVI bei Zweckmässigkeitsbeurteilungen abgegeben. Es wird insbesondere der Frage nachgegangen, welche Ziele und Teilziele, resp. welche Indikatoren berücksichtigt werden sollen und ob das System auch für andere Projekttypen verwendbar ist.

2. Ziel- und Indikatorensysteme Nachhaltigkeit

2.1 Basis

Die in der Literatur enthaltenen Indikatoren werden bezüglich ihrer Eignung zur Beurteilung der Nachhaltigkeit im Strassenverkehr untersucht und hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit drei unterschiedlichen Indikatorensätzen zugeordnet:

1. Indikatoren für Verkehrsplanungen und -projekte (Basis, Anhang 2.1)
2. Indikatoren für Konzepte, Strategien, etc. (Anhang 2.2)
3. verworfene Indikatoren (Anhang 2.3).

Indikatoren, welche für die Beurteilung von kommunalen und kantonalen Strassenverkehrsmassnahmen auf Planungs- und Projektstufe geeignet sind, werden dem ersten Ziel- und Indikatorensystem zugeordnet. Dieses bildet die Basis für die vorliegende Forschungsarbeit (Kurzbezeichnung Nachh SVI Entwurf).

Indikatoren, welche nur für Verkehrskonzepte, Vergleiche mit Konzepten des Öffentlichen Verkehrs etc. geeignet sind, werden dem zweiten Ziel- und Indikatorensatz zugeordnet. Dem dritten Indikatorensatz sind diejenigen Indikatoren zugeordnet, welche sich als ungeeignet erweisen für die Beurteilung von Strassenprojekten. Diese beiden Indikatorensätze werden im Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit nicht weiter verwendet.

2.2 Ziel- und Indikatorensystem Fallbeispiel ZMB „Fallwil“ bisher

Für Zweckmässigkeitsbeurteilungen (ZMB) von Strassenverkehrsanlagen wurden bisher verschiedene Ziel- und Indikatorensysteme verwendet, die im Wesentlichen auf dem Muster der Handlungsanleitung [25], vgl. Anhang 2.4, basieren. Als Oberziele haben sich bis jetzt bewährt:

- Bessere Erfüllung der Verkehrsbedürfnisse
- Möglichst geringer Mitteleinsatz für die Realisierung und den Betrieb der Verkehrsanlage
- Schaffung besserer Bedingungen für Mensch, Siedlung und Umwelt

Das Beispiel ZMB „Fallwil“ entspricht nicht genau der Handlungsanleitung, zusätzliche Aspekte der Nachhaltigkeit, insbesondere bezüglich Aufenthaltsqualität der Anwohner sind darin schon berücksichtigt. Beim Ziel- und Indikatorensystem der ZMB „Fallwil“ ist das Oberziel

Mensch und Umwelt unterteilt in die beiden Oberziele Umwelteinwirkungen und Wirkung auf Mensch und Raum (vgl. Anhang 2.5).

2.3 Ziel- und Indikatorensystem unter dem Aspekt Nachhaltigkeit

2.3.1 Systematik der Nachhaltigkeit und Zuordnung

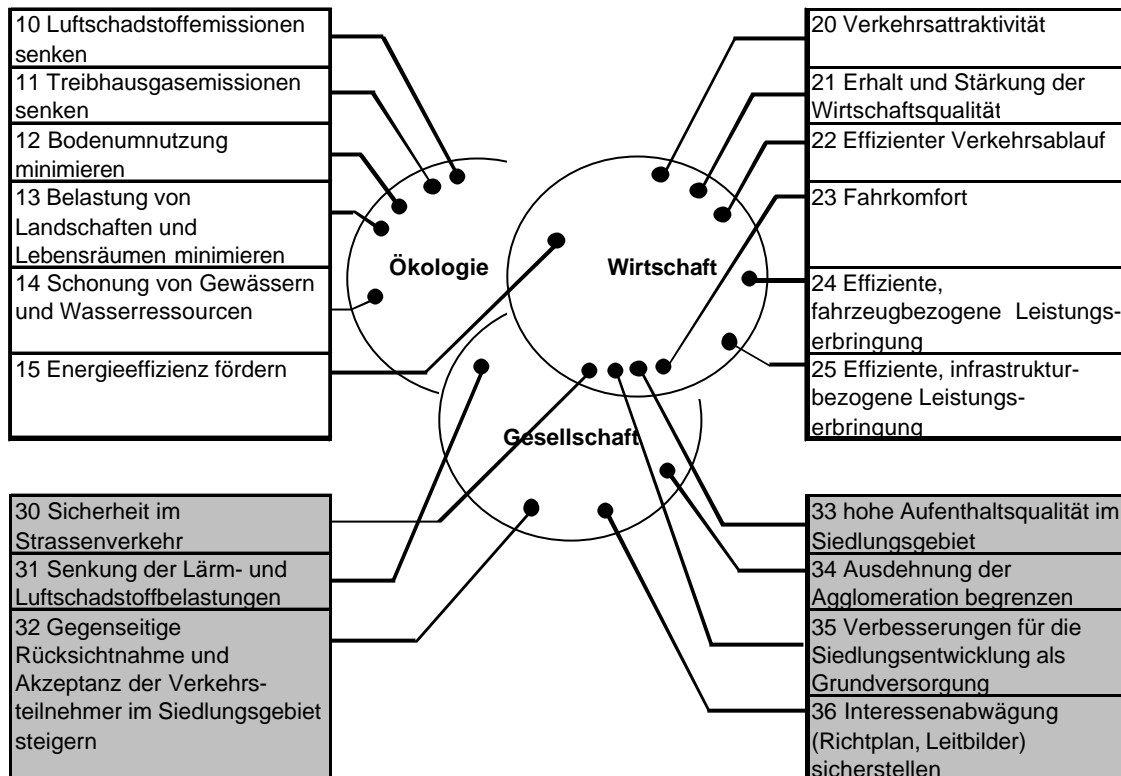
Das verwendete Ziel- und Indikatorensystem „Nachh SVI Entwurf“ (vgl. Anhang 2.1) ist in die drei Bereiche der Nachhaltigkeit gegliedert:

- Senkung der Umwelteinwirkungen (Ökologie)
- Steigerung der wirtschaftlichen Effizienz (Wirtschaft)
- Förderung der gesellschaftlichen Solidarität (Gesellschaft)

Mit der Berücksichtigung aller drei Bereiche wird ein ausgewogenes Zielsystem angestrebt (vgl. Abb. 1.1). Die Zuordnung der Ziele und der einzelnen Indikatoren zu den drei Bereichen ist nicht immer eindeutig, viele liegen im Schnittbereich (vgl. Abb. 2.1) und lassen sich dem einen oder anderen Bereich zuordnen (z.B. Luftschadstoff-Immissionen: diese sind sowohl ein Umweltproblem sowie ein Gesellschafts-, resp. Verteilungsproblem. Im hier vorgeschlagenen Zielsystem „Nachh SVI Entwurf“ werden die Luftschadstoff-Immissionen dem Bereich Gesellschaft zugeordnet). Die Luftschadstoff-Emissionen dagegen werden dem Bereich Umwelt zugeordnet. Bei der Gewichtung wird darauf geachtet, dass keine Doppelzählungen entstehen. Diejenigen Umweltziele, die den Menschen und seine Gesundheit betreffen, werden dem Bereich Gesellschaft zugeordnet. Dies gilt auch für die Lärmbelastungen.

2.3.2 Zusätzliche Indikatoren

Die relevanten Indikatoren bleiben weitgehend dieselben wie in den bisherigen ZMB verwendet (vgl. Ziel- und Indikatorensystem in Anhang 2.4). Die zusätzlich zur Handlungsanleitung [25] hinzukommenden Indikatoren sind im Ziel- und Indikatorensystem in Anhang 2.1 mit einem Raster markiert. Die ZMB „Fallwil“ beinhaltet bereits einen grossen Teil der zusätzlichen Indikatoren der Nachhaltigkeit (vgl. Ziel- und Indikatorensystem in Anhang 2.5), z.T. mit anderen Bezeichnungen der Teilziele als gemäss Systematik der Nachhaltigkeit.

Abb. 2.1: Zuordnung der Ziele und Indikatoren („Nachh SVI Entwurf“)

Bei den Luftschadstoffen werden neben der bisher verwendeten Leitsubstanz NO_x auch die Kohlenwasserstoff-Emissionen (VOC) und die Partikel-Emissionen (PM₁₀) berücksichtigt. Die Partikel-Belastung ist bezüglich Gesundheit eher kritischer als die Stickoxid-Belastung. Im Bereich Umwelt wird die Deponieproblematik als Mass des Ressourcenverbrauchs zusätzlich untersucht.

Im Bereich Wirtschaft wird neu auch die Auswirkung auf das Entwicklungspotenzial der Industrie und des Gewerbes erfasst. Die Reisezeiten werden ergänzt mit den für die Planbarkeit der Reise notwendigen Zeitreserven. Das Teilziel Komfort wird erweitert um die Indikatoren Stetigkeit und Einmünden und Abbiegen. Beim wirtschaftlichen Mitteleinsatz werden als Mass für die effiziente Leistungserbringung die fixen Fahrzeugkosten (nur Nutzverkehr), die variablen Fahrzeugkosten und die Konsumentenrente als Nutzen des Neuverkehrs ermittelt. Der Neuverkehr setzt sich zusammen aus neu erzeugten Fahrten und aus bestehenden Fahrten mit veränderten Zielen. Beim Teilziel der optimalen Bereitstellung der Verkehrsinfrastruktur wird neben den eigentlichen Kosten zusätzlich die Etappierbarkeit der Erstellung berücksichtigt.

Im Bereich Gesellschaft kommt zu den Lärmbelastungen in bestehenden Siedlungsgebieten diejenigen in potenziellen Siedlungsgebieten und ausserdem die Lärmbelastungen in Schutz-

und Erholungsgebieten hinzu. Als Mass für die Aufenthaltsqualität im Siedlungsgebiet wird die gezielte Verkehrsentslastung sowie das Gestaltungspotenzial und die Nutzbarkeit des Straßenraumes hinzugefügt. Ebenso im Bereich Gesellschaft werden die negativen Auswirkungen des Neuverkehrs, der durch eine Angebotserweiterung entsteht, analysiert. Die Angebotserweiterung durch eine neue Infrastruktur kann Siedlungsdruck bewirken und widerspricht dem Ziel der dezentralen Siedlungsentwicklung.

2.3.3 Vergleiche mit den Zielsystemen des UVEK

Im Rahmen dieser Forschungsarbeit wird das neu entwickelte Ziel- und Indikatorensystem „Nachh SVI Entwurf“ (vgl. Anhang 2.1) neben dem Vergleich mit bisher in ZMB verwendeten Zielsystemen auch mit den Ziel- und Indikatorensystemen des UVEK verglichen. Die Unterschiede zwischen den Zielsystemen des UVEK und dem in der vorliegenden Forschungsarbeit vorgeschlagenen Zielsystem „Nachh SVI Entwurf“ sowie dem daraus entwickelten empfohlenen standardisierten Zielsystem Nachhaltigkeit SVI sind in der folgenden Übersichtstabelle (Abb. 2.2 auf Seite 13) dargestellt.

Die Zuordnung der Indikatoren zu den drei Bereichen der Nachhaltigkeit ist z.T. unterschiedlich. Sie ist in der Übersichtstabelle farblich hervorgehoben (Bereich Ökologie grün, Bereich Ökonomie blau, Bereich Gesellschaft gelb). Die Tabelle basiert auf der Systematik des im Rahmen dieser Forschungsarbeit entwickelten Ziel- und Indikatorensystems „Nachh SVI Entwurf,“ (linker Bereich). Diese Systematik wird derjenigen der UVEK-Zielsysteme (rechter Bereich) gegenübergestellt (mit der entsprechenden Farbe und mit Pfeilen markiert).

In der folgenden Tabelle ist die Zuordnung von ausgewählten Indikatoren zu den drei Bereichen der Nachhaltigkeit für die berücksichtigten Ziel- und Indikatorensysteme zusammengefasst:

Tab. 2.1: Zuordnung ausgewählter Indikatoren zu den drei Bereichen der Nachhaltigkeit

Indikator	Ökologie	Ökonomie	Gesellschaft
Luftschadstoffbelastungen (Immissionen)	UVEK		Nachh SVI Entwurf
Lärmbelastungen (Siedlungsgebiete/ Schutz- und Erholungsgebiete)	UVEK		Nachh SVI Entwurf
Erreichbarkeiten (beide Indikatoren)		Nachh SVI Entwurf	UVEK/ Nachh SVI

Die bei den verschiedenen Ziel- und Indikatorensystemen berücksichtigten Indikatoren sind in der Übersichtstabelle auf der folgenden Seite jeweils markiert. Die Indikatoren des Bereiches

Umwelt (System „Nachh SVI Entwurf“) entsprechen weitgehend jenen des Systems „ZINV“ (Stand März 2001), nur sind die gesundheitsrelevanten Lärm- und Luftschadstoffbelastungen wie bereits erwähnt dem Bereich Gesellschaft zugeordnet. Im Bereich Wirtschaft sind einige Ziele und Indikatoren aus dem System „Nachh SVI Entwurf“ wie Förderung der Wirtschaftsentwicklung, die Fahrkomfortmasse Stetigkeit und Einmünden und Abbiegen sowie die Etaprierbarkeit und das Kostenrisiko im System „ZINV“ (Stand März 2001) nicht enthalten. Bei den gesellschaftlichen Kriterien fehlen im „ZINV“ (Stand März 2001) die Indikatoren Trennwirkung für Fussgänger und Bedingungen für den Fahrradverkehr als Mass für die Koexistenz der Verkehrsteilnehmer und die Auswirkungen des Neuverkehrs auf die Siedlungsstruktur. Ausserdem ist die Zuordnung der Indikatoren zu den drei Bereichen z.T. unterschiedlich. Im empfohlenen Ziel- und Indikatorensystem „Nachh SVI“ sind die Erreichbarkeiten in Anlehnung an die Systematik des UVEK dem Bereich Gesellschaft zugeordnet (vgl. Tab. 2.1).

Zur Zeit der Entstehung dieser Forschungsarbeit wird beim UVEK ein neues Ziel- und Indikatorensystem „NIS“ erarbeitet. Dieses (Basis 2. Zwischenbericht September 2001) wird in der vorliegenden Forschungsarbeit bei der Entwicklung des standardisierten Ziel- und Indikatorensystems ebenfalls berücksichtigt (vgl. Kap. 4).

Die Ziele der Raumplanung sind im System des UVEK „ZINV“ Stand März 2001 (vgl. Anhang 1.2) noch nicht enthalten, im Stand Juni 2001 separat aufgeführt und im Stand 24.10.2001 dann miteinbezogen. Im Rahmen der ZMB AVANTI wird das Ziel- und Indikatorensystem des UVEK „ZINV“ Stand März 2001 angewendet. Im vorliegenden Forschungsauftrag wird ebenfalls der Stand März 2001 des „ZINV“ berücksichtigt. Allerdings sind die Ziele der Raumordnung im Ziel- und Indikatorensystem „Nachh SVI Entwurf“ enthalten.

Begriffe

Für die Vergleiche mit den verschiedenen Ziel- und Indikatorensystemen werden folgende Begriffe verwendet:

- im Rahmen des vorliegenden Forschungsauftrages neu entwickeltes System mit den Zielen der Nachhaltigkeit: „Nachh SVI Entwurf“
- Nachhaltigkeits-System nach der Systematik UVEK: „ZINV“, Stand März 2001
- System AVANTI nach der Systematik UVEK: „AVANTI“, Stand März 2001
- System nach den Grundzügen des NIS [43]: Grundzüge „NIS“, Stand September 2001
- empfohlenes standardisiertes Ziel- und Indikatorensystem: standardisiertes Ziel- und Indikatorensystem Nachhaltigkeit SVI

Abb. 2.2: Übersicht Ziel- und Indikatorensysteme
(Basiseinteilung „Nachh SVI Entwurf“+Ergänzung „NIS“)

2.4 Gewichtung der Ziele

Die Idee des UVEK, alle drei Bereiche zu je 1/3 gleich zu gewichten, wird im vorliegenden Forschungsbericht übernommen. Diese Dreiteilung der Gewichte entspricht dem jetzigen Stand, die politische Diskussion darüber ist jedoch noch nicht abgeschlossen. Mit den vorgeschlagenen Gewichtungen der Ober-, und Teilziele sowie der Indikatoren wird hier eine Quantifizierung der Wirkungen im Rahmen einer Nutzwertanalyse versucht. Diese ist jedoch subjektiv und sollte projektbedingt angepasst werden. Gewichtungsvarianten werden nur für die Oberziele und die Teilziele untersucht.

2.5 Skalierung der Indikatoren gemäss Nachhaltigkeit

Neben den Zuordnungen zu den Zielen der Nachhaltigkeit und den entsprechenden Gewichtungen müssen auch die Nutzwertfunktionen für die Nutzwertanalyse den Zielen der Nachhaltigkeit angepasst werden.

Für das Fallbeispiel ZMB „Fallwil“ werden Nutzwertfunktionen für alle Indikatoren des neuen Ziel- und Indikatorensystems „Nachh SVI Entwurf“ (vgl. Anhang 2.1) ermittelt. Für die Indikatoren des in Kapitel 4 empfohlenen Standardindikatorensystems sind die Nutzwertfunktionen in Anhang 4.2 dargestellt. Dabei wird wie in den bisherigen ZMB eine Skalierung 0 bis 100 Punkten verwendet. Bei der Bestimmung der Eckwerte wird die Zielsetzung, resp. die Idee der Nachhaltigkeit nach Möglichkeit berücksichtigt, d.h. die Eckwerte werden z.B. etwas enger gesetzt. Beispiel NO_x-Emissionen: bisher wurde in ZMB die folgende Skalierung gewählt: 100 Punkte = Reduktion der NO_x-Emissionen um 20% der gesamten NO_x-Emissionen im Perimeter und 0 Punkte = Erhöhung um 20% (Ausgangszustand = 50 Punkte). Mit der neuen Skalierung wird als Eckwert +/- 10% angenommen, d.h. dieselbe Erhöhung der NO_x-Emissionen (in Tonnen) gegenüber dem Ausgangszustand wird strenger beurteilt.

Bei den meisten schon in den bisherigen ZMB berücksichtigten Indikatoren verändern sich die Nutzwertfunktionen mit den Zielen der Nachhaltigkeit nicht.

3. Vergleich Nutzwertanalyse bisher/ gemäss Nachhaltigkeit

3.1 Abgrenzungen

Im Folgenden werden die Resultate der Nutzwertanalyse (NWA) für das Fallbeispiel „ZMB Fallwil“ mit den verschiedenen Ziel- und Indikatorensystemen diskutiert. Dabei geht es um die Entwicklung und Überprüfung der Indikatoren und des Systems, nicht um die Überprüfung der NWA als Aggregationsinstrument. In der Übersichtstabelle in Abb. 2.2 auf Seite 13 sind die für diese Vergleiche verwendeten Ziel- und Indikatorensätze einander gegenübergestellt. Die verwendeten Begriffe gehen aus dem Kästchen auf Seite 12 hervor.

3.2 Ergebnis NWA nach „Nachh SVI Entwurf“ für das Fallbeispiel ZMB „Fallwil“

Für das Fallbeispiel „Fallwil“ wird die Nutzwertanalyse in einem ersten Schritt mit dem im Rahmen dieser Forschungsarbeit entwickelten Ziel- und Indikatorensystem „Nachh SVI Entwurf“ gemäss Anhang 2.1 durchgeführt.

Der Unterschied zwischen dem in der ZMB „Fallwil“ ursprünglich verwendeten Ziel- und Indikatorensystem (vgl. Anhang 2.5) und dem neu entwickelten besteht hauptsächlich in der unterschiedlichen Systematik (vgl. Übersichtstabelle in Abb. 2.2) mit entsprechend unterschiedlicher Gewichtung. Die Gewichtung der drei Bereiche zu je 1/3 wird als Voraussetzung angenommen. Ausserdem werden die angepassten Nutzwertfunktionen (vgl. Anhang 4.2) verwendet und weitere Indikatoren berücksichtigt (weitere Luftschadstoffe, Berücksichtigung der Bauphase, Nutzen resp. „Schaden“ des Neuverkehrs, etc).

Das Ergebnis der NWA geht aus dem Anhang 3.1 hervor. In der folgenden Tabelle sind die Differenzen zum Ausgangszustand in % pro Nachhaltigkeitsbereich und in der Bilanz dargestellt („Fallwil“ versus „Nachh SVI Entwurf“).

**Tab. 3.1 Resultate „Fallwil“ versus „Nachh SVI Entwurf“
als Veränderung gegenüber dem Ausgangszustand³ [%]**

Ziel-system	Variante Umfahrung				Variante Massnahmen				
	Umwelt	Wirt-schaft	Gesell-schaft	Bilanz	Umwelt	Wirt-schaft	Gesell-schaft	Bilanz	
ZMB Fallwil	Systematik gemäss Handlungsanleitung				+7.1	Systematik gemäss Handlungsanleitung			+9.3
Nachh SVI Entwurf	-50.5	-5.5	+87.3	-10.1	+7.3	-8.9	+43.7	+8.2	

Unter Verwendung des Ziel- und Indikatorensystems „Nachh SVI Entwurf“ verändert sich das Resultat der NWA zu Gunsten der Variante Massnahmen, d.h. die Variante Umfahrung verschlechtert sich. Die umfangreiche Ausbauvariante (mit Tunnelbauten, vgl. Abb. 1.2) schneidet unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeitsziele schlechter ab als der Ausgangszustand, dies gilt insbesondere für den Bereich Umwelt.

3.3 Ergebnis NWA nach UVEK „ZINV“ für das Fallbeispiel ZMB „Fallwil“

Die Nutzwertanalyse wird gemäss der Systematik des UVEK mit dem Ziel- und Indikatorensystem „ZINV“ (vgl. Anh. 1.2, Stand 1. März 2001) wiederholt. Der verwendete Indikatorensatz geht ebenfalls aus der Übersichtstabelle in Abb. 2.2 hervor.

Im Gegensatz zum neu entwickelten Ziel- und Indikatorensystem „Nachh SVI Entwurf“ sind die Immissions-Indikatoren (Luft und Lärm) dem Bereich Ökologie zugeordnet und die Erreichbarkeiten dem Bereich Gesellschaft. Einige Teilziele und Indikatoren sind im Ziel- und Indikatorensystem „ZINV“ gemäss UVEK (vgl. Anhang 3.2) nicht enthalten (z.B. Koexistenz der Verkehrsteilnehmer, Förderung von Industrie und Gewerbe). Entsprechend verändern sich die Gewichte der einzelnen Indikatoren.

Der Unterschied im Resultat (vgl. Anhang 3.2 und folgende Tabelle 3.2 „Nachh SVI Entwurf“ versus „ZINV“) ist nicht gross, der Einfluss der Berücksichtigung der Systematik und der Ziele

³ Ausgangszustand = Zustand ohne bauliche Massnahmen mit Berücksichtigung der Verkehrsentwicklung

der Nachhaltigkeit (von „ZMB Fallwil“ zu „Nachh SVI Entwurf“) ist demnach grösser als jener der Zuordnung der Indikatoren zu den 3 Bereichen. Dieser äussert sich bei der Variante Umfahung im Bereich Wirtschaft und vor allem im Bereich Gesellschaft, bei welchem im Ziel- und Indikatorensystem „Nachh SVI Entwurf“ die Senkung der Lärm- und Luftschadstoffbelastungen enthalten sind. Bei der Variante Umfahung sind die Unterschiede nicht relevant.

**Tab. 3.2 Resultate „Nachh SVI Entwurf“ versus UVEK „ZINV“
als Veränderung gegenüber dem Ausgangszustand⁴ [%]**

Ziel-system	Variante Umfahung				Variante Massnahmen			
	Umwelt	Wirt-schaft	Gesell-schaft	Bilanz	Umwelt	Wirt-schaft	Gesell-schaft	Bilanz
Nachh SVI Entwurf	-50.5	-5.5	+87.3	-10.1	+7.3	-8.9	+43.7	+8.2
ZINV	-41.4	+11.4	+40.2	-7.7	+7.6	-9.5	+50.3	+11.5

3.4 Ergebnis NWA nach UVEK „AVANTI“ für das Fallbeispiel ZMB „Fallwil“

Wird die Nutzwertanalyse mit dem für die Zweckmässigkeitsbeurteilung „AVANTI“ verwendeten Ziel- und Indikatorensystem des UVEK (vgl. Anhang 3.3) durchgeführt, verändert sich das Resultat in dieselbe Richtung (vgl. Abbildung 4.1 auf Seite 28), aber nur unwesentlich. Eine weitere Reduktion der Indikatoren, v.a. der Siedlungsgebiet-spezifischen Aspekte wie Aufenthaltsqualität etc. hat demzufolge keinen grossen Einfluss auf das Resultat. „AVANTI“: -5.7% für die Variante Umfahung gegenüber dem Ausgangszustand, resp. +14.2% für die Variante Massnahmen/ UVEK „ZINV“: -7.7%, esp. +11.5% (vgl. Tab. 4.2 auf Seite 27). Auch dieser Indikatorensatz geht aus der Übersichtstabelle in Abb. 2.2 auf Seite 13 hervor.

⁴ Ausgangszustand = Zustand ohne bauliche Massnahmen mit Berücksichtigung der Verkehrsentwicklung

3.5 Ergebnis NWA mit reduziertem Indikatorensatz (bisher/ gemäss Nachhaltigkeit)

Mit den folgenden Tests wird versucht, das Ziel- und Indikatorensystem auf wenige repräsentative, in der Praxis gut und einfach handhabbare Indikatoren zu beschränken.

Wird das Ziel- und Indikatorensystem gegenüber „AVANTI“ weiter reduziert und jeweils auf wenige repräsentative Indikatoren beschränkt, sieht das Resultat der Nutzwertanalyse anders aus (vgl. Anhänge 3.4, 3.5, 3.6 sowie Übersichtstabelle in Abb. 2.2 und Abbildung 4.1): Das Resultat kippt stark zu Ungunsten der Tunnelvariante, diese schneidet gegenüber dem Ausgangszustand und gegenüber der Variante Massnahmen massiv schlechter ab. Dies gilt sowohl für die ursprüngliche ZMB- Systematik wie auch für die Systematik der Nachhaltigkeit gemäss UVEK („Nachh SVI Entwurf“ und „ZINV“).

Es ist schwierig, ein Mass der Nachhaltigkeit zu definieren und die entsprechenden repräsentativen Indikatoren zu bestimmen. Beim hier verwendeten extremen Indikatorensatz handelt es sich deshalb nicht um bezüglich der Zielsetzung der Nachhaltigkeit wichtige Indikatoren, sondern um solche mit einem hohen Gewicht (bezüglich Gewichtungsvorschlag in „Nachh SVI Entwurf“ und in den Systemen des UVEK, „ZINV“ Stand März 2001). Gegenüber dem Indikatorensatz gemäss „AVANTI“ werden für den Bereich Ökologie die NO₂-Immissionen, die Verkehrslärmbelastungen in Schutz- und Erholungsgebieten, der Bedarf an Deponievolumen, für den Bereich Ökonomie die fixen Fahrzeugkosten und die Betriebs- und Unterhaltskosten und für den Bereich Gesellschaft die Erreichbarkeiten Zone-Zone weggelassen.

Mit einem stark reduzierten Ziel- und Indikatorensystem sind die Resultate der NWA verzerrt und unbrauchbar. Der Wunsch, mit einer NWA mit einem vereinfachten Ziel- und Indikatorensystem stabile Resultate zu erhalten, wird nicht erfüllt. Daraus folgt, dass für ein akzeptables Resultat ein möglichst ausgewogenes Ziel- und Indikatorensystem mit allen Aspekten verwendet werden sollte.

Es ist zu erwarten, dass diese Aussage nicht nur für das Fallbeispiel „Fallwil“ gültig ist, sondern auch für andere Zweckmässigkeitsbeurteilungen vom analogen Projekttyp (mit Netzerweiterung, innerhalb Siedlungsgebiet als Gegensatz z.B. zu einem Alpentunnel, mittel- bis grossräumige Auswirkungen, vgl. Abb. 1.1). Welche Indikatoren weggelassen werden können, resp. welche in einem standardisierten Ziel- und Indikatorensystem mit wieviel Gewicht enthalten sein sollten, ist Gegenstand des vierten und fünften Teils der Forschungsarbeit.

3.6 Ergebnis NWA mit Ergänzungen „NIS“ für das Fallbeispiel ZMB „Fallwil“

Im gleichen Zeitrahmen wie die vorliegende Forschungsarbeit ist ECOPLAN im Auftrag des Bundesamtes für Strasse (ASTRA) an der Erarbeitung des Projektes „Nachhaltigkeitsindikatoren für Strasseninfrastrukturprojekte (NIS)“ [43]. Im 2. Zwischenbericht (September 2001) präsentiert ECOPLAN ein erstes Ziel- und Indikatorensystem. Die vorliegende Forschungsarbeit und diese Arbeiten werden miteinander koordiniert. Das im Rahmen der Forschungsarbeit entwickelte Ziel- und Indikatorensystem „Nachh SVI Entwurf“ wird ergänzt mit neuen Indikatoren aus dem Projekt NIS (Stand 4. September). Seither wird das Ziel- und Indikatorensystem „NIS“ laufend weiterentwickelt und im Laufe des Jahres 2002 mit Probeläufen überprüft.

Der im „NIS“ vorgeschlagene Indikatorensatz entspricht bezüglich dem Grundgedanken dem System „Nachh SVI Entwurf“, d.h. die meisten Indikatoren können einander zugeordnet werden (vgl. Abb. 2.2 auf Seite 13), gewisse Indikatoren sind im einen oder anderen Zielsystem zusammengefasst. Viele Indikatoren sind im Grundsatz vergleichbar, werden aber in den beiden Systemen auf eine andere Art und Weise bewertet und quantifiziert.

Zum Beispiel wird der Stau im Ziel- und Indikatorensystem „Nachh SVI Entwurf“ in Personen-km (Fahrleistungen) auf überlasteten Strassenabschnitten (> 90% der Leistungsfähigkeit) gemessen, während dieser Indikator im System „NIS“ als Masszahl in Funktion des Staurisikos abgebildet wird. Beim Indikator Unfälle wird im System „Nachh SVI Entwurf“ die Anzahl Unfälle quantifiziert und im System „NIS“ die Anzahl der von Unfällen betroffenen Personen (Tote und Verletzte).

Aus dem Zielsystem des „NIS“ wird das Teilziel „Akzeptanz, Partizipation und Koordination“ übernommen und dem System „Nachh SVI Entwurf“ hinzugefügt. Darin sind die beiden Indikatoren:

- Grad der Übereinstimmung mit der Siedlungsplanung und
- Zustimmung der stimmberechtigten Bevölkerung

enthalten. Ausserdem wird nach den Grundzügen des NIS die Bauphase bei den Luftschadstoffen separat bewertet (vgl. Anhang 3.7). Im jetzigen Entwicklungsstand (Dezember 2001) des Ziel- und Indikatorensystem des „NIS“ gilt allgemein, dass die Bauphase, falls sie relevant ist und Grundlagen zur Abschätzung deren Auswirkungen vorhanden sind, berücksichtigt wird, allerdings separat ausserhalb der Nutzwertanalyse.

Die Nutzwertanalyse des Fallbeispiels wird in der Folge mit dem mit „NIS“-Indikatoren ergänzten Ziel- und Indikatorensystem wiederholt. Das Ergebnis der Nutzwertanalyse geht aus dem Anhang 3.7 hervor. In der folgenden Tabelle sind die Differenzen dargestellt („Nachh SVI Entwurf“ versus „Grundzüge NIS“).

**Tab. 3.3 Resultate „Nachh SVI Entwurf“ versus UVEK „Grundzüge NIS“
als Veränderung gegenüber dem Ausgangszustand ⁵ [%]**

Ziel- system	Variante Umfahrung				Variante Massnahmen			
	Umwelt	Wirt- schaft	Gesell- schaft	Bilanz	Umwelt	Wirt- schaft	Gesell- schaft	Bilanz
Nachh SVI Entwurf	-50.5	-5.5	+87.3	-10.1	+7.3	-8.9	+43.7	+8.2
NIS	-44.2	+0.3	+95.0	-1.5	+8.1	-12.0	+52.2	+9.3

Die Variante Umfahrung schneidet mit dem Zielsystem nach den „Grundzügen NIS“ besser ab als mit dem Zielsystem „Nachh SVI Entwurf“, was vor allem auf den Unterschied in den gesellschaftlichen Kriterien zurückzuführen ist. Das neu eingeführte Oberziel Akzeptanz, Partizipation und Koordination hebt die Vorteile der Umfahrung heraus. Auch die andere Zuordnung der Indikatoren (vgl. Abb. 2.2 auf Seite 13) trägt zur Differenz bei.

⁵ Ausgangszustand = Zustand ohne bauliche Massnahmen mit Berücksichtigung der Verkehrsentwicklung

4. Standardisiertes Ziel- und Indikatorensystem für die Praxis

Aufgrund der in Kapitel 3 durchgeführten Überlegungen schlagen wir das folgende Ziel- und Indikatorensystem für die Praxis vor (Tab. 4.1, Seiten 23-25). Dieses wurde vor allem auf der Basis des ursprünglichen Zielsystems „Nachh SVI Entwurf“ (Anhang 2.1) sowie des angepassten „NIS“ (Anhang 3.7) entwickelt.

Die Luftschadstoffbelastung (NO₂) und die Lärmbelastung werden darin dem Bereich Gesellschaft zugeordnet, da davon ausgegangen wird, dass es dabei um die Frage der Gesundheit des Menschen und um die soziale Verteilung geht. Die ausgestossene Menge an Luftschadstoffen (Emissionen) dagegen werden dem Bereich Ökologie zugeordnet. Bei der Gewichtung muss die Gefahr von Doppelzählung berücksichtigt werden. Im Zielsystem „NIS“ wird als weiterer Indikator im Bereich Umwelt der Kiesverbrauch (Ziel der Schonung der natürlichen Ressourcen) vorgeschlagen. Dieser ist in dem für kommunale und kantonale Strassenbauprojekte empfohlenen standardisierten Ziel- und Indikatorensystem Nachhaltigkeit SVI (Tab. 4.1) nicht enthalten, müsste jedoch für Grossprojekte eventuell berücksichtigt werden.

Die Erreichbarkeiten werden aus demselben Grund in Anlehnung an das System „NIS“ dem Bereich Gesellschaft zugeordnet (im Zielsystem „Nachh SVI Entwurf“ im Bereich Wirtschaft). Die allgemeinen Erreichbarkeiten im gesamten Untersuchungsgebiet werden mit dem Indikator Reisezeiten abgebildet, welcher dem Bereich Wirtschaft zugeordnet wird. Die gezielte Erreichbarkeit gewisser Zonen oder Siedlungsräume im Sinne der Grundversorgung ist dagegen eher ein gesellschaftlich-soziales Problem und wird deshalb dem Bereich Gesellschaft zugeordnet.

Durch Angebotserweiterung und -attraktivierung entsteht bei grösseren Strassenbauprojekten induzierter Neuverkehr, was zu zusätzlichem Siedlungsdruck und zur Ausdehnung von Agglomerationen führen kann, was als negativer Beitrag zum Ziel einer dezentralen Siedlungsentwicklung interpretiert wird. Im empfohlenen standardisierten Ziel- und Indikatorensystem wird dieser Indikator berücksichtigt, obwohl es schwierig ist, diesen Effekt zu quantifizieren. Bei kleinen Projekten ohne Angebotserweiterung könnte dieser Indikator allenfalls weggelassen werden.

Der Indikator „Gestaltungspotenzial Strassenraum“, welcher im Zielsystem „Nachh SVI Entwurf“ enthalten ist, wird mit dem Indikator „Nutzbarkeit des Strassenraumes“ zusammengefasst und erscheint deshalb nicht mehr als separater Indikator.

Aus dem Oberziel „Akzeptanz, Partizipation und Koordination“ des „NIS“-Systems wird nur der Indikator „Grad der Übereinstimmung mit der Siedlungsentwicklung“ übernommen. Auf den Indikator „Zustimmung der Bevölkerung“ wird im standardisierten System verzichtet, da sich die Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten im allgemeinen nicht vorhersagen lassen und folglich diese Information auf der Stufe ZMB selten zur Verfügung steht. Im Beispiel „Fallwil“ könnte dieser Indikator quantifiziert werden, da sich die beiden untersuchten Varianten wesentlich unterscheiden und bereits eine öffentliche Befragung durchgeführt wurde.

Allgemein gilt, dass die Bauphase berücksichtigt werden sollte, falls sie relevant ist und genügend Grundlagen für die Bestimmung deren Auswirkungen vorhanden sind. Die Beeinträchtigung von Lebensräumen während der Bauphase ist im empfohlenen Ziel- und Indikatorensystem separat enthalten. Bei den Luftschadstoffemissionen wird die Bauphase zusammen mit dem Betriebszustand in einem Indikator bestimmt.

Die Beschreibung der vorgeschlagenen Indikatoren geht aus den Indikatorenblättern in Anhang 4.2 hervor. Es handelt sich dabei um mögliche Ansätze für das Mengen- und das Wertgerüst. In dieser Forschungsarbeit konnte nachgewiesen werden, dass das empfohlene Ziel- und Indikatorensystem in der Praxis gut handhabbar, nachvollziehbar und transparent ist.

Je nach Projekttyp und Datengrundlage können die Indikatoren genau quantifiziert oder nur qualitativ bestimmt werden. Beim Fallbeispiel „Fallwil“ handelt es sich um ein Projekt mit einer guten Datengrundlage.

Tab 4.1 Standardisiertes Ziel- und Indikatorensystem Nachhaltigkeit SVI

1 Ökologische Kriterien

Oberziel	Teilziel	Indikator	Nr.	Einheit	Bemerkung
1a) Senkung der Umweltbelastung auf ein langfristig unbedenkliches Niveau	10 Luftschadstoffemissionen senken	NO _x -Emissionen	101	t No _x	Leitsubstanz, Vorläufer von Ozon, Fahrmodus abhängig (inkl. Bauphase)
		PM ₁₀ -Emissionen	102	t PM10	Luftschadstoff, Fahrmodus abhängig (inkl. Bauphase)
		VOC-Emissionen	103	t VOC	Luftschadstoff, Vorläufer von Ozon, Fahrmodus abhängig (inkl. Bauphase)
	11 Treibhausgasemissionen senken	CO ₂ -Emissionen	111	t CO ₂	Treibhausgas, Fahrmodus abhängig direkt proportional zu Treibstoffverbrauch (inkl. Bauphase)
	12 Bodenumnutzung minimieren	Flächenbeanspruchung (Bodenversiegelung)	121	Flächenverlust (m ²)	Je nach Nutzung ist die Beanspruchung der Flächen unterschiedlich zu gewichten.
		Bedarf Deponievolumen	122	m ³	Zusätzlich Platzverhältnisse und Kapazität der Deponie berücksichtigen
	13 Belastung von Landschaften und Lebensräumen minimieren	Beeinträchtigung von Lebensräumen	131	Qualitativ	Beeinträchtigung durch Zerschneidung und Verlust seltener Lebensräume
		Bodenzerstörung und Beeinträchtigung von Lebensräumen während der Bauphase	132	Qualitativ	Beeinträchtigung durch Bodenverschmutzung, Strukturzerstörung
		Veränderung Orts-/Landschaftsbild	133	Qualitativ	Beeinträchtigung
	14 Schonung von Gewässern und Wasserressourcen	Beeinträchtigung von Gewässern und Wasserressourcen	141	Qualitativ	Gefährdung Grundwasser, Quellgebiete, Schutzzonen
1b) Senkung des Energieverbrauchs	15 Energieeffizienz fördern	Energieverbrauch	151	Gigajoule	Energieverbrauch insgesamt (Treibstoff, Strom)

2 Ökonomische Kriterien

Oberziel	Teilziel	Indikator	Nr.	Einheit	Bemerkung
2a) Förderung der Wirtschaftsentwicklung	20 Verkehrsattraktivität	Anschluss ans übergeordnete Netz (inklusive zukünftiger Nutzungen)	201	Qualitativ	Anschluss der Industrie- und Gewerbegebiete (inkl. zukünftiger Nutzung) ans übergeordnete Strassennetz oder an Güterumschlagplätze
	21 Erhalt und Stärkung der Wirtschaftsqualität	Entwicklungspotential Industrie und Gewerbe	211	Qualitative Veränderung	Abschätzung der Entwicklung der lokalen Wirtschaft infolge neuer Projekte
2b) Leistungsfähige und effiziente Verkehrsinfrastruktur	22 Effizienter Verkehrsablauf	Reisezeit im Modellgebiet (inklusive Stauzeit)	221	Personenstunden	Stau bedeutet Stress und Freizeitverlust. Güterverkehr mitberücksichtigen, Neuverkehr nicht
		eingesparte Reservezeit	222	Personenstunden	Veränderung der einberechneten Zeitreserven
	23 Fahrkomfort	Fahren auf überlasteten Strecken (Stau)	231	Pkm im Stau	Stau = wenn Belastung 90% der Kapazität. Stau bedeutet Stress und Freizeitverlust
		Stetigkeit	232	Anzahl Stopps für Durchfahrt (inkl. LSA, Fussgänger, Knoten)	Mass für Reisequalität. Ziel: schnelleres Durchkommen und weniger Benzinverbrauch
		Einmünden und Abbiegen	233	Qualitativ	mögl. Einheiten: Anzahl
2c) optimaler wirtschaftlicher Mitteleinsatz	24 Effiziente, fahrzeugbezogene Leistungserbringung	Fixe Fahrzeugkosten (Nutzverkehr)	241	Fz-Std (Fr.)	Fahrzeughaltungskosten (Kapitalzinskosten, zeitbedingte Abschreibungskosten, Garagierungskosten, Verwaltungskosten)
		variable Fahrzeugkosten	242	Fzkm (Fr.)	Betriebskostenwert (Unterhalt, Reifenverschleiss, leistungsabhängige Abschreibungen), fahrleistungsbezogene Ansätze (ohne Neuverkehr)
		Konsumentenrente	243	Veränderung Zeit (Ph/d)	Abschätzung des internen Nutzens des Neuverkehrs (neu erzeugte Fahrten+ Fahrten mit veränderten Zielen)
	25 Effiziente, infrastrukturbezogene Leistungserbringung	Kosten für die Bereitstellung der Infrastruktur	251	Fr.	Investitionskosten
		Betriebs- und Unterhaltskosten	252	Fr.	Strasse, ÖV, verkehrslenkende Massnahmen (Mobilitätsmanagement)
		Etapmierbarkeit der Erstellung von Neubauten	253	qualitativ	Vor- und Nachteile für Projektentwicklung. Flexibilität
		Kostenrisiko Investitionen	254	Risikopotential	Unsicherheiten Technik (z.B. Geologie) und Baukosten

3 Gesellschaftliche Kriterien

Oberziel	Teilziel	Indikator	Nr.	Einheit	Bemerkung
3a) Schutz und Förderung der Gesundheit des Menschen	30 Sicherheit im Strassenverkehr	Verkehrsunfälle	301	Verkehrsunfälle / a	<i>Unfallschwere unterscheiden (Verletzte und Tote)</i>
	31 Senkung der Lärm- und Luftschadstoffbelastungen	Luftbelastung NO ₂ +PM10 im Betrieb	311	µg NO ₂ +PM10 / m ³	<i>Leitsubstanzen Gesundheit</i>
		Verkehrslärmbelastung in Siedlungsgebieten	312	Wohnungs-dB(A)	<i>Immissionen an relevanten Empfangspunkten</i>
		Verkehrslärmbelastung in potenziellen Siedlungsgebieten	313	Flächen mit Belastung	<i>nur für potenzielle Siedlungsgebiete in Richtplangebieten</i>
		Verkehrslärmbelastung in Schutz-/Erholungsgebieten	314	Qualitativ	<i>Reduktion in speziellen Gebieten</i>
3b) Koexistenz der Verkehrsteilnehmer	32 Gegenseitige Rücksichtnahme und Akzeptanz der Verkehrsteilnehmer im Siedlungsgebiet steigern	Trennwirkung des motorisierten Verkehrs für Fussgänger	321	Fz / d	<i>Möglichst geringe Wartezeiten für Fussgänger (abhängig von Belastungen etc.)</i>
		Bedingungen des Strassenraumes für Fahrradverkehr	322	Qualitativ	<i>Für Fahrradverkehr wichtig sind kleine Belastungen, tiefe Geschwindigkeiten und Breite der Strasse</i>
3c) Erhaltung und Ausbau der Wohn-/Lebensqualität	33 hohe Aufenthaltsqualität im Siedlungsgebiet	Nutzbarkeit des Strassenraums	331	m ² Freiraumflächen gewichtet mit Belastung	<i>Nutzbarkeit des strassenorientierten Aussenraumes ist von Verkehrsbelastung und Immissionen abhängig.</i>
		Verkehrsentlastung des relevanten Siedlungsgebietes	332	Fzkm im Siedlungsgebiet	<i>Für heutige und potentielle Siedlungsgebiete</i>
3d) Förderung der Siedlungsentwicklung (dezentrale Konzentration)	34 Ausdehnung der Agglomeration begrenzen	Induzierter Neuverkehr aus veränderter Standort- und Routenwahl	341	Qualitativ	<i>Neue Strassenprojekte induzieren Neuverkehr. Abschätzung qualitativ -</i>
	35 Verbesserungen für die Siedlungsentwicklung als Grundversorgung	Erreichbarkeiten Zone - Zone	351	Veränderung	<i>Vernetzung von Städten, Anbindung von Randregionen</i>
		Erreichbarkeit Zielorte mit öffentlichen Verkehrsmitteln auf der Strasse	352	Qualitativ	<i>Angebot öffentlicher Verkehr aus dem Blickwinkel der Betreiber und Benutzer</i>
36 Interessenabwägung (Richtplan, Leitbilder) sicherstellen	Grad der Übereinstimmung mit der Siedlungsplanung	361	Qualitativ	<i>Richtplan und Projekte sollten verträglich sein</i>	

Die Nutzwertanalyse wird mit dem standardisierten Ziel- und Indikatorensetz für das Beispiel ZMB „Fallwil“ wiederholt. Die Resultate sind in Anhang 4.1 dargestellt. Die Beschreibung der verwendeten Indikatoren und die angenommenen Nutzwertfunktionen sowie die Herleitung der Punktzahlen gehen aus dem Anhang 4.2 hervor. Bei der Gewichtung werden Basisgewichte verwendet, welche auf der gleichmässigen Verteilung der 3 Bereiche der Nachhaltigkeit (je 1/3) basieren. Innerhalb der 3 Bereiche wird die Basisgewichtung unabhängig von den Vorschlägen des UVEK (Stand März 2001) vorgenommen.

Die folgende Zusammenstellung (Tab. 4.2) und die Grafik in Abb. 4.1 zeigen den Vergleich der Resultate der Nutzwertanalyse mit den untersuchten Ziel- und Indikatorenssystemen für das Beispiel „Fallwil“. Die Abweichungen vom Ausgangszustand und zwischen den Varianten zeigen deutlich, dass die Bewertung nach der Systematik der Nachhaltigkeit für die Variante Umfahrung bei allen getesteten Ziel- und Indikatorenssystemen zu einem schlechteren Resultat führt als nach der ursprünglichen Systematik gemäss Handlungsanleitung. Dies lässt sich insbesondere auf den Bereich Umwelt zurückführen. Bedingt durch die Annahme der Gewichtung der 3 Bereiche der Nachhaltigkeit zu je einem Drittel, wird der Umweltbelastung und deren Indikatoren ein grösseres Gewicht beigemessen.

Wird der Indikatorensetz stark reduziert, werden die Resultate extrem und unstabil. Dies gilt für alle analysierten Systeme, auch beim ursprünglichen Zielsystem ohne Berücksichtigung der Nachhaltigkeit. Die Unterschiede infolge der Zuordnung der Indikatoren zu den 3 Bereichen (vgl. Abb. 2.2 auf Seite 13) wirken sich nicht so stark aus, der Einfluss von dadurch erzeugten Gewichtsverschiebungen ist grösser. Die Unterschiede zwischen den Zielsystemen gemäss den Grundzügen des UVEK („ZINV“ und „NIS“) und dem empfohlenen standardisierten Zielsystem lassen sich neben unterschiedlichen Zuordnungen und Gewichten vor allem darauf zurückführen, dass im empfohlenen Zielsystem auch der induzierte Neuverkehr berücksichtigt wird.

Beim Vergleich der Resultate der Nutzwertanalyse mit den verschiedenen Ziel- und Indikatorenssystemen muss berücksichtigt werden, dass die Systeme „ZINV“ und „NIS“ laufend weiterentwickelt und verbessert werden.

Im standardisierten Ziel- und Indikatorensystem Nachhaltigkeit SVI (Tab. 4.1), das für kantonale und kommunale Strassenprojekte als Basis empfohlen wird, werden die untersuchten, aber nicht berücksichtigten Indikatoren weggelassen und nicht = 0 gesetzt. Dies hat einen Einfluss auf die Gewichtung und entsprechend auf die Resultate. Andererseits wird für die Anwendung des Zielsystems empfohlen, die Indikatoren, welche für das analysierte Projekt nicht relevant sind mit einem Gewicht = 0 auszuschalten und nicht wegzulassen (vgl. Kap. 5).

Tab 4.2 Übersicht über Vergleiche NWA bisher / gemäss Nachhaltigkeit als Veränderung gegenüber dem Ausgangszustand ⁶ [%]

Typ Zielsystem	Resultate NWA (Unterschiede gegenüber Ausgangszustand)		Beschreibung	
	Variante Umfahrung	Variante Massnahmen	Systematik Zielsystem	Indikatoren
„Fallwil“	7.1%	9.3%	ZMB ergänzt	Ergänzt (vgl. Anh. 2.5)
„Fallwil“ reduziert	-29.8%	4.1%	ZMB	nur die wichtigsten
„Nachh SVI Entwurf“	-10.1%	8.2%	Nachhaltigkeit, Immissionen in "Gesellschaft"	vgl. Anh. 2.1
„Nachh SVI Entwurf“ reduziert	-34.1%	4.8%	Nachhaltigkeit, Immissionen in "Gesellschaft"	nur die wichtigsten
UVEK „ZINV“	-7.7%	11.5%	Nachhaltigkeit, Immissionen in "Ökologie", Gewichte UVEK	vgl. Anh. 1.3
UVEK „ZINV“ reduziert	-29.4%	5.5%	Nachhaltigkeit, Immissionen in "Ökologie", Gewichte UVEK	nur die wichtigsten
„AVANTI“	-5.7%	14.2%	Nachhaltigkeit AVANTI	AVANTI
Grundzüge "NIS"	-1.5%	9.3%	Nachhaltigkeit NIS	Grundzüge NIS (Stand 2. Zwischenbericht)
Standardisiertes Ziel/ Indikatorensystem SVI	-13.1%	7.5%	Nachhaltigkeit, Immissionen in "Gesellschaft"	Gemäss Nachh SVI Entwurf, ergänzt mit NIS

In der folgenden Abbildung 4.1 sind die Resultate für jedes untersuchte Ziel- und Indikatorensystem in absoluten Zahlen pro Umweltbereich dargestellt. Die Resultate der beiden Varianten werden dem Ausgangszustand gegenübergestellt. Aus den Vergleichen geht hervor, dass das hier vorgeschlagene Ziel- und Indikatorensystem Nachhaltigkeit SVI geeignet ist, die anderen Systeme mit Ausnahme der Reduzierten aber auch zweckmässige Resultate liefern. Das empfohlene Ziel- und Indikatorensystem hat sich in der praktischen Anwendung als gut handhabbar, nachvollziehbar und transparent erwiesen.

⁶ Ausgangszustand = Zustand ohne bauliche Massnahmen mit Berücksichtigung der Verkehrsentwicklung

Abb. 4.1 Vergleich Resultate NWA bisher / gemäss Nachhaltigkeit (alle untersuchten Zielsysteme komplett)

Abb. 4.1 Vergleich Resultate NWA bisher / gemäss Nachhaltigkeit (alle untersuchten Zielsysteme reduziert)

5. Empfehlungen

Anwendung des Ziel- und Indikatorensystems SVI

Das standardisierte Ziel- und Indikatorensystem SVI gemäss der Systematik der Nachhaltigkeit aus Tab. 4.1 (Seiten 23-25) wird als Grundlage für die Beurteilung von Strasseninfrastrukturprojekten im Rahmen von Zweckmässigkeitsbeurteilungen empfohlen. Es wurde nicht geprüft für andere Planungsstufen wie Strategien und Konzepte.

Dieser Standardindikatorensatz kann für die Beurteilung von kommunalen und kantonalen Strassenprojekten angewendet werden. Dessen Eignung für die Beurteilung von grossen Strassenbauprojekten auf Bundesebene wurde nicht überprüft, ist aber durchaus gegeben. Die für kommunale und kantonale Strassenprojekte entwickelten Skalierungsfunktionen (vgl. Indikatorenblätter Anhang 4.2) müssten für Grossprojekte entsprechend angepasst werden. In dieser Forschungsarbeit konnte nachgewiesen werden, dass das empfohlene Ziel- und Indikatorensystem in der Praxis gut handhabbar, nachvollziehbar und transparent ist. Anhand des Beispiels „Fallwil“ konnte aufgezeigt werden, dass dieses Ziel- und Indikatorensystem für die Beurteilung von einem weiten Variantenspektrum, welches von Umfahrungslösungen mit Tunnelbauten bis zu Varianten mit Massnahmen auf dem bestehenden Strassennetz reicht, geeignet ist.

Projektspezifische Anpassung

Es wird empfohlen, das standardisierte Ziel- und Indikatorensystem Nachhaltigkeit SVI nicht unverändert zu übernehmen, sondern in Abhängigkeit der Grösse und der geografischen Lage des Projektes anzupassen. Bei Projekten mit relevanten unterirdisch geführten Abschnitten, d.h. mit einer relevanten Bauphase, sollte z.B. die Deponieproblematik, die Etappierbarkeit und die Lärm- und Luftschadstoffbelastungen bei Transporten berücksichtigt werden. Im standardisierten Ziel- und Indikatorensystem in Tab. 4.1 sind diese Indikatoren enthalten. Bei den Luftschadstoffen werden die Effekte des Betriebszustandes und der Bauphase darin kombiniert (vgl. Anhang 4.2). Bei kleinen Projekten ohne relevante Bauphase könnten diese Indikatoren mit einem Gewicht = 0 ausgeschaltet werden, da sie in diesem Fall nicht relevant sind.

Dasselbe gilt für Projekte ausserhalb des Siedlungsgebietes. In diesem Fall sind die Indikatoren des Oberzieles „Erhaltung und Ausbau der Wohn- und Lebensqualität“ nicht relevant und könnten mit einem Gewicht = 0 ausgeschaltet werden.

Aggregationsmethode

Der vorliegende Forschungsauftrag hat nicht zum Ziel, die Aggregationsmethode zu prüfen oder Gewichte festzulegen, sondern es sollen Kriterien zur Überprüfung der Nachhaltigkeit bei Strassenprojekten im Rahmen von Zweckmässigkeitsbeurteilungen entwickelt werden. Bei der Verwendung der Nutzwertanalyse wie im Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit untersucht, ist darauf zu achten, dass das Resultat verzerrt sein kann, da es stark von der verwendeten Gewichtung und den Nutzwertfunktionen sowie deren Eckwerten abhängig ist. Versteckte Gewichtungen über die Skalierung sind nicht auszuschliessen.

Die Aggregationsmethode sollte überprüft und weiter entwickelt werden. Sowohl bei der Nutzwert- wie auch bei der Kosten-Nutzen-Analyse sind Verbesserungen notwendig und somit Forschungsbedarf vorhanden.

Im Rahmen des Projektes „NIS“ des ASTRA wird im Laufe des Jahres 2002 das Ziel- und Indikatorensystem Nachhaltigkeit und die Aggregationsmethode weiterentwickelt. Es ist vorgesehen, abhängig vom Typ des Indikators (monetarisierbar, quantifizierbar oder nur beschreibbar) eine Kosten-Nutzen-Analyse, eine Nutzwertanalyse und eine qualitative Bewertung durchzuführen.

Zuerst werden alle Teilwirkungen, die sich in monetären Grössen messen lassen einer Kosten-Nutzen-Analyse unterzogen. Anschliessend wird mit den verbleibenden nicht monetarisierbaren Indikatoren, für welche sich aber eine Nutzwertfunktion definieren lässt, eine teilaggregierte Nutzwertanalyse durchgeführt. Die restlichen Indikatoren, für welche weder eine Kosten-Nutzen-Analyse noch eine Nutzwertanalyse durchführbar ist, und die Kriterien der Bauphase fliessen als beschreibende Begleitinformation in die Bewertung ein.

Literaturverzeichnis

- [1] *Baum H., Kurte J.*: "Abschätzung des volkswirtschaftlichen Nutzens des Strassenverkehrs in der Schweiz", Untersuchung im Auftrag der Vereinigung Schweizerischer Automobil-Importeure (VSAI), Institut für Verkehrswissenschaft an der Universität zu Köln, Köln 2000
- [2] *Baum H.*: "Auswirkungen des Verkehrs auf das gesamtwirtschaftliche Wachstum", Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen e.V., Köln, 1999, publiziert in "Kosten und Nutzen des Verkehrs; Neuere Entwicklungen der gesamtwirtschaftlichen Bewertung", FGSV-Kolloquium am 17. und 18. Februar 1998 in Freiburg
- [3] *Berz Hafner+Partner AG/Interfakultäre Koordinationsstelle für Allgemeine Ökologie der Uni Bern*: „Nachhaltigkeit und Koexistenz in der Strassenraumplanung“, Forschungsauftrag 44/99 SVI, 2001
- [4] *Blum U., Ihde G.*: "Podiumsdiskussion zum Thema Gesamtwirtschaftliche Wachstumswirkungen des Verkehrs", Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen e.V., Köln, 1999, publiziert in "Kosten und Nutzen des Verkehrs; Neuere Entwicklungen der gesamtwirtschaftlichen Bewertung", FGSV-Kolloquium am 17. und 18. Februar 1998 in Freiburg
- [5] *Bundesamt für Statistik*: "Nachhaltige Entwicklung in der Schweiz; Materialien für ein Indikatorensystem; Eine Pilotstudie unter Verwendung der Kommission für nachhaltige Entwicklung der UNO", Neuenburg 1999
- [6] *Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL)*: "Strategie nachhaltige Entwicklung der Mobilität", Vorschlag des BUWAL, Bern 1998
- [7] *Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL)*: "Wegleitung für Strassenplanung und Strassenbau in Gebieten mit übermässiger Luftbelastung", Bern 1997
- [8] *Bundesamt für Verkehr (BAV)*: "Ziel- und Indikatorensystem für die Beurteilung von Verkehrsinfrastrukturvorhaben", Bern November 2000
- [9] *Cerwenka P.*: "Induzierter Verkehr und Zeiteinsparung", Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen e.V., Köln, 1999, publiziert in "Kosten und Nutzen des Verkehrs; Neuere Entwicklungen der gesamtwirtschaftlichen Bewertung", FGSV-Kolloquium am 17. und 18. Februar 1998 in Freiburg

- [10] *Dienst für Gesamtverkehrsfragen (GVF)*: "Grundlagen zur Kostenwahrheit im Verkehr; Vorschläge für eine Gesamtverkehrsrechnung unter Einbezug von externen Kosten und Nutzen", GVF-Bericht 3/93, Bern 1993
- [11] *Ecoplan, Bern*: "Externalitäten im Verkehr – Leitfaden für die Verkehrsplanung", Forschungsauftrag 19/95 auf Antrag der Vereinigung Schweizer Strassenfachleute (VSS), 1998
- [12] *Ecoplan, Bern*: "Externalitäten im Verkehr – methodische Grundlagen", Forschungsauftrag 47/95 auf Antrag der Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure (SVI), 1998
- [13] *Ecoplan, Bern*: "Externalitäten im Verkehr – methodische Grundlagen", Schlussbericht, Forschungsauftrag 19/95 auf Antrag der Vereinigung Schweizer Strassenfachleute (VSS), 1997
- [14] *Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK)*: "Departementsstrategie UVEK, Dezember 1999
- [15] *Electrowatt Engineering AG, Zürich*: "Emissionsinventar für primäre Feinpartikel", ZAP-Informationstag vom 16. November 2000: Feinstaub (PM10 und PM2.5), Tagungsband, EMPA Dübendorf 2000
- [16] *Ernst Basler + Partner AG, Zollikon / Interfakultäre Koordinationsstelle für Allgemeine Ökologie (IKAÖ) Universität Bern*: "Strategie "Nachhaltiger Verkehr" – Schlussbericht", Nationales Forschungsprogramm NFP 41, Bericht C7, Bern 2000
- [17] *Interfakultäre Koordinationsstelle für Allgemeine Ökologie (IKAÖ) Universität Bern / Ernst Basler + Partner AG*: "Der Weg zu mehr Nachhaltigkeit im Verkehr in der Schweiz", Nationales Forschungsprogramm NFP 41, Materialband M26, Bern 2000
- [18] *Ernst Basler + Partner AG, Zollikon*: "Leitfaden Nachhaltigkeit im Verkehr", Nationales Forschungsprogramm NFP 41, Materialband M1, Bern 1998
- [19] *Ernst Basler + Partner AG, Zollikon*: "Nachhaltigkeit im Verkehr: Beurteilung von Planungs- und Prüfinstrumenten", Nationales Forschungsprogramm NFP 41, Bericht C6, Bern 1999
- [20] *Ernst Basler + Partner AG, Zollikon*: "Nachhaltigkeit: Kriterien im Verkehr", Nationales Forschungsprogramm NFP 41, Bericht C5, Bern 1998
- [21] *Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen e.V., Köln, 1999*: "Kosten und Nutzen des Verkehrs; Neuere Entwicklungen der gesamtwirtschaftlichen Bewertung", FGSV-Kolloquium am 17. und 18. Februar 1998 in Freiburg

- [22] *Halbherr Ph.*: "Monitoring der Nachhaltigkeit; Facts and Figures" Zürcher Kantonalbank, Zürich 2000
- [23] *Held T.*: "Nachhaltige Entwicklung – die grosse Chance für die Raumplanung?", collage special 97, Zeitschrift für Planung, Umwelt und Städtebau, Zürich 1997
- [24] *Jenni + Gottardi AG, Zürich / Synergo, Zürich.* "Systematische Wirkungsanalysen umweltbezogener verkehrspolitischer Massnahmen", Forschungs-auftrag 47/95 auf Antrag der Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure (SVI), 1996
- [25] *Jenni + Gottardi AG, Zürich.* "Zweckmässigkeitsbeurteilungen von Strassenverkehrsanlagen", Forschungsauftrag 47/95 auf Antrag der Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure (SVI), 1997
- [26] *Koller H.*: "Verkehrspolitik am Wendepunkt? Chancen und Grenzen der verkehrspolitischen Massnahmen des Bundes aus der Sicht des Strassenverkehrs", Beitrag zum Jahrbuch der Schweizerischen Verkehrswirtschaft 1996/97, Herausgeber Prof. Dr. Claude Kaspar, Cr. Christian Laesser / ITV Institut für Tourismus HSG St. Gallen, 1997
- [27] *Maggi R., Peter M., Mägerle J., Maibach M.*: "Nutzen des Verkehrs" Nationales Forschungsprogramm NFP 41, Bericht D10, Bern 2000
- [28] *Maibach M., Ott W., Schreyer Ch.*: "Faire und effiziente Preise im Verkehr; Preispolitische Vorschläge für eine nachhaltige Verkehrsentwicklung in der Schweiz", Rueggerverlag, 1999
- [29] *Maibach M.*: "Externe Kosten des Verkehrs", Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen e.V., Köln, 1999, publiziert in "Kosten und Nutzen des Verkehrs; Neuere Entwicklungen der gesamtwirtschaftlichen Bewertung", FGSV-Kolloquium am 17. und 18. Februar 1998 in Freiburg
- [30] *Meier R.*: "Daten zum Freizeitverkehr", Nationales Forschungsprogramm NFP 41, Materialband M19, Bern 2000
- [31] *Meier R.*: "Nachhaltiger Freizeitverkehr", Rueggerverlag, 2000
- [32] *O.ö. Umweltakademie beim Amt der o.ö. Landesregierung.* "Durch nachhaltige Entwicklung die Zukunft sichern", Landesumweltprogramm für Oberösterreich, Linz 1995
- [33] *OECD.* "Guidelines environmentally sustainable transport (est); futures, strategies and best practices", Guidelines for environmentally sustainable transport (ESR) presented and endorsed at the international conference held from 4th to 6th October 2000 in Vienna, Austria

- [34] *Rothengatter W.*: "Regionale Wirkungen von Verkehrsinfrastrukturinvestitionen", Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen e.V., Köln, 1999: "Kosten und Nutzen des Verkehrs; Neuere Entwicklungen der gesamtwirtschaftlichen Bewertung", FGSV-Kolloquium am 17. und 18. Februar 1998 in Freiburg
- [35] *Schälchli J.*: „Externe Kosten des Strassenverkehrs: Erfundene Milliarden?“, Toffen, Dr. oec. Publ. Jakob Schälchli, September 1997
- [36] *Schulz W. H.*: "Zur Externalität von Kosten und Nutzen des Verkehrs", Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen e.V., Köln, 1999, publiziert in "Kosten und Nutzen des Verkehrs; Neuere Entwicklungen der gesamtwirtschaftlichen Bewertung", FGSV-Kolloquium am 17. und 18. Februar 1998 in Freiburg
- [37] *Schweizerische Gesellschaft für Umweltschutz (SGU)*: „New Mobility“, Zeitschrift der SGU, SGU – Info 3/00, Zürich 2000
- [38] *Schweizerischer Strassenverkehrsverband (FRS)*: "Papiertiger", Communiqué zur Präsentation des Schlussberichts "Nutzen des Verkehrs" im Rahmen des Nationalen Forschungsprogrammes NFP 41, Bern Dezember 2000
- [39] *Suter K.*: "Nachhaltiger Verkehr", Fachartikel in *Strasse und Verkehr* Nr. 12, Dezember 1999
- [40] *Touring Club Schweiz (TCS)*: "Unsere Luft", Emmen August 2000
- [41] *Walther Ch.*: "Bewertung von Schadstoffemissionen des motorisierten Strassenverkehrs", Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen e.V., Köln, 1999, publiziert in "Kosten und Nutzen des Verkehrs; Neuere Entwicklungen der gesamtwirtschaftlichen Bewertung", FGSV-Kolloquium am 17. und 18. Februar 1998 in Freiburg
- [42] *Zachcial M.*: "Arbeitsmarkt- und Beschäftigungseffekte in der Verkehrsplanung", Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen e.V., Köln, 1999, publiziert in "Kosten und Nutzen des Verkehrs; Neuere Entwicklungen der gesamtwirtschaftlichen Bewertung", FGSV-Kolloquium am 17. und 18. Februar 1998 in Freiburg
- [43] ECOPLAN: Nachhaltigkeitsindikatoren für Strasseninfrastrukturprojekte (NIS); laufend; Forschungsarbeit im Auftrag des Bundesamt für Strassen

Anhang

Ziel- und Indikatorensystem UVEK (ZINV), Version Oktober 2001

Ziel- und Indikatorensystem UVEK (ZINV), Version März 2001

**Ziel- und Indikatorensystem zur Beurteilung der Nachhaltigkeit
im Strassenverkehr „Nachh SVI Entwurf“**

**Ziel- und Indikatorensystem zur Beurteilung der Nachhaltigkeit
im Strassenverkehr „Nachh SVI“**

Indikatoren für andere Bewertungsverfahren (z. B. Konzeptstufe)

Verworfenne Indikatoren

Muster Ziel -/ Indikatorsystem

Quelle: Zweckmässigkeitsbeurteilung von Strassenverkehrsanlagen; Jenni + Gottardi AG; 1997 [25]

**Auswertung Nutzwertanalyse „Fallwil“
(Ziel- und Indikatorensystem bisher)**

**Auswertung NWA nach „Nachh SVI Entwurf“
für das Fallbeispiel ZMB „Fallwil“**

**Auswertung NWA nach „ZINV“
für das Fallbeispiel ZMB „Fallwil“**

**Auswertung NWA nach „AVANTI“
für das Fallbeispiel ZMB „Fallwil“**

Auswertung NWA mit reduziertem Indikatorensetz (Systematik ZMB Fallwil) für das Fallbeispiel ZMB „Fallwil

Auswertung NWA mit reduziertem Indikatorensetz (Systematik „Nachh SVI Entwurf“) für das Fallbeispiel ZMB „Fallwil“

Auswertung NWA mit reduziertem Indikatorensatz (Systematik UVEK „ZINV“) für das Fallbeispiel ZMB „Fallwil“

**Auswertung NWA nach „NIS“
für das Fallbeispiel ZMB „Fallwil“**

Auswertung NWA nach „standardisiertem Ziel-/ Indikatorensystem Nachhaltigkeit SVI“ für das Fallbeispiel ZMB „Fallwil“

Indikatorenblätter Nutzwertanalyse für das
„Standardisierte Ziel- und Indikatorensystem Nachhaltigkeit

Ökologische Kriterien

Oberziel	Teilziel	Indikator	Einheit	Bemerkung
Senkung der Umweltbelastung auf ein langfristig unbedenkliches Niveau	a) Luftschadstoffemissionen senken	NOx-Emissionen im Betriebszustand	101 t No _x	Leitsubstanz Fahrmodus abhängig
		NOx-Emissionen während Bauphase	102 t Nox	
		PM10-Emissionen^{*)}	103 t PM10	In Gebieten mit kritischer Luftschadstoffsituation.
		VOC-Emissionen^{*)}	104 t VOC	In Gebieten mit kritischer Luftschadstoffsituation.
	b) Treibhausgasemissionen senken	Treibhausgasemissionen	111 t CO ₂	Direkt proportional zu Treibstoffverbrauch.
	c) Bodenverbrauch minimieren	Flächenbeanspruchung (Bodenversiegelung) Betriebszustand	121 Flächenverlust (m ²) ausserhalb Bauzone	Es interessiert nur Fläche ausserhalb Bauzone, da Bauzone sowieso für die Überbauung vorgesehen ist. Je nach Nutzung ist die Beanspruchung solcher Flächen unterschiedlich zu gewichten.
		Flächenbeanspruchung durch Installationsplätze (Bauphase)	122 Flächenverlust (m ²) ausserhalb Bauzone	dito
		Bedarf Deponievolumen	123 m ³	Zusätzlich Platzverhältnisse und Kapazität der Deponie berücksichtigen. Z.B. Untertagebauprojekte.
	d) Belastung von Landschaften und Lebensräumen minimieren	Beeinträchtigung von Lebensräumen im Betriebszustand	131 Beeinträchtigung	Qualitativ Zerschneidung und Verlust seltener Lebensräume.
		Beeinträchtigung von Lebensräumen während Bauphase	132 Beeinträchtigung	Qualitativ z.B. Bodenverschmutzung
		Veränderung Orts-/Landschaftsbild	133 Beeinträchtigung	Qualitativ
	e) Schonung von Gewässern und Wasserressourcen	Beeinträchtigung von Gewässern und Wasserressourcen im Betriebszustand	141 Beeinträchtigung	Qualitativ
		Beeinträchtigung von Gewässern und Wasserressourcen während Bauphase	142 Beeinträchtigung	Qualitativ, z.B. Risiko chemischer Verschmutzung während Bau.
Senkung des Energieverbrauchs	f) Energieeffizienz fördern	Energieverbrauch	151 Gigajoule	Energieverbrauch insgesamt (inkl. Beleuchtung,...).

Ökonomische Kriterien

Oberziel	Teilziel	Indikator	Einheit	Bemerkung
Förderung der Wirtschaftsentwicklung	g) Verkehrsattraktivität	Anschluss ans übergeordnete Netz (inklusive zukünftige Nutzungen)	201 Veränderung	Anschluss ans übergeordnete Strassennetz oder an Güterumschlagplatz.
	h) Förderung Industrie und Gewerbe	Entwicklungspotential	211 Veränderung	Qualitativ abschätzen wie sich die lokale Wirtschaft infolge des neuen Projektes entwickelt. Ob sich neue Industrie ansiedelt (z.B. infolge Erschliessung eines neuen Absatzmarktes, verbesserter Standortqualität,...) und wie sich die Arbeitsplatzsituation entwickelt.
Förderung der Siedlungsentwicklung	i) Verbesserungen für die Siedlungsentwicklung	Erreichbarkeiten Zone - Zone	221 Veränderung	
		Erreichbarkeit Zielorte mit öffentlichen Verkehrsmitteln	222 Veränderung	
Leistungsfähige und effiziente Verkehrsinfrastruktur	j) Effizienter Verkehrsablauf	Reisezeit im Modellgebiet (inklusive Stauzeit) ^{*)}	231 Personenstunden	Stau bedeutet Stress und Freizeitverlust. Güterverkehr mitberücksichtigen.
		Reserven Reisezeit^{*)}	232 Personenstunden	Veränderung der einberechneten Zeitreserven
	k) Fahrkomfort	Fahren auf überlasteten Strecken (Stau) ^{*)}	241 Pkm im Stau	Stau = wenn Belastung 90% der Kapazität. Stau bedeutet Stress und Freizeitverlust.
		Stetigkeit^{*)}	242 Anzahl Stopps für Durchfahrt (inkl. LSA, Fussgänger, Knoten)	Mass für Reisequalität, da schnelleres Durchkommen und weniger Benzinverbrauch.
Einmünden und Abbiegen ^{*)}	243 Veränderung			
	l) Effiziente Leistungserbringung	Fixe Fahrzeugkosten (Nutzverkehr)	251 Fz-Std (Fr.)	Fahrzeughaltungskosten (Kapitalzinskosten, zeitbedingte Abschreibungskosten, Garagierungskosten, Verwaltungskosten)
variable Fahrzeugkosten		252 Fzkm (Fr.)	Betriebskostenwert (Unterhalt, Reifenverschleiss, leistungsabhängige Abschreibungen)	
Konsumentenrente (Nutzen Neuverkehr)		254 Veränderung	Der interne Nutzen des Verkehrs kann mittels der Konsumentenrente abgeschätzt werden. So kann beispielsweise der Nutzen des Neuverkehrs bestimmt werden. Nur sinnvoll für Vergleich Bau - Verzicht.	
optimaler wirtschaftlicher Mitteleinsatz	m) Optimale Bereitstellung der Verkehrsinfrastruktur	Kosten für die Bereitstellung der Infrastruktur (Investitionskosten)	261 Fr.	
		Betriebs- und Unterhaltskosten (Strasse, ÖV, Mobilitätsmanagement)	262 Fr.	
		Etappierbarkeit der Erstellung von Neubauten	263 Fr.	Finanzielle Mittel sinnvoll über entsprechenden Zeitraum verteilen
		Kostenrisiko Investitionen	264 Risikopotential	berücksichtigt Unsicherheiten (z.B. Geologie).

^{*)}: Diese Indikatoren beinhalten weitere gesundheitliche Aspekte

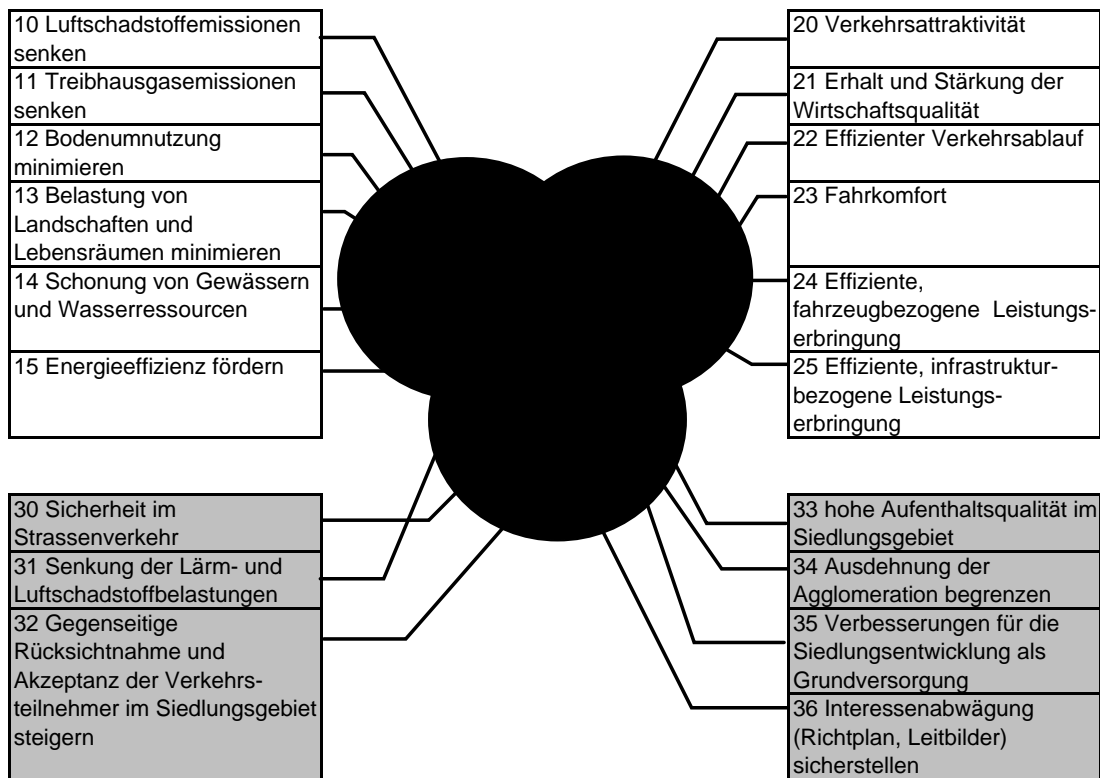
Kursiv Fett (grau): Neue Nachhaltigkeitsindikatoren, die in der Handlungsanleitung "Zweckmässigkeitsbeurteilung von Strassverkehrsanlagen" nicht vorkommen

Gesellschaftliche Kriterien

Oberziel	Teilziel	Indikator	Einheit	Bemerkung	
Schutz und Förderung der Gesundheit des Menschen	n) Sicherheit im Strassenverkehr	Verkehrsunfälle ^{*)}	301	Verkehrsunfälle / a	
	o) Senkung der Lärm- und Luftschadstoffbelastungen	Luftbelastung (NO ₂) im Betriebszustand ^{*)}	311	µg NO ₂ / m ³	Leitsubstanz Gesundheit
		Luftbelastung (NO ₂) während Bauphase ^{*)}	312	µg NO ₂ / m ³	Berücksichtigt wird Baustellenverkehr, Transporte zur Baustelle, zusätzlicher Verkehr wegen Umleitungen und Sperrungen, usw.
		Verkehrslärmbelastung im Betriebszustand in Siedlungsgebieten ^{*)}	313	Wohnungs-dB(A)	
		Verkehrslärmbelastung während Bauphase in Siedlungsgebieten ^{*)}	314	Wohnungs-dB(A)	Berücksichtigt wird Baustellenverkehr, Transporte zur Baustelle, zusätzlicher Verkehr wegen Umleitungen und Sperrungen, usw.
		Verkehrslärmbelastung in potenziellen Siedlungsgebieten	315	Flächen mit Belastung	nur für potenzielle Siedlungsgebiete in Richtplangebieten.
		Verkehrslärmbelastung in Schutz-/Erholungsgebieten^{*)}	316	Flächen mit Belastung	Reduktion in speziellen Gebieten.
Koexistenz der Verkehrsteilnehmer	p) Gegenseitige Rücksichtnahme und Akzeptanz der Verkehrsteilnehmer steigern	Trennwirkung des Verkehrs	321	Fz / d oder Wartestunden Fussgänger	Fussgänger
		Bedingungen des Strassenraumes für Fahrradverkehr	322	Veränderung	Qualitativ. Für Fahrradverkehr wichtig sind kleine Belastungen, kleine Geschwindigkeiten und Breite der Strasse.
Erhaltung der Wohn-/Lebensqualität	q) hohe Aufenthaltsqualität im Siedlungsgebiet	Gestaltungspotenzial Strassenraum	331	Spitzenstundenbelastung (Fz / Std.)	Veränderung Strassenraumgestaltung kann Verkehr verlangsamen und optische Dominanz nehmen. Der Strassenraum wird für Passanten und Anwohner ästhetisch aufgewertet. Gestaltungspotenzial ist abhängig von der Verkehrsmenge.
		Nutzbarkeit des Strassenraums	332	m² Freiraumflächen gewichtet	Nutzbarkeit des strassenorientierten Aussenraumes ist von Verkehrsbelastung und Immissionen abhängig. Wird Verkehrsbelastung und Geschwindigkeit verringert, erhöht sich die Qualität der Freiräume. Freiraumflächen bestimmen wo mit Verbesserung Aufenthaltsqualität zu rechnen ist.
	r) "unerwünschter" Verkehr vermeiden	Verkehrsentlastung des relevanten Siedlungsgebietes	341	Fzkm in Wohn- und Aufenthalts-gebieten	
	s) Siedlungsdruck vermeiden	Induzierter Neuverkehr	351	Fzkm Neuverkehr	Neue(s) Strasse(n)projekt) generiert Neuverkehr. Abschätzung anhand Verkehrsmodellen. Neuverkehr muss nicht nur einen negativen Charakter haben, sondern kann auch einen Nutzen aufweisen. Dieser Nutzen des Neuverkehrs kann mittels der Konsumentenrente geschätzt werden (vgl. Indikator Nr. 252)

^{*)}: Diese Indikatoren beinhalten weitere gesundheitliche Aspekte

Kursiv Fett (grau): Neue Nachhaltigkeitsindikatoren, die in der Handlungsanleitung "Zweckmässigkeitsbeurteilung von Strassverkehrsanlagen" nicht vorkommen



Ziel- und Indikatorsysteme (Basis Nachh SVI + Ergänzung NIS)						ZINV	AVANTI	NIS	ZINV	
						Mrz 01	Mrz 02	Sezp 01	reduz.	
						Fallwil	Nachh Entwurf	Standard SVI		
Ökologie										
Senkung der Umweltbelastung auf ein langfristig unbedenkliches Niveau	a) Luftschadstoffemissionen senken	NOx-Emissionen	X	X	X	X	X	X	X	
		NOx-Emissionen während Bauphase	-	X		X	-	X	-	
		PM ₁₀ -Emissionen	-	X	X	X	X	X	-	
		VOC-Emissionen	-	X	X	X	-	X	-	
	b) Treibhausgasemissionen senken	Treibhausgasemissionen (CO ₂)	X	X	X	X	X	X	X	
		Flächenbeanspruchung Betrieb(Bodenversiegelung)	X	X	X	X	X	X	X	
	c) Bodenumnutzung minimieren	Flächenbeanspruchung durch Installationsplätze (Bau)	-	X	-		X	-	-	
		Bedarf Deponievolumen	X	X	X	X	X	X	-	
		Beeinträchtigung Lebensräume im Betriebszustand	X	X		X	X	X	X	
	d) Belastung von Landschaften und Lebensräumen minimieren	Beeinträchtigung Lebensräume während Bauphase		X				-	-	
Veränderung Orts-/Landschaftsbild		X	X	X	X	X	X	X		
Beeinträchtigung von Gewässern + Wasserressourcen (Betrieb)		X	X	X	X	X	X	X		
e) Schonung von Gewässern und Wasserressourcen	Beeinträchtigung von Gewässern + Wasserressourcen (Bau)	X	X	-		X	-	-		
	Energieverbrauch	X	X	X	X	X	X	X		
Ökonomie										
Förderung der Wirtschaftsentwicklung	g) Verkehrsattraktivität	Anschluss ans übergeordnete Netz (inkl. zukünftige Nutzungen)	-	X	X	-	-	X	-	
	h) Förderung Industrie und Wirtschaft	Entwicklungspotential	-	X	X	-	-	X	-	
Förderung der Siedlungsentwicklung	i) Verbesserungen für die Siedlungsentwicklung	Erreichbarkeiten Zone - Zone	X	X	X	X	X	X	-	
		Erreichbarkeiten Zielorte mit ÖV	X	X	X	X	-	-	-	
Leistungsfähige und effiziente Verkehrsinfrastruktur	j) Effizienter Verkehrsablauf	Reisezeit im Modellgebiet (inkl. Stauzeit)	X	X	X	X	X	X	X	
		Reserven Reisezeit	X	X	X	X	X	X	X	
Optimaler wirtschaftlicher Mitteleinsatz	k) Fahrkomfort	Fahren auf überlasteten Strecken (Stau)	X	X	X	X	X	-	X	
		Stetigkeit	X	X	X	X	-	-	X	
		Einmünden und Abbiegen	X	X	X	X	-	-	X	
m) Optimale Beritstellung der Verkehrsinfrastruktur	l) Effiziente Leistungserbringung	Fixe Fahrzeugkosten (Nutzverkehr)	-	X	X	X	X	X	-	
		variable Fahrzeugkosten	-	X	X	X	X	X	X	
		Konsumentenrente (Nutzen Neuverkehr)	-	X	X	X	X	-	X	
		Kosten für die Bereitstellung der Infrastruktur (Investitionskosten)	X	X	X	X	X	X	X	
		Betriebs- + Unterhaltskosten (Strasse, ÖV, Mobilitätsmanagement)	X	X	X	X	X	X	-	
		Etappierbarkeit	-	X	X	X	-	X		
		Kostenrisiko Investition	X	X	X	X	-	X		
Gesellschaft										
Schutz und Förderung der Gesundheit des Menschen	n) Sicherheit im Strassenverkehr	Verkehrsunfälle	X	X	X	X	X	X	X	
		o) Senkung der Lärm- und Luftschadstoffbelastung	Luftbelastung (NO ₂) + PM10 im Betrieb	X	X	X	X	X	-	-
			Verkehrslärmbelastung im Betriebszustand im Siedlungsgebiet	X	X	X	X	X	X	X
			Verkehrslärmbelastung in potenziellen Siedlungsgebieten	X	X	X	X	X	-	-
Koexistenz der Verkehrsteilnehmer	p) Gegenseitige Rücksichtnahme und Akzeptanz der Verkehrsteilnehmer steigern	Verkehrslärmbelastung in Schutz-/Erholungsgebieten	X	X	X	X	X	-		
		Trennwirkung des Verkehrs	X	X	X	X	-	-	X	
Erhaltung der Wohn-/Lebensqualität	q) Hohe Aufenthaltsqualität im Siedlungsgebiet	Bedingungen des Strassenraumes für Fahrradverkehr	X	X	X	X	-	-	-	
		Gestaltungspotenzial Strassenraum	X				X	-	-	
Förderung der Siedlungsentwicklung	r) 'unerwünschter' Verkehr vermeiden	Nutzbarkeit des Strassenraums	X	X	X	X	X	-		
		Verkehrsentlastung des relevanten Siedlungsgebietes	-	X	X	X	-	-	X	
		s) Siedlungsdruck vermeiden	Induzierter Neuverkehr aus veränderter Standort- und Routenwahl	-	X	X	X	-	-	
		s) Interessenabwägung (Richtplan, Leit.)	-	-	X	X	-	-		

Gesellschaft

Oekologie

Zuordnung zu den 3 Bereichen

Systèmes d'objectifs et d'indicateurs					Fallwil	Nachh Entwurf	Standard SVI	ZINV Mrz 01	AVANTI Mrz 02	NIS Sepz 01	ZINV reduz.
Critères environnementaux											
Réduire à long terme les atteintes à l'environnement à un niveau qui ne représente pas un danger pour l'humanité	a) Réduire les émissions de substances polluantes de l'air	Emmission de NOx	X	X		X	X	X	X		
		Emmission de NOx pendant la phase de construction	-	X		X	-	X	-		
		Emmissions de particules fines PM10	-	X	X	X	X	X	X	-	
		Emmissions de COV	-	X	X	X	X	-	X	-	
	b) Réduire les émissions de gaz à effet de serre	Emmissions de gaz atmosphérique (CO2)	X	X	X	X	X	X	X	X	
		Réaffectation de terrain pour la construction	X	X	X	X	X	X	X	X	
	c) Veiller à une utilisation parcimonieuse du sol	Réaffectation de terrain par les installations (construction)	-	X	-	-	X	-	-	-	
		Besoin en volume de décharge	X	X	X	X	X	X	X	-	
	d) Diminuer les atteintes aux paysages et aux habitats	Atteintes aux habitats	X	X		X	X	X	X	X	
		Atteintes aux habitats pendant la phase de construction		X						-	
Modifications du paysage et des sites construits à protéger		X	X	X	X	X	X	X	X		
e) Utilisation parcimonieuse des cours d'eau et de ressources en eau	Atteintes aux cours d'eau et au réserve en eau potable	X	X	X	X	X	X	X	X		
	Atteintes aux cours d'eau et au réserve en eau potable (construction)	X	X	-	-	X	-	-	-		
f) Promouvoir l'amélioration de l'efficacité énergétique	Consommation d'énergie	X	X	X	X	X	X	X	X		
Critères économiques											
Promotion du développement économique	g) Attrait pour le trafic	Raccordement actuel et futur au réseau des routes principales et nationales	-	X	X	-	-	X	-		
	h) Promotion de l'industrie et de l'artisanat	Potentiel de développement	-	X	X	-	-	X	-		
Promotion du développement des habitations	i) Amélioration du développement de l'habitat	Accès d'une zone à l'autre	X	X	X	X	X	X	-		
		Accessibilité des destinations par les transport publics	X	X	X	X	-	-	-		
Infrastructures efficaces et adaptées aux besoins des utilisateurs	j) Ecoulement efficace du trafic	Temps de parcours au sein de la zone modélisée, y compris les bouchons	X	X	X	X	X	X	X		
		Temps de réserve	X	X	X	X	X	X	X		
	k) Confort du point de vue de l'infrastructure	Trajets effectués sur des tronçons surchargés (bouchons)	X	X	X	X	X	X	-		
		Continuité et régularité du parcours	X	X	X	X	-	-	X	-	
Maximiser l'efficacité lors de l'allocation des ressources financières	l) Utilisation optimale des ressources financières	Embranchement	X	X	X	X	-	X	-		
		Frais fixes des véhicules	-	X	X	X	X	X	X		
		Frais variables des véhicules	-	X	X	X	X	X	X		
	m) Maximiser l'efficacité des prestations de transport du point de vue de l'infrastructure	Rente du consommateur	-	X	X	X	X	-	X	-	
		Coûts de mise à disposition de l'infrastructure	X	X	X	X	X	X	X	X	
		Coûts d'exploitation et d'entretien	X	X	X	X	X	X	X	-	
		Possibilité d'échelonnement	-	X	X	X	-	-	X	-	
Coûts des risques et des incertitudes liées au projet	X	X	X	X	-	-	X	-			
Critères sociaux											
Protection et promotion de la santé des êtres humains	n) Sécurité routière	Accidents de la circulation	X	X	X	X	X	X	X		
		o) Diminution des nuisances liées à la pollution de l'air et du bruit	Pollution de l'air en phase d'exploitation (NO2+PM10)	X	X	X	X	X	-	-	
		Nuisances dues au bruit du trafic dans les zones d'habitation	X	X	X	X	X	X	X	X	
		Nuisances dues au bruit du trafic dans les zones d'habitation potentielles	X	X	X	X	X	-	-	-	
Cohabitation des différents usagers de la route	p) Amélioration de la tolérance mutuelle et des égards entre les usagers de la route	Nuisances dues au bruit du trafic dans les zones de protection et de détente	X	X	X	X	X	X	-		
		Entraves aux déplacements des piétons dues au trafic automobile	X	X	X	X	-	-	X	-	
Maintien de la qualité de vie	q) Amélioration de la qualité de vie dans les zones bâties	Conditions de circulation du trafic cyclistes sur l'espace routier	X	X	X	X	-	X	-		
		Potentielle de l'utilisation de la zone jouxante la route	X			X	X	-	-		
Promotion du développement des habitations	r) Diminution du trafic indésirable	Constructibilité de la zone jouxtant la route	X	X	X	X	X	-	-		
		Diminution du trafic dans les zones habitées principales	-	X	X	X	-	-	X		
		Trafic induit par une modification des destinations et des parcours	-	X	X	X	-	-	-	-	
s) Pesée transparente des intérêts parfois contradictoires (plan directeur, conceptions directrices)	s) Pesée transparente des intérêts	Degré de concordance avec les documents de planification et d'aménagement du territoire	-	-	X	X	-	X	-		

Critères sociaux

Critères environnementaux

classement selon les 3 catégories

	Fallwil orig.	Ausgangszustand	Umfahrung	Massnahmen
Fallwil o	Umwelt	0	0	0
	Wirtschaft	0	0	0
	Gesellschaft	0	0	0
	Bilanz	4'378	4'687	4'785
	Fallwil red.	Ausgangszustand	Umfahrung	Massnahmen
Fallwil re	Umwelt	0	0	0
	Wirtschaft	0	0	0
	Gesellschaft	0	0	0
	Bilanz	4'708	3'305	4'900
	Nachh SVI	Ausgangszustand	Umfahrung	Massnahmen
Nachh S	Umwelt	2476	1225	2657
	Wirtschaft	1'822	1'721	1'660
	Gesellschaft	943	1'766	1'355
	Bilanz	5'242	4'712	5'672
	Nachh SVI red.	Ausgangszustand	Umfahrung	Massnahmen
Nachh S	Umwelt	2446	1221	2628
	Wirtschaft	2'121	786	1'928
	Gesellschaft	1'083	1'715	1'368
	Bilanz	5'651	3'722	5'924
	ZINV	Ausgangszustand	Umfahrung	Massnahmen
ZINV	Umwelt	2431	1425	2616
	Wirtschaft	1'550	1'727	1'402
	Gesellschaft	1'093	1'532	1'643
	Bilanz	5'074	4'685	5'660
	ZINV red.	Ausgangszustand	Umfahrung	Massnahmen
ZINV re	Umwelt	2431	1377	2611
	Wirtschaft	1'572	1'400	1'464
	Gesellschaft	1'866	1'369	2'116
	Bilanz	5'870	4'147	6'191
	AVANTI	Ausgangszustand	Umfahrung	Massnahmen
AVANTI	Umwelt	2012	1152	2289
	Wirtschaft	1'387	1'329	1'349
	Gesellschaft	667	1'353	1'007
	Bilanz	4'065	3'834	4'644
	Grundzüge "NIS"	Ausgangszustand	Umfahrung	Massnahmen
Grundzü	Umwelt	2191	1223	2369
	Wirtschaft	1'758	1'764	1'547
	Gesellschaft	937	1827	1426
	Bilanz	4'887	4'813	5'342
	Stand. Ziel- / Ind	Ausgangszustand	Umfahrung	Massnahmen
Stand. Z	Umwelt	2'416	1'083	2'588
	Wirtschaft	1'758	1'705	1'583
	Gesellschaft	1'190	1'876	1'594
	Bilanz	5'365	4'664	5'765

Nachh

700

600

500

400

300

200

100

ZINV

700

600

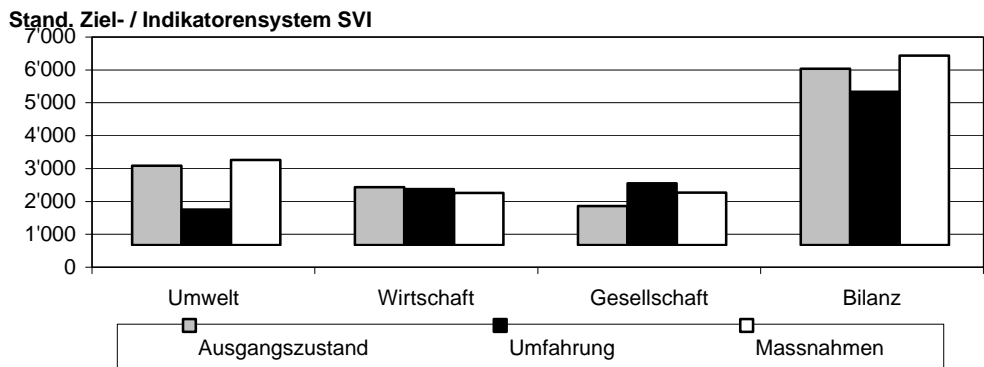
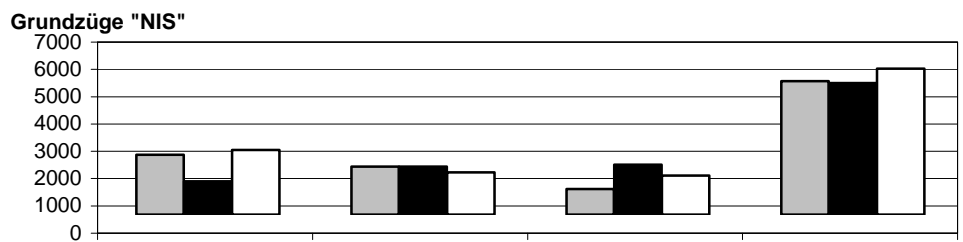
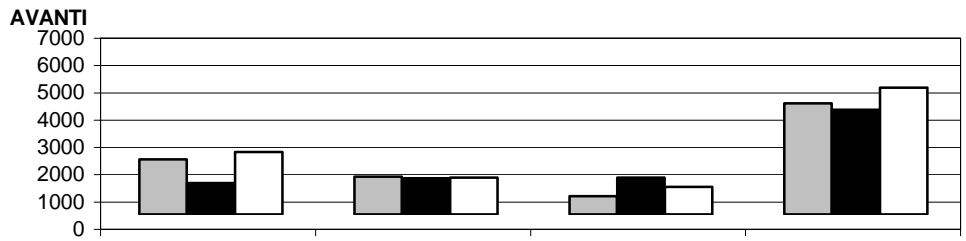
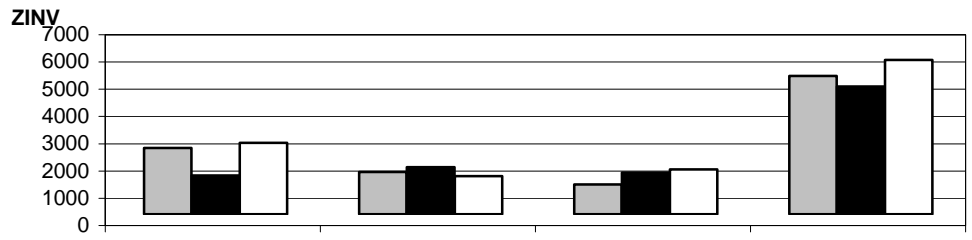
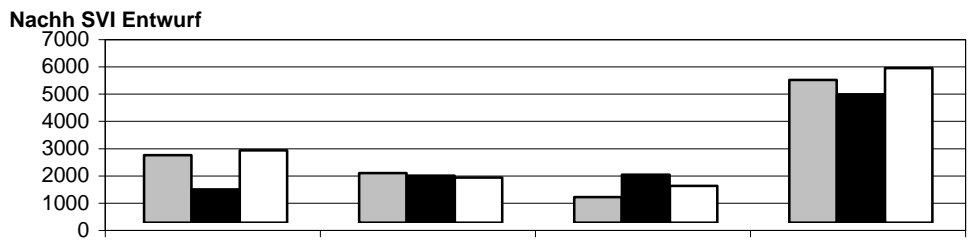
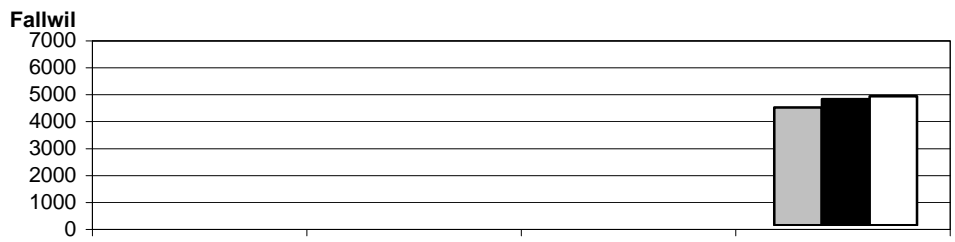
500

400

300

200

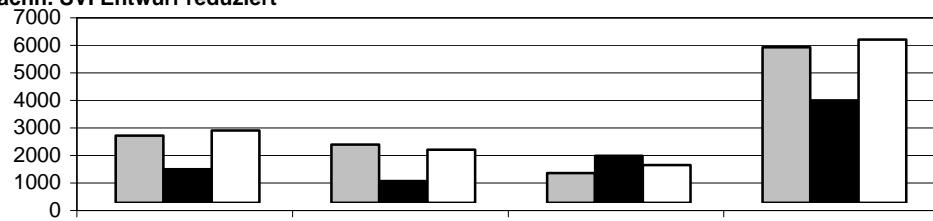
100



Fallwil reduziert



Nachh. SVI Entwurf reduziert



ZINV reduziert

