

UVEK

Eidgenössisches Departement für Umwelt,
Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

étude

are.....

Bundesamt für Raumentwicklung
Office fédéral du développement territorial
Ufficio federale dello sviluppo territoriale
Federal Office for Spatial Development

**Externe Kosten des Verkehrs
im Bereich Natur und Landschaft**

Monetarisierung der Verluste und
Fragmentierung von Habitaten

Inhaltsübersicht

Inhalt	i
Abstract	I
Zusammenfassung	Z-1
Résumé	R-1
Compendio	C-1
Summary	S-1
1 Ausgangslage und Fragestellung	1
2 Übersicht über die Methodik	9
3 Habitatverluste	35
4 Habitatfragmentierung	53
5 Externe Kosten im Bereich von Natur und Landschaft Schweiz	63
6 Plausibilisierung der Resultate	77
7 Würdigung der Resultate	79
8 Schlussbemerkungen	85
Glossar	89
Literatur	92
Anhang	A-1
A-1 Mengengerüst Habitatverluste	A-1

A-2 Mengengerüst Habitatqualitätsverluste	A-7
A-3 Technische Anleitung zur Ermittlung der Habitatfragmentierung....	A-13
A-4 Wertgerüst Habitatverluste: Resultate Soll-Wert-Berechnung	A-21
A-5 Habitatverluste: Kalkulationsgrundlagen für die Ermittlung der Ersatzkosten.....	A-25
A-6 Habitatverluste: Ersatzkosten pro Biotoptyp	A-33
A-7 Habitatfragmentierung.....	A-68
A-8 Resultate 4. Klass-Strassen	A-70

Inhalt

Inhalt	i
Abstract	I
Zusammenfassung	Z-1
Der Verkehr beeinträchtigt Natur und Landschaft	Z-1
Ermittlung der externen Kosten im Bereich Natur und Landschaft.....	Z-1
Habitatverluste.....	Z-1
Habitatfragmentierung	Z-2
Habitatqualitätsverluste	Z-2
Die externen Kosten im Bereich Natur und Landschaft	Z-3
Plausibilisierung und Würdigung der Resultate	Z-4
Résumé	R-1
Le trafic porte atteinte à la nature et au paysage	R-1
Calcul des coûts externes dans le domaine de la nature et du paysage	R-1
Pertes d'habitats	R-1
Fragmentations d'habitats	R-2
Dégradation de la qualité des habitats	R-2
Les coûts externes dans le domaine de la nature et du paysage.....	R-3
Vérification et appréciation des résultats	R-4
Compendio	C-1
I trasporti danneggiano la natura e il paesaggio	C-1
Determinazione dei costi esterni nel settore natura e paesaggio	C-1
Perdite di habitat.....	C-1
Frammentazione degli habitat	C-2
Riduzioni della qualità degli habitat	C-2
I costi esterni nel settore natura e paesaggio	C-3

Plausibilizzazione e valutazione dei risultati	C-4
Summary	S-1
Transport is affecting nature and landscape.....	S-1
Calculating the external costs on nature and landscape	S-1
Habitat loss.....	S-1
Habitat fragmentation	S-2
Habitat quality loss	S-2
External costs on nature and landscape	S-3
Plausibility testing and evaluation of results	S-4
1 Ausgangslage und Fragestellung.....	1
1.1 Ausgangslage.....	1
1.2 Fragestellung.....	4
1.3 Projektorganisation und Ablauf.....	5
2 Übersicht über die Methodik.....	9
2.1 Wirkungen des Verkehrs auf Natur und Landschaft.....	9
2.2 Auswahl der relevanten Wirkungsketten	11
2.3 Methodik Wirkungserfassung	13
2.3.1 Untersuchte Infrastrukturtypen.....	13
2.3.2 Referenzzustand.....	15
2.3.3 Übersicht der Wirkungserfassung.....	16
2.3.4 Erfasste Wirkungsketten	18
2.3.5 Untersuchungsperimeter.....	20
2.3.6 3D-Interpretation von Luftbildern	22
2.3.7 Stichprobe und Hochrechnung	23
2.4 Übersicht von Monetarisierungsansätzen für Natur und Landschaft.....	25
2.4.1 Bewertung von Natur und Landschaft.....	25
2.4.2 Monetarisierungsansätze.....	29
2.4.3 Wiederherstellungskosten von Natur als monetärer Bewertungsansatz: Beispiel BRD	30
2.4.4 Fazit Monetarisierungsansätze	31

2.4.5	Methodische Aspekte bei der Ermittlung von Ersatz- und Wiederherstellungskosten.....	31
3	Habitatverluste	35
3.1	Vorgehen.....	35
3.2	Luftbildvergleiche zur Erfassung der Habitatverluste	36
3.2.1	Berücksichtigte Biotoptypen.....	36
3.2.2	Funktionalität.....	38
3.2.3	3D-Interpretation von Luftbildern	39
3.3	Resultate Mengengerüst	40
3.4	Externe Kosten von verkehrsbedingten Habitatverlusten.....	42
3.4.1	Bewertungsansatz bei Habitatverlusten.....	42
3.4.2	Ersatzkosten zum Ausgleich von Habitatverlusten	42
3.4.3	Berechnungsmethode Habitatersatz.....	45
3.4.4	Externe Kosten von verkehrsbedingten Habitatverlusten	50
4	Habitatfragmentierung.....	53
4.1	Luftbildinterpretation zur Erfassung der Habitatfragmentierung	54
4.1.1	Bestimmung der Lebensräume von Tieren.....	54
4.1.2	Bestimmung der Fragmentierung	54
4.1.3	Bestimmung der Geländebeziehungen	55
4.2	Resultate Mengengerüst	56
4.3	Vergleich mit den aktuellen Untersuchungen von BUWAL und ASTRA	58
4.4	Externe Kosten von verkehrsbedingten Habitatfragmentierungen	58
4.4.1	Bewertungsansatz bei Habitatfragmentierungen	58
4.4.2	Ergänzung mit den Kosten für überregional notwendige Bauwerke	59
4.4.3	Kostensätze zum Ausgleich der Habitatfragmentierungen	59
4.4.4	Überblick über die verwendeten Kostensätze pro Infrastruktur- und Bauwerktyp	61
5	Externe Kosten im Bereich von Natur und Landschaft Schweiz	63
5.1	Externe Kosten Habitatverluste	63
5.2	Externe Kosten Habitatfragmentierung	66

5.3	Total der erfassten externen Kosten im Bereich Natur und Landschaft.....	67
5.3.1	Streuung der Resultate	69
5.4	Aufteilung der externen Kosten auf die Verursachergruppen.....	69
5.4.1	Strassenverkehr.....	69
5.4.2	Schienenverkehr.....	71
5.5	Spezifische externe Kosten pro Infrastrukturtyp.....	71
5.6	Vergleich mit anderen Kostenschätzungen.....	72
5.6.1	Vergleichszahlen Umwelt und Verkehr.....	72
5.6.2	Andere Schätzungen der externen Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft	73
6	Plausibilisierung der Resultate.....	77
6.1	Methodik Soll-Werte	77
6.2	Erweiterung der Datengrundlagen.....	78
6.3	Habitatverluste gemäss Soll-Wert-Ansatz.....	78
7	Würdigung der Resultate	79
7.1	Genauigkeit der Resultate	79
7.2	Nicht berücksichtigte Kosten	79
7.2.1	Allgemeines	79
7.2.2	Ästhetische Effekte, Auswirkungen auf das Landschaftsbild.....	80
7.2.3	Referenzzustand "fünfziger Jahre"	80
7.2.4	Verkehrsanlagen im Siedlungsgebiet	81
7.2.5	Erhöhte Bautätigkeit auf Grund von Verkehrsanlagen.....	81
7.2.6	Trennwirkungen bei Pflanzen	81
7.2.7	Meliorationen	82
7.2.8	Land- und Forstwirtschaft	82
7.2.9	Tourismus	82
7.3	Faktoren für eine Kostenüberschätzung.....	83
7.3.1	Nicht veränderte Infrastruktur	83
7.3.2	Umweltverträglichkeitsprüfungen (UVP).....	83
8	Schlussbemerkungen.....	85
8.1	Ausblick	85

8.2 Forschungsbedarf.....	86
Glossar.....	89
Literatur.....	92
Anhang.....	A-1
A-1 Mengengerüst Habitatverluste.....	A-1
A-1.1 Arbeitsschritte der Luftbildinterpretation	A-1
A-1.2 Einbindung ins Umland: Technische Anleitung	A-5
A-1.3 Flächenveränderungen nach Biotoptyp.....	A-6
A-2 Mengengerüst Habitatqualitätsverluste	A-7
A-2.1 Vorgehen zur Abschätzung des Habitatqualitätsverlustes	A-8
A-2.2 Herleitung der Qualitätsverluste	A-9
A-2.3 Das Ausmass der Qualitätsverluste	A-9
A-2.4 Theoretische Modellrechnung	A-10
A-2.5 Wertung	A-12
A-3 Technische Anleitung zur Ermittlung der Habitatfragmentierung....	A-13
A-3.1 Methodische Eingrenzungen	A-13
A-3.2 Illustration an Hand eines Beispiels.....	A-18
A-4 Wertgerüst Habitatverluste: Resultate Soll-Wert-Berechnung	A-21
A-4.1 Herleitung des Mengengerüsts.....	A-21
A-4.2 Berechnung des Wertgerüsts	A-23
A-5 Habitatverluste: Kalkulationsgrundlagen für die Ermittlung der Ersatzkosten.....	A-25
A-5.1 Kostenrelevante Parameter.....	A-25

A-5.2 Kostendateien aus Deutschland.....	A-26
A-5.3 Landerwerb.....	A-26
A-5.4 Planungskosten.....	A-27
A-5.5 Erstinstandsetzung und Pflegemassnahmen.....	A-28
A-5.6 Pflegemassnahmen.....	A-30
A-5.7 Kernaussagen.....	A-31
A-6 Habitatverluste: Ersatzkosten pro Biotoptyp.....	A-33
A-6.1 Einzelkosten und allgemeine Annahmen.....	A-33
A-6.2 Massnahmen pro Biotoptyp.....	A-35
A-6.3 Kostenberechnung pro Biotoptyp.....	A-38
A-7 Habitatfragmentierung.....	A-68
A-7.1 Details zu Kostenberechnungen der Defragmentierungselemente.....	A-68
A-8 Resultate 4. Klass-Strassen.....	A-70
A-8.1 Grundlagen.....	A-70
A-8.2 Mengengerüst.....	A-71
A-8.3 Wertgerüst.....	A-72

Abstract

Die Ermittlung der externen Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft beruht auf diversen Vorarbeiten, in denen entsprechende Kosten des Verkehrs identifiziert und die Methoden zu ihrer Monetarisierung evaluiert wurden (Ökoskop 1998). Aus dem Wirkungsgefüge des Verkehrs auf Natur und Landschaft werden folgende Auswirkungen erfasst: **Habitatverluste**, **Habitatfragmentierungen** und **Habitatqualitätsverluste** ausserhalb von Siedlungen. Weitere verkehrsinduzierte Beeinträchtigungen wie beispielsweise Habitatverluste und Trenneffekte innerhalb von Siedlungen sowie Auswirkungen auf das Landschaftsbild und die Erholungsqualität werden nicht untersucht. Mit Hilfe von digitalen 3D-Luftbildern werden die Habitatverluste zwischen den 1950er-/1960er-Jahren und 1998/99 in einem Streifen entlang der Strassen- und Schieneninfrastruktur bestimmt. Die Monetarisierung der Habitatverluste erfolgt mittels eines Ersatzkostenansatzes. Die Habitatfragmentierungen werden an Hand der Ansprüche verschiedener Tiergruppen auf aktuellen Luftbildern bestimmt. Die externen Kosten dieser Fragmentierungen werden mit Hilfe der Kosten für reale Verbindungsbauwerke ermittelt. Habitatqualitätsverluste können zwar identifiziert, aber nicht quantifiziert und somit auch nicht monetarisiert werden.

Die mittleren externen Kosten für Habitatverluste und -fragmentierungen betragen 765 Mio. sFr./a (Bandbreite: 443 bis 1'083 Mio. sFr./a), wovon 662 Mio. sFr./a von der Strasse und 103 Mio. sFr./a von der Schiene verursacht werden. Die Ergebnisse werden mit bestehenden Arbeiten verglichen und die Unschärfen, die zu einer Über- oder Unterschätzung der externen Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft führen können, bezeichnet.

Pour calculer les coûts externes du trafic dans le domaine de la nature et du paysage, nous nous sommes référés à diverses études préalables qui identifient ces coûts et qui évaluent les méthodes visant les à exprimer sous une forme monétaire (Ökoskop 1998). Dans notre étude, nous avons examiné trois conséquences importantes du trafic pour la nature et le paysage, à savoir les **pertes d'habitats**, les **fragmentations d'habitats** et la **dégradation de la qualité des habitats**. Les atteintes au paysage n'ont pas été prises en compte.

A partir de photographies aériennes 3D, nous avons recensé les pertes d'habitats entre les années cinquante et soixante et 1998/99 dans une bande courant le long des infrastructures des routes et des chemins de fer; nous avons chiffré ces pertes en calculant leurs coûts de remplacement. Pour ce qui est des fragmentations d'habitats, nous nous sommes fondés sur des photographies aériennes actuelles en considérant les besoins de différents groupes d'animaux; nous avons établi les coûts externes de

ces fragmentations sur la base des coûts des ouvrages de liaison. Quant à la dégradation de la qualité des habitats, si elle peut être constatée, elle ne peut être ni quantifiée, ni, partant, chiffrée.

Les coûts externes moyens des pertes et des fragmentations d'habitats s'élèvent à 765 millions de francs par an (fourchette: 443 – 1 083 millions de francs par an), dont 662 millions sont occasionnés par la route et 103 millions par le rail. Dans une seconde partie, nous avons comparé nos résultats avec des travaux existants et passé en revue les inconnues susceptibles d'entraîner une surestimation ou une sous-estimation des coûts externes du trafic dans le domaine de la nature et du paysage.

La determinazione dei costi esterni dei trasporti nel settore natura e paesaggio si basa su diversi studi preliminari in cui sono stati identificati i costi esterni dei trasporti nel settore natura e paesaggio e valutati i metodi per una loro monetizzazione (Ökoskop 1998). Vengono rilevate le seguenti ripercussioni rilevanti dei trasporti sulla natura e il paesaggio: **perdite di habitat, frammentazioni degli habitat e riduzioni della qualità degli habitat**. Gli effetti sul quadro paesistico non vengono esaminati. Le perdite di habitat registrate tra gli anni 50/60 e gli anni 1998/99 in una striscia lungo l'infrastruttura stradale e ferroviaria sono rilevate mediante fotografie aeree digitali 3D. La monetizzazione delle perdite di habitat avviene tramite un approccio dei costi di sostituzione. Le frammentazioni degli habitat sono determinate sulla scorta delle esigenze di vari gruppi faunistici mediante fotografie aeree attuali. I costi esterni di tali frammentazioni sono stabiliti in base ai costi per reali opere d'arte di collegamento. Le riduzioni della qualità degli habitat possono essere identificate ma non quantificate e quindi nemmeno monetizzate.

I costi esterni medi per perdite e frammentazioni di habitat ammontano a circa 765 milioni di fr./a (fascia di variazione: 443 - 1'083 milioni di fr./a), di cui 662 milioni di fr./a sono causati dalla strada e 103 milioni di fr./a dalla rotaia. I risultati vengono messi a confronto con ricerche precedenti; inoltre, vengono indicate le indeterminanze che possono comportare una sottovalutazione o una sopravvalutazione dei costi esterni dei trasporti nel settore natura e paesaggio.

The determination of the external costs of transport on nature and landscape is based on a range of preliminary work in which such external costs were identified and the methods for their monetisation evaluated (Ökoskop 1998). The following relevant impacts of transport on nature and landscape were recorded: **Habitat loss, habitat fragmentation and habitat quality loss**. The impact on the appearance of landscape

was not examined. Digital 3D aerial photographs were used to determine habitat loss between the 1950s/1960s and 1998/99 in a strip bordering the road and rail infrastructures. The monetarisation of habitat loss used a repair cost method. Habitat fragmentation was determined using current aerial photographs according to the requirements of different animal groups. The external costs of this fragmentation were calculated using the costs of constructing actual links between the habitat fragments. Habitat quality loss can be identified but not quantified and therefore not monetarised either.

The average external costs for habitat loss and fragmentation are CHF 765 million/year (range: CHF 443-1,083 million/year), CHF 662 million/year of which is caused by road and CHF 103 million/year by rail. The results were compared with existing work and the inaccuracies which may lead to an overestimation or underestimation of the external costs of transport on nature and landscape were indicated.

Zusammenfassung

Der Verkehr beeinträchtigt Natur und Landschaft

Strassen- und Schienenverkehr decken zur Zeit ihre Kosten nur zum Teil. Die Kosten für die Folgen von Verkehrsimmissionen, Verkehrslärm, Unfällen und Treibhausgasemissionen werden grösstenteils von der Allgemeinheit und nicht von den Verkehrsverursachenden übernommen. Man spricht bei diesen Kosten von externen Kosten. Im Sinne des Verursacherprinzips (Art. 74 Abs. 2 und 85 Abs. 1 BV) ist es erwünscht, diese Kosten zu kennen, um sie nach Möglichkeit den Verursachern anzulasten, d.h. zu internalisieren.

Der Verkehr hat vielfältige Auswirkungen auf Natur und Landschaft. Die Wirkungen des Verkehrs auf Natur und Landschaft wurden in einem Vorprojekt identifiziert und bezüglich ihrer Relevanz bewertet. Aus dem komplexen Wirkungsgefüge Natur und Landschaft wurden in der vorliegenden Untersuchung drei Wirkungsketten näher betrachtet, wovon zwei erstmals quantifiziert und monetarisiert werden konnten. Erfasst wurden dabei die Habitate ausserhalb der Siedlungen.

- **Habitatverluste:** Der Verkehr beansprucht Boden und entzieht der Flora und Fauna Lebensraum.
- **Habitatfragmentierung:** Verkehrsanlagen zerschneiden Landschaften und stellen vor allem für Tiere teilweise unüberwindbare oder lebensgefährliche Hindernisse dar. Dadurch werden Tiere auf ihren kleinräumigen und grossräumigen Wanderbewegungen behindert. Der nutzbare Lebensraum verringert sich für sie und es kann zur Isolation von Teilpopulationen mit eingeschränktem genetischem Austausch kommen. Erfasst wurden aber auch neue ökologisch wertvolle Lebensräume (z.B. Böschungen) welche insbesondere beim Bau neuer Nationalstrassenabschnitte geschaffen wurden. Auch diese Flächen fanden (kostenreduzierend) Eingang in der Gesamtbilanzierung.
- **Habitatqualitätsverluste:** Der Verkehr verursacht z.B. Lärm, Staub, Luftschadstoffe und Erschütterungen, die die Qualität der Lebensräume beeinträchtigen. Die Qualitätsverluste konnten nicht monetarisiert werden.

Diese Wirkungsketten werden bei sieben unterschiedlichen Infrastrukturtypen ausserhalb des Siedlungsgebietes untersucht: Autobahnen, Autostrassen, 1. Klass-Strassen, 2. Klass-Strassen und 3. Klass-Strassen sowie ein- und mehrspurige Bahntrassen.

Ermittlung der externen Kosten im Bereich Natur und Landschaft

Habitatverluste

Die Habitatverluste werden durch einen Vergleich von Habitatflächen entlang der Verkehrsinfrastrukturen in den Jahren 1998/1999 mit den Habitatflächen in den 1950er-/1960er-Jahren ermittelt. Für diesen Vergleich werden digitale Luftbilder verwendet, die

direkt am Bildschirm dreidimensional interpretiert und ausgewertet werden. Die Habitatflächenverluste werden für 27 Habitattypen mittels einer Stichprobe von 300 Infrastrukturabschnitten von ca. 1 km Länge bestimmt und auf das ganze Verkehrsnetz hochgerechnet. Dabei wird die Fläche des jeweiligen Infrastrukturabschnittes sowie eines Streifens von beidseitig 10 m (Bahnen und 1. bis 3. Klass-Strassen), bzw. 10 bis 20 m (Autostrassen), bzw. 40 bis 50 m (Autobahnen) in den Vergleich einbezogen. Diese Streifen entsprechen der angenommenen Beeinflussung der Lebensräume durch die Verkehrsinfrastruktur. Die Einbindung der Lebensräume in die Umgebung und deren Reifegrad werden mitberücksichtigt.

Die externen Kosten infolge von Habitatverlusten werden mit einem Ersatzkostenansatz bestimmt. Sie entsprechen den Kosten für die Neuschaffung verlorener Flächen aus Ausgangshabitaten (Landkauf, Erstinsandsetzung und Pflegemassnahmen). Für die Ermittlung der gewünschten Jahreskosten werden die Investitionskosten über 30 Jahre (1 Generation) abgeschrieben.

Habitatfragmentierung

Im Wesentlichen werden die kleinräumigen Fragmentierungen für sechs Tiergruppen mit unterschiedlichen Ansprüchen an ihren Lebensraum und mit unterschiedlicher Mobilität erfasst. Aufgrund der Luftbilder wird festgestellt, ob auf beiden Seiten des jeweiligen Verkehrsweges geeignete Teillebensräume vorhanden sind und wo die entsprechenden Tiere den Verkehrsweg queren würden (eine Fragmentierung für Wildtiere wird nur bei Frequenzen von mehr als 10'000 Fahrzeugen pro Tag festgestellt). Der aktuelle Wissensstand über die Habitatfragmentierung wird in dieser Arbeit berücksichtigt (siehe Publikationen von BUWAL, ARE, BAV, ASTRA 2001 2001).

Die Monetarisierung erfolgt mit Hilfe von Kostensätzen für Bauwerke, die für die betroffenen Tiergruppen wieder eine Verbindung schaffen könnten. Die externen Kosten setzen sich aus den Investitionskosten für diese Bauwerke (Bauwerk, Feingestaltung und Begrünung) und den Betriebs- und Unterhaltskosten zusammen. Die Bauwerke werden je nach Infrastrukturtyp unterschiedlich dimensioniert (Breite und Spannweite).

Habitatqualitätsverluste

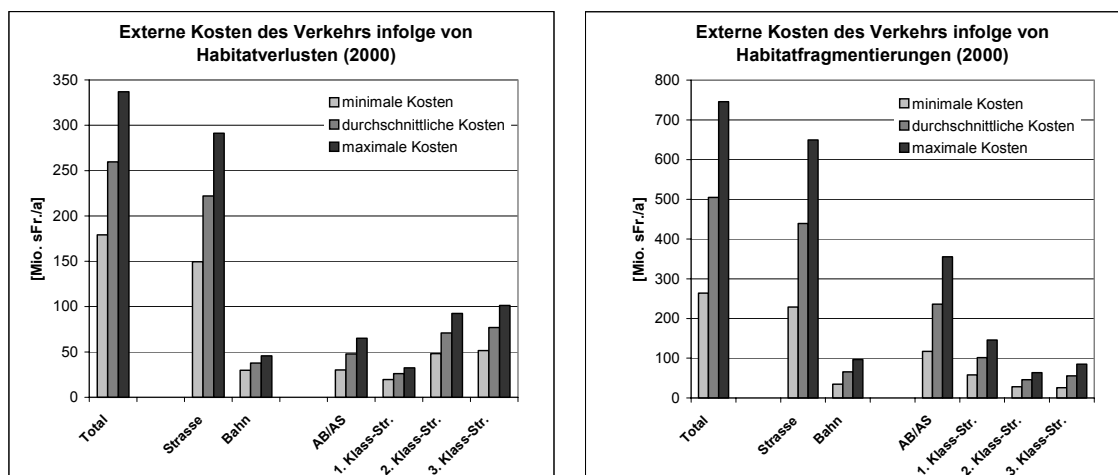
Mit der Minimierung von Zerschneidungseffekten und dem Ersatz von beeinträchtigten naturnahen Flächen werden nicht alle direkten externen Effekte von Verkehrsanlagen auf die Lebensräume erfasst. Es bleiben Resteffekte, die zu einem Qualitätsverlust in den Habitaten führen: Beispielsweise zusätzliche Belastungen durch Schadstoffe oder Lärm sowie die Zerschneidung von naturnahen Flächen zu kleinflächigen Mosaiken anstelle von grossen, zusammenhängenden Flächen (Verlust der Vernetzung). Diese

Effekte reduzieren die Habitatqualität von verbleibenden, aber auch von neu geschaffenen Ersatzhabitaten gegenüber den Habitaten in den fünfziger Jahren.

Die vorgenommenen Untersuchungen zeigen zwar, dass Qualitätsverluste auftreten. Sie können jedoch im Rahmen dieser Arbeit nicht mit hinreichender Zuverlässigkeit quantifiziert werden, um damit Kostenschätzungen vorzunehmen. Die externen Kosten des Verkehrs beschränken sich daher in dieser Untersuchung auf die durch Habitatverluste und -zerschneidung verursachten Beeinträchtigungen.

Die externen Kosten im Bereich Natur und Landschaft

Die erfassten externen Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft betragen durchschnittlich 765 Mio. sFr./a (Bandbreite: 443 bis 1'083 Mio. sFr./a; davon Habitatverluste: 179 bis 337 Mio. sFr./a, Habitatfragmentierungen: 264 bis 746 Mio. sFr./a). Rund 86% stammen von den Strasseninfrastrukturen, 37% alleine von den Autobahnen und Autostrassen und rund 14% von den Schieneninfrastrukturen.



Figur Z-1: Externe Kosten von Habitatverlusten und von Habitatfragmentierungen infolge von Verkehrsinfrastrukturen in der Schweiz (2000).

Bei den **Habitatverlusten** sind über 85% der externen Kosten den Strasseninfrastrukturen anzulasten. Dies ist auf die unterschiedliche Dichte der Infrastrukturnetze zurückzuführen: Die berücksichtigten Strasseninfrastrukturen ausserhalb des Siedlungsgebietes (Autobahn bis 3. Klasse-Strassen) haben eine Gesamtlänge von rund 39'685 km, diejenigen des Schienennetzes dagegen nur rund 4'096 km. Zudem wurde der grösste Teil der Eisenbahnlinien bereits vor dem hier definierten Referenzzustand der fünfziger Jahre gebaut.

Die externen Kosten von Habitatfragmentierungen sind ähnlich verteilt wie diejenigen der Habitatverluste: Rund 87% werden durch die Strasseninfrastrukturen verursacht,

davon knapp 54% von den Autobahnen und Autostrassen (die breiteren Infrastrukturen erfordern grössere Bauwerke).

Infrastrukturtypen	Externe Kosten infolge Habitatverlusten und Habitatfragmentierungen in Mio. sFr./a (2000)			
	Durchschnitt		Untere Grenze der Bandbreite	Obere Grenze der Bandbreite
Total	765	100%	443	1'083
Strasse Total	662	86%	379	941
Schiene Total	103	14%	64	142
Autobahnen/Autostrassen	284	37%	147	421
1. Klass-Strassen	128	17%	78	178
2. Klass-Strassen	117	15%	77	156
3. Klass-Strassen	132	17%	77	186

Tabelle Z-1: Externe Kosten des Verkehrs infolge von Habitatverlusten und Habitatfragmentierungen nach Infrastrukturtypen für die Schweiz (2000).

Die Verteilung der (durchschnittlichen) externen Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft auf die Verursacher ergibt die folgenden externen Kostensätze:

Verkehrs- oder Fahrzeugkategorien	Spezifische externe Kosten Natur und Landschaft (2000)	
	Strasse	Schiene
Total Personenverkehr	1.2 Rp./Fz.-km	0.7 Rp./Pkm
Motorfahräder	0.4 Rp./Fz.-km	
Motorräder	0.5 Rp./Fz.-km	
Personenwagen	1.2 Rp./Fz.-km	
Privatcars	2.4 Rp./Fz.-km	
Total Güterverkehr	1.9 Rp./Fz.-km	1.2 Rp./tkm
Leichte Güterfahrzeuge	1.3 Rp./Fz.-km	
Lastwagen	2.6 Rp./Fz.-km	
Schwere Sattelschlepper	3.4 Rp./Fz.-km	

Tabelle Z-2: Externe Kosten pro Fahrzeug-km (Fz.-km, Strassenverkehr), Personen-km (Pkm, Personen-OeV) und Tonnen-km (tkm, Güter-OeV) im Bereich Natur und Landschaft (2000).

Plausibilisierung und Würdigung der Resultate

Die aus der Luftbildauswertung resultierenden Habitatverluste werden mit einer weiteren Methode plausibilisiert (Habitatflächen-Sollwertvorgaben nach Broggi/Schlegel 1989). Die dabei resultierenden Ersatzkosten sind mit denjenigen aus der Luftbildauswertung vergleichbar.

Infolge der sehr grossen Komplexität biologischer Systeme und diverser Berechnungsannahmen ist die Bandbreite der Resultate beträchtlich. Sie könnte nur mit grossem Aufwand verringert werden. Bei den verschiedenen Schritten zur Quantifizierung und Monetarisierung der externen Einflüsse des Verkehrs auf Natur und Landschaft werden in der Regel konservative Annahmen getroffen, die eher zu tiefe Kosten liefern:

- Mit den drei Wirkungsketten Habitatverlust (Fläche), Habitatfragmentierung (Zerschneidung) und Habitatqualitätsverlust wurden die wichtigsten externen Effekte des Verkehrs auf die Natur erfasst. Weniger wirksame Effekte wie z.B. Schadstoff- oder Lärmbelastung von Flora und Fauna konnten aus methodischen Gründen nicht berücksichtigt werden. Somit fallen die ermittelten Kosten eher zu tief aus.
- Ästhetische Effekte und Auswirkungen auf das Landschaftsbild werden nicht erfasst.
- Der Referenzzustand "fünfziger Jahre" basiert auf Expertenurteilen und nicht auf den bekundeten Präferenzen der Bevölkerung. Bestehende Zahlungsbereitschafts-äusserungen und politische Entscheidungen (z.B. Revision Natur- und Heimatschutzgesetz) deuten aber darauf hin, dass dieser Referenzzustand realistisch ist.
- Die Abgrenzung zwischen verkehrs- und landwirtschaftsbedingten Habitatverlusten ist sehr schwierig. Es ist nicht ausgeschlossen, dass ein Teil der verkehrsbedingten Habitatverluste der Landwirtschaft angerechnet werden könnte.
- Die Bahnen werden durch den gewählten Monetarisierungsansatz einerseits etwas bevorzugt, da die Bahninfrastruktur in den fünfziger Jahren schon weitgehend bestand. Andererseits werden auch bei den damals schon vorhandenen Bahninfrastrukturen die seit den fünfziger Jahren festgestellten Habitatverluste im Untersuchungsperimeter (+/- 10 m) der Bahninfrastruktur angerechnet, obwohl sie u.U. durch Meliorationen oder Intensivlandwirtschaft verursacht wurden.

Demnach kann davon ausgegangen werden, dass die Bandbreite der ermittelten externen Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft plausibel und belastbar ist. Aufgrund der verfügbaren Studien zur Zahlungsbereitschaft für Natur- und Landschaftsschutz dürfte auch die Wahl des Referenzzustandes "fünfziger Jahre" im Bereich der aktuellen individuellen Präferenzen der Bevölkerung liegen.

Résumé

Le trafic porte atteinte à la nature et au paysage

Aujourd'hui, le trafic routier et le trafic ferroviaire ne couvrent leurs coûts qu'en partie. Les coûts dus aux conséquences des immissions, du bruit, des accidents et des émissions de gaz à effet de serre sont supportés en majeure partie par la collectivité et non par les usagers de la route et du rail. Ces coûts sont appelés coûts externes. Conformément au principe de causalité (art. 74, 2e al. et art. 85, 1er al. cst.), il serait nécessaire de connaître ces coûts pour les imputer si possible à ceux qui les engendrent, autrement dit pour les internaliser.

Le trafic produit toutes sortes de conséquences pour la nature et le paysage. Ses répercussions complexes sur la nature et le paysage ont été identifiées dans un avant-projet et évaluées en fonction de leur pertinence. Trois effets ont été jugés importants, dont deux ont pu être quantifiés et chiffrés pour la première fois dans le présent travail:

- **Pertes d'habitats:** En utilisant le sol, le trafic diminue l'espace vital à la disposition de la faune et de la flore.
- **Fragmentations d'habitats:** En morcelant des paysages, les infrastructures de transport se transforment en obstacles, en partie infranchissables ou mortels, surtout pour les animaux. Elles limitent les migrations, grandes et petites, des animaux. L'espace vital disponible se rétrécit, ce qui peut isoler des parties de populations et restreindre les brassages génétiques. Il a également été tenu compte des nouveaux habitats naturels riches du point de vue écologique (par exemple les talus) qui ont été créés lors de la construction de nouveaux tronçons d'autoroute. Ces surfaces, qui réduisent les coûts, ont également été intégrées dans le bilan total.
- **Dégradation de la qualité des habitats:** En produisant du bruit, des poussières, des polluants atmosphériques et des vibrations, le trafic altère la qualité de l'habitat. Il n'a pas été possible de chiffrer la dégradation de la qualité des habitats.

Ces effets en chaîne sont examinés pour sept différents types d'infrastructure en dehors des zones d'habitation: les autoroutes, les semi-autoroutes, les routes nationales de 1^{ère} classe, les routes nationales de 2^{ème} classe, les routes nationales de 3^{ème} classe et les lignes ferroviaires à une ou plusieurs voies.

Calcul des coûts externes dans le domaine de la nature et du paysage

Pertes d'habitats

Pour déterminer les pertes d'habitats, nous avons comparé la surface des habitats le long des infrastructures de transport en 1998/99 avec la surface des habitats dans les années cinquante et soixante. Les photographies aériennes numériques utilisées à

cette fin ont été interprétées et analysées en trois dimensions directement à l'écran. La diminution de la surface a été calculée pour 27 types d'habitats à l'aide d'un échantillon représentatif de 300 tronçons d'infrastructure d'un kilomètre de long environ, puis rapportée à l'ensemble du réseau des transports. La surface prise en considération englobe le tronçon de l'infrastructure de transport ainsi qu'une bande de part et d'autre de celle-ci (chemins de fer et routes nationales des classes 1 à 3: 10 m; semi-autoroutes: 10 à 20 m; autoroutes: 40 à 50 m). Ces bandes correspondent à l'influence que l'infrastructure de transport est supposée exercer sur les habitats. L'intégration des habitats dans l'environnement et leur degré de maturité ont été pris en compte.

Le calcul des coûts externes des pertes d'habitats s'effectue sur la base des coûts de remplacement. Les coûts externes correspondent aux coûts nécessaires à la recréation des surfaces perdues (achat de terrain, remise en état et mesures d'entretien). Pour calculer les coûts annuels, les coûts d'investissement ont été amortis sur une durée de trente ans (une génération).

Fragmentations d'habitats

La fragmentation spatiale a été mesurée pour six groupes d'animaux ayant des besoins d'espace et de mobilité différents. Sur la base des photographies aériennes, nous avons regardé si des espaces partiels existaient de part et d'autre de la voie de transport et recherché les endroits où les différents groupes d'animaux pouvaient, le cas échéant, traverser cette voie (pour les animaux sauvages, on est en présence d'une fragmentation quand il passe plus de 10 000 véhicules par jour). Nous avons tenu compte, dans ce travail, de l'état actuel des connaissances sur la fragmentation de l'habitat (voir les publications de l'OFEFP et de l'OFROU).

Nous avons calculé les coûts externes en estimant les coûts des ouvrages de liaison pour les groupes d'animaux pris en compte. Les coûts externes se composent des coûts d'investissement de ces ouvrages (construction, aménagement et végétalisation) ainsi que des coûts d'exploitation et des coûts d'entretien. Les ouvrages ont des dimensions différentes selon le type d'infrastructure (largeur et étendue).

Dégradation de la qualité des habitats

Même si nous réduisons le nombre de surfaces morcelées et remplaçons les surfaces quasi naturelles endommagées, nous ne tenons pas compte de tous les effets externes directs des infrastructures de transport sur les habitats. En effet, il subsiste des effets résiduels qui entraînent une dégradation de la qualité des habitats: pollutions dues à des substances nocives, bruit, découpage de surfaces quasi naturelles en mosaïques plus petites (perte de la mise en réseau). Ces conséquences réduisent la qua-

lité non seulement des habitats originels restants, mais aussi de ceux qui ont été créés depuis les années cinquante.

Les études entreprises montrent que la qualité des habitats se dégrade. Dans le cadre de la présente étude, la détérioration ne peut toutefois pas être quantifiée avec suffisamment de fiabilité pour procéder à une estimation des coûts.

Les coûts externes dans le domaine de la nature et du paysage

Les coûts externes du trafic répertoriés dans le domaine de la nature et du paysage s'élèvent en moyenne à 765 millions de francs par an (fourchette: 443 - 1 083 millions de francs/an, dont 179 - 337 millions pour les pertes d'habitats et 264 - 746 millions pour les fragmentations d'habitats). Environ 86% de ces frais sont occasionnés par la route – 37% rien que pour les autoroutes et semi-autoroutes – et 14% par le rail.

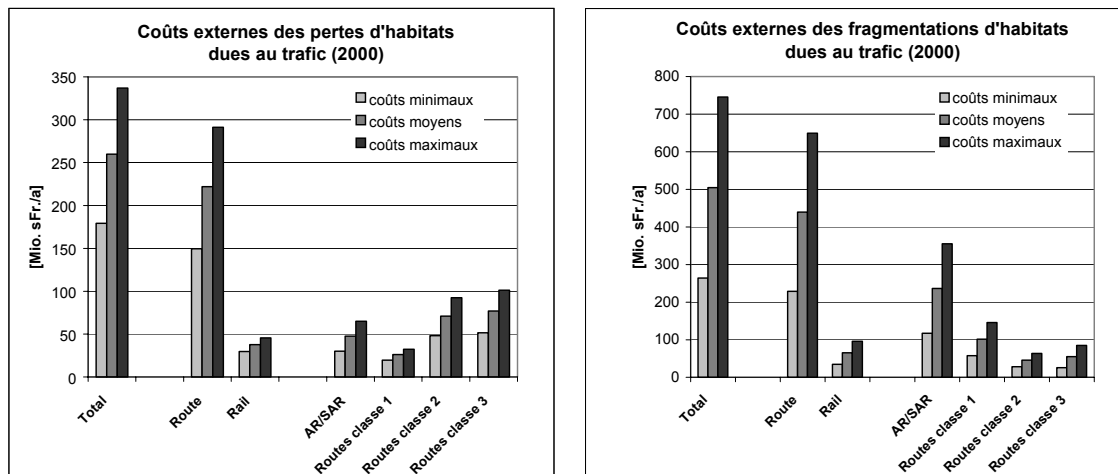


Figure R-1: Coûts externes des pertes et des fragmentations d'habitats occasionnées par des infrastructures de transport en Suisse (2000).

En ce qui concerne les **pertes d'habitats**, plus de 85% des coûts externes sont à imputer aux infrastructures routières. Ce chiffre s'explique par la différence de densité des infrastructures: les infrastructures routières considérées en dehors des zones d'habitation (des autoroutes jusqu'aux routes nationales de troisième classe) ont une longueur totale de quelque 39 685 km, contre seulement 4 096 km environ pour le rail. En outre, la majeure partie des lignes de chemin de fer ont été construites avant les années cinquante, notre période de référence.

La distribution des coûts externes des fragmentations d'habitats est similaire à celle des coûts externes des pertes d'habitats: environ 87% des fragmentations sont occasionnées par les infrastructures routières – près de 54% par les autoroutes et les semi-

autoroutes (pour les infrastructures plus larges, les ouvrages doivent être plus importants).

Type d'infrastructure	Coûts externes des pertes et des fragmentations d'habitats en millions de francs par an (2000)			
	Moyenne		Limite inférieure de la fourchette	Limite supérieure de la fourchette
Total	765	100%	443	1 083
Total route	662	86%	379	941
Total rail	103	14%	64	142
Autoroutes/semi-autoroutes	284	37%	147	421
Routes de première classe	128	17%	78	178
Routes de deuxième classe	117	15%	77	156
Routes de troisième classe	132	17%	77	186

Tableau R-1: Coûts externes des pertes et des fragmentations d'habitats dues au trafic, par type d'infrastructure, en Suisse (2000).

La répartition des coûts externes (moyens) du trafic dans le domaine de la nature et du paysage entre les différents usagers se présente comme suit:

Catégorie de trafic ou de véhicule	Coûts externes spécifiques nature et paysage (2000)	
	Route	Rail
Total transport de personnes	1,2 ct/v-km	0,7 ct/p-km
Cyclomoteurs	0,4 ct/v-km	
Motos	0,5 ct/v-km	
Voitures de tourisme	1,2 ct/v-km	
Cars	2,4 ct/v-km	
Total transport de marchandises	1,9 ct/v-km	1,2 ct/t-km
Véhicules légers	1,3 ct/v-km	
Camions	2,6 ct/v-km	
Semi-remorques	3,4 ct/v-km	

Tableau R-2: Coûts externes par véhicule-kilomètre (v-km, trafic routier), par personne-kilomètre (p-km, transport de personnes) et par tonne-kilomètre (t-km, transport de marchandises) dans le domaine de la nature et du paysage (2000).

Vérification et appréciation des résultats

Les pertes d'habitats constatées à partir de l'analyse des photographies aériennes ont été vérifiées sur la base d'une méthode indépendante (valeur de référence des surfaces des habitats selon Broggi/Schlegel 1989). Les coûts de remplacement qui en résultent

tent peuvent être comparés avec les coûts de remplacement calculés à partir de l'analyse des photographies aériennes.

En raison de la très grande variabilité de la nature et d'hypothèses de calcul diverses, la fourchette des résultats est considérable. Elle ne pourrait être réduite qu'au prix d'un énorme travail. Les différentes étapes de quantification et de monétarisation des effets externes du trafic sur la nature et le paysage se basent généralement sur des hypothèses conservatrices qui ont tendance à réduire les coûts:

- Les pertes d'habitats (surface), les fragmentations d'habitats (morcellement) et la dégradation de la qualité des habitats représentent les effets externes les plus importants du transport sur la nature. Pour des raisons méthodologiques, les répercussions plus difficiles à cerner comme la pollution et les nuisances sonores sur la faune et la flore n'ont pas pu être prises en compte. Ainsi, les coûts déterminés correspondent à des valeurs plutôt trop basses.
- Les conséquences esthétiques pour le paysage ne sont pas prises en compte.
- La période de référence "années cinquante" repose sur des avis d'experts et non sur des préférences établies de la population. Les affirmations quant au prix que les gens seraient prêts à payer et les décisions politiques (révision de la loi sur la protection de nature et du paysage) indiquent cependant que cette période de référence est réaliste.
- Il est très difficile de distinguer les pertes d'habitats dues au trafic de celles qui sont dues à l'agriculture. Il n'est pas exclu qu'une partie des pertes d'habitats dues au trafic soit imputable à l'agriculture.
- La méthode de quantification choisie avantage légèrement les chemins de fer, car les infrastructures ferroviaires existaient déjà pour la plupart dans les années cinquante. Par contre, les pertes d'habitats observées depuis les années cinquante dans le périmètre analysé (+/- 10 m) le long des infrastructures ferroviaires déjà existantes sont imputées à ces infrastructures, même si elles sont dues, dans certains cas, à des améliorations foncières ou à l'agriculture intensive.

En conséquence, on peut admettre que la fourchette des coûts externes du trafic dans le domaine de la nature et du paysage est réaliste et qu'elle résiste à l'examen. Compte tenu des études disponibles sur le prix que les citoyens seraient prêts à payer pour la protection de la nature et du paysage, la période de référence choisie, "années cinquante", devrait également correspondre aux préférences individuelles de la population à l'heure actuelle.

Compendio

I trasporti danneggiano la natura e il paesaggio

Il traffico stradale e ferroviario copre attualmente solo in parte i costi da esso generati. I costi per le conseguenze delle immissioni e del rumore del traffico, gli incidenti e le emissioni di gas a effetto serra sono in gran parte sostenuti dalla collettività e non dai partecipanti al traffico che li causano. Questi costi vengono definiti costi esterni. Ai sensi del principio di equità causale (art. 74 cpv. 2 e art. 85 cpv. 1 Cost.), è auspicabile conoscere tali costi per imputarli per quanto possibile a chi ne è responsabile, ossia per internalizzarli.

L'impatto dei trasporti sulla natura e il paesaggio è molteplice. I complessi effetti dei trasporti sulla natura e il paesaggio sono stati identificati nel quadro di un progetto preliminare e valutati in rapporto alla loro rilevanza. Tre catene d'effetti risultano rilevanti, di cui due hanno potuto essere quantificati e monetarizzati per la prima volta nel presente studio:

- **Perdite di habitat:** i trasporti occupano suolo e sottraggono biotopi alla flora e alla fauna.
- **Frammentazione degli habitat:** gli impianti di trasporto causano fratture paesaggistiche e formano ostacoli in parte insuperabili o mortali, in particolare per la fauna. Essi impediscono infatti la mobilità e le migrazioni degli animali. Lo spazio vitale utilizzabile risulta così ridotto, cosa che può comportare l'isolamento di popolazioni parziali con scambio genetico limitato. Sono tuttavia stati rilevati anche nuovi spazi vitali ecologicamente preziosi (per es. scarpate), creatisi in occasione della costruzione di nuovi tratti delle strade nazionali. Anche queste superfici, che contribuiscono a ridurre i costi, sono state integrate nel bilancio complessivo.
- **Riduzioni della qualità degli habitat:** i trasporti causano per es. rumore, polvere, inquinanti atmosferici e vibrazioni che pregiudicano la qualità degli ambienti di vita. Non è stato possibile monetizzare le riduzioni della qualità.

Queste catene d'effetti vengono esaminate in relazione a sette diversi tipi d'infrastruttura al di fuori dei comprensori insediativi: autostrade, semiautostrade, strade di 1^a, 2^a e 3^a classe nonché tracciati ferroviari a uno o più binari.

Determinazione dei costi esterni nel settore natura e paesaggio

Perdite di habitat

Le perdite di habitat sono determinate mediante un confronto delle superfici lungo le infrastrutture di trasporto negli anni 1998/1999 con le superfici di habitat negli anni '50 e '60. A tal fine vengono utilizzate fotografie aeree digitali interpretate e analizzate direttamente su schermo in formato tridimensionale. Le perdite di superficie sono deter-

minate per 27 tipi di habitat mediante una rilevazione a campione di 300 sezioni d'infrastruttura di ca. 1 km di lunghezza e quindi estrapolate per l'intera rete viaria. È compresa nel confronto la superficie della rispettiva sezione d'infrastruttura nonché quella di una striscia di 10 m su ambo i lati (ferrovie e strade di 1^a, 2^a e 3^a classe), 10-20 metri (semiautostrade) o 40-50 m (autostrade). Queste strisce corrispondono all'influenza stimata dell'infrastruttura dei trasporti sugli ambienti naturali. Sono considerati altresì l'integrazione degli spazi vitali nell'ambiente circostante e il grado di maturazione.

I costi esterni dovuti a perdite di habitat sono stabiliti mediante un modello di costi di sostituzione. Essi corrispondono ai costi per la nuova creazione di superfici perdute da habitat di partenza (acquisto di terreno, prima sistemazione e misure di cura). Per la determinazione dei costi annui voluti, i costi d'investimento vengono ammortizzati in 30 anni (1 generazione).

Frammentazione degli habitat

Sostanzialmente vengono rilevate le frammentazioni di piccole aree per sei gruppi faunistici, con diverse esigenze rispetto all'ecosistema e con diversa mobilità. Sulla scorta delle fotografie aeree viene stabilito, da una parte, se su entrambi i lati della via di comunicazione considerata sono presenti adeguati biotopi parziali e, dall'altra, dove gli animali in oggetto attraverserebbero la via di comunicazione (una frammentazione per la selvaggina viene determinata solo con frequenze di oltre 10'000 veicoli al giorno). Lo stato attuale delle conoscenze sulla frammentazione degli ambienti naturali è considerato in questo studio (vedi pubblicazioni dell'UFAPF e dell'USTRA).

La monetizzazione avviene con l'ausilio di tassi di costi per costruzioni che potrebbero ristabilire un passaggio per i gruppi di animali interessati. I costi esterni sono composti dai costi d'investimento per queste opere (costruzione, sistemazione particolareggiata e copertura verde) nonché dai costi d'esercizio e di manutenzione. A dipendenza del tipo d'infrastruttura, le opere vengono dimensionate in modo differenziato (larghezza e luce).

Riduzioni della qualità degli habitat

Con la minimizzazione degli effetti di frazionamento e la sostituzione di superfici naturali pregiudicate non vengono rilevati tutti gli effetti esterni diretti di impianti di trasporto sugli spazi vitali. Rimangono effetti residui che comportano una perdita di qualità degli habitat: per esempio il carico supplementare dovuto a sostanze inquinanti o rumore nonché il frazionamento di superfici prossime allo stato naturale in mosaici di piccole superfici al posto di grandi superfici continue (perdita dell'interrelazione). Questi effetti

riducono la qualità degli habitat rimanenti come pure di quelli sostitutivi di nuova creazione rispetto agli habitat precedenti degli anni Cinquanta.

Dalle ricerche effettuate risulta, sì, che sono constatabili riduzioni di qualità. Tuttavia, nel quadro di questo lavoro non è possibile quantificarle con sufficiente affidabilità per effettuare una stima dei costi.

I costi esterni nel settore natura e paesaggio

I costi esterni rilevati dei trasporti nel settore natura e paesaggio ammontano in media a 765 milioni di fr./a (fascia di variazione: 443 - 1'083 milioni di fr./a; di cui perdite di habitat: 179 - 337 milioni di fr./a, frammentazioni degli habitat: 264 - 746 milioni di fr./a). Circa l'86% è causato dalle infrastrutture stradali, il 37% dalle sole autostrade e semiautostrade, e circa il 14% dalle infrastrutture ferroviarie.

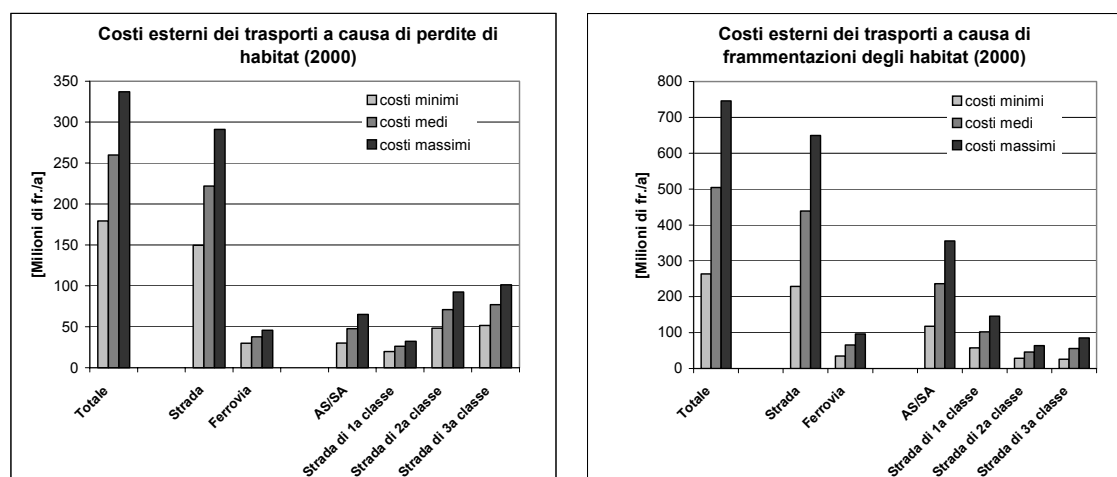


Fig. C-1: costi esterni di perdite di habitat e di frammentazioni degli habitat causati da infrastrutture di trasporto nella Svizzera (2000).

Per quanto riguarda le **perdite di habitat**, più dell'85% dei costi esterni sono imputabili alle infrastrutture stradali. Ciò dipende dalla diversa densità delle reti d'infrastruttura. Le infrastrutture stradali considerate al di fuori del comprensorio d'insediamento (autostrade fino a strade di 3^a classe) presentano una lunghezza complessiva di 39'685 km; la lunghezza delle infrastrutture della rete ferroviaria è invece di soli 4'096 km. Inoltre, gran parte delle linee ferroviarie è stata costruita prima dello stato di riferimento qui definito degli anni Cinquanta.

I costi esterni delle frammentazioni degli habitat sono ripartiti in modo pressoché analogo ai costi della perdita di habitat: circa l'87% è causato dalle infrastrutture stradali, di cui pressoché il 54% dalle autostrade e semiautostrade (le infrastrutture più larghe richiedono costruzioni più grandi).

Tipi d'infrastruttura	Costi esterni perdite di habitat e frammentazioni degli habitat in milioni di fr./a (2000)			
	Media		Limite inferiore della fascia di variabilità	Limite superiore della fascia di variabilità
Totale	765	100%	443	1'083
Totale strada	662	86%	379	941
Totale ferrovia	103	14%	64	142
Autostrade/semiautostrade	284	37%	147	421
Strade di 1 ^a classe	128	17%	78	178
Strade di 2 ^a classe	117	15%	77	156
Strade di 3 ^a classe	132	17%	77	186

Tabella C-1: costi esterni dei trasporti causati da perdite di habitat e frammentazioni degli habitat secondo i tipi d'infrastruttura (2000).

Dalla ripartizione dei costi (medi) esterni dei trasporti nel settore natura e paesaggio su chi li ha causati risultano le seguenti aliquote dei costi esterni:

Categorie di trasporto o veicoli	Costi esterni specifici natura e paesaggio (2000)	
	Strada	Ferrovia
Totale traffico passeggeri	1,2 cts./vkm	0,7 cts./pkm
Ciclomotori	0,4 cts./vkm	
Motocicli	0,5 cts./vkm	
Autovetture	1,2 cts./vkm	
Bus privati	2,4 cts./vkm	
Totale traffico merci	1,9 cts./vkm	1,2 cts./tkm
Furgoni	1,3 cts./vkm	
Autocarri	2,6 cts./vkm	
Autoarticolati pesanti	3,4 cts./vkm	

Tabella C-2: costi esterni per veicoli-km (vkm, trasporti su strada), persone-km (pkm, persone-tp) e tonnellate-km (tkm, merci-tp) nel settore natura e paesaggio (2000).

Plausibilizzazione e valutazione dei risultati

Le perdite di habitat risultanti dall'analisi delle fotografie aeree sono plausibilizzate ulteriormente mediante un metodo indipendente (esigenze in valore nominale di superfici d'habitat secondo Broggi/Schlegel 1989). I costi di sostituzione risultanti sono paragonabili a quelli dell'analisi delle fotografie aeree.

In ragione dell'elevata variabilità della natura e delle differenti stime di calcolo, il margine di variazione dei risultati è molto ampio. Una riduzione dell'ampiezza della fascia sarebbe possibile solo con un elevato onere. Nelle diverse fasi di quantificazione e monetizzazione degli influssi esterni dei trasporti sulla natura e sul paesaggio sono in genere adottate ipotesi conservatrici, da cui risultano costi tendenzialmente troppo bassi.

- Con le tre catene di effetti *perdite di habitat* (superficie), *frammentazione degli habitat* (fratture paesaggistiche) e *riduzione della qualità degli habitat* sono stati rilevati i principali effetti esterni dei trasporti sulla natura e sul paesaggio. Ricadute di incidenza minore su flora e fauna quali l'inquinamento atmosferico e fonico non hanno potuto essere prese in considerazione per motivi metodologici. Tendenzialmente, i costi dichiarati sono dunque troppo bassi.
- Gli effetti e le ripercussioni estetiche sul quadro paesaggistico non vengono rilevati.
- Lo stato di riferimento 'anni Cinquanta' si basa su valutazioni d'esperti e non sulle preferenze espresse dalla popolazione. Nondimeno, le disponibilità di pagamento espresse e le decisioni politiche (per es. la revisione della legge sulla protezione della natura e del paesaggio) indicano che tale stato di riferimento è realistico.
- La distinzione tra perdite di habitat dovute ai trasporti e perdite dovute all'agricoltura è molto difficile. Non è escluso che parte delle perdite di habitat dovute ai trasporti sia da imputare all'agricoltura.
- Da un lato, le ferrovie risultano leggermente avvantaggiate dal modello di monetizzazione adottato poiché, negli anni Cinquanta, l'infrastruttura ferroviaria era in ampia misura già realizzata. D'altra parte, vengono imputate all'infrastruttura ferroviaria, in riferimento alle infrastrutture ferroviarie già allora esistenti, anche le perdite di habitat riscontrate a partire dagli anni Cinquanta nel perimetro d'indagine (+/- 10 m), nonostante esse siano eventualmente dovute a bonifiche o agricoltura intensiva.

Si può quindi partire dal presupposto che la fascia di variazione dei costi esterni dei trasporti nel settore natura e paesaggio rilevati è plausibile. Sulla scorta degli studi svolti in merito alla disponibilità al pagamento per la protezione della natura e del paesaggio, anche la scelta dello stato di riferimento "anni Cinquanta" dovrebbe situarsi nell'orbita delle attuali preferenze individuali della popolazione.

Summary

Transport is affecting nature and landscape

Currently, road and rail transport only partly covers its costs. The costs caused by transport emissions, noise, accidents and greenhouse gas emissions are, for the most part, met by the general public and not by those responsible. These costs are referred to as external costs. In the interests of fairness under the "polluter pays" principle (Art. 74 para. 2 and Art. 85 para. 1 of the Swiss Federal Constitution), the aim is to identify these costs in order to charge them to the parties responsible, thereby internalising them.

Transport has a wide-ranging impact on nature and landscape. These complex effects were identified in a preliminary project and evaluated with regard to their relevance. Three chains of influence are relevant, two of which it was possible to quantify and monetarise for the first time in the present work:

- **Habitat loss:** Transport requires land and thereby encroaches upon the habitats of flora and fauna.
- **Habitat fragmentation:** Transport systems cut through the landscape and present to some extent insurmountable or life-threatening obstacles, especially for animals. Animals are therefore restricted in their movements, both local and more extensive. Their usable habitat is reduced and this can lead to the isolation of sub-populations and thereby to in-breeding. However, the study also looked at the new and ecologically valuable habitats, such as embankments, which have been created with the construction of new sections of the national highway network, in particular. These areas have been included in the overall balance sheet and have a cost-reducing effect.
- **Habitat quality loss:** Transport causes noise, dust, airborne pollutants and vibration etc., which have a detrimental effect on the quality of habitats. It was not possible to assign a monetary value to this loss of quality.

These chains of influence were examined in seven different infrastructure types outside urban areas: Motorways, main roads, 1st class roads, 2nd class roads and 3rd class roads as well as single-track and multi-track railway lines.

Calculating the external costs on nature and landscape

Habitat loss

Habitat loss was calculated by comparing habitats alongside transport infrastructures in 1998/99 with the same habitats in the 1950s/1960s. The comparison used digital aerial photographs which can be interpreted three-dimensionally and evaluated directly on screen. Habitat losses were determined for 27 habitat types using a random sample of

300 infrastructure sections of approximately one kilometre in length. The results were then extrapolated for the entire transport network. The comparison looked at the area of each infrastructure section, as well as a strip of land on both sides of 10 m (rail and 1st-3rd class roads), or 10-20 m (main roads) or 40-50 m (motorways). These strips correspond to the presumed scope of influence of the transport infrastructure on natural habitats. The integration of the habitats in their surroundings and their degree of maturity was also taken into account.

The external costs of habitat loss were determined using the repair cost method. They correspond to the costs for the restitution of areas lost from original habitats (land purchase, initial restoration and maintenance measures). The investment costs over 30 years (one generation) were used to calculate annual costs.

Habitat fragmentation

The fragmentation of small areas was recorded for six groups of animals with different needs and different mobility. Aerial photographs were used to determine whether or not there were suitable sub-habitats on both sides of the respective transport routes and whether or not the animals in question would cross that route (fragmentation in the case of wild animals was studied only where transport frequencies exceed 10,000 vehicles per day). The current level of knowledge about habitat fragmentation was taken into account in this work (see publications from BUWAL and ASTRA).

Monetisation was carried using the costs of constructing a link to rejoin the sub-habitats for the animal groups affected. The external costs are made up of the capital costs for these constructions (construction, finishing and landscaping) and the operational and maintenance costs. Depending on the infrastructure type, these constructions have different dimensions (width and span).

Habitat quality loss

Minimising the impact of fragmentation and replacing affected "natural" areas do not capture all of the direct external effects of transport systems on habitats. There are still the residual effects which lead to a loss of habitat quality: For example, additional pollution from harmful substances or noise, as well as the breakdown of "natural" areas into small mosaics instead of large, coherent areas (network loss). These effects reduce the habitat quality of remaining habitats, and of newly created replacement habitats, compared with the original habitats of the 1950s.

The studies carried out illustrate that quality losses occur. However, it is not possible to quantify them with sufficient reliability to produce cost estimates within the framework of this work.

External costs on nature and landscape

The calculated external costs of transport on nature and landscape amount to an average of CHF 765 million/year (range: CHF 443-1,083 million/year; of which habitat loss comprises CHF 179-337 million/year and habitat fragmentation CHF 264-746 million/year). Around 86% is caused by the road infrastructure, with 37% caused by motorways and main roads alone. Around 14% is caused by the rail infrastructure.

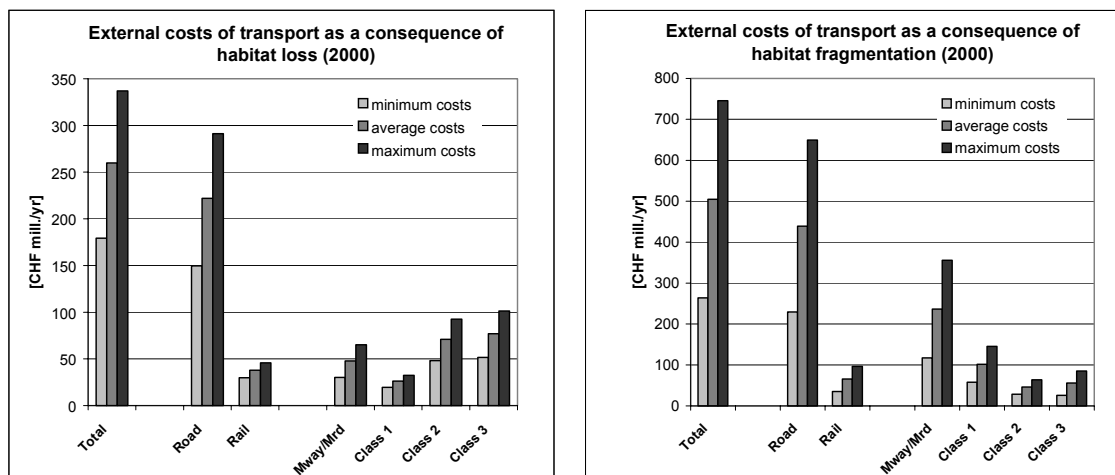


Figure S-1: External costs of habitat loss and habitat fragmentation as a consequence of transport infrastructures in Switzerland (2000).

In the case of **habitat loss**, over 85% of the external costs are due to the road infrastructure. This can be attributed to the varying densities of the infrastructure networks: The non-urban road infrastructure examined (motorways to 3rd class roads) has a total length of around 39,685 km, while that of the rail network is only around 4,096 km long. In addition, the great majority of the railway lines had already been constructed prior to the reference period of the 1950s as defined for this study.

The external costs of habitat fragmentation are distributed similarly to those for habitat loss: Around 87% are caused by the road infrastructure, of which just under 54% can be attributed to the motorways and main roads (wider roads require larger link constructions).

Infrastructure types	External costs of habitat loss and habitat fragmentation in CHF million/year (2000)			
	Average		Floor	Ceiling
Total	765	100%	443	1,083
Roads total	662	86%	379	941
Rail total	103	14%	64	142
Motorways/main roads	284	37%	147	421
1 st class roads	128	17%	78	178
2 nd class roads	117	15%	77	156
3 rd class roads	132	17%	77	186

Table S-1: External costs of transport as a consequence of habitat loss and habitat fragmentation, by infrastructure type in Switzerland (2000).

The distribution of the (average) external costs of transport on nature and landscape across the parties responsible gives the following external cost rates:

Transport or vehicle category	Specific external costs on nature and landscape (2000)	
	Road	Rail
Total passenger transport	1.2 centimes/Vkm	0.7 centimes/Pkm
Mopeds	0.4 centimes/Vkm	
Motorbikes	0.5 centimes/Vkm	
Passenger vehicles	1.2 centimes/Vkm	
Private coaches	2.4 centimes/Vkm	
Total goods vehicles	1.9 centimes/Vkm	1.2 centimes/Tkm
Light goods vehicles	1.3 centimes/Vkm	
Trucks	2.6 centimes/Vkm	
Heavy articulated vehicles	3.4 centimes/Vkm	

Table S-2: External costs per vehicle km (Vkm, road transport), person km (Pkm, public passenger transport) and tonnage km (Tkm, public goods transport) on nature and landscape (2000).

Plausibility testing and evaluation of results

The habitat losses identified from the evaluation of aerial photographs also underwent a plausibility test using an independent method (target values for habitat areas according to Broggi/Schlegel 1989). The resulting repair costs are comparable to those from the evaluation of the aerial photographs.

Given the enormous variability of nature and the diverse calculation assumptions, the range of results is considerable. It could be narrowed only at great expense. As a rule, conservative assumptions were made in the different stages of quantifying and mone-

tarising the external influences of transport on nature and landscape. Such assumptions are more likely to deliver low costs:

- The three chains of influence – habitat loss (area), habitat fragmentation (barrier effects) and habitat quality loss – capture the key external effects of transport on nature and the landscape. Effects which have a lesser impact, such as the way in which pollution and noise affect flora and fauna, cannot be covered by the study for methodological reasons. The costs calculated are therefore on the low side.
- Aesthetic effects and impact on the appearance of landscape were not recorded.
- The reference period of "the 1950s" is based on expert assessments and not on the expressed preferences of the population. However, prevailing attitudes about willingness to pay, and political decisions (e.g. revision of the Natur- und Heimatschutzgesetz [Federal Law on the Preservation of Nature and the Landscape]), indicate that this reference period is realistic.
- The delimitation between habitat loss caused by transport and that caused by farming is very difficult. It is possible that a proportion of the habitat loss thought to have been caused by transport could be attributed to agriculture.
- The monetarisation method selected favours the railways because the majority of the railway infrastructure had already been constructed in the 1950s. However, even where the rail infrastructure has existed since that time, the habitat loss estimated within the study area (+/- 10 m) was still assigned to rail transport, although it might have been caused by improvements or intensive farming.

It can therefore be assumed that the calculated range of external costs of transport on nature and landscape is plausible and reliable. On the basis of the available studies on willingness to pay for the protection of nature and landscape, the selection of the 1950s as the reference period can also be accepted as falling within the prevailing personal preferences of the population.

1 Ausgangslage und Fragestellung

1.1 Ausgangslage

Die modernen Verkehrs- und Informationstechnologien sowie die Mobilitäts-, Kommunikations- und Informationsbedürfnisse sind Triebkräfte, welche die gesellschaftliche, kulturelle und wirtschaftliche Entwicklung stark beeinflussen und zu lebensraumprägenden Einflussfaktoren geworden sind. Die Siedlungsentwicklung wird neben den raumplanerischen und wirtschaftsgeographischen Faktoren wesentlich durch die Verkehrsinfrastrukturen und das Verkehrs- und Mobilitätsangebot mitbestimmt. Dasselbe gilt für die Mobilitätsnachfrage, wobei eine wechselseitige Abhängigkeit zwischen den individuellen Mobilitätsbedürfnissen wie beispielsweise der Freizeitmobilität und dem Verkehrsangebot besteht.

Mobilitätsangebot und -nachfrage sind zentrale lebensraumprägende Elemente

Leistungsfähige Verkehrsinfrastrukturen helfen unseren Unternehmen geeignetes Personal und das notwendige Material verfügbar zu machen. Sie stellen wichtige Randbedingungen für die Wettbewerbsfähigkeit des Landes und seinen Regionen dar. Der Verkehr sichert überdies zahlreiche Arbeitsplätze im Baugewerbe, im Logistikbereich und vielen anderen Branchen. Die starke Zunahme der Verkehrsleistungen und der damit verbundenen Wertschöpfung und Nutzen haben jedoch auch ihre Schattenseiten: Lärm, abgasbedingte Luftverschmutzung, Verkehrsunfälle, Verkehrsstaus, hoher Ressourcenverbrauch, Trennwirkungen für Menschen und Tiere sowie Beeinträchtigung des Landschaftsbildes.

Starke Beeinträchtigung durch Umweltbelastungen und Trennwirkungen

Es ist bekannt, dass aus gesamtwirtschaftlicher Optik die aktuelle Situation nicht optimal ist. Für viele der erwähnten Schattenseiten übernehmen die Verursachenden die Kosten nicht. Die Kosten der Verkehrsimmissionen, des Verkehrslärms, der Verkehrsunfälle, der Natur- und Landschaftsbeeinträchtigungen etc. werden zum Teil von der Allgemeinheit oder von den jeweiligen Betroffenen und nicht von den Verkehrsverursachern getragen. Man spricht in diesem Zusammenhang von externen Kosten. Es handelt sich dabei um Kosten, die nicht von den Verursachern bezahlt werden und die deshalb auch nicht in ihre Investitions- und Verbrauchsentscheidungen einfließen. Sie liegen daher ausserhalb ihrer Wirtschaftlichkeitsüberlegungen.

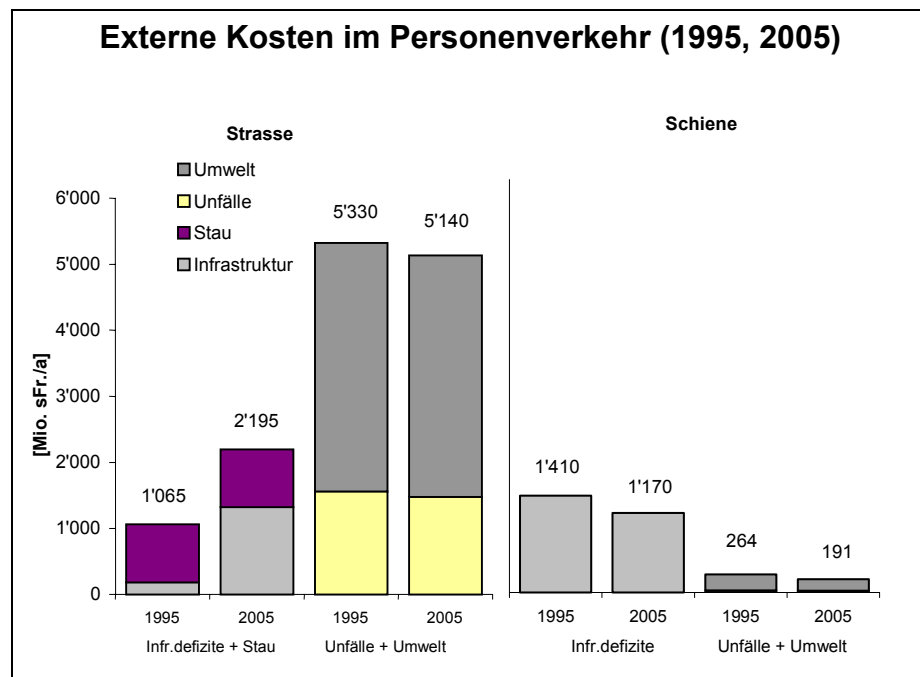
Die Verursacher der Beeinträchtigungen zahlen diese externen Kosten nicht, wodurch eine zu grosse Verkehrsnachfrage und zu hohe Beeinträchtigungen verursacht werden

In der schweizerischen wie auch in der europäischen Verkehrspolitik führt das Streben nach Nachhaltigkeit und gesamtwirtschaftlicher

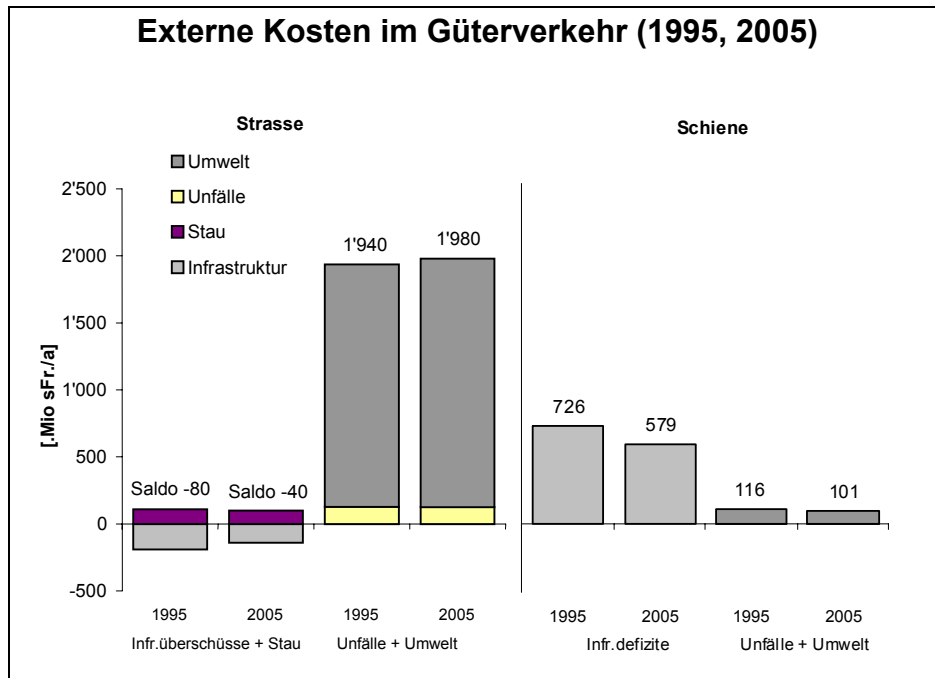
Effizienz im Verkehr zur Forderung, durch die Internalisierung der externen Kosten mehr Verursachergerechtigkeit anzustreben. Dadurch soll ein Beitrag an die Senkung verkehrsbedingter Umweltbelastungen, an einen umweltgerechteren Modalsplit und an die volle Deckung der Infrastrukturkosten geleistet werden.

Vor allem im Strassenpersonenverkehr weiterhin steigende externe Kosten

Die bisher erfassten externen Kosten des Verkehrs sind selbst ohne Berücksichtigung der Klimakosten beträchtlich. Sie werden gemäss dem nationalen Forschungsprogramm NFP 41 "Verkehr und Umwelt" im Personenverkehr von 1995 bis 2005 von etwa 8,07 Mrd. sFr./a auf rund 8,7 Mrd. sFr./a steigen und im Güterverkehr leicht von 2,7 Mrd. sFr./a auf etwa 2,62 Mrd. sFr./a sinken. Im Strassenverkehr erreichen die externen Kosten 1995 mit 8,26 Mrd. sFr./a immerhin 11% der gesamten Kosten des Strassenverkehrs von 72,5 Mrd. sFr./a. Im Schienenverkehr machen die externen Kosten 1995 mit 2,52 Mrd. sFr./a etwa 28% der Gesamtkosten von 9,7 Mrd. sFr./a aus (Maibach, Ott, Schreyer 1999, S. 19f.).



Figur 1: *Im Strassenpersonenverkehr steigen die ungedeckten Kosten von 1995 bis 2005 um fast 15% auf 7.34 Mrd. sFr. an (Durchschnittskosten), dies obwohl die Unfall- und Umweltkosten leicht zurückgehen. Im Schienenverkehr dürften die Infrastrukturdefizite und die Umweltkosten zurückgehen, einerseits dank den erhofften Produktivitätssteigerungen, andererseits dank den reduzierten Lärmbelastungen (Maibach, Ott, Schreyer 1999, S. 19).*



Figur 2: *Im Strassengüterverkehr steigen die Umweltkosten bis 2005 (ohne LSVA) leicht an (Durchschnittskosten). Mit der leistungsabhängigen Schwerverkehrsabgabe wird aber ab 2001 ein Grossteil der Umweltkosten internalisiert. Im Schienengüterverkehr ist die Entwicklung ähnlich wie im Personenverkehr. Die Infrastrukturdefizite und die Umweltkosten werden sinken (Maibach, Ott, Schreyer 1999, S. 20).*

Die Sektion Verkehrspolitik¹ des Bundesamtes² für Raumentwicklung (ARE) hat in Zusammenarbeit mit weiteren Bundesämtern in den neunziger Jahren systematisch die Grundlagen für eine Verkehrspolitik erarbeiten lassen, die sich an den sozialen Kosten des Verkehrs orientiert (soziale Kosten = interne von den Verkehrsverursachern getragene Kosten plus externe von der Allgemeinheit getragene Kosten). So wurden für die Schweiz die externen Kosten des Verkehrs in den Bereichen Verkehrslärm (Infraconsult 1992, Ecoplan 1998, Seethaler 1999), verkehrsbedingte Immissionsschäden (menschliche Gesundheit Ecoplan 1996, 1998; Fuchs et al. 1996; Künzli et al. 1999; Filliger et al. 1999), Gebäudeschäden (Infras 1993, Infras et al. 1996), landwirtschaftliche Produktionsausfälle (Infras/Prognos 1994), Verkehrsunfälle (Ecoplan 1991, 1996, 1998), Staukosten (Infras

Ausser im Bereich Natur und Landschaft wurden in den letzten Jahren die externen Kosten des Verkehrs systematisch aufgearbeitet

1 Früher Dienst für Gesamtverkehrsfragen (GVF)

2 Auftrag des Bundesrates an das ehemalige Eidg. Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement (EVED), heute UVEK, vom 20. Oktober 1982.

1998) sowie die nicht gedeckten Verkehrs-Infrastrukturkosten (Infras et al. 1996) ermittelt.

Verkehrsbedingte Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft werden in COST 341 identifiziert, aber nicht monetarisiert

Eine grosse Lücke bestand bisher bei den Auswirkungen des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft. Dieser Bereich ist in der kleinräumigen Schweiz mit den vielfältigen, differenzierten und schnell wechselnden Kulturlandschaften von beträchtlicher Bedeutung, sowohl aus der Sicht des Tourismus wie auch aus einer soziokulturellen Optik. Im europäischen Forschungsprogramm COST 341 "Zerschneidung von Lebensräumen durch Transportinfrastrukturen" (BUWAL, ARE, BAV, ASTRA 2001) werden Fragmentierungseffekte identifiziert und Kompensationsmassnahmen aufgezeigt. Die Effekte werden aber nicht monetarisiert. In der Schweiz und im Ausland sind vereinzelte Arbeiten verfügbar, in denen mittels Befragungen die Zahlungsbereitschaft für unversehrte Landschaft in Erholungs- bzw. Naherholungsgebieten geschätzt wird (Nielsen 1992; Infraconsult 1999 sowie die darin synoptisch ausgewiesenen europäischen Studien). Aufgrund dieser Arbeiten kann jedoch kaum auf die verursachten externen Natur- und Landschaftskosten des Verkehrs bzw. der Verkehrsinfrastrukturen zurückgeschlossen werden. Zudem werfen die beiden Arbeiten und die darin zitierte Literatur methodische Fragen auf.

Ergänzung der Grundlagen im Bereich Natur und Landschaft für die Konzeption und Evaluation von Verkehrsprojekten und -massnahmen

Vor diesem Hintergrund entschied das Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) in Zusammenarbeit mit weiteren UVEK-Ämtern (ASTRA, BUWAL), zur Ergänzung der bestehenden Grundlagen im Bereich der sozialen Kosten des Verkehrs auch die externen Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft zu erfassen. Damit sollen umfassendere Grundlagen für die Evaluation der Verkehrspolitik, für die Konzeption und Begründung verkehrspolitischer Massnahmen (wie die LSVA), für Zweckmässigkeitsprüfungen, für die Evaluation von Infrastrukturinvestitionen und für die Strassenrechnung generiert werden.

1.2 Fragestellung

Konzentration der Untersuchung auf Wirkungen auf die Biodiversität, Habitatflächen und -fragmentierungen ausserhalb der Siedlungen, keine Wirkungen auf das Landschaftsbild betrachtet

Die Auswirkungen der Verkehrsinfrastrukturen sowie ihrer Nutzung auf Natur und Landschaft sollen identifiziert, quantifiziert und monetarisiert werden. Dabei werden die folgenden Abgrenzungen vorgenommen:

- Konzentration auf die Auswirkungen der Verkehrsinfrastrukturen und des Verkehrs auf die Biodiversität, die Habitatflächen und auf die Habitatfragmentierung. Weitere anthropogene Natur- und Landschaftswirkungen des Verkehrs, wie die Auswirkungen auf

das Landschaftsbild, die verkehrsbedingte Beschleunigung der Landschaftsentwicklung oder der Verlust von Ruhe- und Erholungsgebieten werden nicht untersucht (Hinweise dazu finden sich in Infraconsult 1999).

- Beschränkung auf Natureffekte von Strassen- und Bahninfrastrukturen ausserhalb des Siedlungsgebietes (Strassen: Von Autobahnen bis zu 3. Klass-Strassen).

Eine erste Vorstudie, in der es um die Machbarkeit und die Grundsätze der Methodik ging (Ökoskop 1998), untersuchte die folgenden Fragestellungen:

- Identifikation der relevantesten Wirkungsketten Verkehr/Verkehrsinfrastruktur \Leftrightarrow Natur und Landschaft ausserhalb des Siedlungsgebietes.
- Bestimmung der Methoden zur Erstellung eines Mengengerüsts für die relevanten Wirkungsketten und Bestimmung der Methoden zur Monetarisierung der quantifizierten Wirkungen (Wertgerüst).
- Verfügbarkeit bzw. Beschaffung der erforderlichen Daten.

Die externen Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft sollen den Verkehrsträgern Strasse/Schiene und dabei jeweils dem Güter- und dem Personenverkehr sowie beim Strassenverkehr den verschiedenen Fahrzeugkategorien zugeteilt werden. Möglichkeiten zur Internalisierung der externen Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft sind aufzuzeigen. Zudem soll angegeben werden, wie die externen Kosten aufdatiert werden können.

Aufteilung der externen Kosten auf Verkehrsträger und Fahrzeugkategorien

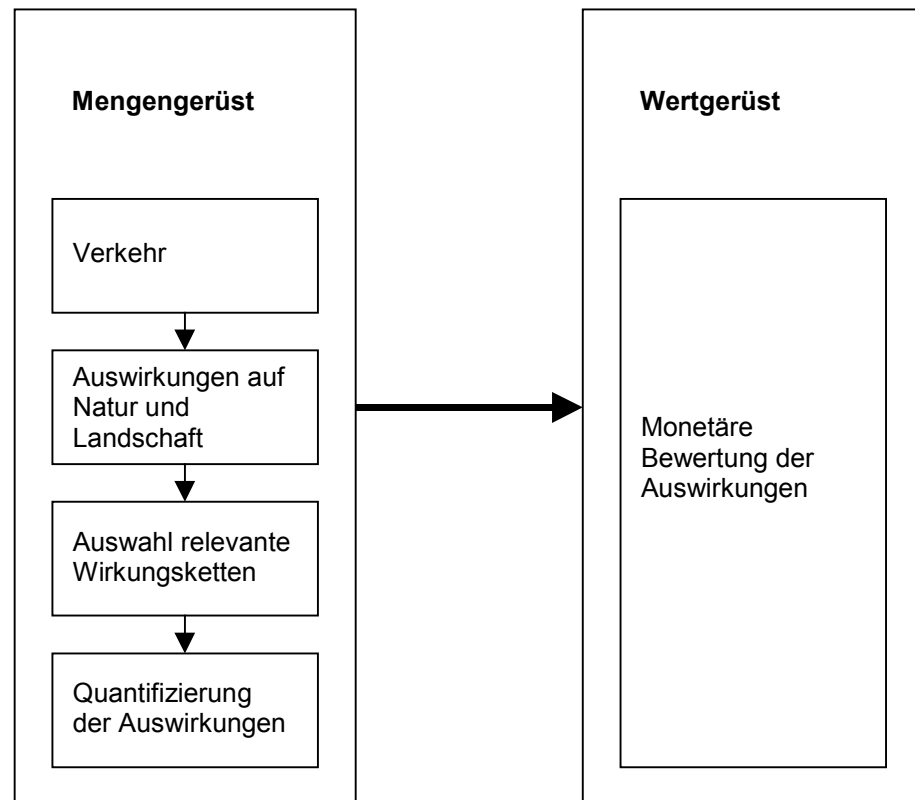
1.3 Projektorganisation und Ablauf

Das Projekt "Externe Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft" hat in verschiedener Hinsicht Neuland betreten. Analyseschritte zur Ermittlung der externen Kosten im Bereich Natur und Landschaft sind:

Vorgehensschritte bei der Ermittlung der externen Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft

1. **Identifikation** der Wirkungen: Für den Verkehr (Ursache/Verursacher) werden Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge bezüglich seiner Auswirkungen auf Natur und Landschaft identifiziert.
2. **Relevante Wirkungen:** Davon ausgehend werden die relevantesten Wirkungsketten bestimmt (3 Haupt-Wirkungsketten).

3. **Quantifizierung** der Wirkungen: Es werden Methoden zur Quantifizierung der Auswirkungen erarbeitet. Damit wird das (physische) Mengengerüst bestimmt.
4. **Monetarisierung** der quantifizierten Wirkungen mit Ansätzen, zu denen die erforderlichen Daten beschafft werden können. Daraus resultiert das monetäre Wertgerüst.



Figur 3: Untersuchungsschritte des Projekts.

Um die zahlreichen methodischen Fragen abzuklären, wurde ein dreistufiges Verfahren gewählt:

Vorstudie 1 (Ökoskop 1998):

*Die Vorstudie 1 hat
Machbarkeit des
Projektes bejaht*

Ausgehend von Literaturrecherchen und Gesprächen mit Expertinnen und Experten wurde in der Vorstudie 1 die Machbarkeit des Projektes (Methodik und Datenverfügbarkeit) grundsätzlich abgeklärt.

Ergebnisse: Das Vorgehen und die Methodik für die Bestimmung des Mengengerüsts und zur Berechnung der externen Kosten wurden bestimmt und die wichtigsten Wirkungsketten, die genauer untersucht werden sollen, identifiziert: Habitatverluste, Habitatfragmentierung und Habitatqualitätsverluste.

Vorstudie 2 (nateco 2001):

In der zweiten Vorstudie wurde das methodische Vorgehen bei der Erhebung des Mengengerüsts getestet und definitiv festgelegt (Abklärungen bei der Landestopographie, Test-Luftbildbearbeitung, Diskussion der Methoden zur Quantifizierung der drei Wirkungsketten mit Expertinnen und Experten). Ein wichtiges Element dieser Phase war ein eintägiger Workshop mit Fachleuten aus den Bereichen Ökologie, Ökonomie und Verkehr. Dabei wurden die kritischen Parameter für die Erhebung des Mengengerüsts diskutiert und soweit wie möglich gemeinsam festgelegt (zu erfassende Lebensräume, Breite des Untersuchungsstreifens, Ansprüche von Tiergruppen an Defragmentierungselemente, Beschaffbarkeit der Luftbilder bei der Landestopographie (L+T), Präzisierung des Untersuchungsdesigns).

In der Vorstudie 2 wurde das Vorgehen getestet und festgelegt

Hauptphase:

In der Hauptphase des Projektes wurde das Mengengerüst (Habitatverluste und Fragmentierungseffekte infolge von Verkehrsinfrastrukturen) mit Hilfe von Luftbildern erhoben: Vergleich von Luftbildern aus den fünfziger Jahren mit Luftbildern aus den Jahren 1998 und 1999 entlang einer Stichprobe von 300/500 Verkehrsinfrastrukturabschnitten ausserhalb des Siedlungsgebietes (vgl. Kap. 2.3.7). Die Wirkungen werden quantifiziert, monetarisiert (bei den Habitatverlusten mit Ersatzkosten, bei der Habitatfragmentierung mit Hilfe realer Kosten von Bauwerken) und auf die Schweiz hochgerechnet.

In der Hauptphase wurde das Mengen- und Wertgerüst erarbeitet

Ergebnisse: Die externen Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft sowie die Kostensätze für die verschiedenen Verkehrsmittel und Fahrzeugkategorien wurden bestimmt.

2 Übersicht über die Methodik

2.1 Wirkungen des Verkehrs auf Natur und Landschaft

Eine Vielzahl der Wirkungen des Verkehrs auf Natur und Landschaft ist allgemein bekannt. Die Verkehrsinfrastruktur beansprucht Boden und entzieht der Flora und Fauna Lebensraum. Sie zerschneidet Landschaften und stellt vor allem für Tiere teilweise unüberwindbare oder lebensgefährliche Hindernisse dar, teilt deren Lebensräume immer weiter auf (Zerschneidung) und beeinflusst das Erscheinungsbild der Landschaft. Daneben verursacht der Verkehr auf den Infrastrukturen Lärm, Staub, Luftschadstoffe und Erschütterungen.

Der Verkehr wirkt vielfältig auf Natur und Landschaft ein

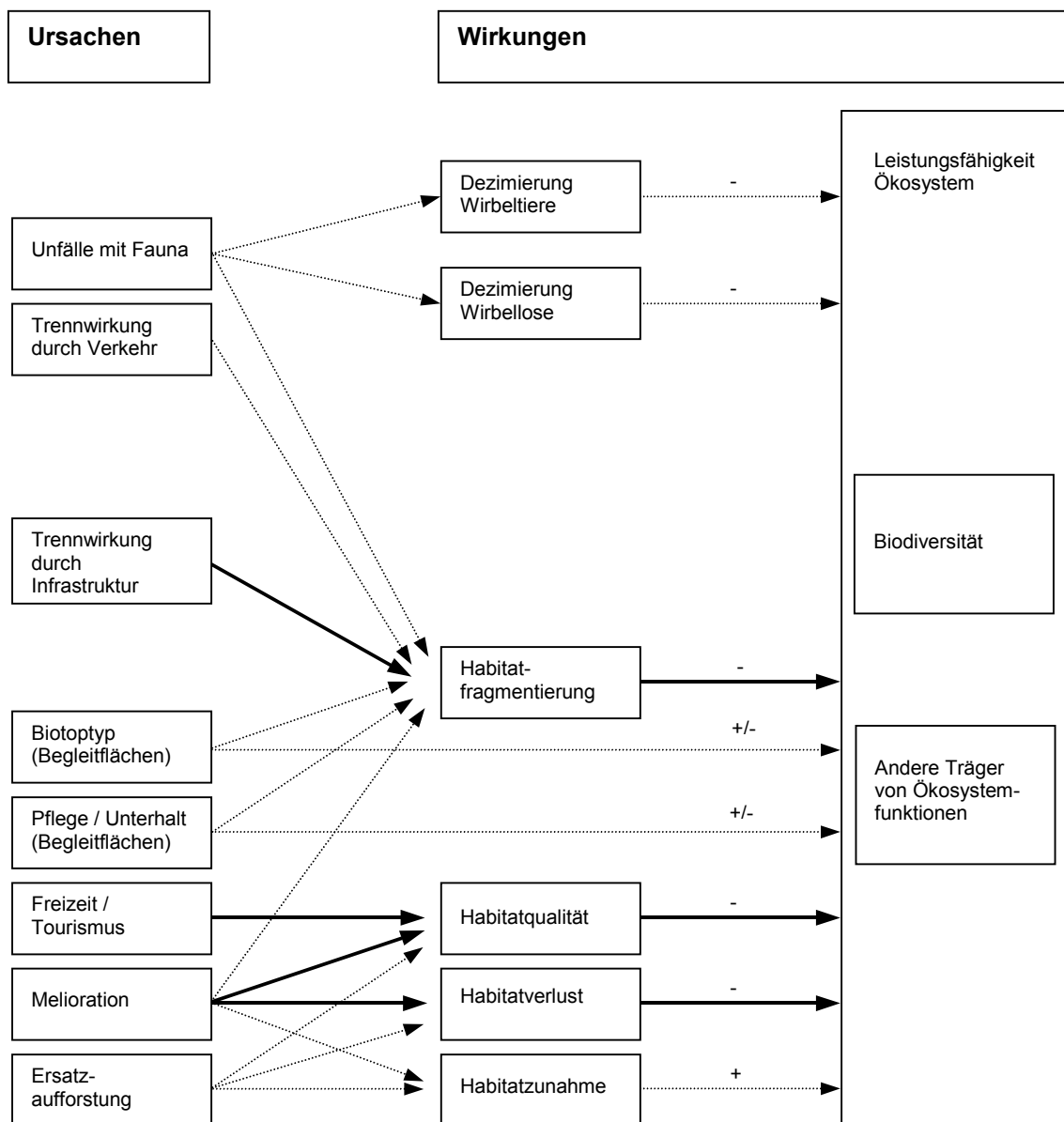
Um die relevanten Wirkungen zu identifizieren, wurden die bekannten Zusammenhänge auf der Basis des aktuellen Wissensstandes erfasst, gruppiert und strukturiert (siehe auch Tabelle 1, S. 12). Dabei sind sechs Umweltdimensionen von Wirkungsketten gebildet worden:

Relevante Wirkungen werden erfasst, gruppiert und strukturiert

- **Dimension Luft:** Auswirkungen von Abgasen auf den Nährstoffgehalt und den pH-Wert des Bodens und des Wassers sowie die dadurch verursachten Veränderungen der Biodiversität.
- **Dimension Klima:** Auswirkungen von CO₂ und anderen Treibhausgasen auf das großräumige Klima und dessen Auswirkungen auf die Biodiversität.
- **Dimension Lärm und Licht:** Auswirkungen von Lärm und Licht als Stressfaktoren für Tiere.
- **Dimension Boden:** Auswirkungen der Bodenversiegelung und der Beanspruchung von Bodenmaterial auf die Lebensräume und die Nutzungen der Landschaft.
- **Dimension Wasser:** Auswirkungen der Eingriffe in den Wasserhaushalt (z.B. Versiegelungen, Gewässerkorrekturen) auf die Lebensräume und insbesondere auf die Gewässer.
- **Dimension Natur und Landschaft:** Direkte Auswirkungen auf die Lebensräume der Pflanzen und Tiere in Folge der Fragmentierung und indirekte Auswirkungen auf die Lebensräume in Folge von Meliorationen und Freizeittourismus.

Innerhalb jeder Dimension sind die Zusammenhänge in sogenannten Wirkungsketten dargestellt. Diese bilden in anschaulicher Form die direkten und indirekten Wirkungen des Verkehrs auf die Ökosysteme ab. Das Beispiel der Dimension Natur und Landschaft zeigt, wie die Ursache-Wirkungsketten strukturiert und dargestellt werden (für die anderen fünf Dimensionen: siehe Ökoskop 1998).

Ursache-Wirkungsketten zeigen die Auswirkungen des Verkehrs auf Natur und Landschaft



Figur 4: Untersuchte Auswirkungen des Verkehrs dargestellt am Beispiel der Dimension Natur und Landschaft. Auf der linken Seite sind die direkten (z.B. Unfälle mit Fauna) und indirekten Ursachen des Verkehrs dargestellt (z.B. Meliorationen im Zuge von Grossbauprojekten). Auf der rechten Seite sind die Wirkungen auf die Lebensräume, Pflanzen- und Tierwelt aufgeführt. Die „+“ und „-“ Zeichen geben an, ob die Wirkungen positiv oder negativer Natur sind. Ausgezogene Pfeile zeigen wichtige Ursache-Wirkungsketten an, gestrichelte Pfeile weniger wichtige. Aus der hier dargestellten Dimension Natur und Landschaft ist letztlich nur die Wirkungskette Verkehrsinfrastruktur → Habitatfragmentierung → Biodiversität in der Studie berücksichtigt worden. Die übrigen Wirkungsketten wurden als zu wenig wichtig erachtet. Die indirekten Ursachen Freizeit/Tourismus und Melioration wurden nicht bearbeitet, weil die Zuordnung zum Verkehr nicht eindeutig erfolgen kann.

2.2 Auswahl der relevanten Wirkungsketten

Im Rahmen von Interviews mit Expertinnen und Experten und auf Grund von Literaturstudien wurden die erfassten Wirkungsketten bewertet (Ökoskop 1998). Ziel war es, diejenigen Wirkungsketten zu bestimmen, die in der Untersuchung quantifiziert und monetarisiert werden sollen. Dazu mussten diese folgende Bedingungen erfüllen:

Wirkungen des Verkehrs auf Natur und Landschaft gewertet und Ansätze zu deren Quantifizierung dargestellt

- Die Wirkungsketten müssen relevante Auswirkungen auf Natur und Landschaft haben.
- Es müssen Daten zur Quantifizierung vorhanden sein oder diese Daten müssen mit vertretbarem Aufwand erhoben werden können.
- Es müssen Bewertungsansätze vorliegen und Daten verfügbar sein oder die Daten müssen mit vertretbarem Aufwand erhoben werden können.

Die detaillierten Abklärungen im Rahmen der Vorstudie 1 ergaben die folgenden Ergebnisse (Ökoskop 1998):

Dimensionen aufgrund der Vorstudie (Ökoskop 1998) Wichtige Ursache → Wirkungsketten	Bedeutung für Biodiversität	Bewertungsansätze	Datenverfügbarkeit		Bemerkungen
			Mengen-gerüst	Wertgerüst	
Luft Stickoxide → Düngung von Lebensräumen → Biodiversität Stickoxide → pH Veränderung Boden/-Wasser → Biodiversität	mittel	Vermeidungskosten-Ansatz	mittel	mittel	Schadenswirkungen nur vereinzelt bekannt, Doppelzählproblematik, Massnahmenset offen
Klima CO ₂ und andere Treibhausgase → Klimaveränderungen → Biodiversität	unklar				Wirkungszusammenhänge unklar, Schadensentwicklung unklar, Time-lag-Problematik
Lärm & Licht Lärm → Kommunikation zwischen Tieren, Stress	gering	Schadens-/Vermeidungskosten-Ansatz	schlecht	mittel	Schadenswirkungen nur vereinzelt bekannt, Doppelzählproblematik, Massnahmenset offen
Wasser Versiegelungen → Meteorwasser, Wasserqualität → Biodiversität	gering	Schadenskosten-Ansatz	mittel	gut	Anteil an Abwasser, Doppelzählproblematik
Boden Bodenversiegelung → Habitatverluste → Biodiversität Bodenverbrauch → Habitatqualitätsveränderungen → Biodiversität	mittel	Schadenskosten-Ansatz	mittel	gut	Kosten für den Ersatz wertvoller Habitatflächen und für die Kompensation von Qualitätsverlusten
Natur & Landschaft Verkehrsinfrastruktur → Habitatfragmentierung → Biodiversität	hoch	Schadenskosten-Ansatz	mittel	gut	Wiederherstellungskosten (Kosten Defragmentierungsbauwerke)

Tabelle 1: Übersicht über die Dimensionen und die wichtigsten Wirkungsketten. Auf Grund der Bedeutung und der Datenverfügbarkeit werden in der Hauptstudie die grau hinterlegten Ursache-Wirkungsketten untersucht.

Im Rahmen der Vorstudie wurden somit die folgenden externen Effekte des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft identifiziert, die relevant sind, für die Daten vorhanden sind und für die ein Berechnungsmodell zur Quantifizierung und Monetarisierung vorhanden ist:

3 als relevant identifizierte externe Effekte im Bereich Natur und Landschaft

- **Habitatverluste** durch die Flächenbeanspruchung der Verkehrsinfrastruktur. Dies betrifft im Prinzip die Dimension Boden. Die Dimension Wasser wird insofern mitberücksichtigt, als Wasser als Lebensraumtyp miteinbezogen wird.
- **Habitatqualitätsverluste** durch die Flächenbeanspruchung der Verkehrsinfrastruktur. Betrifft ebenfalls primär die Dimension Boden. Für die Habitatqualitätsverluste wurde das Mengengerüst erhoben. Bei der Berechnung der externen Kosten (siehe Kapitel 5) wurden die Habitatqualitätsverluste aus methodischen Gründen nicht berücksichtigt (siehe Anhang A-2).
- **Habitatfragmentierung** durch die Verkehrsinfrastruktur. Dies betrifft die Dimension Natur und Landschaft.

2.3 Methodik Wirkungserfassung

2.3.1 Untersuchte Infrastrukturtypen

Die Einbindung der unterschiedlichen Verkehrswege in die Landschaft hängt vom jeweiligen Infrastrukturtyp und seiner Bedeutung ab. So wird beispielsweise bei Autobahnen aus bautechnischen Gründen eher ein Tunnel projektiert, der gleichzeitig auch als Wildbrücke dienen kann, als für eine Strasse von untergeordneter Bedeutung. Bei der Erfassung der Wirkungen werden 7 verschiedene Infrastrukturtypen unterschieden.

Studie unterscheidet 5 Strassen- und 2 Bahninfrastrukturtypen

Für die Klassierung wurden unterschiedliche Ansätze in Betracht gezogen. Die VSS-Normen unterscheiden nach Aufgabe, Bedeutung und Funktion der Strassen. Es werden Hochleistungs-, Hauptverkehrs-, Verbindungs-, Sammel- und Erschliessungsstrassen unterschieden, welche in der gleichen Reihenfolge internationale, nationale, regionale, örtliche oder quartierinterne Bedeutung haben. Im Bundesgesetz über die Nationalstrassen werden die wichtigsten Strassenverbindungen von gesamtschweizerischer Bedeutung in Autobahnen und Autostrassen sowie in Strassen 1., 2. und 3. Klasse unterschieden.

Klassierung der Verkehrsinfrastruktur folgt aus technischen Gründen den Angaben der Landeskarten

Aus technischen Gründen wird im vorliegenden Projekt eine Klassierung nach den Signaturen der Landeskarten der Schweiz 1:25'000 gewählt. Diese Klassierung weist einige gewichtige Vorteile auf: sie ist flächendeckend und nach einheitlichen Kriterien für die ganze Schweiz vorhanden, die Daten sind ab dem Jahr 2000 in digitaler Form erhältlich und die Klassierung gibt die für das Projekt relevanten Angaben zu Verkehrsart, Verkehrsfrequenz und Infrastrukturbreite in aggregierter Form adäquat wieder. Die nachstehende Tabelle charakterisiert die verwendeten Infrastrukturtypen.

Infrastrukturtypen	Abkürzung	Baulicher Standard	Gesamtlänge in km
Autobahnen	AB	kreuzungsfrei, zwei- oder mehrspurig, Mittelstreifen	1'363
Autostrassen	AS	kreuzungsfrei, ein- od. mehrspurig	290
1. Klass-Strassen	S1	gut ausgebaut > 6 m breit, Gegenverkehr Lastwagen	5'179
2. Klass-Strassen	S2	gut ausgebaut, mind. 4 m breit, Gegenverkehr Personenwagen	10'874
3. Klass-Strassen	S3	mind. 2,5 m breit, einspurig mit Lastwagen und mit Autobus befahrbar	21'979
Bahnen mehrspurig	BM	Schmalspur- bzw. Normalspurbahn, zwei- od. mehrspurig	1'069
Bahnen einspurig	BE	Schmalspur- bzw. Normalspurbahn, einspurig	3'027

Tabelle 2: Charakterisierung der untersuchten Infrastrukturtypen (Quelle: L+T, Vektor 25).

4. Klass-Strassen sind in der Studie bearbeitet, bei den Kosten aber nicht berücksichtigt worden (vgl. Anhang A-8)

Anmerkung: Ursprünglich sind auch 4. Klass-Strassen erfasst worden. Nach Auswertung der Daten wurde jedoch entschieden, dass die Habitatverluste und Habitatfragmentierungen der 4. Klass-Strassen eher der Land- und Forstwirtschaft zuzuordnen sind und nicht dem Verkehr. Deshalb sind im vorliegenden Schlussbericht keine Resultate der 4. Klass-Strassen berücksichtigt. In Anhang 8 sind die Ergebnisse zu den 4. Klass-Strassen in geraffter Form dargestellt. Wie bereits ausgeführt, werden auch alle Strassen im Siedlungsbereich ausgeschlossen.

2.3.2 Referenzzustand

Die Natur ist einem ständigen Wandel unterworfen. Der Mensch hat diesen Wandel noch beschleunigt. Deshalb ist für alle drei untersuchten Wirkungsketten zu klären, welche Veränderungen und Verluste für welchen Zeitrahmen erfasst werden sollen. Um diese Frage zu beantworten ist die Definition eines Referenzzustandes zentral.

Die Definition eines Referenzzustands ist zentral

Im technischen Umweltschutz ist seit längerem akzeptiert, dass der Zustand der 1950er-/1960er-Jahre als Ziel wieder erreicht werden soll. So wird als Referenzzustand für Luftschadstoffe im Zusammenhang mit den Zielen der Luftreinhalteverordnung des Bundes (LRV) das Jahr 1950 (BFS und BUWAL 1997) gewählt. Dieser Wert wird einerseits mit dem steilen Anstieg an Stickoxiden, Schwefeldioxid, Russ und anderen Luftschadstoffen ab 1950 begründet.

Technischer Umweltschutz arbeitet mit Referenz 1950er-/60er-Jahre

Komplexer ist die Frage des Referenzzustandes, wenn es um Lebensraumverluste oder -verschlechterungen und um die Auswirkungen auf Pflanzen und Tiere geht. Negative Effekte durch die Zunahme der Verkehrsflächen und -frequenzen bei Strasse und Bahn sind schleichender und in ihrer Wirkung schwierig einzuschätzen. Eine deutliche Zunahme des motorisierten Verkehrs erfolgte ab 1960 (BFS und BUWAL 1997).

Ein wichtiger Meilenstein im Naturschutz ist das Natur- und Heimatschutzgesetz NHG von 1966. Darin wird festgelegt, dass der damalige Artenbestand der Schweiz erhalten bleiben soll. Dieser widerspiegelt die Fünfzigerjahre. Die inhärente Referenz ist die Kulturlandschaft von etwa 1950 bis 1960, weil dieses Ziel gesetzlich verankert und somit als Grundlage für Kostenberechnungen politisch abgesichert ist. Referenz für die Roten Listen geschützter und seltener Tier- und Pflanzenarten ist die gleiche Zeitperiode. Sie werden beispielsweise für die Beurteilung der Umweltverträglichkeit von Projekten beigezogen.

Rückgang von Arten und Lebensräumen seit 1950er-/60er-Jahre beschleunigt

Aufgrund dieser Überlegungen wird als Mass für den erwünschten **Ziel- oder Vergleichs-Zustand** die **Natur und Landschaft in den fünfziger Jahren** festgelegt. Dieser Referenzzustand gilt für die Ermittlung der Veränderungen und der externen Kosten infolge Habitatverlusten. Damit werden aber nicht alle externen Kosten erfasst, denn die Referenz entspricht einem **Standard**, der zum Teil auf politischen Entscheiden beruht (s. oben). Nachteilig ist, dass sich mit diesem Referenzzustand eine Verzerrung zugunsten des Schienenverkehrs ergibt, weil die heutige Schieneninfrastruktur in den fünfziger Jahren zum grössten Teil schon bestand, ganz im Gegensatz zu den Strassen.

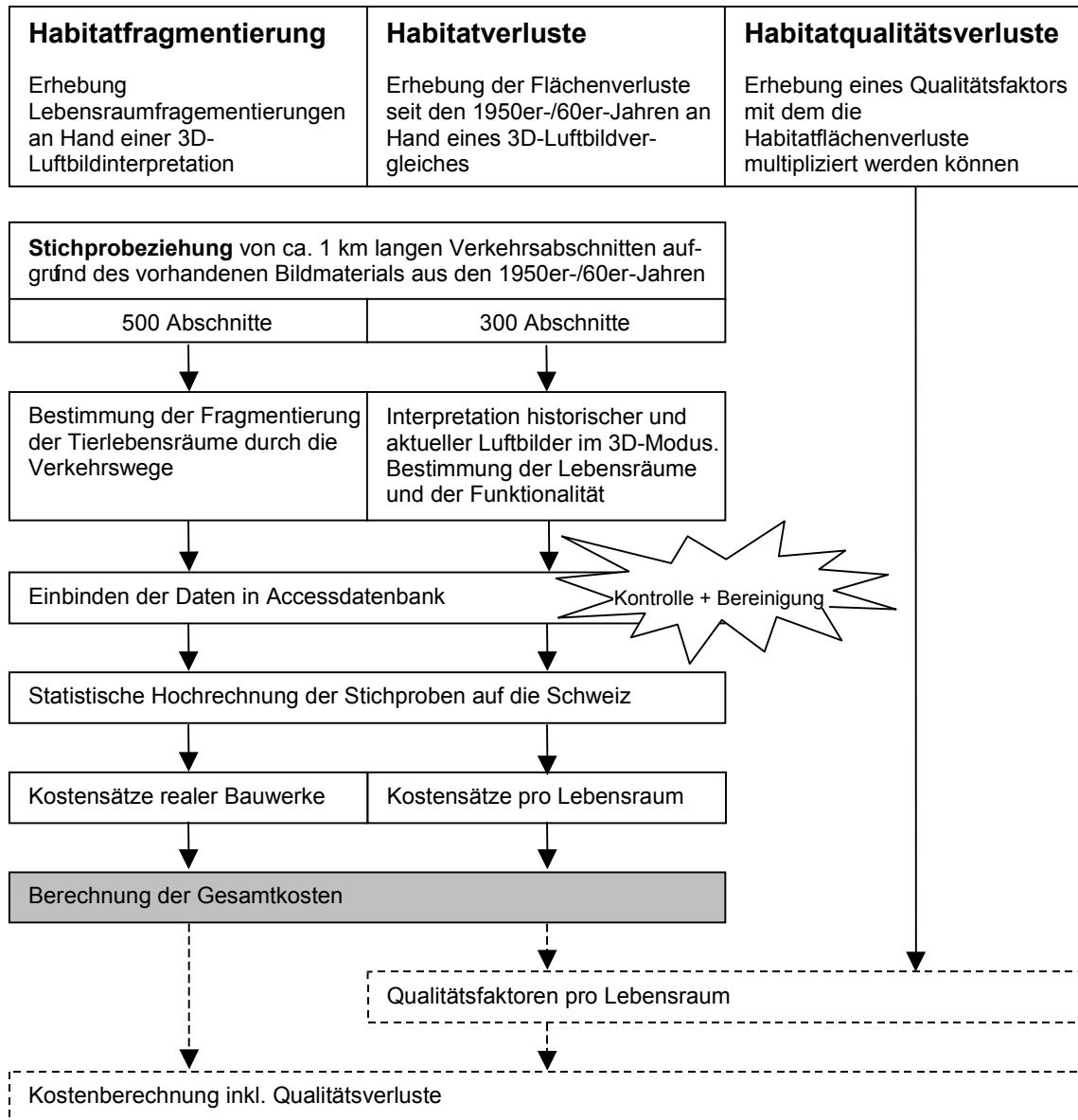
Referenzzustand für Wirkungskette Habitatverluste sind die 1950er-/60er-Jahre

Für die Bestimmung der Habitatfragmentierungen war es nicht nötig einen Referenzzustand zu definieren. Die Habitatfragmentierungen wurden absolut anhand der Luftbilder der Jahre 1998/1999 ermittelt.

2.3.3 Übersicht der Wirkungserfassung

Zentrales Element der Wirkungserfassung ist ein Vergleich von Luftbildern der 1950er-/1960er-Jahre mit Luftbildern der Jahre 1998/1999 bei Habitatverlusten und die Auswertung von Luftbildern von 1998/1999 bezüglich Fragmentierungen

Für jede der drei Ursache-Wirkungsketten wurde ein spezifisches Vorgehen gewählt. Die Erfassung der Habitatflächenverluste basiert auf dem Vergleich von 300 Infrastrukturabschnitten aus den Jahren 1998/1999 mit den entsprechenden Flächen in den 1950er-/1960er-Jahren mithilfe von Luftbildern (3D-Interpretation). Bei den Habitatfragmentierungen werden die Luftbilder von 500 Infrastrukturabschnitten aus den Jahren 1998/1999 ausgewertet. Die Lebensraumfragmentierungen durch die Verkehrsinfrastrukturen werden ermittelt und die erforderlichen Massnahmen zur Gewährleistung minimaler Durchlässigkeit bestimmt. Die Habitatqualitätsverluste wurden mit Hilfe von Literaturrecherchen und Befragungen von Expertinnen und Experten erhoben.



Figur 5: Übersicht zum Vorgehen bei der Bestimmung des Mengengerüsts. Die Habitatqualitätsverluste sind nicht in die Berechnung der Gesamtkosten eingeflossen (siehe Anhang A-2).

2.3.4 Erfasste Wirkungsketten

a) Habitatverluste

Habitatverlust wirkt sich direkt auf die Artenvielfalt aus

Der Verlust von Lebensräumen (Habitaten) hat direkte Auswirkungen auf die Biodiversität. Ohne Lebensraum verschwinden Tier- und Pflanzenarten. Eingeschränkter Lebensraum kann dazu führen, dass Pflanzen- und Tierpopulationen so stark schrumpfen, dass sie über kurz oder lang ebenfalls verschwinden.

Auf Luftbild wird der Verlust von ca. 20 verschiedenen Lebensraumtypen erfasst

Zur Quantifizierung der Habitatverluste werden die Flächenbeanspruchungen der Verkehrsträger erhoben. Dabei interessiert, wie viele Flächen (in m²) und von welchem Lebensraumtyp (z.B. Magerwiese, Feuchtgebiet, Bach) durch Strassen und Bahnen zwischen den 1950er-/60er-Jahren und heute verloren gegangen oder neu geschaffen worden sind. Die Daten über Veränderungen an naturnahen Flächen werden anhand von Luftbildvergleichen der 1950er-/60er-Jahre mit 1998/1999 gewonnen. Insgesamt sind auf den Luftbildern rund 20 verschiedene Biotoptypen unterschieden worden.

Die erfassten Flächen werden mit der Funktionalität gewichtet

Oftmals werden durch die Verkehrsinfrastruktur Biotop mit hohem Reifegrad zerstört oder beeinträchtigt. Ersatzmassnahmen können diesen Verlust nur teilweise kompensieren, da diese noch nicht über den gleichen Reifegrad verfügen. Alte Hecken z. B. weisen eine viel höhere Artenvielfalt auf als neu angelegte, vordergründig ausgereifte Hecken. Dies wird damit erklärt, dass in alten Hecken Reliktarten vorhanden sind, die sich über Jahrzehnte oder gar Jahrhunderte in der Hecke einnisten und halten konnten. Die erhobenen Lebensräume werden deshalb mit einem sogenannten Funktionalitätsfaktor gewichtet (1/3, 2/3, 1, siehe Kapitel 3.2.2). Damit wird die Funktion bewertet, die der jeweilige Lebensraum in der Landschaft wahrnehmen kann. Für den Funktionalitätsfaktor sind das Alter und die Einbindung des jeweiligen Lebensraumes in ein Lebensraumnetz ausschlaggebend.

Plausibilität wird überprüft

Ergänzend zum Luftbildvergleich werden die Habitatverluste mit Hilfe einer groben Schätzung des Soll-Zustandes der Landschaft in den 1950er-/1960er-Jahren auf ihre Plausibilität geprüft (vgl. Kapitel 6).

b) Habitatfragmentierung

Die heutigen Verkehrswege fragmentieren die Landschaft. Sie wirken für Tiere und Pflanzen als Hindernisse, die gewisse Artengruppen nicht oder nur unter grossen Schwierigkeiten überwinden können. Dadurch werden Tiere auf ihren kleinräumigen und grossräumigen Wanderbewegungen behindert. Das hat verschiedene Folgen. So können z.B. im kleinräumigen Bereich gewisse Teillebensräume von anderen abgeschnitten werden. Dadurch verringert sich der nutzbare Lebensraum. Im grossräumigen Bereich kann es zur Isolation von Teilpopulationen führen. Dadurch ist der genetische Austausch zwischen Populationen eingeschränkt. Die Überlebenschancen sind geringer.

Verkehrsinfrastrukturen wirken als Hindernisse und können von vielen Tieren nicht oder nur schwer überwunden werden

Die vorliegende Studie erfasst im wesentlichen die kleinräumigen Fragmentierungen für sechs Tiergruppen mit unterschiedlichen Ansprüchen an den Lebensraum und mit unterschiedlicher Mobilität. Auf dem Luftbild wird festgestellt, ob auf beiden Seiten des Verkehrsweges geeignete Teillebensräume vorhanden sind und wo die entsprechenden Tiere den Verkehrsweg queren würden.

Kleinräumige Fragmentierungen stehen im Zentrum der Studie

Die Arbeiten stützen sich auf die aktuellen Publikationen des Bundes (BUWAL, ARE, BAV, ASTRA 2001; BUWAL, SGW, Schweiz. Vogelwarte 2001). So wurde für die meisten Tiergruppen nur bei grösseren Verkehrswegen (wie Autobahnen, Autostrassen, 1. Klass-Strassen und mehrspurigen Bahnen) eine Fragmentierung angenommen. 1. Klass-Strassen wird eine Fragmentierungswirkung zugeschrieben, wenn ihre Verkehrsmenge 10'000 Fahrzeuge pro Tag übersteigt.

Aktuelle Resultate der Forschung berücksichtigt

Eine Ausnahme gilt für Bachlebewesen. Hier wird basierend auf der Publikation Raumbedarf für Fliessgewässer (BWG, BUWAL, BLW, BRP 2000) eine Fragmentierung bei allen Verkehrsklassen angenommen.

c) Habitatqualitätsverluste

Neben dem reinen Flächenverlust durch die Infrastruktur ist auch der Qualitätsverlust bedeutend. Qualitative Veränderungen an den Lebensräumen durch den Verkehr sind sehr vielfältig. Die Minimierung des Zerschneidungseffektes durch entsprechende Massnahmen sowie der Ersatz von direkt zerstörten naturnahen Flächen genügt nicht, um die direkten externen Effekte von Verkehrsanlagen auf die Lebensräume zu kompensieren. Es bleiben Resteffekte, die insgesamt zu einem Qualitätsverlust in den Habitaten führen. Nachfolgend sind die

Neben Flächenverlusten spielen auch Qualitätsverluste eine wichtige Rolle

Einwirkungen des Verkehrs auf die Qualität der Lebensräume anhand zweier Beispiele illustriert.

Schwefel- und Stickoxidemissionen führen zu "saurem Regen" und zur Störung der Nährstoff- und Wasserhaushaltsverhältnisse im Boden. Ausserdem werden Pflanzen geschädigt, die zusammen mit den Nährstoffen Schadstoffe aufnehmen. Der stickstoffhaltige Niederschlag verursacht darüber hinaus einen Überdüngungseffekt, von welchem auch nährstoffarme Lebensräume stark betroffen sind. Bei Magerwiesen etwa führt die Düngung zu einer Abnahme der Artenvielfalt.

Folgende Faktoren, welche die Habitatqualität beeinflussen, wurden im Rahmen der Studie in Betracht gezogen:

- Stickoxide
- Kohlenwasserstoffe
- Staub
- Streusalz
- Schwermetalle
- Bodenversiegelung
- Lärm
- Licht

Qualitätsverluste konnten im Rahmen der Studie nicht quantifiziert werden

Den Habitatqualitätseinbussen soll mittels eines Qualitätsfaktors Rechnung getragen werden, mit dem die zu schaffenden Ersatzhabitatflächen multipliziert werden. Qualitätseinbussen konnten zwar identifiziert und qualitativ nachgewiesen werden. Belastbare quantitative Aussagen sind jedoch mit den hier vorgenommenen Untersuchungen nicht machbar. Dafür wären aufwändigere Zusatzabklärungen erforderlich. **Aus diesem Grund können bei den Habitatqualitätsverlusten keine externen Kosten ausgewiesen werden** (vgl. Anhang A-2).

2.3.5 Untersuchungsperimeter

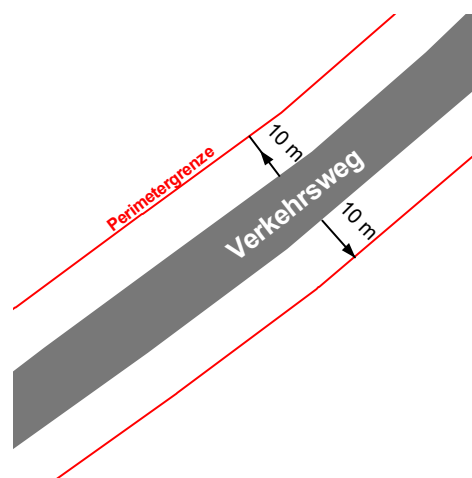
a) Habitatverluste

Es wird ein definierter Streifen von mindestens 10 m links und rechts des heutigen Verkehrsweges untersucht

Für die Erhebung der Veränderungen von Habitatflächen durch Verkehrsinfrastrukturen werden die Verkehrswege selbst sowie ein Streifen von definierter Breite links und rechts des Verkehrsweges untersucht. Die Breite dieses Streifens hat direkte Auswirkungen auf das Ausmass der Wirkungen und die resultierenden externen Kosten.

Entgegen der heutigen Praxis (seit 1986 vorgegeben durch Art. 18 NHG), wurden früher zerstörte Lebensräume (Ausnahme Wald) nicht oder nur teilweise ersetzt. Es gilt einen Untersuchungsperimeter zu definieren, innerhalb dessen die Natur- und Landschaftsveränderungen eindeutig dem Verkehr zugeschrieben werden können. Dabei wird davon ausgegangen, dass der Bau von Verkehrsträgern einer-

seits gewisse Flächen beansprucht und andererseits einen direkten Einfluss auf das Umfeld der jeweiligen Verkehrsflächen hat (Drainage, Bodenverdichtungen usw.). Der zusätzliche Raumbedarf für Baustelle, Geländeänderungen, Drainage etc. ist abhängig vom Infrastrukturtyp. Einflüsse der Verkehrsinfrastruktur und des Verkehrs auf die Lebensräume sowie Pflanzen und Tiere wirken sich bis zu einer Raumtiefe von 20 bis 100 m aus. Erhoben wurden letztlich ein mindestens 10 m breiter Streifen links und rechts der Verkehrswege. Für Autobahnen und Autostrassen wurde wegen des hohen Verkehrsaufkommens und der grossen Kurvenradien sowie häufig hohen Böschungen ein erheblich grösserer Untersuchungsperimeter gewählt (vgl. BUWAL, ARE, BAV, ASTRA 2001, S. 40).



Figur 6: Der Untersuchungsperimeter beträgt mindestens 10 m links und rechts des Verkehrsweges.

Infrastrukturtypen	Abkürzung	Untersuchungsperimeter
Autobahnen	AB	Strassenbreite plus doppelte Strassenbreite links und rechts (40 bis 50 m)
Autostrassen	AS	Strassenbreite plus einfache Strassenbreite links und rechts (10 bis 20 m)
1. Klass-Strassen	S1	Strassenbreite plus 10 m links und rechts
2. Klass-Strassen	S2	Strassenbreite plus 10 m links und rechts
3. Klass-Strassen	S3	Strassenbreite plus 10 m links und rechts
Bahnen mehrspurig	BM	Bahntrasse plus 10 m links und rechts
Bahnen einspurig	BE	Bahntrasse plus 10 m links und rechts

Tabelle 3: Der Untersuchungsperimeter wurde abhängig vom Infrastrukturtyp definiert.

b) Habitatfragmentierung

Für Habitatfragmentierung wird ein Umfeld von bis zu 1'000 m einbezogen

Für die Habitatfragmentierung wurde die Einbettung des Verkehrsweges in die Landschaft mitberücksichtigt. Damit ergab sich je nach Tiergruppe ein Untersuchungssperimeter von 500 m bis 1'000 m um die Verkehrsanlage. Dieser Perimeter wurde in einer Expertenbefragung im Rahmen eines Workshops ermittelt.

2.3.6 3D-Interpretation von Luftbildern

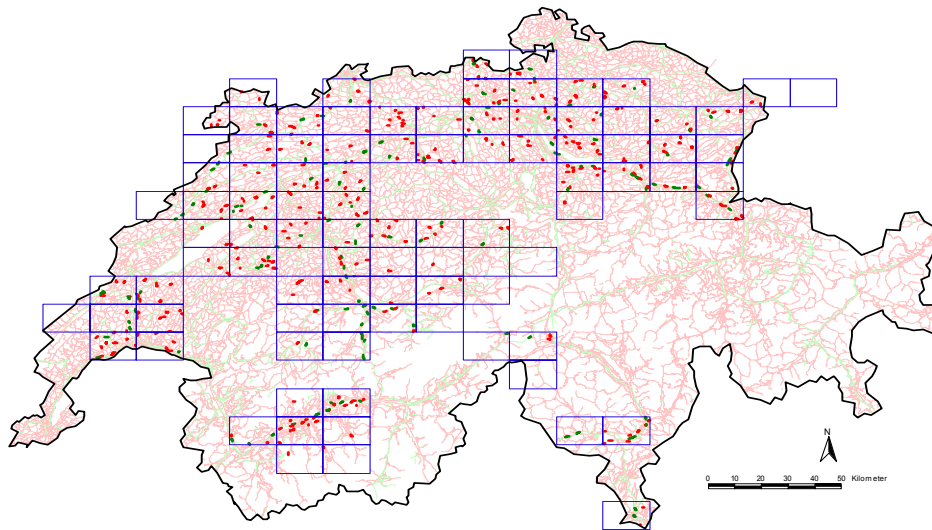
Stereoskopische Luftbilder bieten Vorteile für das Erkennen der Lebensräume

Nach ausführlichen Abklärungen (vgl. Ökoskop 2000) wurde im Hauptprojekt die Luftbildinterpretation mittels stereoskopischer Ansicht der Bilder durchgeführt (vgl. Anhang A-1). Diese Methode bringt gegenüber der ursprünglich geplanten Auswertung von Orthofotos erhebliche Vorteile in Bezug auf die Erkennbarkeit von Lebensräumen. Diese Vorteile waren vor allem bei den Schwarz-Weiss-Bildern entscheidend. Ebenso konnte damit erreicht werden, dass die Landestopographie die Luftbilder schneller und mit geringerem Aufwand liefern konnte.

Luftbilder aus 1950er-/1960er-Jahren nur für ¾ der heutigen Verkehrsinfrastruktur der Schweiz verfügbar

Die Luftbilder der Landestopografie aus den 1950er- oder frühen 1960er-Jahren (schwarz/weiss) werden mit Luftbildern aus den Jahren 1998/99 verglichen (Echtfarben-Bilder).

Die Luftbilder der 1950er- und 1960er-Jahre decken nicht die ganze Schweiz ab. Sie wurden damals im Wesentlichen für militärische Zwecke hergestellt. Es fehlt im Besonderen Bildmaterial aus den Alpen und von der Alpensüdseite (vgl. nachfolgende Figur). Abklärungen zeigen, dass mit den vorhandenen Schwarz-Weiss-Bildern je nach Kategorie 70 bis 80% des heutigen Verkehrsnetzes abgedeckt werden.



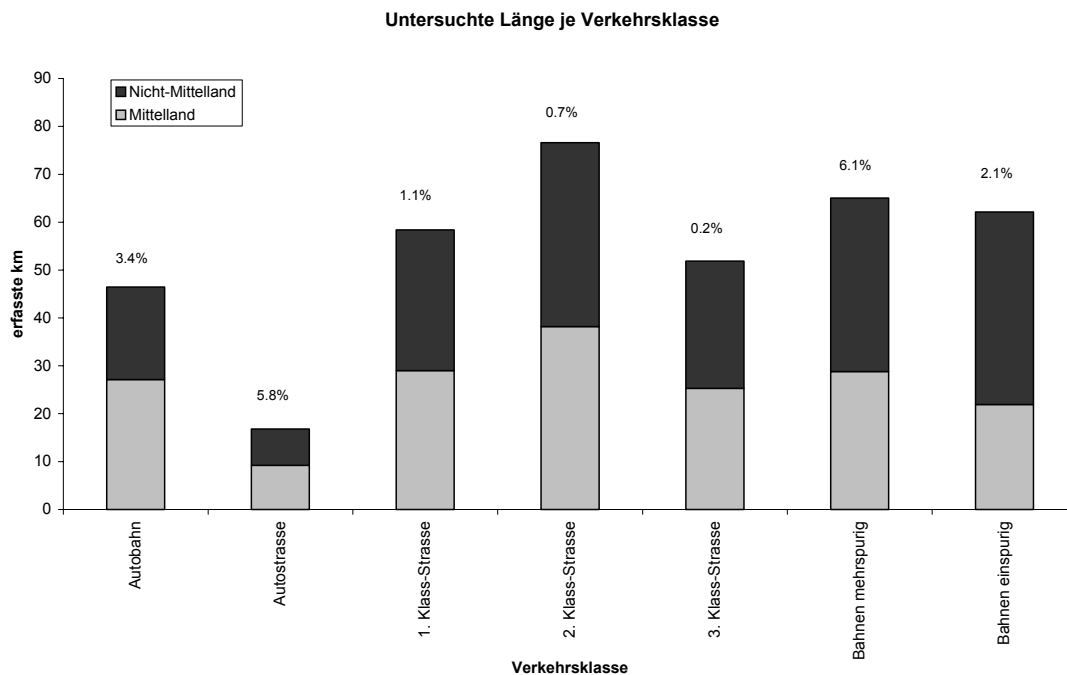
Figur 7: Abdeckung der Schweiz mit Luftbildern aus den 1950er- und 1960er-Jahren nach Kartenblättern mit den 500 Stichproben-Standorten.

Bei der 3D-Interpretation der Luftbilder wurden GIS-Daten erzeugt, die in ArcView nachbearbeitet und in eine Access-Datenbank importiert wurden. Die so gewonnenen Daten wurden mehrfach auf ihre Plausibilität und auf mögliche Fehler überprüft und danach durch den Statistiker weiterbearbeitet (vgl. folgendes Kapitel).

2.3.7 Stichprobe und Hochrechnung

Das Mengengerüst wurde auf der Basis einer repräsentativen Stichprobe erhoben. Insgesamt wurden 500 Verkehrsabschnitte von rund 1 km Länge untersucht (vgl. nachfolgende Figur). Davon wurden bei 300 Verkehrsabschnitten die Lebensraumverluste und die potenziellen Defragmentierungselemente ermittelt. Bei 200 Abschnitten wurden aus Kostengründen nur die Fragmentierungen gesetzt. Die prozentuale Abdeckung durch die gesamte Stichprobe (1998) bewegt sich zwischen 0.2% (3. Klass-Strassen, Alpen und Mittelland) und 13% (Autostrassen im Mittelland).

*Repräsentative
Stichprobe als Basis
für die Ermittlung der
externen Kosten*



Figur 8: *Untersuchte Länge je Verkehrsklasse aufgrund der Stichprobe von 500 Infrastrukturabschnitten mit Angabe, wie viel Prozent der Gesamtlänge 1998 durch die Untersuchung abgedeckt ist.*

Die Stichprobenziehung sowie die Hochrechnung auf die Schweiz wurde von der Firma Consult AG detailliert geplant und durchgeführt. Details zum Stichprobenkonzept sowie zur Hochrechnungsmethode sind den Berichten (Consult 2000) und (Consult 2001) zu entnehmen.

Die Repräsentativität der Stichproben beschränkt sich auf den durch Luftbildern abgedeckten Teil der Schweiz

Dank der guten Datenbasis beim Bundesamt für Landestopographie war es möglich, die Erhebung auf bewährte statistische Standardmethoden abzustützen. Als kritisch werden folgende Punkte erachtet:

1. Wegen der unvollständigen Abdeckung der Schweiz mit Luftbildern beschränkt sich die Repräsentativität der Stichprobe auf ein Teilgebiet; die Hochrechnung auf die Gesamtschweiz ist jedoch vertretbar (vgl. Begründungen in Consult 2000).
2. Aufgrund fehlender Vorinformationen bezüglich Variabilität der Daten konnten die Stichprobenumfänge nicht im Hinblick auf eine angestrebte Genauigkeit festgelegt werden. Deshalb wurde ein mehrstufiges Verfahren gewählt: Die Auswertung einer ersten Teilstichprobe von 100 Standorten lieferte die nötigen Informationen, um die Auswahl der nächsten Ziehungen nach statistischen Kriterien zu ermöglichen.

2.4 Übersicht von Monetarisierungsansätzen für Natur und Landschaft

2.4.1 Bewertung von Natur und Landschaft

Natur und Landschaft sind Umweltgüter, die nicht durch menschliche Aktivitäten hergestellt werden können, die aber als Produktionsfaktor dienen können (Infraconsult 1999, S. 16). Unbeeinträchtigte Natur und Landschaft sind durch die Nutzungskonkurrenz einer Vielzahl menschlicher Nutzungen, so unter anderem der Nutzung für Verkehrsinfrastrukturen, knapp geworden. Natur und Landschaft werden produktiv (Wald, Wasserkraft, Landwirtschaft, etc.), konsumtiv (Erholung, Tourismus) und nichtkonsumtiv genutzt (Erhaltung für optionale oder künftige Nutzungen), wobei sich die produktiven, konsumtiven und nichtkonsumtiven Nutzungen zusehends mehr konkurrenzieren. Aus der Sicht der konsumtiven und der nichtkonsumtiven Nutzung haben Natur und Landschaft drei Nutzendimensionen (Blöchliger 1992 in Infraconsult 1999, S. 17 f.):

Unbeeinträchtigte Natur wird infolge zunehmender Nutzungskonkurrenz zusehends knapper

- **Erlebniswert bzw. -nutzen** unversehrter Natur und Landschaft
- **Existenz- und Vermächtniswert** unversehrter Natur und Landschaft (nichtkonsumtiver Wert für die aktuellen und für die künftigen Generationen)
- **Optionswert** unversehrter Natur und Landschaft im Hinblick auf eine künftige konsumtive Nutzung

Erlebniswert, Existenz-/Vermächtniswert und Optionswert von Natur und Landschaft

Die ethische Diskussion, ob die Natur überhaupt monetär bewertet werden soll und kann, wird hier nicht wieder aufgegriffen (siehe dazu u.a. die Ausführungen in Infraconsult 1999, S. 20 ff.). Wir gehen davon aus, dass eine solche Bewertung unumgänglich ist, wenn die wirtschaftlichen Entscheidungen durch den Einbezug von bisher nicht monetarisierten externen Kosten im Sinne von langfristiger Effizienz und Nachhaltigkeit verbessert werden sollen. Demgegenüber werden in der heutigen Situation Natur und Landschaft nur dort in die Entscheidungen einbezogen, wo private Güter beansprucht werden oder wo staatliche Vorschriften zum Einbezug zwingen (mit allen damit verbundenen Vollzugsproblemen). Die fehlende bzw. die nur teilweise und indirekte monetäre Bewertung (z. B. mittels Vorschriften) von Natur und Landschaft ist eine der Ursachen ihrer übermäßigen Nutzung. Durch den Einbezug monetärer Werte für Natur- und Landschaftsnutzen kann bei Investitions- und Verbrauchsentscheidungen eine umfassendere Berücksichtigung ihres Wertes und ihres Nutzen erfolgen.

Nachhaltige Entscheidungen sind nur mit dem Einbezug von Natur und Landschaft möglich, dafür muss sie jedoch bewertet werden

<p><i>Bewertung aufgrund aktueller wirtschaftlicher Wertschätzung ist nur (untere) Schätzung des "wahren Wertes"</i></p>	<p>Mit den anschliessend beschriebenen Methoden zur Monetarisierung der Natur- und Landschaftsnutzen bzw. der externen Kosten von infrastrukturbedingten Nutzenverlusten wird nicht der "wahre Wert" der Natur bestimmt. Vielmehr wird von den momentanen wirtschaftlichen Wertschätzungen ausgehend auf den aktuellen Wert unversehrter Natur und Landschaft bzw. auf die (Opportunitäts-) Kosten ihres Schutzes oder ihrer Wiederherstellung zurückgeschlossen.</p>
<p><i>Bewertung aufgrund von Zahlungsbereitschaften ist als Grundlage für die Verwendung bei Entscheidungssituationen realistisch</i></p>	<p>Die ökonomische Bewertung des Nutzens unversehrter Natur und Landschaft beruht bei der neoklassischen Umweltökonomie auf den subjektiven Präferenzen der individuellen Nutzerinnen und Nutzer, und äussert sich in der Zahlungsbereitschaft der Nutzerinnen und Nutzer. Natur und Landschaft wird kein besonderer Stellenwert eingeräumt. Es wird dabei unterstellt, dass Natur und Landschaft durch andere Güter und Leistungen substituiert werden können (was nur zum Teil zutreffen dürfte). Die Bewertung von Natur und Landschaft erfolgt dabei eindeutig anthropozentrisch (als Zahlungsbereitschaft geäusserte Wertschätzung). Existenz-, Vermächtnis- und Optionswerte sowie Nachhaltigkeitsaspekte können dabei durchaus in den Präferenzen der Individuen enthalten sein. Wird der reale Umgang unserer Gesellschaft mit Natur und Landschaft näher angeschaut, scheint dieser Ansatz durchaus realistisch zu sein. Erst wenn Natur und Landschaft knapp werden, erst wenn genügend Individuen den Verlust von Lebensräumen und Arten als Nutzenverlust für sie und ihre Nachkommen erleben, wird Natur und Landschaft vor anderen Nutzungen bewahrt bzw. geschützt.</p>
<p><i>Letztlich geht es darum, ob individuell geäusserte Zahlungsbereitschaften von Individuen (Information?) oder Expertenurteile (Legitimation?) für die Bewertung massgeblich sein sollen</i></p>	<p>Die von der ökologischen Umweltökonomie beanspruchte biozentrische bzw. ökozentrische Optik widersetzt sich dieser Art von Bewertung von Natur und Landschaft und postuliert möglichst geringfügige Eingriffe in Natur und Landschaft (Infraconsult 1999). Bei Entscheidungen über konkrete Vorhaben oder Aktivitäten werden jedoch regelmässig (anthropozentrische) Bewertungen und Wertschätzungen offenbart. Die biozentrische bzw. die ökozentrische Position unterscheiden sich primär in der Art der Bewertung sowie in ihrer Begründung. In der neoklassischen Umweltökonomie ergeben sich Kosten und Nutzen aufgrund von individuellen Zahlungsbereitschaften. Die ökologische Umweltökonomie geht dagegen von naturwissenschaftlich-ökologisch begründeten Minimalstandards, Grenzwerten bzw. von der Akzeptanz von Nutzungseinschränkung bei Natur- und Landschaftsgütern aus. Diese Standards werden in der Regel durch die Wissenschaft bzw. durch Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler und allenfalls durch die Politik festgelegt und nicht</p>

durch die einzelnen Individuen mit ihren Entscheidungen. In der Realität können beide Positionen zu ähnlichen Ergebnissen führen (vorausgesetzt, dass die relevanten naturwissenschaftlichen Fakten und Informationen bekannt sind und adäquat in den demokratischen politischen Entscheidungsprozess einfließen).

In dieser Studie werden beide Ansätze vermischt. Mit der Vorgabe des **Referenzzustandes** "Natur und Landschaft in den fünfziger Jahren ausserhalb des Siedlungsgebietes" wird ein Standard vorgegeben. Dieser wird von Expertinnen und Experten weitgehend naturwissenschaftlich-historisch begründet und entspricht daher einer ökologischen Position. Auch die Natur und Landschaft im Referenzzustand (fünfziger Jahre) war jedoch bereits durch menschliche Aktivitäten beeinträchtigt. Ein Teil dieser menschlichen Aktivitäten hat sogar erst die damals bestehende Vielfalt von Natur und Landschaft geschaffen. Es gibt weder für den Referenzzustand der fünfziger Jahre noch für einen anderen eine stringente **ökologische** Begründung. Diese muss bei **gesellschaftlichen** Kosten-/Nutzen- und Akzeptanzüberlegungen gesucht werden.

Referenzzustand 1950er-Jahre: Weitgehend auf der Basis von Expertenurteilen mit einer gewissen politischen Abstützung (Natur- und Heimatschutzgesetz) bestimmt

Aufgrund der aktuellen Präferenzen, die durch das Wissen um ökologische Zusammenhänge mitgeformt werden, ist der Referenzzustand "fünfziger Jahre" mit seiner Begründung gemäss Kapitel 2.3.2 mindestens für die involvierten Expertinnen und Experten akzeptanzfähig. Er wird jedoch nur begrenzt aus bekundeten gesellschaftlichen Präferenzen wie zum Beispiel der Zahlungsbereitschaft der Stimmbürgerinnen und Stimmbürger für ein Natur- und Landschaftsschutzprogramm zur Kompensation der Wirkungen von Verkehrsinfrastrukturen abgeleitet (eine Basis gibt die politische Entscheidung zugunsten des Natur- und Heimatschutzgesetzes ab). Vielmehr beruht er weitgehend auf Expertenurteilen, welche nicht notwendigerweise die Wertschätzung der Gesellschaft repräsentieren.

Aus ökonomischer Sicht stellt sich die Frage, ob die Wahl des Referenzzustandes (durch die Naturwissenschaftler-Expertinnen und -Experten) effektiv durch die aktuellen Zahlungsbereitschaften bestätigt würde. Es ist denkbar, dass die Referenz zu ambitiös ist, dass also keine Zahlungsbereitschaft für einen Zustand von Natur und Landschaft gemäss den fünfziger Jahren besteht. Es ist aber auch möglich, dass sogar eine Zahlungsbereitschaft zur Behebung von Landschaftsbeeinträchtigungen besteht, die schon in den fünfziger Jahren bestanden.

Es bleibt unklar, ob die gesellschaftlichen Präferenzen durch den Referenzzustand präzise wiedergegeben werden

Auch die verfügbaren Zahlungsbereitschaftsstudien schaffen keine volle Klärung

Aus den verfügbaren Untersuchungen zur Zahlungsbereitschaft im Bereich Natur und Landschaft können keine eindeutigen Schlüsse im Hinblick auf einen passenderen Referenzzeitpunkt abgeleitet werden (vgl. Infraconsult 1999 und die darin zitierten Zahlungsbereitschaftsstudien). Die von Infraconsult erstellte Übersicht über die Zahlungsbereitschaft zum Schutz unversehrter Natur- und Landschaftsräume oder zur Vergrösserung naturnaher Flächen schwanken je nach Untersuchung, konkreter Fragestellung und befragtem Personenkreis relativ stark (Infraconsult 1999, S. 66 ff.). Meistens erfassen die zitierten Untersuchungen die Zahlungsbereitschaft zur Erhaltung oder zur Förderung der Arten- und Biotopvielfalt oder die Zahlungsbereitschaft für Naturschutz oder die Zahlungsbereitschaft für die Erhaltung von typischen Landschaftsräumen.

Zahlungsbereitschaft bei schweizerischen Untersuchungen: 250 bis 400 sFr./a pro Person für den Erholungsnutzen Landschaft oder für Artenschutzprogramme

Die Grosszahl der Untersuchungen ergibt Zahlungsbereitschaften von 20 bis zu 400 sFr. pro Person und Jahr, mit einem Schwerpunkt im Bereich von etwa 60 sFr. pro Person und Jahr. In den schweizerischen Studien resultieren durchwegs hohe Zahlungsbereitschaften: (Blöchliger/Jäggin 1996) 250 bis 400 sFr. pro Person und Jahr, (Schelbert/Maggi 1988) 430 sFr. pro Person und Jahr und (Nielsen 1992) gar 1'700 sFr. pro Person und Jahr³. Auf die schweizerische Bevölkerung umgerechnet ergibt sich dadurch für den Bereich Natur- und Landschaftserhaltung insgesamt eine jährliche Zahlungsbereitschaft von etwa 150 Mio. sFr. bis zu 2,9 Mrd. sFr., wobei die schweizerischen Studien eher Werte im oberen Bereich der Bandbreite ergeben.

Die verfügbaren Zahlungsbereitschaften sind für Verkehrsinfrastrukturwirkungen nicht direkt verwendbar

Diese Zahlungsbereitschaftsschätzungen können nicht direkt zur Plausibilisierung der hier ermittelten externen Kosten verwendet werden. Sie drücken den Gesamtnutzen von Landschaft und Artenvielfalt für die Individuen aus. Die aktuellen Landschaftsbeeinträchtigungen werden aber bei weitem nicht nur durch die Verkehrsinfrastrukturen verursacht. Zuerst müsste daher ermittelt werden, wie weit die Verkehrsinfrastrukturen die geäusserte Zahlungsbereitschaft für den Erholungsnutzen verkleinern oder wie weit ein Artenvielfaltprogramm wegen den Eingriffen der Verkehrsinfrastrukturen benötigt wird. Die ermittelten Zahlungsbereitschaften ergeben jedoch einen Hinweis auf die Grössenordnung der individuellen Wertschätzung für Landschaft und erlauben zumindest eine grobe Plausibilisierung der hier ermittelten Ergebnisse.

³ Da bei der Befragung von Nielsen (1992) allfällige Budgetrestriktionen der Befragten nicht einbezogen wurden, dürften diese Zahlungsbereitschaften wenig realistisch sein.

2.4.2 Monetarisierungsansätze

Die monetäre Bewertung von Natur- und Landschaftsbeeinträchtigungen durch Verkehrsinfrastrukturen kann mit verschiedenen Bewertungsansätzen vorgenommen werden:

Schadens- bzw. Ressourcenausfallkosten:

Bewertung mithilfe der Schäden bzw. der Nutzeneinbußen im Bereich Natur und Landschaft infolge der Verkehrsinfrastrukturen außerhalb des Siedlungsgebietes, beispielsweise

Bewertung wenn möglich durch Schadens- bzw. Ressourcenausfallkosten

- sinkende Tourismuseinnahmen infolge von landschaftlichen Attraktivitätseinbußen,
- geringerer Erholungsnutzen,
- Ersatz- oder Wiederherstellungskosten für die Schaffung von Ersatzbiotopen zur Kompensation von Habitatflächenverlusten und
- Aufhebung von Fragmentierungswirkungen: Kosten von Defragmentierungsbauwerken.

Vermeidungskosten:

Bewertung mit den Kosten, die infolge der Vermeidung der Natur- und Landschaftsbeeinträchtigungen durch Verkehrsinfrastrukturen entstehen, beispielsweise

Vermeidungskosten basieren in der Regel auf Expertenurteilen

- Mehrkosten infolge von Untertunnelungen, Wildbrücken oder durch eine Änderung der Linienführung, um damit wertvolle Habitate zu schützen oder Trennwirkungen zu vermeiden.

Vermeidungskosten hängen vom zugrundegelegten Standard ab, bis zu dem Auswirkungen vermieden werden müssen. Diese Standards basieren in der Regel auf Expertenurteilen und nicht auf individuellen Wertschätzungen. Deshalb bleibt unklar, wie weit sie der effektiven gesellschaftlichen Wertschätzung entsprechen.

Zahlungsbereitschaft für unversehrte Natur und Landschaft:

Erfassung der Präferenzen bzw. der Zahlungsbereitschaft der von den Verkehrsinfrastrukturen Betroffenen: Entweder direkte Erfassung durch Befragungen oder indirekte Erfassung aus beobachteten Kaufentscheidungen, aus denen auf die Zahlungsbereitschaft für unversehrte Natur zurückgeschlossen werden kann.

Zahlungsbereitschaft als Mass der individuellen Wertschätzung: Erfassung mit Befragung oder durch Beobachtung von Entscheidungen

2.4.3 Wiederherstellungskosten von Natur als monetärer Bewertungsansatz: Beispiel BRD

Ausgleichsabgabe zur Finanzierung der Wiederherstellung von Ersatzhabitaten zur Kompensation beeinträchtigter Habitate

Das deutsche Naturschutzrecht kennt eine Ausgleichsabgabe für die Kompensation von Eingriffen in die Natur und Landschaft. Aufgrund der unterschiedlichen Handhabung in den Bundesländern und den Quantifizierungsschwierigkeiten hat das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit mehrere Forschungsvorhaben in Auftrag gegeben, um die Grundlagen für eine Ausgleichsabgabenregelung zu erarbeiten (Schemel et al. 1993, Marticke 1994, Bosch und Partner 1993). Grundsätzlich basieren die Ansätze auf den Wiederherstellungskosten von beeinträchtigten Habitaten (Erstellung von Ersatzhabitaten). Die Erstellungskosten der Ersatzhabitats werden um eine Risikokomponente ergänzt, falls der Zielzustand nicht erreicht wird, um eine Zeitkomponente, welche die verminderte ökologische Funktionsfähigkeit des Ersatzhabitats während der Entwicklungszeit abdecken soll sowie um eine Wertkomponente. Diese Wiederherstellungskosten können als monetäres Bewertungsmass für den Wert der verlorenen oder beeinträchtigten Habitate, für die Ersatz geschaffen werden soll, verwendet werden. Die folgenden Faktoren sind für die Ermittlung der Wiederherstellungskosten relevant (Bosch und Partner 1993; Froelich & Sporbeck 1995, 2000):

Kostenelemente: Flächenverbrauch, Zeitkomponente, Risiko, Wert-/Funktionsverlust

- **Flächenverbrauch der Verkehrsinfrastruktur:** Eine Bewertungskomponente ist der eigentliche Flächenverbrauch der Infrastruktur. Er muss durch eine entsprechende Ersatzfläche kompensiert werden. Die Kosten, die dadurch anfallen, setzen sich zusammen aus den Kosten für die Beschaffung einer geeigneten Fläche, den Kosten für die Erstinstandsetzung der Fläche auf der Basis eines Massnahmenbündels sowie den Kosten für die jährlichen (periodischen) Pflegemassnahmen, die zur Erreichung des Entwicklungszieles notwendig sind.
- **Zeitkomponente:** Während der Entwicklungszeit ist die Funktion des Ersatzbiotopes im Vergleich zum Ausgangsbiotop vermindert. Um diesen Funktionsverlust zu kompensieren, müsste ein Zuschlag (Monetarisierung der Verluste und Fragmentierung von Habitaten) zu den eigentlichen Herstellungskosten ermittelt werden.
- **Risikokomponente:** Bei der Wiederherstellung besteht das Risiko, dass trotz Pflegemassnahmen der Zielzustand nicht erreicht werden kann. Aus diesem Grund sollte eine Kostenkomponente auch dieses Wiederherstellungsrisiko berücksichtigen.

- **Wertkomponente:** Grundsätzlich geht mit der Flächenbeanspruchung ein Teil der Natur verloren. Dieser Wert entspricht eigentlich dem intrinsischen Wert der Fläche.

2.4.4 Fazit Monetarisierungsansätze

Hier werden die Kosten für den **Ersatz von Habitatflächen** und für die **Wiederherstellung der Durchlässigkeit der Verkehrsinfrastrukturen** zur Bewertung der Natur- und Landschaftswirkungen der Verkehrsinfrastrukturen verwendet (Schadenskostenansatz). Der (biozentrisch determinierte) Referenzzustand "fünfziger Jahre" entspricht dem Vermeidungsziel bei der Ermittlung von Vermeidungskosten bzw. dem Standard im Standard-Preisansatz, bei dem die Kosten zur Einhaltung eines gegebenen Standards (Referenzzustandes) bestimmt werden. Die Zahlungsbereitschaftsangaben können für den hier verfolgten Zweck nicht direkt verwendet werden. Sie dienen aber zur groben Plausibilisierung der resultierenden externen Kosten. Wie bereits erwähnt, enthält der hier verwendete Ansatz eine Verzerrung zugunsten des Schienenverkehrs, weil die heutigen Schienenverkehrsinfrastrukturen zum grössten Teil schon in den fünfziger Jahren bestanden, relativ wenig verändert wurden und daher auch weniger Habitatsverluste aufweisen.

Monetarisierung der externen Kosten mit Ersatzkosten Habitatverluste bzw. Wiederherstellungskosten Durchlässigkeit

2.4.5 Methodische Aspekte bei der Ermittlung von Ersatz- und Wiederherstellungskosten

Die Kosten für die einmaligen Massnahmen (Investitionen) sowie für periodische (Ersatzinvestitionen, periodische Pflege) und laufende Massnahmen (Pflege/Unterhalt) werden in jährliche Kosten umgerechnet. Die Kostenrechnung erfolgt **real** (ohne Inflation). Es wird angenommen, dass die realen Kosten in Zukunft konstant bleiben, ohne relative Preisveränderungen bei den diversen Massnahmen- und Kostenelementen.

Kostenrechnungen mit realen Preisen, keine Veränderung der relativen Preise in der Zukunft

a) Diskontierung

Nutzen und Kosten, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten entstehen, müssen auf einen gemeinsamen Zeitpunkt umgerechnet (diskontiert) werden, in der Regel auf den Investitionszeitpunkt. Die Wahl der Diskontrate ist vor allem bei der Bewertung von Auswirkungen, die weit

Diskontrate ist entscheidende Annahme bei weit in die Zukunft reichenden Entscheidungen.

in der Zukunft liegen, von entscheidender Bedeutung. Bei Kosten-/Nutzenanalysen und in jüngerer Zeit bei der Bewertung von Klimaschäden wurde die Höhe der individuellen und der gesellschaftlichen Zeitpräferenz und die Gründe für hohe oder tiefe Diskontraten immer wieder thematisiert (beispielsweise: Erdmann 1988, Price 1995, Weitzman 1994 und zusammenfassend ExternE 1999, S. 45-56). Weitzman (1994) begründet, weshalb in langfristigen Kosten-/Nutzenanalysen unter Berücksichtigung der Umweltwirkungen der wirtschaftlichen Entscheidungen und Aktivitäten eine soziale Diskontrate gewählt werden sollte, die unter der privaten Diskontrate liegt und die in Zukunft tendenziell sinkt (infolge der mit zunehmender wirtschaftlicher Aktivität und mit dem Wohlstand steigenden Umweltnutzung, die einen höheren Anteil des künftigen Sozialproduktes zur Erhaltung der Umweltqualität erfordern wird). Gemäss (Krutilla/Fisher 1975) wird der Wert unversehrter Natur und Landschaft in Zukunft tendenziell steigen, weil ihr Angebot infolge Nutzungskonkurrenz sinkt, die Nachfrage nach unversehrter Umwelt mit steigendem Einkommen und Bevölkerungswachstum zunehmen und dem Existenzwert wachsende Bedeutung zukommen wird. Mit einer tieferen Diskontrate kann diese Wertsteigerung berücksichtigt werden⁴. Price (1995) argumentiert, dass angesichts langfristiger und globaler Umweltprobleme die Diskontierung (künftiger Umweltschäden) in Frage gestellt werden kann, dass reine Zeitpräferenz aus ethischen und empirischen Gründen verworfen werden kann und dass die Begründung der Zeitpräferenz mit den in Zukunft wachsenden pro Kopf-Einkommen auch eine Diskontrate von Null einschliessen kann (Price 1995, S. 95)⁵.

Für Ersatz- und Wiederherstellungskosten werden die üblichen realen Diskontraten verwendet. Für staatliche Projekte zur Zeit 3% p.a.

Bei der Bewertung der externen Verkehrswirkungen mittels Ersatz- oder Wiederherstellungskosten müssen die aktuell üblichen Diskontraten der Gesellschaft für private Güter und Leistungen verwendet werden. Methodisch geht es dabei nicht um die direkte Bewertung von künftigen Kosten und Nutzen von Umweltgütern, sondern um die Ermittlung der (künftigen) Ersatzkosten für die Wiederherstellung von Ersatzhabitaten. Diese Ersatzkosten sind wie bereits erwähnt eine (Hilfs-) Methode zur Monetarisierung der Kosten bzw. Nutzenverluste von Habitatflächenbeeinträchtigungen. Für diese Wiederherstellungskosten müssen aber die üblichen gesellschaftlichen Diskontraten ein-

4 Eine Preissteigerung für das Gut 'unversehrte N+L' um $z\%$ p.a. könnte bei einer Diskontrate $d\%$ p.a. mit einer modifizierten Diskontrate $(d-z)\%$ p.a. berücksichtigt werden (s. ExternE 1999, S. 53).

5 Dies umso mehr, wenn die pro Kopf-Einkommen traditionell ohne Berücksichtigung der Veränderung der Umwelt, d.h. des Umweltvermögens, gemessen werden, womit sich eine Brücke zur Argumentation von Weitzmann ergibt.

gesetzt werden (der Ressourceneinsatz bei den Ersatzmassnahmen ist mit den Opportunitätskosten zu bewerten). Deshalb werden bei der Ermittlung der Ersatzkosten die bei Kosten-/Nutzenanalysen von Verkehrsprojekten verwendeten Diskontraten übernommen: **Reale Diskontrate von 3% p.a.**, basierend auf einer akzeptablen Zeitpräferenzrate und einem nachhaltigen künftigen pro Kopf-Wachstum.⁶

b) Zeithorizont Kostenschätzung

Die Investitionen (einmalige Kosten) werden mittels Annuitäten⁷ in Jahreskosten umgerechnet, was einen jährlich konstanten Kostenstrom während der Lebensdauer der "Investition" ergibt. Die Annuitäten basieren auf dem realen **Zinssatz von 3%** und dem **Amortisationszeitraum**.

Die Wahl der richtigen Amortisationszeiträume für die Investitionen in Ersatzbiotope zur Kompensation der Habitatverluste wird dadurch erschwert, dass die meisten Investitionen nur einmal für die Erstinstandsetzung vorgenommen werden müssen, um die Entstehung eines Ersatzhabitates auszulösen. Ausgehend von einem verursacher- und nachhaltigkeitsorientierten Ansatz wird angenommen, dass die heutige Generation diese Kosten trägt und die Anfangsinvestitionen deshalb maximal über eine Generation (25 bis 35 Jahre) abgeschrieben werden. Bei **einmaligen Investitionen zur Habitaterstellung wird hier von einem Betrachtungshorizont von 30 Jahren** ausgegangen (Generationengedanke). Wiederholt erforderliche Investitionen mit einer Lebensdauer < 30 Jahre werden über ihre effektive Lebensdauer amortisiert.

Bei den **Defragmentierungsbauwerken** wird von der vom ASTRA angenommenen Lebensdauer für Strasseninfrastrukturen von **80 Jahren** ausgegangen.

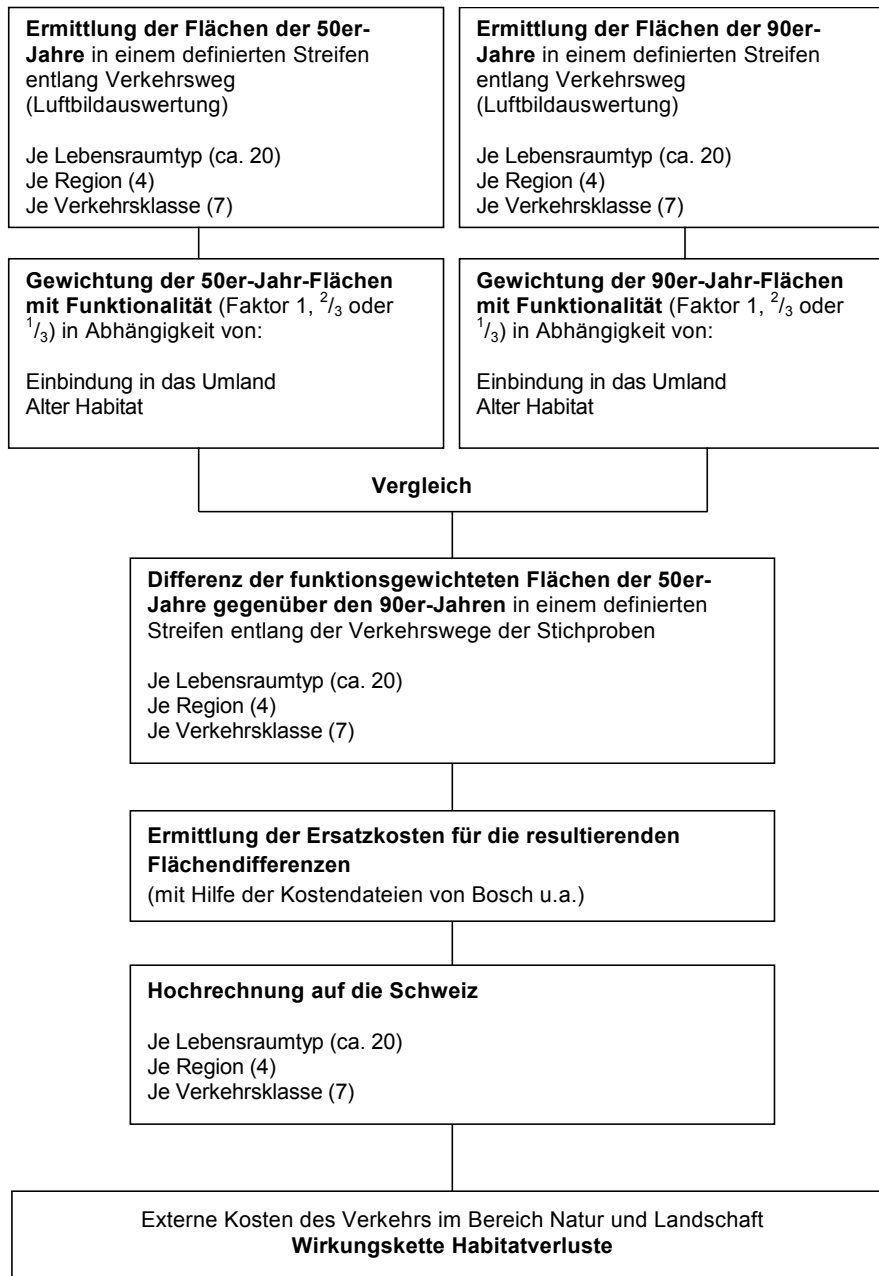
⁶ Wird auch von ExternE vorgeschlagen (ExternE 1999, S. 55f.) und in der neuen SIA-Norm 480 "Wirtschaftlichkeitsrechnung im Hochbau" verwendet.

⁷ Die Annuität (abhängig vom Zinssatz; Zeitraum und Barwert) liefert die konstante Zahlung pro Jahr für die Verzinsung und Tilgung der Investitionen.

3 Habitatverluste

3.1 Vorgehen

Die nachfolgende Figur bietet einen Überblick über die Ermittlung der externen Kosten für die Wirkungskette Habitatverluste mit Hilfe des Ersatzkostenansatzes:



Figur 9 Externe Kosten von verkehrsbedingten Habitatverlusten: Übersicht der Kostenermittlung.

3.2 Luftbildvergleiche zur Erfassung der Habitatverluste

3.2.1 Berücksichtigte Biotoptypen

*Es werden rund 20
Biotoptypen erfasst*

Die Daten über Verluste an naturnahen Flächen wurden durch Luftbildanalysen gewonnen. Dabei galt es in erster Linie die vorkommenden Biotoptypen auf dem Bild zu erkennen. Im Luftbild können die in Tabelle 4 aufgeführten Biotoptypen erkannt werden. Von den aufgeführten Biotoptypen sind die meisten wertvoll (alle ausser Biotop-Nummern 4100, 4400 und 9000er). Die Biotope mit den Nummern 4100 und 4400 sind aus biologischer Sicht weniger wertvoll (intensives Kulturland). Sie werden nicht ersetzt.

Grundlage für die Biotop-Nummerierung bildet die "Systematik der Biotoptypen- und Nutzungstypenkartierung" (Bundesamt für Naturschutz 1995). Für die GIS-Anwendung wurden Biotoptypen teilweise zusammengefasst (GIS: Geografisches Informations-System).

*Biotope werden auf
dem Luftbild als
Fläche, Linie oder
Punkt erfasst*

In der Spalte "Erhebungsart" der nachfolgenden Tabelle wird die Einheit bei der Luftbilderfassung der Biotoptypen angegeben. Meistens handelt es sich um Flächenelemente (Anzahl m² des Biotops). Einzelne Biotoptypen werden aber auch als Linien- (z.B. Baumreihe) oder Punktelemente (z.B. Anzahl Bäume) erfasst.

Biotop-nummer	Biotoptypen nach Bosch	Erhebungsart im GIS
Binnengewässer		
2200	Fliessgewässer < 2 m	Linie
2250	Uferbereich von flächigem Fliessgewässer (2300)	Linie
2300	Fliessgewässer > 2 m	Fläche
2400	Auenstillgewässer, Altwasser	Fläche
2500	Stillgewässer	Fläche
	Temporäre Stillgewässer	Fläche
Moore, Sümpfe		
3100	Hoch- u. Zwischenmoorstandorte	Fläche
3200	Niedermoore u. Sümpfe (gehölzfrei)	Fläche
3220	Grosseggenried	Fläche
	Röhricht	Fläche
Flächen der Landwirtschaft; Staudenfluren		
4100	Ackerland, intensives Kulturland, Fette Dauerwiesen, intensive Weiden	Fläche
4170	Acker- u. Grünlandbrachen	Fläche
4200	Grünland, strukturreiche Wiesen und Weiden	Fläche
	Trockenrasen	Fläche
	Halbtrockenrasen	Fläche
	Extensiv genutztes, frisches Grünland	Fläche
	Extensiv genutztes, nass-feuchtes Grünland	Fläche
4400	Weinbauflächen	Fläche
4470	Weinbrache (Alte Rebkulturen u. Rebbrachen)	Fläche
4900	Böschungen <= 2 m Breite, Ackerrandstreifen	Linie
Rohbodenstandorte		
5400	Ruderalflächen	Fläche
	Ruderalflur auf Kies, Sand, bindigem Substrat	Fläche
	Boden- und Gesteinsaufschlüsse	Fläche
	Sand-, Kies- u. Schotterflächen	Fläche
	Strassen mit grünem Mittelstreifen	Fläche
5500	Steinriegel, Trockensteinmauern	Linie
5800	Fels	Fläche
Bäume, Feldgehölze, Gebüsche		
6100	Hecken, Feldgehölze, bachbegleitende Gehölzsäume	Fläche
6220	Lebhag	Linie (5 m breit)
6300	Baumreihe (Allee)	Linie
6400	Einzelbäume	Punkt (25 m ²)
6500	(Alter) Streuobstbestand	Fläche
Wälder		
7001	Potenzielle Auenwälder	Fläche
	Bruchwälder	Fläche
7002	Waldweide (nur in eindeutigen Fällen)	Fläche
7100	Laubwälder	Fläche
7200	Nadelwälder	Fläche
7300	Mischwälder	Fläche
7800	Waldmäntel (Annahme 5 m breiter Waldmantel)	Linie
Siedlung, Verkehr, Freizeit u. Erholung		
9100	Versiegelte Fläche (übrige, im Ausschlussverfahren)	Fläche
9210	Strassenfläche (nach Verkehrskategorie)	Fläche
9221	Eisenbahnfläche (nach Verkehrskategorie)	Fläche
9300	nicht versiegelte Flächen für Freizeit und Erholung (Grünflächen)	Fläche

Tabelle 4: Auf den Luftbildern erkennbare Biotoptypen.

3.2.2 Funktionalität

Die Funktionalität berücksichtigt das Alter und die Einbindung der Flächen

Unter Funktionalität werden die Funktionen verstanden, die eine untersuchte Fläche (noch) erfüllen kann. Als Kriterien gelten die Einbindung (vgl. Anhang A-1.2) und die Reife, welche wie folgt definiert sind (Details sind in Ökoskop 2000 dargelegt):

Kriterium	Definition
Einbindung in Umland gut	Freier Zugang zu anderen naturnahen Flächen (keine Verkehrswege oder Siedlungen dazwischen) auf mindestens der halben Länge des Umfangs
Einbindung in Umland schlecht	Freier Zugang zu anderen naturnahen Flächen (keine Verkehrswege oder Siedlungen dazwischen) auf weniger als der halben Länge des Umfangs
Reifezustand hoch	Flächen älter als die Hälfte des notwendigen Alters für Reifezustand
Reifezustand klein	Flächen jünger als die Hälfte des notwendigen Alters für Reifezustand

Tabelle 5: Definition der Einbindung und des Reifezustands der erfassten Flächen.

Die Funktionalität wird gemäss folgender Tabelle gewichtet:

Funktionalitätsfaktoren	Einbindung in Umland	Einbindung in Umland
	schlecht	gut
Reifezustand hoch 1	2/3	3/3
Reifezustand klein 0	1/3	2/3

Tabelle 6: Gewichtung der Funktionalität der analysierten Flächen in Abhängigkeit von Reifezustand und Einbindung ins Umland.

Die physisch vorhandenen Flächen werden mit einem Funktionalitätsfaktor gewichtet

Die in der Luftbildinterpretation erfassten Flächen werden mit dem Funktionalitätsfaktor gewichtet. Dies wirkt sich letztlich auf die für die Monetarisierung verwendete Fläche aus.

Berechnungsbeispiel für den Einbezug der Funktionalität in die Bestimmung der Ersatzflächen: Der Funktionalitätsfaktor von 100 m² Laubwald mit schlechter Einbindung aber hohem Reifezustand beträgt 2/3. Die Fläche wird also mit 2/3 multipliziert und in die gewichtete Flächenbilanz fliessen 66.7 m² ein.

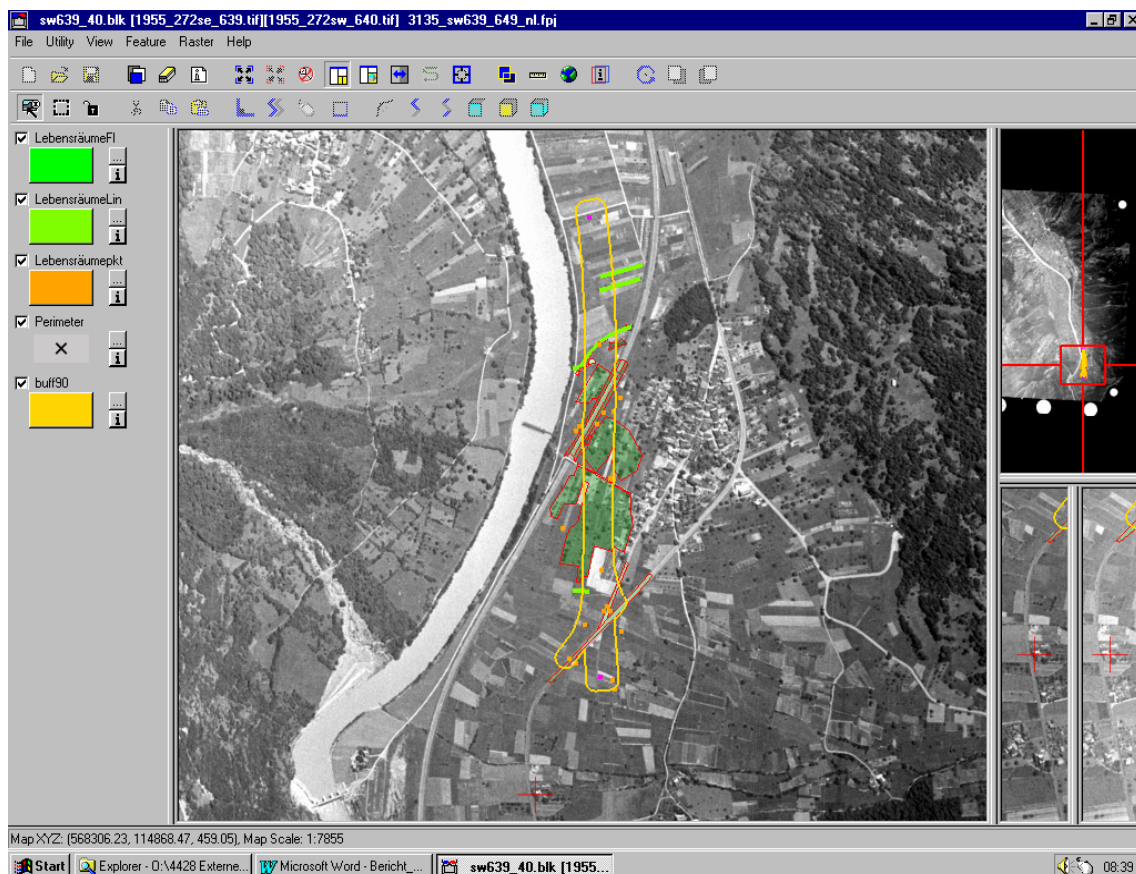
3.2.3 3D-Interpretation von Luftbildern

Die Bearbeitung und Interpretation der Luftbilder am Bildschirm beinhaltet mehrere Stufen. Zuerst werden die Luftbilder herausgesucht und für die Interpretation im Programm Stereoanalyst aufgearbeitet. Dann werden der Untersuchungsperimeter und danach die Lebensräume abgegrenzt sowie die Funktionalität jedes Lebensraumes bestimmt.

Digitale Interpretation der Luftbilder mit dreidimensionaler Sicht direkt am Bildschirm

Zentral ist der Vergleich der historischen Schwarz/Weiss-Bilder (1950er/1960er Jahre) mit den aktuellen farbigen Bildern (1998/99). Es werden zuerst die Farbbilder interpretiert. Dadurch erhält man die genaue Lage der aktuellen Verkehrsträger und den Untersuchungsperimeter. Dieser wird in das historische SW-Luftbild übertragen.

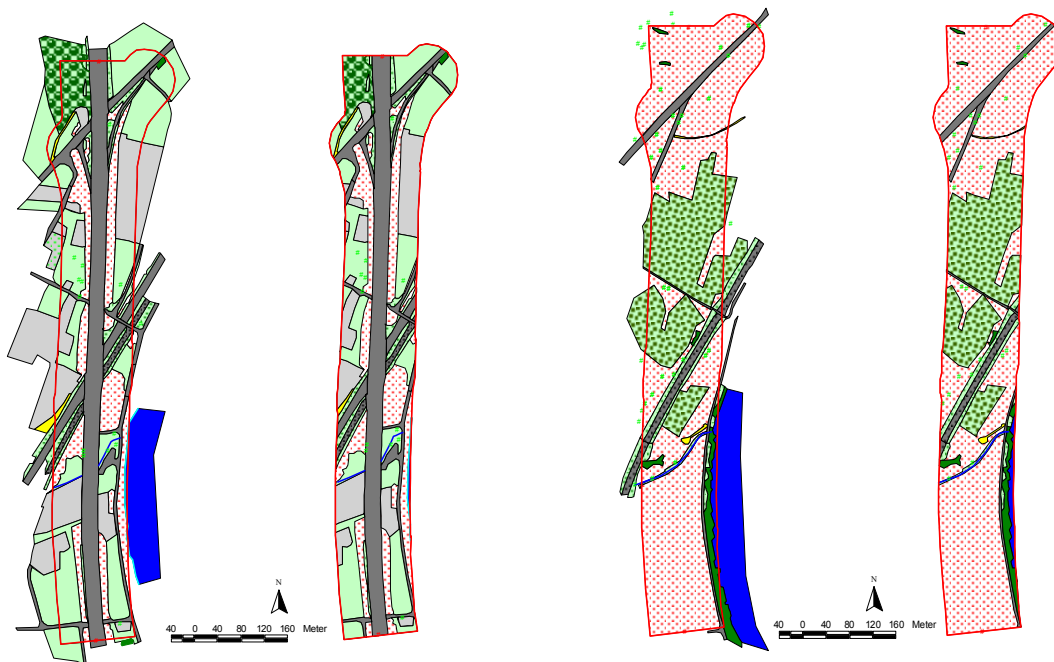
Aktuelles Farbbild wird zuerst interpretiert



Figur 10: Auf einem Schwarz/Weiss-Luftbild der 1950er Jahre digitalisierte Lebensräume innerhalb des durch die 1990er Jahre vorgegebenen Perimeters.

Qualitätssicherung bei der Interpretation sichergestellt

Auf die Gleichbehandlung der Schwarz/Weiss- und der aktuellen Bilder wird besonderen Wert gelegt, so dass bei der Biotoptyp-Bestimmung Grenzfälle beide Male gleich bewertet werden. Dazu werden bei der Interpretation der historischen Bilder die Resultate der Farbbilder zugezogen. Ein weiterer wichtiger Punkt zur Qualitätssicherung ist – neben Anleitungen, Definitionen und gegenseitigen Kontrollen (Details vgl. Anhänge) – die enge Zusammenarbeit zwischen den Interpretierenden.



Figur 11: Weiterverarbeitung und Darstellung der im StereoAnalyst digitalisierten Lebensraumflächen mit Hilfe von ArcView. Die beiden linken Bilder zeigen die aktuellen Lebensräume (Rohdaten aus der Luftbildinterpretation und definitive Daten innerhalb des Perimeters). Die rechten beiden Bilder zeigen die historischen Lebensräume.

3.3 Resultate Mengengerüst

Flächenverluste werden auf das ganze Verkehrsnetz hochgerechnet

Je nach Verkehrsklasse und Biotoptyp variieren die auf die ganze Schweiz hochgerechneten Flächenverluste sehr stark, wie nachfolgende Tabelle illustriert:

Biotoptypen	Strassen	Bahnen	Total
Stillgewässer	124 ha	2 ha	126 ha
Fliessgewässer (in km)	732 km	180 km	912 km
Moore, Sümpfe	1492 ha	-2 ha	1490 ha
Intensives Kulturland	30862 ha	288 ha	31149 ha
Strukturreiches Grünland	402 ha	219 ha	621 ha
Ruderalflächen	505 ha	10 ha	515 ha
Gehölze, Streuobst	4336 ha	67 ha	4403 ha
Alleen, Lebhag (in km)	2846 km	32 km	2878 km
Wälder	2209 ha	7 ha	2216 ha
Waldmäntel (in km)	1413 km	3 km	1415 km
Siedlung	-6239 ha	-319 ha	-6558 ha
Strassen	-25809 ha	-285 ha	-26094 ha
Eisenbahnen	-96 ha	-830	-926 ha

Tabelle 7: Mit der Funktionalität (vgl. Kap. 3.2.2) gewichtete Flächenverluste pro Biototyp aufgeteilt nach Bahnen und Strassen. Ein negatives Vorzeichen bedeutet einen Flächengewinn. So haben die Biototypen der Moore und Sümpfe entlang der Strassen seit den 1950er/60er Jahren um 1492 ha abgenommen. Entlang der Bahnen sind deren Flächen aber seither 2 ha grösser geworden.

Grundsätzlich ist eine eindeutige Abnahme an ökologisch wertvollen Lebensräumen zu Gunsten von Verkehrs- und Siedlungsfläche zu verzeichnen. Die bei den Strassen hohen Flächenverluste von Gehölzen/Streuobst (hohe Verluste bei Streuobstbestände heben Zunahme der Gehölze auf), Alleen/Lebhag und Wald sind bei den Bahnen nicht zu erkennen. Dort liegen die Hauptverluste bei Ruderal- und strukturreichen Flächen (v.a. Böschungen). Dies wohl vor allem aus einem Grund: bei über 95% der untersuchten Abschnitte waren bereits in den 1950er/60er Jahren Bahngleise vorhanden, wodurch durch Neubauten und Ausbau vor allem die für diesen Verkehrsträger typische Lebensräume verloren gingen.

Abnahme von ökologisch wertvollen Lebensräumen

Bei den Autobahnen wird eine Zunahme von Hecken und Gehölzen im Vergleich zum gleichen Landschaftsausschnitt in den 1950er/60er Jahren verzeichnet.

Bei den oben dargestellten Werten in Kilometern bzw. Hektaren ist die Funktionalität (siehe Kapitel 3.2.2) bereits miteinbezogen worden. Damit ist es auch möglich, dass heutzutage den Verkehrsflächen entlang ein Biototyp zwar flächenmässig noch gleich häufig anzutreffen ist, aber die Einbindung oder Reife dieser Flächen im Durch-

schnitt schlechter ist als dies noch in den 1950er/60er Jahren der Fall war.

*Waldareal geschützt:
Daher nur Funktionalitätsverluste einbezogen*

Der Wald ist von Gesetzes wegen in seiner Fläche geschützt. Damit sind seit den 1950er/60er Jahren keine Flächenverluste eingetreten. Hingegen hat sich die Funktionalität der Wälder (Einbindung ins Umland und Reifezustand) verändert. Diese Veränderungen in der Funktionalität haben sich bei der Flächengewichtung ausgewirkt. Die mit der Funktionalität gewichteten Waldflächen haben daher in den letzten Jahrzehnten abgenommen.

3.4 Externe Kosten von verkehrsbedingten Habitatverlusten

3.4.1 Bewertungsansatz bei Habitatverlusten

Kostenermittlung für Ersatzmassnahmen für verlorengegangene Habitate

Die externen Kosten verkehrsbedingter Habitatverluste werden über die Kosten von Ersatzmassnahmen für verlorengegangene Habitate bestimmt. Zu diesem Zweck werden die Flächenbeanspruchungen der Verkehrsträger und die dabei beeinträchtigten Lebensraumtypen erhoben (Mengengerüst), wonach die Ersatzkosten ermittelt werden.

Es wird kein Reparaturansatz verwendet

Es ist zu betonen, dass kein Reparaturkostenansatz verwendet wird, bei dem die jeweiligen Infrastrukturflächen entsiegelt und die ursprünglichen Habitate wiederhergestellt werden. Vielmehr wird die Fläche der durch die Infrastruktur zerstörten oder beeinträchtigten wertvollen Habitate ermittelt. Die externen Kosten von Habitatverlusten entsprechen den Kosten für die Erstellung der entsprechenden Ersatzhabitatflächen.

3.4.2 Ersatzkosten zum Ausgleich von Habitatverlusten

a) Ausgangs- und Zielbiotope für den Ersatz von Habitaten

Als Ausgangsbiotop wird wo immer möglich intensiv genutztes Kulturland verwendet

Damit die Ersatzmassnahmen bzw. Ersatzkosten bestimmt werden können, müssen die Ausgangsbiotope definiert werden. Ausgangsbiotope sollen gewisse abiotische und biotische Voraussetzungen erfüllen, damit sich darauf das Zielbiotop überhaupt entwickeln kann. Zudem darf das Ausgangsbiotop nicht schon "wertvoll" sein, sondern muss von niedriger Qualität sein, damit überhaupt eine Verbesserung stattfindet.

In der Regel wird landwirtschaftlich genutztes Kulturland (intensiv

genutztes Grünland/Ackerland) als Ausgangsbiotop gewählt. Es werden nur andere Ausgangsbiotope gewählt, wenn das die Entwicklung des Zielbiotopes verlangt (z. B. für die Schaffung eines unregulierten Fließgewässers wird ein belastetes, reguliertes Fließgewässer als Ausgangsbiotop genommen).

b) Kostenrelevante Merkmale der Biotoptypen

Für die Berechnung der Ersatzkosten sind weitere Angaben über die auf den Luftbildern erkennbaren Biotope nötig. Nachfolgende Tabelle liefert folgende Angaben pro Biotoptyp:

Entwicklungszeiten:

Die Entwicklungszeiten der Biotope sind der Literatur entnommen (Bosch & Partner 1993, 1998, Froelich & Sporbeck 1995). Sie sind für die Bestimmung des Wiederherstellungsrisikos sowie für den Funktionalitätsfaktor relevant.

Wiederherstellungsrisiko, Erfolgskontrolle:

Bei den Ersatzkostenberechnungen werden das Wiederherstellungsrisiko sowie die Notwendigkeit einer Erfolgskontrolle berücksichtigt (vgl. Kapitel 3.4.3).

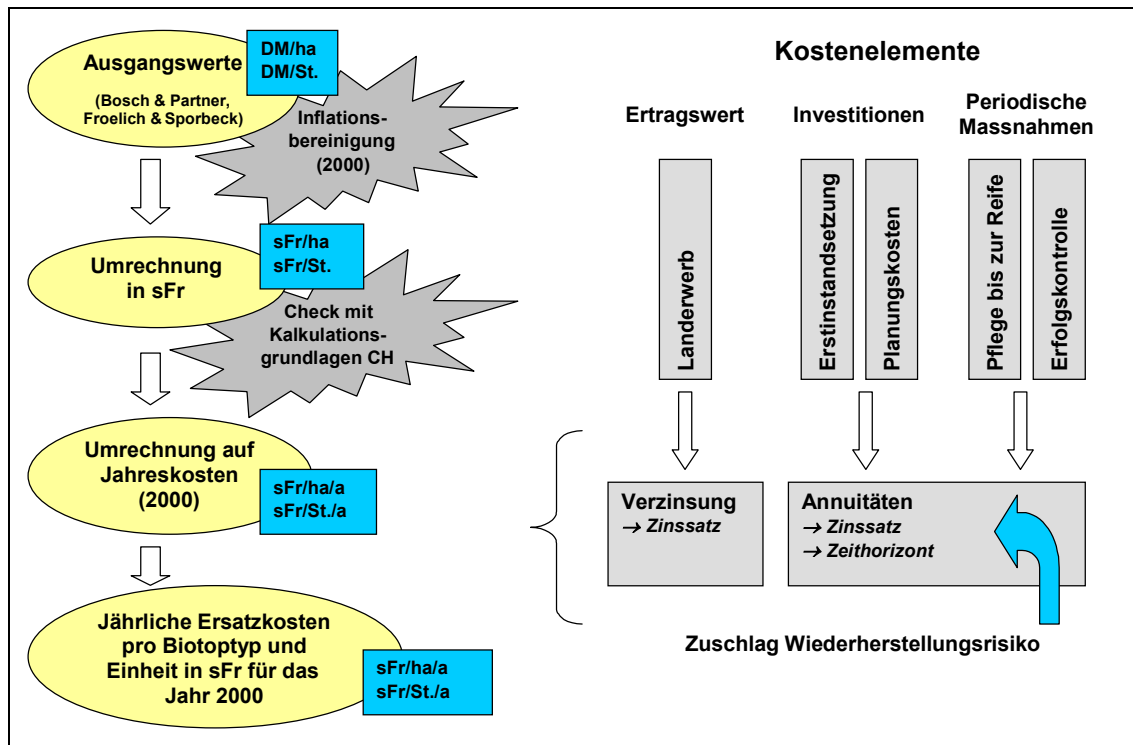
Biotop-nummer	Zielbiotope	Wiederherstellungsrisiko	Entwicklungsdauer	Erfolgskontrolle nötig?
Binnengewässer				
2200	Fliessgewässer < 2 m	hoch - sehr hoch	31 - 80 Jahre	ja
2250	Uferbereich von flächigem Fliessgewässer	hoch - sehr hoch	31 - 80 Jahre	ja
2400	Auenstillgewässer, Altwasser	hoch - sehr hoch	50 - 100 Jahre	ja
2500	Stillgewässer	hoch - sehr hoch	6 - 30 Jahre	ja
	Temporäre Stillgewässer	hoch - sehr hoch	6 - 30 Jahre	ja
Moore, Sümpfe				
3100	Hoch- u. Zwischenmoorstandorte	Sehr hoch	> 150 Jahre	ja
3200	Niedermoores u. Sümpfe (gehölzfrei)	gering	6 - 30 Jahre	ja
3220	Grosseggenried	hoch - sehr hoch	6 - 30 Jahre	nein
	Röhricht	gering	6 - 30 Jahre	nein
Flächen der Landwirtschaft				
4100	Ackerland, intensives Kulturland, Fette Dauerwiesen, intensive Weiden	gering	0 - 2 Jahre	nein
4170	Acker- u. Grünlandbrachen	gering	1 - 5 Jahre	nein
4200	Grünland, strukturreiche Wiesen und Weiden		0 - 10 Jahre	
	Trockenrasen	hoch - sehr hoch	81 - 150 Jahre	ja
	Halbtrockenrasen	hoch - sehr hoch	81 - 150 Jahre	ja
	Extensiv genutztes, frisches Grünland	gering	6 - 30 Jahre	nein
	Extensiv genutztes, nass-feuchtes Grünland	gering	6 - 30 Jahre	nein
4400	Weinbauflächen	mittel	100 Jahre	mittel
4470	Weinbrache (Alte Rebkulturen u. Rebbrachen)	mittel	100 Jahre	ja
4900	Böschungen <= 2 m Breite, Ackerrandstreifen	gering		nein
Rohbodenstandorte				
5400	Ruderalflächen	gering		nein
	Ruderalflur auf Kies, Sand, bindigem Substrat	gering	3 - 20 Jahre	nein
	Boden- und Gesteinsaufschlüsse	gering	?	nein
	Sand-, Kies- u. Schotterflächen	gering	20 Jahre	nein
	Strassen mit grünem Mittelstreifen	gering	1 Jahr	nein
5500	Steinriegel, Trockensteinmauern	gering	50 Jahre	nein
5800	Fels	gering		nein
Bäume, Feldgehölze, Gebüsche				
6100	Hecken, Feldgehölze, bachbegleitende Gehölzsäume	hoch - sehr hoch	- 80 Jahre	ja
6220	Lebhag	gering	6 - 30 Jahre	nein
6300	Baumreihe (Allee)	hoch	60 Jahre	ja
6400	Einzelbäume	hoch - sehr hoch	50 - 150	nein
6500	(Alter) Streuobstbestand	hoch - sehr hoch	81 - 150 Jahre	nein
Wälder				
7001	Potenzielle Auenwälder	sehr hoch	> 150 Jahre	ja
	Bruchwälder	sehr hoch	> 150 Jahre	ja
7002	Waldweide (nur in eindeutigen Fällen)	hoch - sehr hoch	100 Jahre	nein
7100	Laubwälder	hoch - sehr hoch	> 150 Jahre	nein
7200	Nadelwälder	hoch - sehr hoch	50 - 100 Jahre	nein
7300	Mischwälder	hoch - sehr hoch	> 150 Jahre	nein
7800	Waldmäntel (Annahme 5 m breiter Waldmantel)	hoch - sehr hoch	- 80 Jahre	ja

Tabelle 8: Kostenrelevante Merkmale der auf den Luftbildern erkennbaren Biotoptypen.

3.4.3 Berechnungsmethode Habitatersatz

a) Übersicht Berechnungsmethode

Nachfolgend wird erklärt, wie die Kosten für den Ersatz eines Biotop-
typs pro Einheit berechnet werden. Es gilt die zu berücksichtigenden
Kostenelemente und -faktoren auf jährliche Kosten (in sFr.) umzu-
rechnen, wie Figur 12 zeigt: *Es werden Jahres-
kosten berechnet*



Figur 12: Vorgehen bei der Umrechnung in jährliche Ersatzkosten pro Biototyp.

b) Zu berücksichtigende Kostenelemente

Bei der Berechnung der Ersatzkosten für die durch die Verkehrsinfrastruktur verursachten Habitatverluste müssen folgende Kostenelemente berücksichtigt werden:

Landerwerb: Das Land, auf dem für die verlorengegangenen Biotope Ersatz geschaffen wird (Ausgangsbiotop), muss zuerst erworben werden.

Erstinvestition: Unter dem Begriff der Erstinvestition werden alle Massnahmen zusammengefasst, die zur Startsituation führen (grösstmögliche Übereinstimmung der abiotischen Standortbe-

dingungen zwischen Ausgangs- und Zielbiotop). Die Startsituation bildet den Ausgangspunkt für eine entsprechende biotische Entwicklung.

Entwicklungspflege: Erfolgen die Massnahmen zur Herstellung der Startsituation über mehrere Jahre, so wird von Entwicklungspflege gesprochen.

Pflegemassnahmen: Nach der kurzfristig erreichbaren Etablierung der abiotischen Standortbedingungen können zur Förderung und Stabilisierung der biotoptypischen Lebensräume Pflegemassnahmen über mehrere Jahre notwendig sein.

Ziel der Pflegemassnahmen ist es, die möglicherweise noch bestehenden abiotischen Differenzen weiter zu minimieren und die Entwicklung der Lebensräume zu einer grösstmöglichen Übereinstimmung mit der Ausstattung des Zielbiotopes zu lenken.

Planungskosten: Neben den massnahmenbezogenen Kosten sind Planungskosten (Planung der Erstinstandsetzung sowie Pflegemassnahmen) mit einzubeziehen (gehören zu den Investitionen).

Erfolgskontrolle: Um die Durchführung der Ersatzmassnahmen auf ihre Wirksamkeit zu prüfen, müssen Kosten für die Erfolgskontrolle berücksichtigt werden (laufende oder periodische Kosten).

c) **Ausgangswerte aus Deutschland und Umrechnung in sFr.**

Ermittlung der Ersatzkosten aufgrund von standardisierten kalkulatorischen Kosten

Die externen Kosten der Wirkungskette Habitatverluste werden aufgrund von standardisierten kalkulatorischen Kosten für Ersatzmassnahmen ermittelt. Dieser Ansatz benötigt also jene Kosten, die zur "Wiederherstellung" bzw. für den Ersatz von Biotopen ermittelt wurden. Der Ansatz besteht durch die Klarheit, wie mittels Kosten und Flächengrössen eindeutige, leicht nachvollziehbare Kompensations- bzw. Ersatzkosten ermittelt werden können.

Entsprechende Massnahmen- und Kostenerhebungen wurden bislang von den Planungs- und Beratungsbüros Bosch & Partner und Froelich & Sporbeck aus Deutschland (Bosch & Partner 1993/1998 bzw. Froelich & Sporbeck 1995) ermittelt.

Da vergleichende Arbeiten für die Schweiz nicht vorhanden sind, stellen diese Arbeiten die Ausgangswerte unserer Berechnungen dar. Nachfolgend wird kurz erläutert, wie Bosch & Partner die Kostensätze ermittelt haben:

Kernstück der ersten Arbeit (Bosch & Partner 1993) stellen die Massnahmen Tabellen dar, in der die Wiederherstellungsmassnahmen angegeben sind, um Ausgangsbiotop in Zielbiotop überzuführen. Über die Inwertsetzung dieser Massnahmen⁸ und deren Aufsummierung können Kosten für einzelne Biotopwiederherstellungen in Abhängigkeit von bestehenden Ausgangsbiotopen angegeben werden. Die anzurechnenden Kosten wurden aufgrund einer ex-post Analyse für die benötigten Massnahmen ermittelt und in der Kostendatei aufgeführt. Neben diesen massnahmengeordneten Wiederherstellungsschritten werden auch Kosten für die Planung, die Erfolgskontrolle und für Ausgleichszahlungen für Flächenextensivierungen ermittelt.

Erstellung von Massnahmenbündeln und Kostendatei für Wiederherstellung von Biotopen

Die ermittelten Wiederherstellungskosten sind gemäss (Bosch & Partner) noch unzureichend mit Kosten belegt und weisen grosse Schwankungsbreiten auf. In einer zweiten Arbeit für die Stadt Oberhausen (Bosch & Partner 1998) wurden die Massnahmen und deren Kosten für die Wiederherstellung von Biotoptypen überarbeitet und ergänzt. Für die Bestimmung der Ersatzkosten in der vorliegenden Untersuchung werden anschliessend möglichst die Werte der zweiten Bosch-Studie verwendet (gewisse Biotoptypen wie z.B. Hochmoor sind aber in der Kostendatei von Oberhausen nicht vorhanden).

Froelich & Sporbeck weisen "im Gutachten zur Ausgleichsabgabe in Thüringen" (Froelich & Sporbeck 1995) Kosten für Massnahmen aus, welche im Jahre 2000 aktualisiert wurden (Froelich & Sporbeck 2000). Diese Kosten fliessen in unsere Berechnungen mit ein, um eine bessere Datengrundlage zu erhalten.

Verifizierung der Preise durch Einbezug der Arbeiten von Froelich & Sporbeck

Die oben erwähnten deutschen Kostendateien werden auf einen einheitlichen Kostenindex umgerechnet (1998, Annahme: zwischen 1993 und 1998 jährlich durchschnittlich 2% Inflation in der BRD) und durch den Einbezug von Schweizer Kalkulationsgrundlagen auf Schweizer Verhältnisse angepasst. Wo Schweizer Kostenangaben fehlen, werden die deutschen Kalkulationsgrundlagen mit der 1:1-Umrechnung von DM auf sFr. übernommen (für Details bzgl. Kalkulationsgrundlagen siehe Anhang A-5).

Bildung eines einheitlichen Kostenindex und 1:1-Umrechnung DM auf sFr. bei fehlenden Schweizer Angaben

8 Basis: Auswertung realer Vorhaben, wobei typische Arbeitsschritte des Garten- und Landschaftsbaus und aus der Land- und Forstwirtschaft herangezogen wurden.

Die für unsere Berechnungen verwendeten Einzelkosten sowie die notwendigen Massnahmen pro Biotoptyp sind im Anhang A-6 aufgeführt.

d) Berücksichtigung von Wiederherstellungsrisiken

Die nachhaltige Entwicklung der Zielbiotope ist nicht gesichert, deshalb wird ein Wiederherstellungsrisiko mitberücksichtigt

Die Erstinstandsetzungsmassnahmen sowie die Pflegemassnahmen garantieren nicht, dass sich das Zielbiotop nachhaltig entwickelt. Die Wiederherstellungsrisiken und die Länge der Entwicklungszeiten bis zur weitgehenden Funktionserfüllung stehen häufig in engem Bezug zur naturschutzfachlichen Bedeutung der betroffenen Biotoptypen (z. B. Hochmoor, Entwicklungszeit > 100 Jahre, hohes Wiederherstellungsrisiko).

Von höheren Risiken ist u.a. auszugehen, wenn

- Lebensgemeinschaften naturnaher Biotope neu hergestellt werden,
- Lebensgemeinschaften geschaffen werden, deren Entwicklung längere Zeiträume benötigen,
- Nährstoffarme Biotope bzw. Lebensräume hergestellt werden und
- Biotope und Lebensraumtypen mit komplexen abiotischen Standortbedingungen hergestellt werden.

Zur Zeit reichen die vorhandenen Erfahrungen und wissenschaftlichen Kenntnisse nicht aus, um allgemeingültige quantitative Aufschläge zur Kompensation von Risiken anzugeben. Aufschläge für Wiederherstellungsrisiken sind deshalb auf der Grundlage der beeinträchtigten Funktionen und unter Bezugnahme auf die Ausgangssituationen sowie auf die vorgesehenen Herstellungs-, Pflege- und Entwicklungsmassnahmen einzelfallbezogen festzulegen.

Definition von Risikoaufschlägen

Im "Gutachten für die Ausgleichsabgabe in Thüringen" (Froelich & Sporbeck 1995) wurden Risikoaufschläge anhand der Einstufung von Wiederherstellungsrisiken definiert. Dabei wird eine Obergrenze von Risikoaufschlägen von 50% bezogen auf den Massnahmenumfang vorgeschlagen. Die nachfolgend dargestellten und von Froelich & Sporbeck vorgeschlagenen prozentualen Risikoaufschläge werden bei den Berechnungen der externen Kosten mitberücksichtigt:

Wiederherstellungsrisiko	% Risikoaufschlag
Gering	0
Mittel	15
Hoch	30
Sehr hoch	50

Quelle: Froelich & Sporbeck 1995

Tabelle 9: Einstufung von Wiederherstellungsrisiken und die Umsetzung in prozentuale Risikoaufschläge.

In unseren Berechnungen wird das Wiederherstellungsrisiko (Unvorhersehbarkeit der Natur) als Zuschlag zwischen 0 und 50% auf die Kosten der Massnahmen berücksichtigt. Die Kosten für die Erstinstandsetzung sowie die Pflegemassnahmen pro Biotoptyp werden also um 0 bis 50% erhöht.

Das Wiederherstellungsrisiko wird mit einem Zuschlag berücksichtigt

e) **Diskontierung** (siehe auch Kapitel 2.4.5)

Nutzen und Kosten, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten entstehen, müssen auf einen gemeinsamen Zeitpunkt umgerechnet bzw. diskontiert werden. Erst nach erfolgter Diskontierung lassen sich zeitlich verschiedene Nutzen und Kosten miteinander vergleichen und zu jeweils gemeinsamen Werten zusammenfassen. Als gemeinsamer Zeitpunkt bietet sich hier der Beginn eines Projektes an (Berechnung des Gegenwartswerts von Investitionen). Die Kosten für die Entwicklungspflege zum Beispiel, welche über drei Jahre anfallen, werden auf den Zeitpunkt des Starts der Ersatzmassnahmen umgerechnet.

Die Kosten müssen auf einen gemeinsamen Zeitpunkt umgerechnet werden (Diskontierung)

Die Wahl des Diskontsatzes ist vor allem bei der Bewertung von Auswirkungen, die weit in der Zukunft liegen, von entscheidender Bedeutung. Bei unseren Berechnungen wird ein realer Diskontsatz von 3% verwendet⁹.

f) **Umrechnung auf Jahreskosten**

Die inflationsbereinigten Kosten für die Ersatzmassnahmen werden auf Jahreskosten umgerechnet, wofür je nach Kostentyp das folgende Vorgehen gewählt wird:

⁹ Ausgehend von einem biozentrischen oder sehr auf künftige Nachhaltigkeit ausgerichteten Ansatz wird in der Regel die Diskontierung in Frage gestellt oder zumindest ein sehr tiefer realer Diskontsatz gefordert. Beim Ersatzkostenansatz ist eine übliche Diskontierung jedoch angebracht. Für die Kosten der Ersatzmassnahmen gelten die üblichen gesellschaftlichen Zeitpräferenzen und Opportunitäten. Tiefe Diskontsätze würden zu unrealistisch tiefen Kosten für diese Ersatzmassnahmen führen.

Die Verzinsung des Marktwertes für den Landerwerb ergibt die Jahreskosten

Landerwerb:

Die Verzinsung des Marktwertes für den Landerwerb ergibt die Jahreskosten. Abschreibungen werden keine vorgenommen, da kein Wertverzehr stattfindet. Es ist nicht zu erwarten, dass der Marktwert des Bodens in der Schweiz langfristig sinken wird.

Die Investitionen werden in Annuitäten umgerechnet

Erstinstandsetzung (Investitionen):

Die Investitionskosten für die Massnahmen zur Erstinstandsetzung werden in Annuitäten¹⁰ umgerechnet, was einen jährlich konstanten Kostenstrom über den Betrachtungshorizont ergibt. Für die Berechnung der Annuitäten wird ein Zinssatz von 3% angenommen. Der hier gewählte Ansatz geht davon aus, dass die jeweils entscheidende Generation diese Kosten tragen muss und dass die Kosten deshalb maximal über eine Generation (25 bis 35 Jahre) abgeschrieben werden. In den vorliegenden Berechnungen beträgt der Betrachtungshorizont für die Amortisation der Kosten der Ersatzmassnahmen 30 Jahre.

Berechnung des Barwerts der bis zur Reife des Zielbiotops notwendigen Massnahmen und Umrechnung in Annuität

Pflege bis zur Reife (periodische Massnahmen):

Die Kosten der bis zur Reife des Zielbiotops notwendigen Pflegemassnahmen werden auf den heutigen Wert zurückdiskontiert und summiert¹¹. Dieser Barwert wird dann in einen konstanten Kostenstrom umgerechnet (Berechnung der Annuität, siehe oben); der Betrachtungshorizont beträgt 30 Jahre.

3.4.4 Externe Kosten von verkehrsbedingten Habitatverlusten

Nachfolgende Tabelle fasst die resultierenden spezifischen Ersatzkosten für die Erstellung der hier unterschiedenen Zielbiotope aus ökologisch minderwertigen Ausgangsbiotopen zusammen. Die Detailberechnungen pro Biotoptyp befinden sich im Anhang.

¹⁰ Die Annuität (abhängig vom Zinssatz; Zeitraum und Barwert) liefert die konstante Zahlung pro Jahr für die Verzinsung und Tilgung der Investitionen.

¹¹ Der Barwert ist der Gesamtbetrag einer Reihe zukünftiger Zahlungen, die auf den jetzigen Zeitpunkt abdiskontiert werden.

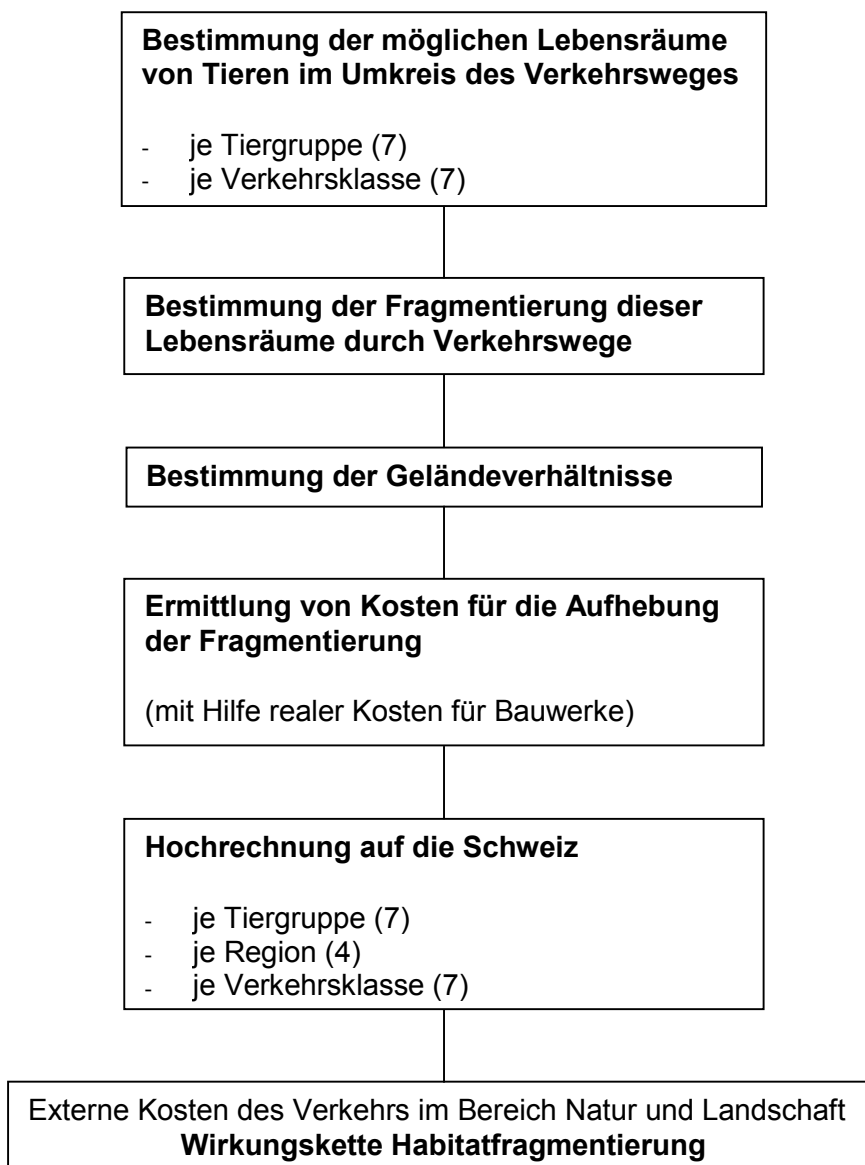
Codebereich	Code GIS	Zielbiotope nach Bosch	Erhebung GIS	Einheit	Gesamtjahreskosten 2000 inkl. 7.5% MWSt. in sFr./Einheit/a		
					Mittlere Kosten	Minimale Kosten	Maximale Kosten
2000		Binnengewässer					
	2500	Stillgewässer	Fläche	ha	25'050	16'890	33'380
		Temporäre Stillgewässer	Fläche	ha	36'080	28'470	43'780
		Durchschnitt 2500: (Annahme: 80% Stillgewässer, 20% temp. Stillgewässer)	Fläche	ha	27'256	19'206	35'460
	2400	Auenstillgewässer, Altwasser	Fläche	ha (10 m breit, 1000 m lang)	52'000	42'810	61'300
	2200	Fliessgewässer <2 m	Linie	100m (2m breit)	18'310	14'820	21'810
	2250	Fliessgewässer > 2 m, Uferbereich (beide Seiten)	Linie	100m (2*50m)	9'155	7'410	10'905
3000		Moore, Sümpfe					
3220-22	3100	Hoch- u. Zwischenmoorstandorte	Fläche		31'140	20'990	41'480
3230	3220	Grosseggenried	Fläche	ha	20'470	16'640	25'550
		Röhricht	Fläche	ha	7'560	5'800	9'340
		Durchschnitt 3220: (Annahme: 40% Röhricht, 60% Grosseggenried)	Fläche	ha	15'306	12'304	19'066
	3200	Niedermoore u. Sümpfe (gehölzfrei)	Fläche		44'730	24'810	65'030
4000		Flächen der Landwirtschaft; Staudenfluren					
4170	4200	Grünland, strukturreiche Wiesen und Weiden (beweidetes extensives Grünland)	Fläche	ha	4'230	1'830	4'810
		Trockenrasen/Halbtrockenrasen	Fläche	ha	37'330	27'990	47'540
		Extensiv genutztes, frisches Grünland	Fläche	ha	3'310	1'830	4'810
		Extensiv genutztes, nass-feuchtes Grünland	Fläche	ha	9'150	5'250	13'080
		Durchschnitt 4200: (Annahme: 30% Wiesen und Weiden, 30% Trocken-/Halbtrockenrasen, 30% frisches Grünland, 10% nass-feuchtes Grünland)	Fläche	ha	14'376	10'020	18'456
4270	4170	Ackerbrachen	Fläche	ha	2'720	1'860	3'590
		Grünlandbrachen	Fläche	ha	3'630	1'900	5'380
		Acker- u. Grünlandbrachen (Annahme: je 50%)	Fläche	ha	3'175	1'880	4'485
	4470	Weinbrache (Alte Rebkulturen u. Rebbrachen)	Fläche	ha	27'110	20'000	34'400
	4900	Böschungen <= 2 m Breite, Ackerrandstreifen	Linie	100m (2m breit)	85	37	96
5000		Rohbodenstandorte					
	5400	Ruderalflächen	Fläche	ha	9'750	8'160	11'370
		Ruderalflur auf Kies, Sand, bindigem Substrat	Fläche				
		Boden- und Gesteinsaufschlüsse	Fläche				
		Sand-, Kies- u. Schotterflächen	Fläche				
		Strassen mit grünem Mittelstreifen	Fläche				
	5500	Steinriegel, Trockensteinmauern	Linie	100m (2m breit)	3'380	2'180	4'610
	5800	Fels	Fläche		9'060	7'900	10'210
6000		Bäume, Feldgehölze, Gebüsche					
6100, 6200	6100	Hecken, Feldgehölze, bachbegleitende Gehölzsäume	Fläche	ha	22'130	18'280	26'010
	6220	Lebhag	Linie (2m breit)	2m breit * 100m lang	4'510	4'390	4'720
	6300	Baumreihe (Allee)	Linie (5 m breit)	5m breit * 100m lang	1'940	1'690	2'190
	6400	Einzelbäume	Punkt (25m2)	St. (25m2)	140	90	150
	6500	(Alter) Streuobstbestand	Fläche	ha	15'130	6'860	23'410
7000		Wälder					
extra	7001	Potenzielle Auenwälder	Fläche	ha	16'090	12'220	19'990
		Bruchwälder	Fläche	ha	23'400	18'400	28'450
		Durchschnitt 7001: (Annahme: 60% Auenwälder, 40% Bruchwälder)	Fläche	ha	19'014	14'692	23'374
	7100	Laubwälder	Fläche	ha	13'510	9'960	17'040
	7200	Nadelwälder	Fläche	ha	13'510	9'960	17'040
	7300	Mischwälder	Fläche	ha	13'510	9'960	17'040
	7800	Waldmäntel (Annahme 5 m breiter Waldmantel)	Linie	100m (5m breit)	5'320	3'780	6'860
extra	7002	Waldweide (nur in eindeutigen Fällen)	Fläche	ha	10'470	7'580	13'360

Tabelle 10: Jahreskosten für die Erstellung unterschiedlicher Zielbiotope pro Einheit.

4 Habitatfragmentierung

Die Habitatfragmentierung wird auf Luftbildern analysiert. Dabei interessiert, ob grundsätzlich geeigneter Lebensraum für eine Anzahl ausgewählter Tiergruppen vorhanden ist und ob der untersuchte Verkehrsweg diesen Lebensraum zerschneidet. Die folgende Grafik bietet einen Überblick, wie die externen Kosten der Habitatfragmentierung ermittelt werden:

Es wird untersucht, ob der Verkehrsweg einen Lebensraum zerschneidet



Figur 13: Übersicht der Kostenberechnung bei der Wirkungskette Habitatfragmentierung.

4.1 Luftbildinterpretation zur Erfassung der Habitatfragmentierung

4.1.1 Bestimmung der Lebensräume von Tieren

Dieselbe Stichprobe untersucht wie bei den Habitatverlusten

Die möglichen Lebensräume von Tieren werden auf den Luftbildern der 1990er Jahre bestimmt. Es werden die gleichen Verkehrsabschnitte untersucht wie bei der Bestimmung der Habitatverluste. Dabei wird beurteilt, für welche Gruppen von Tierarten im Umkreis von 500 m bis 1'000 m um die Verkehrsanlage geeignete Lebensräume vorhanden sind. Die Untersuchungen beschränken sich auf Arten, die mobil sind und deren Ansprüche und Mobilitätseigenschaften gut bekannt sind. Ausserdem sind nur Tiergruppen berücksichtigt, die einen relativ begrenzten Lebensraum (< 100 ha) beanspruchen. Es werden folgende Gruppen unterschieden:

- **Reh:** Arten mittlerer Flächenansprüche Wald1 ("Fluchttyp").
- **Feldhase:** Mobile Arten mittlerer Flächenansprüche offene Kulturlandschaft.
- **Dachs:** Arten mittlerer Flächenansprüche Wald2 ("Höhlentyp").
- **Igel:** Arten kleiner Flächenansprüche Wald und Offenland: Kleinsäuger wie Igel, Spitzmäuse, Mäuse.
- **Amphibien:** wandernde Amphibien wie Erdkröte.
- **Bachlebewesen:** Wirbellose und Fische (ohne Biber) (strassenbedingte Eindolung über 20 m).

Für die grossräumigen Lebensräume von Tieren wird die aktuelle Literatur berücksichtigt

Die Fragmentierungen für Tiergruppen mit grossen Lebensräumen und die auf den Luftbildern nicht erfassbaren überregionalen Wanderkorridore werden aus der aktuellen Literatur übernommen.

4.1.2 Bestimmung der Fragmentierung

Fragmentierung liegt vor, wenn auf beiden Seiten des Verkehrsweges geeignete Lebensräume für Tiere ausgemacht werden

Sind geeignete Lebensräume für eine oder mehrere der untersuchten Tiergruppen erkannt worden, so wird analysiert, ob diese durch den untersuchten Verkehrsweg fragmentiert werden. Eine Fragmentierung liegt vor, wenn auf beiden Seiten des Verkehrsweges geeignete (Teil-)Lebensräume ausgemacht werden können und wenn die Bedeutung des Verkehrsweges ein Queren für die entsprechende Tiergruppe stark erschwert oder verunmöglicht. Für die Beurteilung der Querungsmöglichkeiten stützt sich die vorliegende Arbeit auf die Er-

gebnisse der aktuellen Forschung des Bundes ab (BUWAL, ARE, BAV, ASTRA 2001; BUWAL, SGW, Schweiz. Vogelwarte 2001).

Die Beurteilung der Fragmentierungen erfolgt ohne Berücksichtigung des Verkehrsbetriebs, ausser bei 1. Klass-Strassen, wo nur bei einer Frequenz grösser als 10'000 Fahrzeuge pro Tag eine Fragmentierung für Wildtiere festgestellt werden kann.

Das detaillierte Vorgehen zur Bestimmung der Fragmentierungen auf dem Luftbild ist in Anhang 3 dargestellt.

4.1.3 Bestimmung der Geländeverhältnisse

Auf dem Luftbild wurden die Stellen bestimmt, an denen die jeweiligen Tiergruppen den Verkehrsweg wahrscheinlich queren würden. Dabei wurde auf mögliche Leitlinien wie Hecken, Bachläufe oder Geländemulden geachtet. An der Stelle der wahrscheinlichen Querung des Verkehrswegs wurden im Hinblick auf die spätere Monetarisierung die Geländeverhältnisse erhoben (z.B. Eben, Damm, Einschnitt, Bach).

4.2 Resultate Mengengerüst

Resultate Mengengerüst sind plausibel

Die auf die ganze Schweiz hochgerechneten Fragmentierungen zeigen ein relativ stetiges Bild in Abhängigkeit von den Verkehrsklassen und den betroffenen Tiergruppen. So zeigen die festgestellten Fragmentierungen über alle Tiergruppen pro 100 km Verkehrsweg eine etwa konstante Grösse für die Autobahnen, Autostrassen und mehrspurigen Bahnen. Die untergeordneten Strassen und die einspurigen Bahnen sind unter sich ebenfalls etwa einheitlich. Dazwischen liegen die 1. Klass-Strassen, die bei Frequenzen über 10'000 Autos pro Tag wie Hochleistungsstrassen und unter 10'000 Autos pro Tag wie das untergeordnete Strassennetz beurteilt wurden. Fragmentierungen für Bachlebewesen sind unabhängig von der Verkehrsklasse überall etwa gleich häufig identifiziert worden.

Anzahl Fragmentierungen nach Verkehrsklasse, hochgerechnet auf die Schweiz

Tiergruppen	Geländeverhältnisse	Auto- bahn	Auto- strasse	1. Klass- Strasse	2. Klass- Strasse	3. Klass- Strasse	Bahnen mehrsp.	Bahnen einspur.	Total
Reh/Feldhase	Eben, Verkehrsweg im Einschnitt	888	189	2078	0	0	786	0	3'941
Reh/Feldhase	Verkehrsweg auf Damm	552	74	162	0	0	197	0	985
Reh/Feldhase	Bach quert Verkehrsweg	110	22	90	0	0	19	0	241
Dachs/Igel	Eben, Verkehrsweg auf Damm	1967	393	1993	0	0	1221	0	5'574
Bachlebewesen	---	462	23	2375	4980	11736	360	1511	21'447
Amphibien	Strasse, Schotterkörper	299	120	565	0	0	143	0	1'127
Amphibien	Schotterkörper einspurig	0	0	0	0	0	0	221	221
Gesamt		4278	821	7263	4980	11736	2726	1732	33536

Tabelle 11: Verteilung der Fragmentierungen nach Verkehrsklasse, hochgerechnet auf die ganze Schweiz.

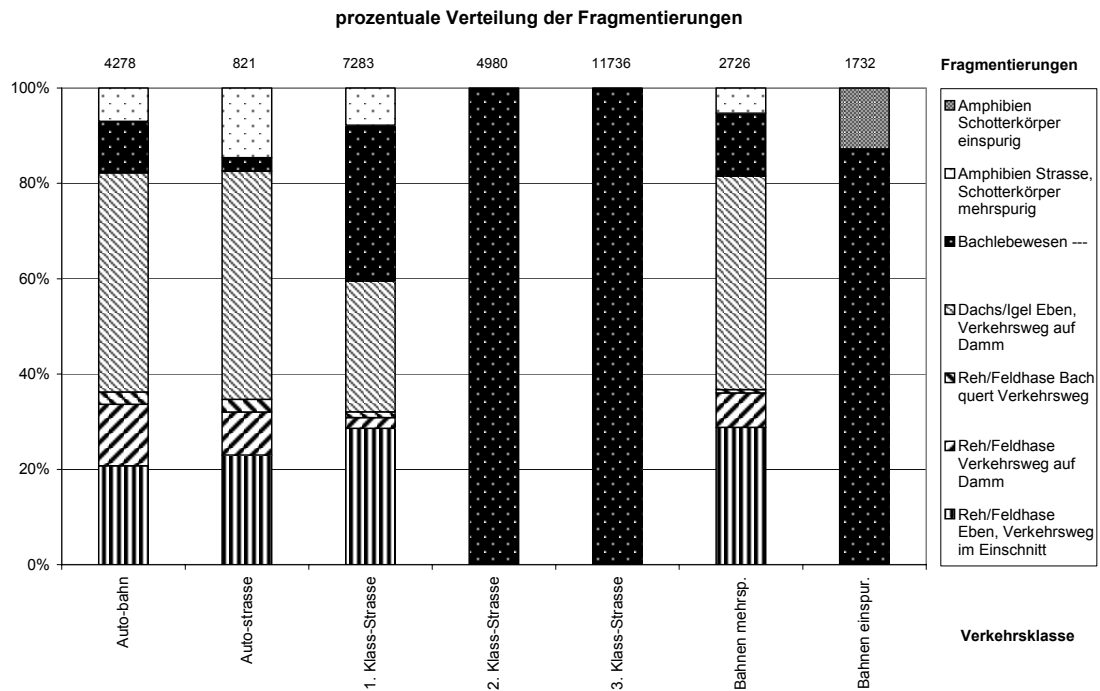
Anzahl Fragmentierungen nach Verkehrsklasse, hochgerechnet auf 100 km Verkehrsweg

Tiergruppen	Geländeverhältnisse	Auto- bahn	Auto- strasse	1. Klass- Strasse	2. Klass- Strasse	3. Klass- Strasse	Bahnen mehrsp.	Bahnen einspur.	Total
Reh/Feldhase	Eben, Verkehrsweg im Einschnitt	65.2	65.2	40.1	0	0	73.5	0	9
Reh/Feldhase	Verkehrsweg auf Damm	40.5	25.5	3.1	0	0	18.4	0	2.2
Reh/Feldhase	Bach quert Verkehrsweg	8.1	7.6	1.7	0	0	1.8	0	0.6
Dachs/Igel	Eben, Verkehrsweg auf Damm	144.3	135.5	38.5	0	0	114.2	0	12.7
Bachlebewesen	---	33.9	7.9	45.9	45.8	53.4	33.7	49.9	49
Amphibien	Strasse, Schotterkörper	21.9	41.4	10.9	0	0	13.4	0	2.6
Amphibien	Schotterkörper einspurig	0	0	0	0	0	0	7.3	0.5
Gesamt		313.9	283.1	140.2	45.8	53.4	255	57.2	76.6

Tabelle 12: Verteilung der Fragmentierungen nach Verkehrsklasse, hochgerechnet auf jeweils 100 km Verkehrsweg.

Zwei Drittel aller erfassten Fragmentierungen betreffen Bachlebewesen. Dieser Umstand gründet vor allem auf der Tatsache, dass diese Fragmentierungen bei allen Verkehrsklassen gegeben sind. Mit einem Sechstel am zweithäufigsten wurden Fragmentierungen für Dachs und Igel festgestellt.

Fragmentierungen für Bachlebewesen machen den grössten Teil aller Fragmentierungen aus



Figur 14: *Prozentuale Verteilung der Fragmentierungen nach Verkehrsklasse. Lesebeispiel: Von den hochgerechnet 4'278 kleinräumigen Fragmentierungen der Lebensräume durch Autobahnen entfallen rund 35% auf die Gruppe Reh und Feldhase. Dabei liegt der Verkehrsweg bei rund 20% im Einschnitt, bei gut 10% auf einem Damm und bei rund 5% quert gleichenorts ein Bach den Verkehrsweg.*

Die oben aufgeführten Zahlen umfassen die auf den Luftbildern erhobenen Fragmentierungen. Darin noch nicht berücksichtigt sind die Daten, die aus der Literatur übernommen werden (BUWAL, ARE, BAV, ASTRA 2001). Darin werden 51 überregionale Wanderkorridore ausgewiesen, die im Bereich von Verkehrswegen saniert werden müssen.

Aktuelle Studien des Bundes weisen 51 grossräumige Fragmentierungen aus

4.3 Vergleich mit den aktuellen Untersuchungen von BUWAL und ASTRA

Vorliegende Studie weist 5'000 kleinräumige Fragmentierungen aus

Der Vergleich mit den oben erwähnten 51 beeinträchtigten, überregionalen Wanderkorridoren und den in dieser Studie ausgewiesenen rund 5'000 Fragmentierungen für Reh und Hase mag auf den ersten Blick überraschen. Die grosse Differenz ist auf den unterschiedlichen Untersuchungsgegenstand in den Studien zurückzuführen. Die Untersuchungen von BUWAL und ASTRA konzentrieren sich auf die Unterbrechung von 303 bekannten, überregionalen Wanderkorridoren von grösseren Wildtieren. Diese werden zu einem grossen Teil für grossräumige Wanderungen zwischen Populationen genutzt, um neue Lebensräume oder Fortpflanzungsplätze zu finden.

Die in der vorliegenden Studie identifizierten Fragmentierungen beziehen sich in erster Linie auf die **kleinräumigen Bewegungen** der Tiere innerhalb ihres Lebensraumes, z.B. vom Schlafplatz zum Futterplatz. Solche Wanderungen finden täglich statt und sind unabhängig von den untersuchten Wanderkorridoren überall möglich.

Bei der Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz (KARCH), die landesweit Daten zu Amphibien sammelt, sind 700 Strassenabschnitte bekannt, auf denen im Frühjahr und Sommer eine grosse Zahl von Tieren überfahren wird. Man geht aber von über 1'000 sanierungsbedürftigen Strassenabschnitten in der Schweiz aus. Diese Daten stimmen relativ gut mit den hier erhobenen Fragmentierungen für Amphibien überein (BUWAL, ARE, BAV, ASTRA 2001, S. 43).

4.4 Externe Kosten von verkehrsbedingten Habitatfragmentierungen

4.4.1 Bewertungsansatz bei Habitatfragmentierungen

Für die Bewertung werden Kostensätze realer Bauwerke verwendet

Für die Bestimmung der externen Kosten von Habitatfragmentierungen wird jeder erhobenen Fragmentierung (Mengengerüst) ein Kostensatz (Wertgerüst) zugeordnet. Dazu werden diejenigen Kosten verwendet, die einem realen Bauwerk entsprechen, das von der jeweiligen Tiergruppe an der jeweiligen Stelle genutzt werden könnte. Es wurde folgende Zuordnung vorgenommen:

Tiergruppen	Geländebeziehungen	Kostensatz basiert auf
Reh/Feldhase	Eben, Verkehrsweg im Einschnitt	Reduzierte Wildtierüberführung
Reh/Feldhase	Verkehrsweg auf Damm	Spezifische Wildtierunterführung
Reh/Feldhase	Bach quert Verkehrsweg	Bachdurchlass für Wildtiere
Dachs/Igel	Eben, Verkehrsweg auf Damm	Kleintierdurchlass
Bachlebewesen	---	Bachdurchlass für Bachlebewesen
Amphibien	Strasse, Schotterkörper mehrspurig	Amphibienleitsystem
Amphibien	Schotterkörper einspurig	Durchgang im Schotterkörper

Tabelle 13: Bei der Bestimmung der externen Kosten werden diejenigen Kosten verwendet, welche dem realen Bauwerk entsprechen, das von der jeweiligen Tiergruppe an der jeweiligen Stelle genutzt werden könnte.

4.4.2 Ergänzung mit den Kosten für überregional notwendige Bauwerke

Um den offiziell ausgewiesenen Sanierungsbedarf von 51 überregionalen Wanderkorridoren (Fragmentierung grossräumiger Lebensräume) zu berücksichtigen, wird dieser in die externen Kosten einbezogen.¹²

Grossräumige Fragmentierungen ebenfalls monetär bewertet

4.4.3 Kostensätze zum Ausgleich der Habitatfragmentierungen

Die eingesetzten Kosten für die Bauwerke setzen sich aus den Investitionskosten (Bauwerkskosten, Feingestaltung und Begrünung) sowie aus den laufenden Pflegemassnahmen zusammen. Je nach Infrastrukturtyp wird eine unterschiedliche Dimensionierung (Breite und Spannweite) angenommen. Die Kostensätze sind mit Unterstützung von ASTRA und SBB ermittelt worden.

Kostensätze basieren auf Zahlen von ASTRA und SBB

¹² Dazu werden 41 Fragmentierungen für Reh und Feldhase mit den Kostensätzen für die Standardwildüberführung (doppelt so breit wie eine reduzierte Überführung) statt mit jenen für eine reduzierte Wildüberführung hochgerechnet. Ausserdem werden zu den Gesamtkosten die Aufwendungen für 10 Landschaftsbrücken hinzu addiert (drei- bis viermal so breit wie eine reduzierte Überführung), die für die Vernetzung der grossräumigen Tierlebensräume notwendig sind und bei der Stichprobenauswertung ebenfalls nicht erfasst werden.

Umrechnung in Jahreskosten mittels Annuitäten Die Investitionskosten werden in Annuitäten umgerechnet, wobei ein realer Zinssatz von 3% angenommen wird. Gemäss ASTRA kann bei den Bauwerken von einer Lebenserwartung von ca. 80 Jahren ausgegangen werden.

a) **Kostensätze Wildtierüberführungen und Landschaftsbrücken**

Es wurden 10 typische Bauwerke aus 4 Kantonen untersucht Der Kostensatz für die reduzierte Wildtierüberführung sowie für die ergänzend eingeführte Standard Wildtierüberführung und Landschaftsbrücke wurde mit Unterstützung des ASTRA ermittelt. Dabei wurden 10 typische Objekte aus 4 Kantonen untersucht. Alle berücksichtigten Bauwerke sind Betonkonstruktionen. Die Breite der Brücken variiert von 30 m bis 200 m, die Spannweite von 15 m bis 53 m. Die Überdeckungen betragen 20 cm bis 150 cm.

Standortabhängige Einflussfaktoren sind kostenrelevant Die Kostensätze pro m² Bauwerk betragen sFr. 1'200.- bis 2'400.-. Diese Kostenunterschiede sind durch folgende Einflussgrössen bestimmt: Topographie (Einschnitt, Ebene, Hanglage), Baugrund (Flachfundation, Pfähle), Stärke der Überdeckung, Spannweiten, Geometrie, Aufwendungen für die Verkehrsführung. Die Länge der Brücke hat bei Längen > 30 m einen relativ geringen Einfluss auf die spezifischen Kosten. Die untere Kostengrenze gilt bei Einschnitten, Flachfundationen, wenig Überschüttung sowie einfacher Verkehrssituation.

Mitberücksichtigung der Feingestaltung und Begrünung Bei den oben ausgewiesenen Kosten sind die groben Erdbewegungen berücksichtigt. Für die Feingestaltung und Begrünung können 2 bis 5% der Bauwerkskosten angenommen werden. Für Unterhaltsarbeiten und Pflege wird mit ca. 1 bis 1,5% der Investitionskosten pro Jahr gerechnet.

b) **Kostensätze Wildtierunterführung und Bachdurchlass für Wild**

Die Kosten variieren stark Die Kostensätze von Wildtierunterführungen wurden vom ASTRA aufgrund von Erhebungen an Unterführungen, Strassen- oder Wegdurchlässen abgeschätzt. Bei diesen Bauwerken können die auf die Bauwerksfläche bezogenen Kosten sehr stark variieren (sFr. 2'000.- bis 7'000.- pro m²).

Die spezifischen Kostensätze für Bachdurchlässe für Wild sind leicht höher und betragen 2'500.- bis 7'500 sFr. pro m².

c) Kostensätze für Kleintierdurchlass, Durchlass Bachlebewesen, Amphibienleitsysteme und durchlässiger Schotterkörper

Die ermittelten Kostensätze der kleineren Bauwerke beruhen auf Projektbeispielen, welche von kantonalen Tiefbauämtern sowie den SBB zur Verfügung gestellt wurden. Es ist zu bemerken, dass sehr wenige Angaben zur Verfügung stehen, da die meisten Objekte Bestandteil eines Infrastrukturprojekts sind und diese Kosten nicht detailliert ausgewiesen werden.

Grundlage bilden wenige Projektbeispiele

4.4.4 Überblick über die verwendeten Kostensätze pro Infrastruktur- und Bauwerktyp

Nachfolgende Tabelle liefert einen Überblick der verwendeten Kostensätze in Abhängigkeit von Fragmentierung und Infrastrukturtyp. Detaillierte Angaben über die Annahmen zur Ermittlung der Kostensätze sind im Anhang A-5 dargestellt.

Jahreskosten	[sFr./a]	Autobahn	Autostrasse	1. Klass-Strasse	2. Klass-Strasse	3. Klass-Strasse	Bahn einspurig	Bahn mehrspurig
Landschaftsbrücke		min. 139'300 max. 320'100 229'700	min. 69'700 max. 160'000 114'800					
Wildüberführung Standard		min. 62'200 max. 143'100 102'700	min. 31'100 max. 71'500 51'300	min. 26'400 max. 60'600 43'500	min. 21'600 max. 49'700 35'700			
Wildüberführung reduziert		min. 34'800 max. 80'000 57'400	min. 17'400 max. 40'000 28'700	min. 14'700 max. 34'000 24'400	min. 12'100 max. 27'900 20'000		min. 17'200 max. 39'400 28'300	
Wildtierunterführung		min. 86'200 max. 336'800 211'500	min. 43'100 max. 168'400 105'800	min. 36'600 max. 143'100 89'900	min. 30'200 max. 117'900 74'000		min. 43'100 max. 180'500 111'800	
Bachdurchlass für Wild		min. 107'800 max. 360'800 234'300	min. 53'900 max. 180'500 117'200	min. 45'800 max. 153'300 99'600	min. 37'800 max. 126'300 82'000		min. 43'100 max. 180'500 111'800	
Kleintierdurchlass		min. 4'300 max. 7'300 5'800	min. 4'300 max. 7'300 5'800	min. 2'200 max. 4'800 3'500	min. 2'200 max. 4'800 3'500		min. 2'200 max. 4'800 3'500	
Durchlass Bachlebewesen		min. 8'600 max. 14'400 11'500	min. 8'600 max. 14'400 11'500	min. 4'300 max. 9'600 7'000	min. 4'300 max. 9'600 7'000	min. 2'200 max. 7'300 4'700	min. 4'300 max. 9'600 7'000	
Amphibienleitsysteme		min. 6'500 max. 14'400 10'500	min. 6'500 max. 12'100 9'300	min. 4'300 max. 9'600 7'000	min. 4'300 max. 9'600 7'000		min. 4'300 max. 9'600 7'000	
Durchlässiger Schotterkörper							min. 2'200 max. 4'800 3'500	

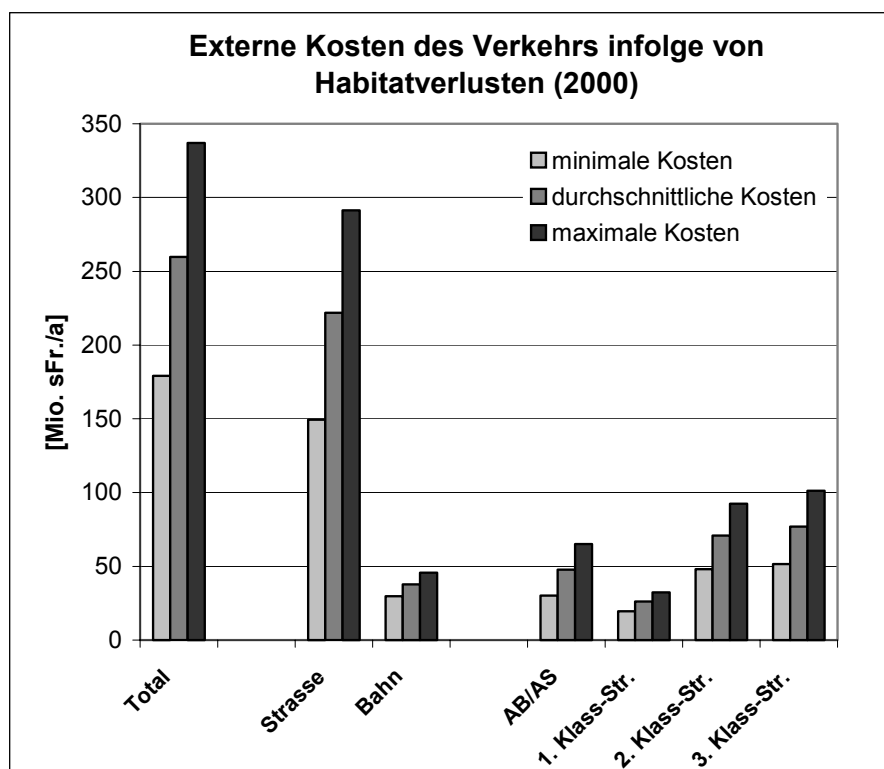
Tabelle 14: Übersicht über die verwendeten Kostensätze (Jahreskosten) zur Bestimmung der externen Kosten von Habitatfragmentierungen pro Infrastruktur- und Bauwerktyp (2000).

5 Externe Kosten im Bereich von Natur und Landschaft Schweiz

5.1 Externe Kosten Habitatverluste

Die externen Kosten des Verkehrs infolge von Habitatverlusten betragen insgesamt zwischen 179 und 337 Mio. sFr. pro Jahr, wie die folgende Figur bzw. die folgende Tabelle illustrieren:

Externe Kosten Habitatverluste (ohne 4. Klass-Strassen): Im Durchschnitt 260 Mio. sFr./a



Figur 15: Externe Kosten des Verkehrs infolge von Habitatverlusten

Infrastrukturtypen	Externe Kosten Habitatverluste in Mio. sFr./a (2000)		
	Durchschnitt	Untere Grenze der Bandbreite	Obere Grenze der Bandbreite
Total	260	179	337
Strasse Total	222	149	291
Schiene Total	38	30	48
Autobahn/Autostrassen	48	30	65
1. Klass-Strassen	26	20	32
2. Klass-Strassen	71	48	93
3. Klass-Strassen	77	52	101

Externe Kosten Habitatverluste: Strasse 222 Mio. sFr./a
Schiene: 38 Mio. sFr./a

Tabelle 15: Externe Kosten von Habitatverlusten

Die Kostenbandbreiten widerspiegeln die standort- und projektabhängigen Abweichungen der einzelnen Kostenelemente von den angegebenen Mittelwerten (minimale, mittlere und maximale Kosten).

Pro km überdurchschnittlicher Kostenanteil der breiten Autobahnen

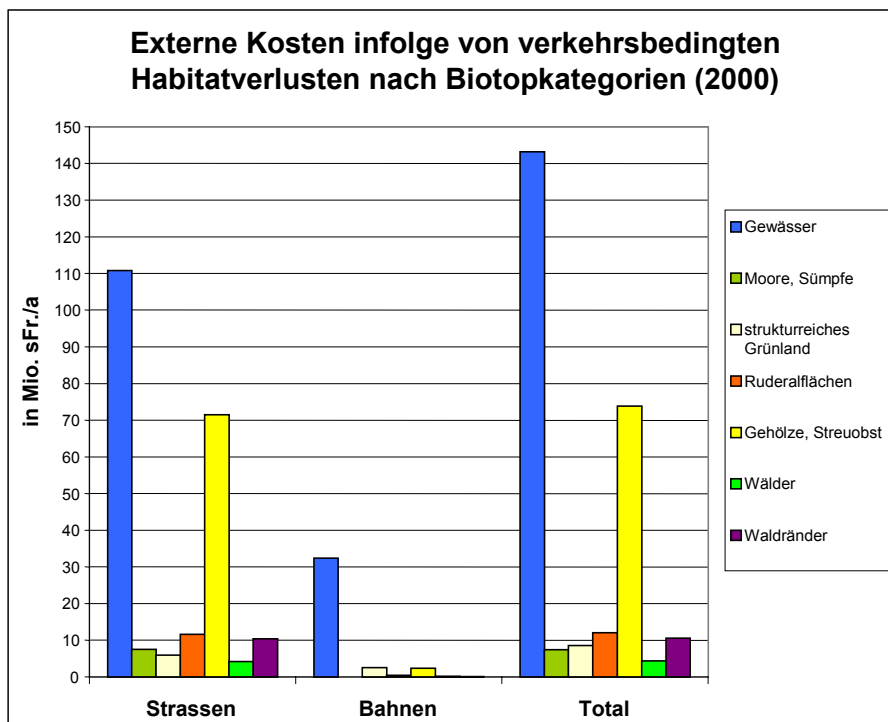
Über 85% der externen Kosten infolge von Habitatverlusten sind der Strasseninfrastruktur anzulasten. Dies ist mit der unterschiedlichen Dichte der Infrastrukturnetze zu begründen. Die berücksichtigten Strasseninfrastrukturen (Autobahn bis 3. Klass-Strassen) haben eine Gesamtlänge von rund 39'685 km, die Länge der Schieneninfrastruktur beträgt rund 4'096 km. Zudem wurde der grösste Teil der Eisenbahnlinien bereits vor den 1950er-Jahren gebaut, also vor dem hier definierten Referenzzustand (vgl. Kapitel 2.3.2). Auch bei der Anlastung der durch die Strasseninfrastruktur verursachten Kosten auf die einzelnen Strassenkategorien korrelieren die externen Kosten mit den Infrastrukturlängen. Da bei den Autobahnen und Autostrassen der Untersuchungsperimeter grösser ist, sind bei ihnen die Kosten pro km Infrastruktur höher als bei den anderen Infrastrukturkategorien.

Infrastrukturtypen	Anteil an externen Kosten	Länge der Infrastruktur	Anteil an Infrastruktur
Autobahn/Autostrassen	18.4%	1'653 km	3.8%
1./2. Klass-Strassen	37.4%	16'053 km	36.7%
3. Klass-Strassen	29.6%	21'979 km	50.2%
Eisenbahn	14.6%	4'096 km	9.3%
Alle	100.0%	43'781 km	100.0%

Tabelle 16: Die Gesamtlängen der Infrastrukturkategorien ausserhalb des Siedlungsgebietes liefern eine wichtige Begründung für die Anteile der externen Kosten infolge Habitatverlusten (Basis L+T, Vektor 25).

Die relativ hohen Kosten von Autobahnen und Autostrassen sowie von Bahnen widerspiegeln die durch diese Verkehrsklassen beanspruchte Fläche. Einerseits wurde der Untersuchungsperimeter dieser Verkehrsklassen von Anfang an breiter gelegt (v.a. Autobahn, Autostrasse), andererseits ist der Untersuchungsperimeter flexibel erweitert worden, wenn der Landbedarf offensichtlich grösser war (z.B. Bahn auf einem Damm).

Die folgende Figur stellt dar, bei welchen Biotopkategorien die externen Kosten von Habitatverlusten anfallen.



Figur 16: Externe Kosten infolge von verkehrsbedingten Habitatverlusten nach Biotopkategorien, aufgeteilt auf Strassen bzw. Bahnen.

Bei Wäldern gibt es keine Flächenverluste, da gemäss Waldgesetz alle Abholzungen mit Aufforstungen kompensiert werden müssen. Die hier ausgewiesenen Kosten für den Ersatz von Wäldern sind auf die Funktionalitätsverluste (schlechtere Einbindung und Reifezustand) zurückzuführen.

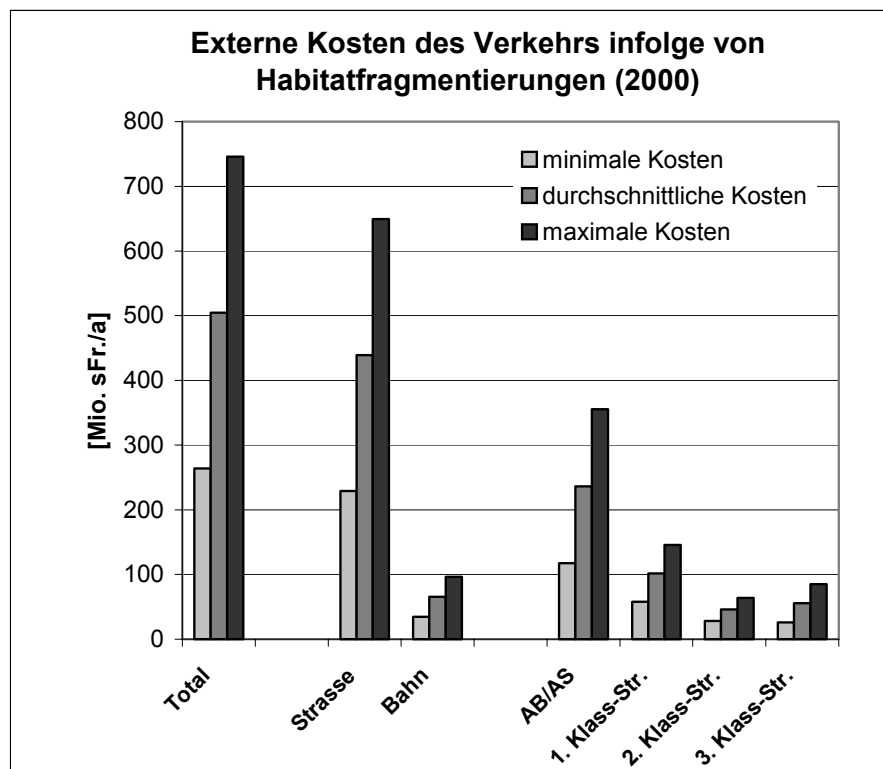
Bei Wäldern keine Flächenverluste (Aufforstungen), nur Einbusse an Funktionalität

Bei den Bahnen dominieren die Kosten der Fliessgewässer mit einem Anteil von über 80%.

5.2 Externe Kosten Habitatfragmentierung

Externe Kosten der Trennwirkungen der Verkehrsinfrastrukturen: Durchschnittlich 505 Mio. sFr./a

Die externen Kosten des Verkehrs infolge von Trennwirkungen betragen insgesamt zwischen 264 und 746 Mio. sFr. pro Jahr, wie die folgende Figur und Tabelle illustrieren:



Figur 17: Externe Kosten des Verkehrs infolge von Habitatfragmentierungen in Millionen sFr. pro Jahr (minimale, durchschnittliche sowie maximale Kosten).

Anteil Fragmentierungskosten Strasse: 439 Mio. sFr./a
Schiene 65 Mio. sFr./a

Infrastrukturtypen	Externe Kosten Habitatfragmentierung in Mio. sFr./a (2000)		
	Durchschnitt	Untere Grenze der Bandbreite	Obere Grenze der Bandbreite
Total	505	264	746
Strasse Total	439	229	650
Schiene Total	65	35	96
Autobahn/Autostrassen	236	117	356
1. Klass-Strassen	102	58	145
2. Klass-Strassen	46	28	63
3. Klass-Strassen	55	26	85

Tabelle 17: Externe Kosten von Habitatfragmentierungen.

Die Kostenbandbreiten widerspiegeln die standort- und projektabhängigen Abweichungen der spezifischen Kosten von den angegebenen Mittelwerten sowie die möglichen Unterschiede in der Dimensionierung der Bauwerke (minimale, mittlere und maximale Kosten).

Rund 87% der externen Kosten des Verkehrs infolge Habitatfragmentierungen werden durch die Strasseninfrastruktur verursacht. Knapp 54% dieser Kosten sind den Autobahnen und Autostrassen zuzuordnen, da dort die teureren Bauwerke wie Landschaftsbrücken und Wildtierbrücken nötig sind. Die geringeren Fragmentierungskosten bei der Bahn sind wiederum eine Folge des geringeren Ausmasses der Bahninfrastrukturen sowie der Wahl des Referenzzustandes "fünfziger Jahre".

54% der Fragmentierungskosten durch 1'653 km Autobahnen/Autostrassen

5.3 Total der erfassten externen Kosten im Bereich Natur und Landschaft

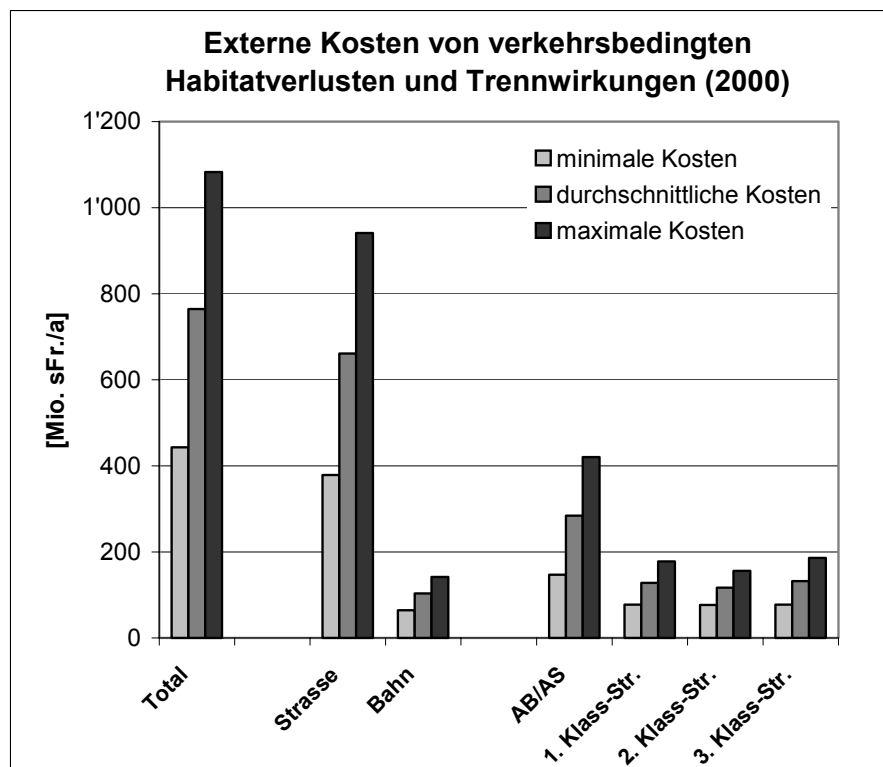
Gesamthaft liegen die externen Kosten der Verkehrsinfrastrukturen im Bereich Natur und Landschaft für die erfassten Wirkungsketten zwischen 443 und 1'083 Mio. sFr. pro Jahr (Durchschnitt: 765 Mio. sFr. pro Jahr), wie die folgende Figur und Tabelle zeigen. Die Kosten setzen sich aus den Kosten von verkehrsbedingten Habitatverlusten (rund 179 bis 337 Mio. sFr. pro Jahr, siehe Kapitel 5.1) sowie der Trennwirkungen (rund 264 bis 746 Mio. sFr. pro Jahr, siehe Kapitel 5.2) zusammen. Die ermittelten externen Kosten sind Durchschnittskosten. Die ausgewiesene Bandbreite der externen Kosten stellt eine untere Grenze für die effektive Kostenbandbreite dar.

Externe Kosten Verkehrsinfrastrukturen im Bereich Natur und Landschaft: Durchschnittlich 765 Mio. sFr./a

Knapp 87% der externen Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft werden aufgrund der erfassten Wirkungsketten durch die Strasseninfrastruktur verursacht. Diese Kosten sind wie folgt auf die Strassenkategorien verteilt:

Anteil der Strassen: 87%

Autobahn/Autostrassen:	43%
1. Klass-Strassen:	19%
2. Klass-Strassen:	18%
3. Klass-Strassen:	20%



Figur 18: Externe Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft infolge von Habitatverlusten und Trennwirkungen (minimale, durchschnittliche sowie maximale Kosten).

Anteil der Autobahnen/Autostrassen: 37% und der Schiene 13,5%

Infrastrukturtypen	Externe Kosten Habitatverluste und Trennwirkungen in Mio. sFr./a (2000)		
	Durchschnitt	Untere Grenze der Bandbreite	Obere Grenze der Bandbreite
Total	765	443	1'083
Strasse Total	662	379	941
Schiene Total	103	64	142
Autobahn/Autostrassen	284	147	421
1. Klass-Strassen	128	78	178
2. Klass-Strassen	117	77	156
3. Klass-Strassen	132	77	186

Tabelle 18: Externe Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft infolge von Habitatverlusten und Trennwirkungen.

Kosten Qualitätsverluste konnten wegen methodischen Unsicherheiten nicht ermittelt werden

Die Kosten der Qualitätsverluste konnten wegen methodischen Unsicherheiten nicht quantifiziert werden. Es muss jedoch bei den Ersatzbiotopen wie auch bei den noch vorhandenen Habitaten mit Qualitätseinbussen gegenüber dem Referenzzustand gerechnet werden

(Überdüngung durch Luftschadstoffe, Abnahme des mittleren Habitatflächenumfanges ohne Fragmentierung etc.). Die Abnahme der Habitatqualität, die nicht berücksichtigten Wirkungen sowie das grundsätzliche Faktum, dass mit Ersatzhabitaten und mit Defragmentierungselementen keine Vollkompensation möglich ist, tragen dazu bei, dass die ermittelten externen Kosten eine untere Bandbreite der effektiven Kosten repräsentieren.

5.3.1 Streuung der Resultate

Um die Genauigkeit der Schlussresultate zu prüfen, wurden Variabilitäts-Schätzungen anhand der untersuchten Stichproben durchgeführt:

Relativ grosse Streuung der Ergebnisse

95%-Vertrauensintervalle Kosten Habitatfragmentierung	+/- 18%
95%-Vertrauensintervalle Kosten Habitatverluste	+/- 33%
95%-Vertrauensintervalle Totale Kosten	+/- 19%

Tabelle 19: 95%-Vertrauensintervalle der ermittelten Kosten.

Die geringere Genauigkeit der Kosten der Habitatverluste ist Ausdruck der Tatsache, dass die im Gelände beobachteten Veränderungen der Biotope stärkeren Schwankungen unterliegen (Vielfalt der Lebensräume) als die auf normativen Angaben beruhende Anzahl der für nötig befundenen Bauwerke.

5.4 Aufteilung der externen Kosten auf die Verursachergruppen

5.4.1 Strassenverkehr

Knapp 87% der mit den erfassten Wirkungsketten resultierenden externen Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft werden durch die Strasseninfrastruktur verursacht (durchschnittlich rund 662 Mio. sFr./a). Eine Aufteilung dieser Kosten auf den Personen- und Güterverkehr bzw. auf die Fahrzeugkategorien erfolgt mittels eines Gewichtungsfaktors. Dieser Gewichtungsfaktor wird mit den durchschnittlichen Fahrzeuglängen und den geleisteten Fahrzeugkilome-

Aufteilung der externen Kosten der Strasseninfrastruktur auf Personen-/Güterverkehr und auf Fahrzeugkategorien gemäss Fz.-Länge und Fahrleistungen

tern gebildet (Inanspruchnahme der Infrastruktur durch die verschiedenen Fahrzeugkategorien).

Fahrzeugkategorien	Mio. Fz.-km (1998)	Mittlere Fz.- Länge L ¹³ (m)	Gewichtungs- Faktor (Fz.-km * L)	Anteil an externen Kosten	Spezifische ext. Kosten (Rp./Fz. km)
Total Personenverkehr	47'653		208'914	83.4%	1.2
Motorfahrräder	340	1.5	510	0.2%	0.4
Motorräder	1'548	2.0	3'096	1.2%	0.5
Personenwagen	45'659	4.5	204'354	81.5%	1.2
Privatcars	106	9.0	954	0.4%	2.4
Total Güterverkehr	5'811		41'695	16.6%	1.9
Leichte Güterfahrzeuge	3'421	4.8	16'421	6.6%	1.3
Lastwagen	1'830	9.9	18'147	7.2%	2.6
Schwere Sattelschlepper	560	12.7	7'128	2.8%	3.4
Total	53'464		250'609	100.0%	1.9

Tabelle 20: Die durch die Strasseninfrastruktur verursachten Kosten werden mittels Fahrzeug-km und durchschnittlichen Fahrzeuglängen auf die verschiedenen Fahrzeugkategorien verteilt. Die Fahrzeug-km sind der Schweizerischen Verkehrsstatistik entnommen (BFS 2000).

*Anteil des Personenverkehrs an den externen Kosten:
83%*

Über 83% der errechneten externen Kosten können dem Personenverkehr zugewiesen werden, wobei der grösste Teil der Fahrzeugkategorie Personenwagen anzurechnen ist. Rund 87% des Personenwagenanteils wird durch inländische Personenwagen verursacht.

Der Güterverkehr hat einen Anteil von knapp 17%. Auch hier wird der grösste Teil (knapp 88%) durch die inländischen Fahrzeuge verursacht.

¹³ Die durchschnittliche Fahrzeuglänge bei der Kategorie Lastwagen beruht auf der Annahme, dass rund ein Viertel der Lastwagen mit Anhänger fährt.

5.4.2 Schienenverkehr

Rund 13% der erfassten externen Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft werden durch die Schieneninfrastruktur verursacht (rund 103 Mio. sFr. pro Jahr). Eine Verteilung dieser Kosten auf den Personen- bzw. Güterverkehr erfolgt aufgrund der gefahrenen Achskilometer (BFS 1995). Somit ergibt sich die folgende Anlastung der Kosten:

Aufteilung beim Schienenverkehr gemäss Achskilometern

	Mio. Achs-km (1995)	Anteil an den Achs-km	Externe Kosten	Spezifische ext. Kosten
Personenverkehr	2'831	65%	67 Mio. sFr./a	0.7 Rp./Pkm
Güterverkehr ¹⁴	1'541	35%	36 Mio. sFr./a	1.2 Rp./t km
Total	4'373	100%	103 Mio. sFr./a	

Tabelle 21: Die durch die Schieneninfrastruktur verursachten Kosten werden mittels Achs-km dem Personen- bzw. Güterverkehr angelastet.

5.5 Spezifische externe Kosten pro Infrastrukturtyp

Die externen Kosten der Verkehrsinfrastrukturen im Bereich Natur und Landschaft wurden pro Infrastrukturklasse erhoben. In der folgenden Tabelle werden für die diversen Infrastrukturklassen die externen Kosten **pro km Infrastruktur** ausgewiesen.

Grosse Unterschiede der externen Kosten je nach Infrastrukturtyp: 6'000 sFr./km a bis 197'000 sFr./km a

¹⁴ Bei den Achs-km des Güterverkehrs sind die Gepäck- und Postwagen enthalten.

Infrastrukturtyp	Durchschnittliche externe Kosten (2000) Mio. sFr./a	Länge der Infrastruktur (ausserhalb Siedlungen)	Spezifische externe Jahreskosten (sFr./km Infrastruktur)
Autobahnen	268	1'363 km	197'000
Autostrassen	16	290 km	55'600
1. Klass-Strassen	128	5'179 km	24'700
2. Klass-Strassen	117	10'874 km	10'800
3. Klass-Strassen	133	21'979 km	6'000
Bahnen mehrspurig	61	1'069 km	57'500
Bahnen einspurig	42	3'027 km	13'800
Total/Durchschnitt	765	43'781 km	17'500

Tabelle 22: Spezifische externe **Jahreskosten pro km** Verkehrsinfrastruktur im Bereich Natur und Landschaft.

5.6 Vergleich mit anderen Kostenschätzungen

5.6.1 Vergleichszahlen Umwelt und Verkehr

Externe Kosten Natur und Landschaft sind relevantes zusätzliches Element externer Verkehrskosten

Der Vergleich der hier ermittelten externen Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft von 765 Mio. sFr./a mit den übrigen externen Kosten des Verkehrs zeigt, dass die externen Verkehrskosten im Bereich Natur und Landschaft relevant sind (Tabelle 23). Verglichen mit zur Zeit effektiv getätigten schweizerischen Aufwendungen im Bereich Natur und Landschaft sind sie hoch. In der OECD-Environmental Performance Review werden von der Schweiz auch vermehrte Anstrengungen im Bereich Natur und Landschaft verlangt (OECD 1998).

Vergleichszahlen	Mio. sFr. pro Jahr
Externe Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft bei den hier erfassten Wirkungsketten, 2000 (s. Kap. 6.3)	765
Externe Kosten des Verkehrs in anderen Bereichen (Infras 1999, S. 19f.):	
Externe Unfallkosten Verkehr, CH 1995	1'730
Externe Lärmkosten Verkehr, CH 1995	1'130
Staukosten Verkehr, CH 1995	760 - 1'230
Verkehrsbedingte Luftverschmutzung: Gesundheitskosten Schweiz 1995	1'430
Verkehrsbedingte Luftverschmutzung: Gebäudeschäden Schweiz 1995	575
Verkehrsbedingte Luftverschmutzung: Vegetationsschäden Schweiz 1995	360 - 940
Ungedeckte Infrastrukturkosten Bahn, CH 1995	1'825
Sanierungsprogramm für die Wildtierkorridore von überregionaler Bedeutung (BUWAL, ARE, BAV, ASTRA 2001)	20
Ausgaben des Bundes für den ökologischen Ausgleich (Angabe für 2000 aus: BFS 2001)	108
Ausgaben der öffentlichen Hand für Naturschutz (Angabe für 1992, aus: BFS, BUWAL 1997)	104
Umweltausgaben der öffentlichen Hand, der Privatwirtschaft und der privaten Haushalte in der Schweiz (Angabe für 1992 bzw. 1993, aus: BFS, BUWAL 1997)	6'009

Tabelle 23: Zusammenstellung wichtiger Vergleichsgrössen zu den externen Verkehrskosten der Schweiz im Bereich Natur und Landschaft (2000).

5.6.2 Andere Schätzungen der externen Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft

Infras wertet für das Projekt "Faire und effiziente Preise" des Nationalen Forschungsprogrammes NFP 41 diverse indirekte Ansätze aus, mit denen die externen Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Umwelt geschätzt werden (Infras 1999, S. 18). Die "weiteren Umweltkosten" bzw. die externen Kosten für Natur und Landschaft in der Schweiz werden für das Jahr 1995 auf 327 bis 527 Mio. sFr./a geschätzt, davon 173 bis 273 Mio. sFr./a im Personenverkehr, 154 bis 234 Mio. sFr./ im Güterverkehr, im Strassenverkehr 210 bis 350 Mio. sFr./a und im Schienenverkehr 117 bis 177 Mio. sFr./a (Infras 1999, S. 19f.).

Externe Kosten für Referenzzustand 1950er-Jahre bei Ansatz mit Entsiegelung und Wiederherstellungskosten: 625 Mio. sFr./a

Mit einem Ansatz, der teilweise dem hier verwendeten Ansatz entspricht, ermittelte (Infras/IWW 2000) externe Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft für das Jahr 1995. Sie gehen ebenfalls von einem Referenzzustand 1950 aus und bestimmen die seither durch Verkehrsinfrastrukturen versiegelten Flächen (nur die Fläche der Verkehrsinfrastrukturen). Die externen Kosten ergeben sich beim Ansatz (Infras/IWW) aus den Kosten für die Entsiegelung der versiegelten Flächen, aus den Kosten für die Wiederherstellung beeinträchtigter Flächen sowie aus den Kosten für Boden- und Gewässerverschmutzungen durch die Verkehrsinfrastrukturen. Für die Schweiz werden für 1995 externe Durchschnittskosten im Bereich Natur und Landschaft von 399 Mio. EUR/a bzw. 625 Mio. sFr./a ermittelt. Davon stammen nur 16 Mio. sFr./a von der Schiene (tief wegen dem Referenzzustand 1950). 504 Mio. sFr./a werden dem Personenverkehr von Strasse und Schiene zugerechnet (Infras/IWW 2000, S. 86). Wird berücksichtigt, dass (Infras/IWW 2000) keine Defragmentierungswirkungen monetarisieren und dass sie sich auf die Entsiegelung der Verkehrsinfrastrukturflächen konzentrieren, dann liegen die resultierenden Kostenschätzungen in einer vergleichbaren Grössenordnung zu den hier geschätzten Kosten.

UNITE schätzt mit einer anderen Methodik die externen Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft viel tiefer (72 Mio. sFr./a im Vergleich zu 765 Mio. sFr./a).

Im Projekt UNITE (**UN**ification of accounts and marginal costs for **T**ransport **E**fficiency) werden für die Schweiz auch externe Kosten im Bereich Natur und Landschaft ermittelt (UNITE 2002). Die Methodik basiert zum Teil auf eigenen Ansätzen und zum Teil auf den Arbeiten von (Infras/IWW 2000). Ausgehend von einem Referenzzustand 1950 werden für alle Strassen- und Bahneninfrastrukturflächen (Breite + 10 m), die seit 1950 neugebaut wurden, Habitatverluste, Trennwirkungen (nur bei Autobahnen und Autostrassen), Entsiegelungskosten und Dekontaminationskosten für verschmutzten Boden und Grundwasser im Bereich der Verkehrsinfrastrukturen monetarisiert. Die Habitatverluste werden durch Ersatzmassnahmen und die Trennwirkungen durch Verbindungsbauwerke monetarisiert. Die Entsiegelungskosten und die Dekontaminationskosten in einem bestimmten Betrachtungszeitpunkt werden bestimmt, indem die Entsiegelungs- und Dekontaminationskosten seit 1950 summiert und durch die Anzahl Jahre seit 1950 [Betrachtungsjahr minus 1950] dividiert werden. Dabei wird keine Diskontierung vorgenommen, weil es keine Lebensdauer bzw. keine Amortisation für dekontaminierten Boden gibt (UNITE 2002, S. 71). In der Schweiz wird die Verschmutzung des Bodens und Grundwassers durch den Verkehr als nicht relevant eingeschätzt (UNITE 2002, S. 71). Die Anzahl und die Art der erforderlichen Verbindungsbauwerke zur Aufhebung der Trennwirkung von Autobahnen, Auto-

strassen und gemischten Hochleistungsstrassen basiert auf einer Arbeit der Vogelwarte Sempach (alle 20 km eine Wildtierbrücke von mindestens 50 m Breite zu 4 Mio. sFr. pro Brücke und pro 1 km ein Kleintierdurchlass zu sFr. 10'000.- pro Durchlass, UNITE 2002, S. 70). Die resultierenden externen Kosten liegen unterhalb der Ergebnisse, die in der vorliegenden Studie ermittelt wurden:

1998/2000	Habitatverluste/ Entsiegelung (Mio. sFr./a)		Dekontamination Boden Grundwasser (Mio. sFr./a)		Total
	Strasse	Bahn	Strasse	Bahn	
econcept / nateco	662	103		--	765
UNITE	60	3	8,2	1,3	72,5

Tabelle 24: Vergleich der hier ermittelten externen Kosten des Verkehrs in der Schweiz für das Jahr 2000 mit den Angaben von UNITE für 1998 (UNITE 2002)

Die doch beträchtlichen Unterschiede hängen weitgehend mit unterschiedlichen Methoden und den getroffenen Annahmen zusammen. Das gilt insbesondere für die Kosten für die Habitatverluste und der Fragmentierung. So werden beispielsweise die Fragmentierungswirkungen bei UNITE nur auf die seit 1950 neu gebauten Infrastrukturabschnitte bezogen, hier dagegen die Wirkungen sämtlicher Verkehrsinfrastrukturen monetarisiert. Zusätzlich werden in der vorliegenden Untersuchung alle Verluste wertvoller Habitats aufgrund von Verkehrsinfrastrukturen seit den fünfziger Jahren quantifiziert, nicht nur diejenigen an den seither neu erstellten Infrastrukturen. Dadurch werden auch Habitatverluste aufgrund von Strassensanierungen und -ausbauten erfasst. Zudem ist hier der Perimeter, in dem die Habitatverluste ermittelt werden, zum Teil deutlich grösser als 5 m auf beiden Seiten der Infrastruktur (je 40 m bei Autobahnen und je 20 m bei Autostrassen).

Eine weitere Studie wurde von Infraconsult (1999) im Rahmen des nationalen Forschungsprogrammes „Elemente für eine nachhaltige Verkehrspolitik (NFP 41) erarbeitet. Darin wird aus einer Vielzahl verfügbarer empirischer Studien zur Zahlungsbereitschaft für den Bereich Natur und Landschaft eine mittlere Zahlungsbereitschaft von 30.- sFr. pro Person und Monat abgeleitet (Infraconsult 1999, S. 72 ff.). Das ergibt ein Total von **2,5 Mrd. sFr. pro Jahr**. Dabei wird von

*Externe Kosten
Verkehr im Bereich
Natur und Land-
schaft im Vergleich
mit individueller
Zahlungsbereitschaft
für Artenvielfalt und
unbeeinträchtigte
Erholungslandschaft
plausibel*

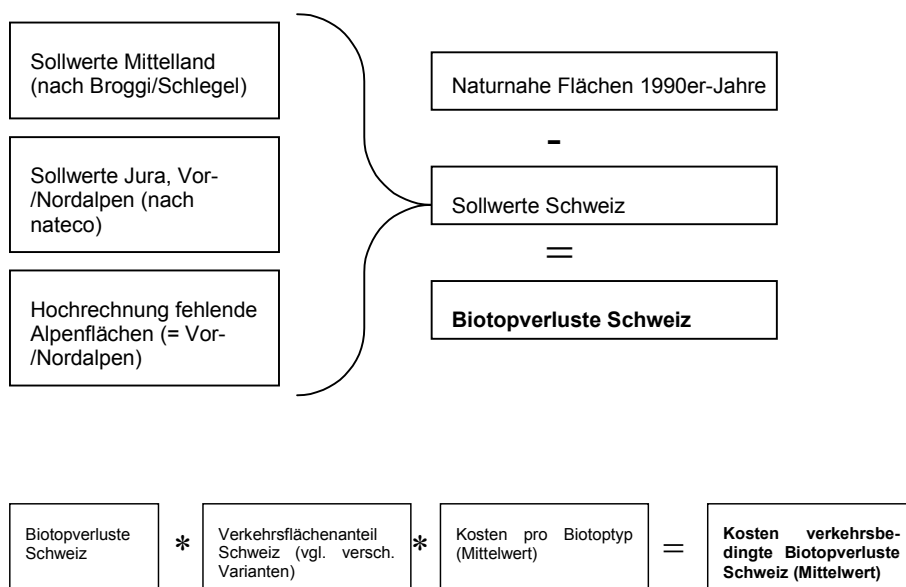
den Zahlungsbereitschaften in schweizerischen Studien ausgegangen, die durchwegs höher sind als diejenigen der internationalen Untersuchungen. Die geäußerten Zahlungsbereitschaften umfassen dabei den integralen Natur- und Landschaftsschutz, nicht nur den Schutz bei Verkehrsinfrastrukturen. Werden die grossen Landschaftseingriffe der Landwirtschaft und der übrigen Siedlungsaktivitäten mitberücksichtigt, dann sind die hier geschätzten externen Kosten von 765 Mio. sFr./a für den Anteil der Verkehrsinfrastrukturen durchaus als plausibel und durch die geäußerten Zahlungsbereitschaften begründbar.

6 Plausibilisierung der Resultate

6.1 Methodik Soll-Werte

Die aus der Luftbildauswertung resultierenden Biotopverluste werden mit einer davon unabhängigen Methode plausibilisiert. Der quantitative und qualitative Soll-Zustand der Landschaft Ende der 1950er-Jahre bzw. anfangs der 1960er-Jahre sowie deren Veränderung bis heute wird erhoben. In Broggi/Schlegel (1989) werden für das schweizerische Mittelland Zahlen zu den Flächen von neun Biotoptypen sowie zu deren Rückgang angegeben. Näherungsweise wird davon ausgegangen, dass die verschiedenen Nutzungen proportional zu ihrer heutigen Fläche für die Verluste an naturnahen Flächen verantwortlich sind (gemäss Arealstatistik: Siedlungs-, Verkehrs-, Landwirtschafts-, Wald- und unproduktive Flächen). Das bedeutet, dass dem Verkehr (exkl. Flugverkehr) ein Anteil von etwas über 2% an den gesamten Lebensraumverlusten angelastet wird. Das Resultat dieser Schätzungen wird mit den selben Kostensätzen bewertet. Die Resultate dienen dem Vergleich mit den anhand der Luftbildinterpretation berechneten Habitatverlusten.

Plausibilisierung der Ergebnisse mit dem ökologischen Expertenansatz von Broggi/Schlegel



Figur 19: Vorgehen zur Ermittlung der Biotopverluste („Soll-Wert-Variante“) und dazugehörige Kostenschätzung. Es wurden verschiedene Varianten gerechnet (Details siehe Anhang A-4).

6.2 Erweiterung der Datengrundlagen

Erweiterung des Expertenansatzes von Broggi/Schlegel für das Mittelland um den Jura und die Vor- bzw. Nordalpen

Broggi/Schlegel (1989) beziehen ihre Angaben ausschliesslich auf das schweizerische Mittelland. Für den Jura und die Voralpen wurden im Rahmen des Projektes zusätzliche Soll-Werte und Flächenrückgänge abgeschätzt. Dies geschieht im Wesentlichen nach demselben Vorgehen wie bei Broggi/Schlegel (1989). Anhand von Literatur und Schätzungen wird der Bestand an naturnahen Flächen im Jura und in den Voralpen zur Zeit der 1950er-/60er-Jahre und der 1990er-Jahre ergänzt. Die so erhaltenen Zahlen wurden von einem der Autoren der Studie über das Mittelland begutachtet (H. Schlegel). Zusätzlich wurden die Werte zum Soll-Wert (1950er-/60er-Jahre) und zum aktuellen Bestand (1990er-Jahre) auf der Basis der aktuellen Bundesinventare überarbeitet. Durch die Differenzbildung ergeben sich die Flächenverluste verschiedener Biotoptypen, unterteilt nach den Regionen Mittelland, Jura und Vor-/bzw. Nordalpen. (Detailergebnisse in nateco 2001).

6.3 Habitatverluste gemäss Soll-Wert-Ansatz

Gleiche Grössenordnung der geschätzten externen Kosten

Um den direkten Vergleich zu ermöglichen, werden die Lebensraumverluste mit den Kosten pro Lebensraumtyp multipliziert. Die daraus resultierenden Jahreskostenschätzungen für die ganze Schweiz liegen je nach Methode zwischen 185 Mio. sFr. und 680 Mio. sFr. Die mittels Luftbildauswertung ermittelten Jahreskosten liegen mit 260 Mio. sFr. (exkl. Verlust Einzelbäume) in derselben Grössenordnung, was für zwei so unterschiedliche Berechnungsansätze als zufriedenstellend angesehen werden kann. Diese Kontrolle gilt allerdings nur für das Mengengerüst, da für beide Varianten dieselben Kostensätze verwendet werden.

7 Würdigung der Resultate

7.1 Genauigkeit der Resultate

Die ausgewiesenen Bandbreiten zeigen, dass die Genauigkeit der ermittelten externen Effekte und Kosten im Bereich Natur und Landschaft begrenzt ist. Das ist eine Folge der enormen Variabilität von Natur und Landschaft und des Spielraumes bei diversen Annahmen, die getroffen werden mussten. Genauere Resultate wären nur mit einem hohen Zusatzaufwand zu erreichen und der Spielraum bei diversen Annahmen würde weiterhin bestehen.

Bandbreite der externen Kosten ist untere Grenze der effektiven Kostenbandbreite

Aufgrund der Erhebungsmethode und der vorsichtigen Annahmen kann davon ausgegangen werden, dass die ausgewiesenen Ergebnisse eine untere Bandbreite der effektiven externen Kosten zuverlässig wiedergeben.

Die folgenden Abschnitte zeigen auf, inwiefern eher von Unterschätzungen und wo allenfalls von Überschätzungen der externen Kosten ausgegangen werden kann.

7.2 Nicht berücksichtigte Kosten

7.2.1 Allgemeines

Fachleute schätzen, dass mit den drei untersuchten Wirkungsketten etwa 60 bis 80% aller externen Effekte des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft erfasst werden können. Mit den Arbeiten zur Bestimmung der Habitatqualitätsverluste konnten keine belastbaren quantitativen Qualitätsfaktoren ermittelt werden, obwohl gegenüber der Situation in den fünfziger Jahren bei gleichen Habitaten Qualitätsverluste festgestellt werden. Die hier bestimmten externen Kosten enthalten somit nur die beiden Wirkungsketten **Habitatverluste** und **Habitatfragmentierung** (grau hinterlegt), die **Habitatqualitätsverluste werden nicht monetarisiert** (→ Unterschätzung). Die folgende Graphik illustriert diese Situation:

Mit den einbezogenen Wirkungsketten werden 60 bis 80% der externen Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft erfasst

20 - 40%	Nicht erfasste Wirkungsketten (gemäss Experten 20 - 40%), ohne ästhetische Effekte	
Total 60 - 80% der Externen Effekte	Habitatqualitätsverluste (x - 20% ?)	Relative Beeinflussung der Qualität der Biotope durch den Verkehr bekannt. Absolute Grösse unbekannt.
	Grenze?	
	Habitatverluste	
	Habitatfragmentierung	

Figur 20: Mit den vorliegenden Zahlen zu den externen Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft (Biodiversität) werden nur die Wirkungsketten Habitatverluste und Habitatfragmentierung bewertet. Die Habitatqualitätsverluste konnten nur qualitativ nachgewiesen werden.

7.2.2 Ästhetische Effekte, Auswirkungen auf das Landschaftsbild

Auswirkungen auf das Landschaftsbild werden nicht erfasst

Die Auswirkungen der Verkehrsinfrastrukturen auf das Landschaftsbild und damit auf den Erlebniswert und die konsumtiven Landschaftsnutzungen werden hier nicht betrachtet. Es ist zu erwarten, dass der Einbezug dieser Effekte zu einer deutlichen Erhöhung der externen Kosten im Bereich Natur und Landschaft führen würde, auch wenn die Zuordnung der Auswirkungen auf die unterschiedlichen Verursachenden der Landschaftsbildbeeinträchtigungen noch ungelöst ist (→ Unterschätzung).

7.2.3 Referenzzustand "fünfziger Jahre"

Referenzzustand beruht auf Expertenurteil, scheint aber plausibel. Führt zu Bevorzugung Schiene

Es wurde bereits erwähnt, dass die für den gewählten Monetarisierungsansatz unerlässliche Vorgabe eines solchen Referenzzustandes bis zu einem gewissen Masse willkürlich ist. Der Referenzzustand basiert auf Expertenurteilen und kann allenfalls mit dem Natur- und Heimatschutzgesetz begründet werden. Auch deuten die Zahlungsbereitschaftsangaben von Infraconsult (1999) darauf hin, dass die

resultierenden Kosten in einem ähnlichen Bereich liegen, wie die für Natur- und Landschaftsschutz geäusserten Zahlungsbereitschaften (bei einem Anteil Verkehr von 30 bis 50% an diesen Zahlungsbereitschaften). Allerdings werden die externen Kosten der Schiene im Bereich Natur und Landschaft durch die Wahl der Methode mit dem Referenzzustand fünfziger Jahre tendenziell unterschätzt (Schieneinfrastrukturen im Referenzzeitpunkt schon weitgehend vorhanden) (→ Unterschätzung).

7.2.4 Verkehrsanlagen im Siedlungsgebiet

Die Verkehrsinfrastruktur beansprucht auch im Siedlungsgebiet Flächen und weist eine Trenn- und Fragmentierungswirkung auf. Die erhobenen Daten zur Fragmentierung der Landschaft und zu den Habitatflächenverlusten wurden ausschliesslich ausserhalb der geschlossenen Siedlungen erhoben, da die Abgrenzung zwischen verkehrsbedingten und siedlungsbedingten Effekten nicht möglich war. Somit werden in dieser Studie auch sämtliche externen Effekte des Verkehrs auf Natur und Landschaft innerhalb der Siedlung ausgeblendet (→ Unterschätzung).

Keine Berücksichtigung von Auswirkungen im Siedlungsgebiet

7.2.5 Erhöhte Bautätigkeit auf Grund von Verkehrsanlagen

Vielfach wird in unmittelbarer Umgebung von wichtigen Verkehrsknoten intensiv gebaut. Diese Bauten können zumindest teilweise auch der Strasse bzw. der Bahn zugeschrieben werden. Für die Erfassung der erhöhten Bautätigkeit werden die an die untersuchten Verkehrsflächen angrenzenden Verkehrsnebenflächen (Parkplätze, Abstellplätze, Rangierflächen) miteingefasst. Wo die Bestimmung von möglichen Verkehrsnebenflächen anhand von Luftbildern nicht eindeutig möglich ist (gehört beispielsweise ein Parkplatz zur Strasse oder zum Gebäude?), werden die Flächen nicht einbezogen.

Erhöhte Bautätigkeit in der Umgebung von Verkehrsknoten

7.2.6 Trennwirkungen bei Pflanzen

Die Trennwirkungen werden ausschliesslich mit Hilfe von Tierarten bestimmt. Zwar können auch Pflanzenpopulationen durch Verkehrswege beeinträchtigt werden (z.B. wenn ihre Samen durch Ameisen verbreitet werden), doch sind dazu keine empirischen Grundlagen vorhanden (→ Unterschätzung).

Keine Trennwirkungen bei Pflanzen erfasst

7.2.7 Meliorationen

Meliorationen der Landwirtschaft nicht einbezogen

Im Zuge von Verkehrsinfrastrukturprojekten werden oft Meliorationen durchgeführt. Vor allem den Meliorationen in den 1970er- und 1980er- Jahren wird durch die Ausräumung der Landschaft eine negative Wirkung auf die Biodiversität unterstellt. Zusätzlich wird bei Meliorationen i.d.R. das Strassen- und Wegnetz ausgebaut (kleinere "Meliorationssträsschen" und Wege), was eine verstärkte Nutzung durch Erholungssuchende nach sich zieht. Meliorationen werden aber nicht primär wegen des Ausbaus der Verkehrsinfrastruktur durchgeführt, sondern mit dem Ziel, hochwertige landwirtschaftliche Nutzfläche zu gewinnen. Die Abgrenzung zwischen verkehrs- und landwirtschaftsbedingten Auswirkungen sowie die Zurechnung der Wirkungen auf die verschiedenen Verkehrskategorien werden dadurch erschwert. Aus diesen Gründen werden Meliorationen hier nicht in die Untersuchung einbezogen (→ Unterschätzung).

7.2.8 Land- und Forstwirtschaft

Die Kosten für Habitatverluste bei 4. Klass-Strassen (hier nicht einbezogen) sind der Landwirtschaft anzulasten

Es gibt klare Hinweise, dass die Landwirtschaft wegen des zunehmend enger werdenden Raumes Feuchtgebiete trocken legt oder Lebensräume intensiver nutzt. Dies führt zu Habitatverlusten, die zumindest teilweise auch den Verkehrsträgern angelastet werden können. Da die vorgeschlagenen Erhebungsmethoden aber nicht in das hier gewählte System passen, wurden für die Erfassung ursprünglich die 4. Klass-Strassen in die Untersuchung einbezogen. Die Kosten für Habitatverluste bei 4. Klass-Strassen müssen vornehmlich der Land- und Forstwirtschaft zugeordnet werden. Daher wurden diese nach Erarbeitung des Mengengerüsts weggelassen. Die erhobenen Resultate sind in der vorliegenden Studie somit nicht dargestellt. Hingegen enthält Anhang 8 die entsprechenden Rohdaten.

7.2.9 Tourismus

Tourismuswirkungen auf die Landschaft nicht erfasst

Der Ausbau der Verkehrsinfrastruktur hat zu einer besseren Erschließung abgelegener Gebiete und damit zu einer verstärkten Nutzung durch den Tourismus und zu erhöhten Freizeitaktivitäten auch in ehemals abgelegenen Regionen geführt. Aus den gleichen Überlegungen wie beim Meliorationswesen wird dieser Aspekt hier ausgeklammert.

7.3 Faktoren für eine Kostenüberschätzung

7.3.1 Nicht veränderte Infrastruktur

Der methodische Ansatz für die Ermittlung der Habitatverluste geht davon aus, dass die im Luftbild seit den 1950er-/60er-Jahren innerhalb eines bestimmten Perimeters erkennbaren Veränderungen den Verkehrsträgern zuzuschreiben sind. Dieser Ansatz kann dann in Frage gestellt werden, wenn zwischen den beiden analysierten Luftbildern keine Veränderungen an der Infrastruktur vorgenommen wurden. In solchen Fällen dürften die Veränderungen durch die Landwirtschaft oder andere verkehrsfremde Faktoren verursacht worden sein.

Abgrenzung des Einflusses Verkehrsinfrastruktur und Landwirtschaft auf Natur und Landschaft nicht immer eindeutig

Auf Grund diverser Rahmenbedingungen konnte bei der Luftbildinterpretation aber keine Unterteilung in Abschnitte mit und ohne Veränderung der Verkehrswege vorgenommen werden.

Anhand einer Stichprobe und anhand der Erfahrungen der Interpretierenden wurde geschätzt, wie viele Verkehrsabschnitte in den letzten 50 Jahren unverändert geblieben sind. Dabei wurde grosszügig geschätzt, das heisst, dass auch Abschnitte mit kleineren Veränderungen zu den unveränderten Abschnitten gerechnet wurden. Für die Strassen ist für etwa 10% aller untersuchten Abschnitte keine grössere Veränderung anzunehmen. Da die Eisenbahnen in den 1950er-/60er-Jahren meist bereits vorhanden waren, wird bei ihnen der Anteil von Strecken ohne grössere Veränderung auf bis zu 50% geschätzt. Bei Biotopflächenverlusten entlang von wenig veränderten Bahnstrecken muss davon ausgegangen werden, dass sie eher der Landwirtschaft und nicht der Bahn angerechnet werden müssten (dadurch wird mindestens ein Teil der Verzerrung zugunsten der Bahn infolge der Wahl des Standardes "fünfziger Jahre" kompensiert).

Abschätzung der davon betroffenen Standorte

7.3.2 Umweltverträglichkeitsprüfungen (UVP)

Im Rahmen von separaten Abklärungen wurde untersucht, ob bei Neubauten Ersatzmassnahmen getroffen werden, die ausserhalb des Untersuchungsperimeters realisiert wurden. Wäre dies der Fall, müssten die externen Kosten, um die ausserhalb liegenden und damit nicht erfassten Ersatzmassnahmen reduziert werden. Es wurden nur Bauwerke untersucht, die eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchlaufen haben, da seit 1985 damit zu rechnen ist, dass die Fachstellen von Bund und Kantonen vermehrt Ersatzmassnahmen durchsetzen.

Ersatzmassnahmen ausserhalb des Untersuchungsperimeters der Studie bei Neubauten?

Vereinzelt Massnahmen ausserhalb des Untersuchungsperimeters möglich, aber für die ermittelten Ergebnisse nicht von Bedeutung

Für die Abklärungen wurden UVP-Akten analysiert. Teilweise wurden die Ergebnisse im Feld verifiziert. Die Arbeiten gestalteten sich recht schwierig. Es konnten nur wenige Abschnitte ausfindig gemacht werden, bei denen sich eine Abklärung lohnte. Auf Grund der kleinen Stichprobe können nur die folgenden Aussagen gemacht werden:

- Die in der UVP vorgeschlagenen Massnahmen sind im Feld und mit Hilfe der in den Akten vorhandenen Plänen oft schwer zu erkennen und zu überprüfen. Offensichtlich sind viele der geplanten Massnahmen an anderer Stelle oder gar nicht bzw. noch nicht realisiert worden.
- Es gibt Beispiele, die zeigen, dass im Rahmen des Bauprojektes nachträglich Massnahmen zugunsten von Natur und Landschaft geplant und umgesetzt werden, die in der UVP noch nicht gefordert wurden.
- Grossprojekte, insbesondere Neubauten im Rahmen des Nationalstrassenbaus und der Bahn 2000 sind relativ gut dokumentiert. Hier werden die vorgeschlagenen Massnahmen auch umgesetzt.
- Neuere Vorhaben sind gegenüber älteren Vorhaben besser dokumentiert und die Massnahmen gehen weiter als bei älteren Vorhaben. Dies gilt insbesondere für die Defragmentierung der Landschaft.
- Massnahmen ausserhalb des untersuchten Streifens von 10 bis 50 m links und rechts der Verkehrswege konnten nur vereinzelt nachgewiesen werden. Die Mehrzahl der nachweislich realisierten Massnahmen liegt innerhalb des Untersuchungsperimeters der vorliegenden Untersuchung.
- Dasselbe gilt für die Massnahmen zugunsten der Wanderung von Tieren. Es gibt kaum Bauwerke, die im Rahmen der Luftbildinterpretation nicht erkannt worden wären. Insbesondere tiergängige Bachdurchlässe und Kleintierdurchlässe sind nicht beziehungsweise kaum vorhanden.

Aufgrund dieser Untersuchungen ergibt es keinen zwingenden Korrekturbedarf

Aufgrund der Untersuchungen von UVB-Akten ergibt sich für das Mengen- und das Wertgerüst der externen Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft kein zwingender Korrekturbedarf. Für Einzelfälle muss angenommen werden, dass Massnahmen ergriffen wurden, die ausserhalb des Untersuchungsperimeters liegen. Diese sind zur Zeit auf Grund der geringen Stichprobe und der methodischen Probleme nicht bezifferbar. In jedem Fall bewegen sie sich in einer Grössenordnung, die weit unterhalb der Genauigkeit und innerhalb der Bandbreite der ausgewiesenen externen Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft liegen.

8 Schlussbemerkungen

Mit den externen Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft (Habitatverluste und Habitatfragmentierung) wird eine weitere Lücke im Bereich der Auswirkungen des Verkehrs und der daraus resultierenden sozialen Kosten geschlossen. Es zeigt sich, dass diese Auswirkungen im Bereich Natur und Landschaft relevant sind. Und dies, obwohl nur die Habitatverluste und die Habitatfragmentierungen monetarisiert werden konnten. Wichtige Auswirkungen wie Verkehrsauswirkungen innerhalb von Siedlungen, Habitatqualitätsverluste, Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes und des Erholungswertes, verkehrsbedingte direkte und indirekte Gewässer- und Bodenverschmutzungen (z.B. Salz, Abrieb bzw. Luftschadstoffimmissionen) und weitere, schwer fassbare Effekte konnten in der hier vorgenommenen Untersuchung nicht quantifiziert und monetarisiert werden. Sie würden die externen Kosten im Bereich Natur und Landschaft nochmals deutlich erhöhen.

Wichtige Aspekte können noch nicht erfasst und monetarisiert werden

Die zusätzlichen Informationen zu den externen Verkehrskosten verbessern die Grundlagen für die Forderung nach Anwendung des Verursacherprinzips, u.a. in der Strassen- und Schienenrechnung. Sie können für die Begründung der LSVA verwendet werden und in Projektevaluationen, Zweckmässigkeitsprüfungen, Kosten-/Nutzenanalysen, Variantenvergleichen und bei der Begründung von Natur- und Landschaftsschutz-Massnahmen von Infrastrukturprojekten genutzt werden. Auch bei Verkehrskonzepten, bei der Evaluation von verkehrspolitischen Instrumenten etc. liefern sie leicht verwertbare monetäre Grundlagen.

Bessere Grundlage für Verursachergerechtigkeit, Verkehrsrechnungen, Evaluationen, Konzepte

8.1 Ausblick

Der Aktualisierungsbedarf der hier ermittelten Kosten hängt von der künftigen Entwicklung der Rahmenbedingungen im Bereich Natur und Landschaft und von der künftigen Infrastrukturpolitik ab.

Aktualisierungsbedarf ist von der Entwicklung der Rahmenbedingungen abhängig

Der Aktualisierungsbedarf steigt dann, wenn:

- Viele neue Infrastrukturen gebaut oder bestehende erweitert werden. Insbesondere dann, wenn an diese Neubauten/Erweiterungen nur geringe Anforderungen bezüglich Natur und Landschaft gestellt werden.
- Die Wertschätzung unversehrter Landschaft in Zukunft relativ zu den übrigen Gütern steigen sollte.

- Weitere Natur- und Landschaftseffekte quantifiziert und monetarisiert werden.
- Grosse Preisveränderungen stattfinden.

Die Aktualisierung des Wertgerüsts und der spezifischen Werte kann einfach über veränderte Kostensätze und Fahrleistungen vorgenommen werden. Schwieriger wird die Berücksichtigung von Änderungen beim Mengengerüst, das auf sehr aufwändigen Luftbildvergleichen basiert. Bei Bedarf müsste versucht werden, durch Aufwertungs- bzw. Ergänzungsfaktoren das auf den Luftbildvergleichen beruhende Mengengerüst künftigen Veränderungen anzupassen.

8.2 Forschungsbedarf

*Forschungsfragen:
Methodik, Erfassungslücken, weitere Anwendungen*

Das Forschungsprojekt hat in einem mehrstufigen Prozess die enorme Komplexität des Gegenstandes Natur und Landschaft für die hier verfolgten Zwecke reduziert. Mit neuartigen Erfassungsmethoden wurden empirische Grundlagen zur Quantifizierung der Wirkungen von Verkehrsinfrastrukturen auf Natur und Landschaft bereitgestellt. Verschiedentlich wird in der vorliegenden Arbeit auf noch ungeklärte Fragen, methodische Probleme und Erfassungslücken verwiesen. Die Zahl der verbleibenden bzw. der sich neu öffnenden Forschungsfragen ist daher beträchtlich. Eine Auswahl von aus unserer Optik relevanten Fragen wird anschliessend aufgeführt:

- **Ermittlung von ästhetischen Kosten von Landschaftsbeeinträchtigungen.** Methodische Ansätze für die Zuordnung dieser Kosten auf unterschiedliche Verursacherinnen und Verursacher im selben Landschaftsraum. Methodik zur Ableitung von Kostenschätzungen für unterschiedliche Landschaftsräume/Beeinträchtigungen.
- **Quantifizierung und Monetarisierung weiterer Wirkungsketten** (gemäss Vorstudie 1, Ökoskop 1998): Habitatqualitätsverluste, Boden- und Gewässerverschmutzungen, Lärmwirkungen etc.
- **Beeinträchtigung von Erholungsräumen:** Verlust von Erholungsnutzen beispielsweise durch Beschallung sowie negative Auswirkungen auf den Tourismus.
- Abschätzung der verkehrsinduzierten Beschleunigung von Landschaftsveränderungen und die Qualifizierung der Anpassungskosten von Menschen (z.B. Identifikation) und Tieren.
- **Abgrenzung von Landwirtschaftseinflüssen und Verkehrswirkungen** auf Natur und Landschaft.

-
- Abklärung der **Wirksamkeit von UVP und Vollzug von Natur- und Landschaftsmassnahmen** bei Infrastruktur-, Neubau- und -erneuerungsprojekten.
 - Umfassende Aufbereitung der externen Kosten für die Entscheidungsträger aus Politik und Wirtschaft und Erarbeitung einer Umsetzungsstrategie zur Internalisierung.
 - Erfassung von **kalkulatorischen Kostengrundlagen** für Ersatzmassnahmen im Vollzug des NHG durch den Bund und die Kantone. Erfassung von **Erstellungsrisiken** nach Habitattyp.

Glossar

ArcView: Geographisches Informationssystem von der Firma ESRI mit Schwerpunkten in der Analyse von räumlichen Informationen und der Darstellung raumbezogener Informationen am Bildschirm und in thematischen Karten.

Attributierung: Zuordnen von Eigenschaften zu im GIS eingegebenen (digitalisierten) Objekten (Flächen, Linien oder Punkten).

Biodiversität: Die Variabilität lebender Organismen und ihrer zugehörigen Ökosysteme; das beinhaltet die (genetische) Variabilität innerhalb der Art, Variabilität zwischen den Arten und von Ökosystemen. Häufig kann die Biodiversität im Sinne eines praktikablen Arbeitsinstrumentes auf die Artenvielfalt verkürzt werden.

Biotop: Lebensraum einer Lebensgemeinschaft von Tier- und Pflanzenarten (Biozönose).

Defragmentierungselemente: bilden einen theoretischen Lösungsansatz zur Verbindung zerschnittener Lebensräume.

Digitales Geländemodell (DGM): Computergestützte Darstellungen von Gelände oder sonstigen Oberflächen durch digital abgespeicherte xyz-Koordinaten von Punkten auf der Oberfläche. Durch die Geländehöhen können durch das Geländere Relief verursachte Lagefehler in den Luftbildern eliminiert werden.

digitalisieren: Computereingabe von geometrischen Objekten (Flächen, Linien oder Punkten) am Bildschirm oder mit Hilfe eines Digitalisierbrettes.

Entzerrung: Durch diesen Vorgang kann man ein Luftbild so umformen, dass es einem lotrecht aufgenommenem Bild entspricht.

Fluglinien: in diesem Zusammenhang die Routen, welche von den Luftbildaufnahmen durchführenden Flugzeugen überflogen und damit fotografiert wurden.

Funktionalität: Funktionen, die eine Fläche für Tiere erfüllen kann. Dazu gehören die Einbindung einer Fläche ins Umland und das Alter (= die Reife) einer Fläche.

Geographisches Informationssystem (GIS): Systeme zur Datenverarbeitung, in denen raumbezogene Daten erfasst, verwaltet und verarbeitet und für die verschiedensten Aufgabestellungen genutzt werden können.

Georeferenzierung: mit Zuhilfenahme von GIS-Programmen hergestellter Bezug zu einem Koordinatensystem.

GIS: siehe Geographisches Informationssystem.

Habitat: Charakteristischer "Wohnort" einer Einzelart, im Gegensatz zu Biotop als Lebensraum einer Biozönose (Lebensgemeinschaft).

Habitatfragmentierung: Zerschneidung eines Habitates in kleinere Einheiten, die zur Isolierung des Lebensraums und evtl. der Populationen der betrachteten Art führt.

Habitatqualität: Ausstattung des Habitats mit Elementen, die für das Überleben der entsprechenden Art entscheidend sind (Nahrung, Brutplatz, Tagesverstecke, Wasserqualität, Sandbäder, konstanter Lärm, der Reviergesang verhindert, etc.).

Habitatverlust: Zerstörung des Lebensraumes einer Art. Dabei kann der Wegfall eines einzelnen Requisites oder Faktors (z.B. Veränderung des Mikroklimas) über das Vorkommen der Art entscheiden.

Layer: meist thematisch gegliederte, digitale Informationsschichten eines Geographischen Informationssystems. Diese einzelnen Schichten (z.B. Verkehr, Bodeneigenschaften, Vegetation, Siedlung, Gewässer ...) können in verschiedenen Kombinationen miteinander betrachtet und ausgewertet werden.

Luftbilder: Photographische Bilder eines Teils der Erdoberfläche, die von Luftfahrzeugen aufgenommen werden.

Luftbildmosaik: mehrere zusammengesetzte Luftbilder.

Mengengerüst: physische/naturwissenschaftliche Grössen zu den Auswirkungen des Verkehrs, im vorliegenden Fall Flächen- und Qualitätsveränderungen bzw. potenzielle Defragmentierungselemente.

Orthophoto: durch Entzerrung und, wenn die Geländeunterschiede zu gross sind, zusätzlich mit Hilfe eines DGM so umgeformtes Luftbild, dass es geometrisch die Eigenschaften einer Karte aufweist.

Orthobase: Programm von ERDAS zur Aufbereitung (innere und äussere Orientierung) von Luftbildern für die Bearbeitung im StereoAnalyst. Auch Orthophotos können mit Hilfe dieses Programms erstellt werden.

Perimeter: Linie, welche eine Fläche auf dem Untergrund oder eine geschlossene, flache Figur umschliesst.

stereoskopische Betrachtung: Dabei werden Informationen aus einem zweiten Bild herangezogen, um die dritte Koordinate der Geländepunkte zu bestimmen, womit ein dreidimensionales Bild sichtbar wird.

StereoAnalyst: Beim StereoAnalyst handelt es sich um ein Programm aus dem Bereich der Fernerkundung (ERDAS), welches diverse GIS-Funktionen aufweist. So kann direkt auf dem georeferenzierten Luftbild – aber mit stereoskopischer Sicht – am Bildschirm digitalisiert werden. Den Punkten, Linien und Polygonen können Attribute zugeordnet werden.

Trennwirkung: Wirkung, z.B. durch eine Strasse oder den Verkehrsbetrieb, die Habitate direkt zerschneidet oder sie voneinander isoliert. Dabei wird von einer bezeichneten Art ausgegangen. Was für die eine Art Isolierung bedeutet, muss für andere, besonders grössere oder flugfähige Tierarten kein Hindernis sein.

Verkehr (Betrieb): Die Auswirkungen der Fahrten von Automobilen, LKWs und Bahn mit ihren Emissionen und Unfällen, sowie die Massnahmen, die zur Beseitigung dieser Wirkungen im Trassenbereich ergriffen werden (Reinigung) oder zur Aufrechterhaltung des Verkehrs nötig sind (Salz).

Verkehrsinfrastruktur i.e.S.: Der Trassenkörper (Strasse mit Strassenkoffer, Schienen mit Koffer) und die Nebenbauten (Tunnels, Abwassersammler, Elektroleitungen etc.) und die Massnahmen, die zur Werterhaltung der Bausubstanz ergriffen werden (Unterhalt, u.a. Herbizide).

Verkehrsinfrastruktur i.w.S.: Anlagen, die aufgrund des Baus oder Betriebs einer Verkehrsanlage in der weiteren Umgebung der Trassen entstehen, z.B. Bauschuttdeponien, Abbaugelände, Werkhöfe etc.

Wertgerüst: Monetäre Bewertung der Ersatzmassnahmen für Flächen- und Qualitätsveränderungen bzw. monetäre Bewertung der Fragmentierungen.

Literatur

- Blöchliger H. 1992: Der Preis des Bewahrens. Ökonomie des Natur- und Landschaftsschutzes. In: WWZ-Beiträge Band 11. Chur/Zürich.
- Blöchliger H., Jäggin B. 1996: Der Wert der Artenvielfalt im Jura. Im Auftrag der Stiftung Mensch-Gesellschaft-Umwelt der Universität Basel. Basel.
- Bosch & Partner 1993: Faktische Grundlagen für die Ausgleichsabgaberegulierung (Wiederherstellungskosten). Forschungsbericht i.A. der Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie (BFANL), Königsdorf.
- Bosch & Partner 1998: Handlungsanleitung zur flexiblen Ermittlung und Umsetzung von Kompensationsmassnahmen in der Stadt Oberhausen. Beauftragt durch die Stadt Oberhausen. , Herne.
- Broggi, M. F., Schlegel, H. 1989: Mindestbedarf an naturnahen Flächen in der Kulturlandschaft. Bericht 31 des Nationalen Forschungsprogrammes „Boden“. Liebefeld-Bern.
- BSLA 2001: Ordnung für Leistungen und Honorare der Landschaftsarchitekten. La Chaux-de-Fonds.
- Bundesamt für Naturschutz 1995: Systematik der Biotoptypen- und Nutzungstypenkartierung (Kartieranleitung). Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz, Heft 45, Bonn-Bad Godesberg.
- BFS 1995: Der öffentliche Verkehr 1995. Bern.
- BFS 1997: Arealstatistik 1992/97. Neuenburg.
- BFS 2000: Schweizerische Verkehrsstatistik 1996/2000. Neuenburg.
- BFS 2001: Einblicke in die schweizerische Landwirtschaft. Neuenburg.
- BFS, BUWAL 1997: Umwelt in der Schweiz 1997. Daten, Fakten, Perspektiven. Bern.
- BUWAL 2000: Digitales Moor-, Trockenstandorte- und Aueninventar der Schweiz. Bern.
- BUWAL, ARE, BAV, ASTRA 2001 Zerschneidung von Lebensräumen durch Verkehrsinfrastrukturen. COST 341. Schriftenreihe Umwelt Nr. 332. Bern.
- BUWAL, SGW, Schw. Vogelwarte 2001: Korridore für Wildtiere in der Schweiz. Schriftenreihe Umwelt Nr. 326. Hrsg.: BUWAL in Zusammenarbeit mit der Schw. Gesellschaft für Wildtierbiologie und der Schw. Vogelwarte. Bern.
- Bundesamt für Landestopographie, 1949–1999: Historische und aktuelle Landekarten 1:25'000. Bern.
- Bundesamt für Landestopographie, 1949–ca. 1960: Diverse analoge historische Luftbilder. Bern.

- BWG, BUWAL, BLW, BRP 2000: Raum den Fliessgewässern!. Faltblatt. BWG, 2051 Biel. Bern.
- Consult 2000: Stichprobenplan für die Luftbildanalyse im Rahmen des Projekts "Externe Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft". Bern.
- Consult 2001: Stichproben Luftbildanalyse: Hochrechnungsprogramm. Ziehung der Teilstichproben 3 und 4 im Rahmen des Projekts "Externe Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft". Bern.
- DRL 2000: Honorierung von Leistungen der Landwirtschaft für Naturschutz und Landschaftspflege. Ergebnisse eines Symposiums vom 9./10. Nov. 1998 in Bonn. Deutscher Rat für Landschaftspflege.
- Ecoplan 1998 Externalitäten im Verkehr – methodische Grundlagen. Schlussbericht. GVF-Auftrag Nr. 281a. Bern.
- Ecoplan 1998a: Verkehrsplanung mit externen Kosten: Leitfaden für die Praxis, (Externalitäten im Verkehr – methodische Grundlagen), im Auftrag von ASTRA, Dienst GVF/ARE. Forschungsauftrag 19/95. Bern.
- Ecoplan 1996: Soziale Kosten von Verkehrsunfällen in der Schweiz. Aktualisierung für das Jahr 1993. Im Auftrag von Dienst GVF/ARE. Bern/Altorf.
- Ecoplan 1991: Soziale Kosten von Verkehrsunfällen in der Schweiz. Im Auftrag von Dienst GVF/ARE. Bern/Altorf.
- Erdmann G. 1988: Die Diskontrate bei der Planung mittel- bis langfristiger Projekte im Energiebereich, Jülich und Zürich: KFA Jülich-Spez-426.
- ExternE 1999: ExternE - Externalities of Energy, Methodology Update 1998, Vol. 7, European Commission DG XII, Office for Official Publications. Luxembourg.
- FAT 2000: Maschinenkosten 2001: Kostenansätze Gebäudeteile und mechanische Einrichtungen. Eidg. Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik. Tänikon.
- Filliger P. et al. 1999: Filliger, P.; Puybonnieux-Texier, V. & Schneider, J.: Health Costs due to Road Traffic-related Air Pollution: PM10 Population Exposure. GVF-Auftrag Nr. 340. Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK). Bern.
- Frey R.L., Blöchliger H. 1991: Schützen oder Nutzen. Ausgleichszahlungen im Natur- und Landschaftsschutz. In: WWZ-Beiträge Band 1. Chur/Zürich.
- Froelich & Sporbeck 1995: Gutachten zur Ausgleichsabgabe in Thüringen. Im Auftrag des Thüringer Ministeriums für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt. Plauen, unveröffentlicht.

- Froelich & Sporbeck 2000: Preise zur Kostenermittlung November 2000. Plauen.
- Fuchs et al. 1996: Fuchs, A.; Karrer, M. & Kogelschatz, D.: Monetarisierung der verkehrsbedingten externen Gesundheitskosten. Teilbericht Lufthygiene. GVF-Auftrag Nr. 274. Dienst für Gesamtverkehrsfragen (GVF). Bern.
- Gärtnermeisterverband Kt. Zürich 1999: Regietarif 1999 für Gärtnerarbeiten: Kantone Baselland und Baselstadt. Zürich.
- Gärtnermeisterverband Kt. Zürich 2000: Regietarif 1999 für Gärtnerarbeiten: Kantone Zürich und Schaffhausen. Zürich.
- Gühnemann A. et al. 1999: Entwicklung eines Verfahrens zur Aufstellung umweltorientierter Fernverkehrskonzepte als Beitrag zur Bundesverkehrswegeplanung. Forschungsbericht im Auftrag des Umweltbundesamtes. Berlin.
- Hampicke U. 1991: Hampicke et al., "Kosten und Wertschätzung des Arten- und Biotopschutzes". UBA 3/1991. Berlin.
- Hundsdorfer M. 1988a: Studien zur Wirtschafts- und Organisationslehre der Landschaftspflege. Aktive Landschaftspflege: Inhalte, Durchführung und Erhebung von Planungsdaten und Kostenkalkulation. Weihenstephan.
- Hundsdorfer M. 1988b: Kostendatei für Massnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege. Bayrisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen. München.
- Infraconsult 1992: Soziale Kosten des Verkehrslärms in der Schweiz. GVF-Auftrag Nr. 191. Bern.
- Infraconsult 1999: Kosten und Nutzen im Natur- und Landschaftsschutz. NFP 41-Bericht C1. Bern.
- Infras 1999: Faire und effiziente Preise im Verkehr. Bericht D3 des NFP 41, EDMZ. Bern/Zürich.
- Infras 1998: Staukosten in der Schweiz. Im Auftrag des ASTRA. Schlussbericht. Bern.
- Infras et al. 1996: INFRAS/**e c o n c e p t**/Prognos 1996: Die vergessenen Milliarden. Paul Haupt Verlag. Zürich/Basel.
- Infras/Prognos 1994: Externe Kosten und kalkulatorische Energiepreiszuschläge im Strom- und Wärmebereich. Im Auftrag von BFK, BFE, AFB, EDMZ. Zürich/Bern.
- Infras 1993: Gebäudeschäden durch verkehrsbedingte Luftverschmutzung. Im Auftrag vom Dienst GVF. Zürich/Bern.
- Infras/IWW 2000: Infras Zürich, IWW Universität Karlsruhe, External Costs of Transport, International Union of Railways (UIC). Zürich/Karlsruhe.

- Kiemstedt et al. 1993: Methodik der Eingriffsregelung: Teil 1: Synopse. Schriftenreihe LANA (Länderarbeitsgemeinschaft für Naturschutz, Landschaftspflege und Erholung) 4. Hannover.
- Kiemstedt et al. 1996: Methodik der Eingriffsregelung: Teil 2: Analyse. Schriftenreihe LANA (Länderarbeitsgemeinschaft für Naturschutz, Landschaftspflege und Erholung) 5. Hannover.
- Kiemstedt et al. 1996a: Methodik der Eingriffsregelung: Teil 3: Vorschläge zur bundeseinheitlichen Anwendung der Eingriffsregelung nach §8 Bundesnaturschutzgesetz. Schriftenreihe LANA (Länderarbeitsgemeinschaft für Naturschutz, Landschaftspflege und Erholung) 6. Hannover.
- Krutilla/Fisher 1975: Krutilla J.V., Fisher, The Economics of Natural Environments, Resources for the Future. Washington D.C..
- KTBL 1998: Landschaftspflege: Daten zur Kalkulation von Arbeitszeit und Maschinenkosten, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V.. Darmstadt.
- Künzli N. et al. 1999: Künzli N.; Kaiser R.; Medina S.; Studnicka M.; Oberfeld G. & Horak F.: Health Costs due to Road Traffic-related Air Pollution: Air Pollution Attributable Cases. GVF-Auftrag Nr. 326, Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK), Bern.
- LBL 1999: Naturschutzleistungen der Landwirtschaft: Naturnahe Lebensräume – Leitfaden zur Berechnung von Pflegeleistungen und Einkommensausfällen. Landwirtschaftliche Beratungszentrale. Lindau.
- LFU 1998: Kostendatei für Massnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege. Bayrisches Landesamt für Umweltschutz. München.
- Maibach, Ott, Schreyer 1999: Maibach M., Ott W., Schreyer Ch., Faire und effiziente Preise im Verkehr. Verlag Rüegger. Chur/Zürich.
- Marticke 1994: Rechtliche Fragen zur Methodik einer naturschutzrechtlichen Ausgleichsabgabe, Schlussbericht zum Forschungsvorhaben Nr. 108 01 151 des Bundesamts für Naturschutz, Universität des Saarlandes, unveröffentlichtes Manuskript.
- nateco 2001: Soll-Wert der Landschaft in den 1950er-/60er-Jahren, Zusatzmodul Habitatverlust. Gelterkinden (*Bezugsquelle: ARE, BUWAL*).
- nateco 2002: Qualitätskontrolle UVB. Gelterkinden. (*Bezugsquelle: ARE, BUWAL*).

- Nielsen C. 1992: Der Wert stadtnaher Wälder als Erholungsraum – eine ökonomische Analyse am Beispiel von Lugano. Dissertation Universität Zürich.
- OECD 1998: OECD Environmental Performance Review Programme, Review of Switzerland.
- Ökoskop 1998: Externe Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft. Vorstudie I, GVF-Auftrag Nr. 322. Gelterkinden/Bern. (*Bezugsquelle: ARE, BUWAL*).
- Ökoskop 2000: Externe Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft. Forschungsbericht Phase II, GVF-Auftrag Nr. 348. Gelterkinden/Bern. (*Bezugsquelle: ARE, BUWAL*).
- Ökoskop 2000a: Externe Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft. Schlussbericht Praktikum. Auswirkungen des Verkehrs auf die Biotopqualität. Gelterkinden. (*Bezugsquelle: ARE, BUWAL*).
- Price C. 1995: Emissions, Concentrations and Disappearing CO₂, Resource and Energy Economics 17(1995)87-97.
- Rothenburger W. 1993: Ökonomie der Landespflege, Betriebswirtschafts- und Organisationslehre für landespflegerische Berufe. Stuttgart.
- Schelbert/Maggi 1988: Schelbert H., Maggi R., Wertvolle Umwelt. Schriftenreihe Umwelt und Gesellschaft. Zürcher Kantonalbank. Zürich.
- Schemel et al. 1993: Methodik zur Entwicklung von Geldwertäquivalenten im Rahmen der Eingriffsregelung - Naturhaushalt - (Ausgleichsabgabe). Forschungsvorhaben i.A.d. BFANL (BfN).
- Schweizerische Gesellschaft für Wildtierbiologie (Hrsg.), 1995: Wildtiere, Strassenbau und Verkehr. Chur.
- Schweppe-Kraft B. 1998: Monetäre Bewertung von Biotopen. Angewandte Landschaftsökologie Heft 24. Bundesamt für Naturschutz. Bonn-Bad Godesberg.
- Seethaler, R. 1999: Health Costs due to Road Traffic-related Air Pollution: Synthesis Report. GVF-Auftrag Nr. 1/99. Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK). Bern.
- UNITE 2002: Deliverable 5, Appendix 2: The Pilot Accounts for Switzerland, Version 2.0, European Commission – DG TREN, 5th Framework Programme, Contract 1999-AM.11157, 28 January 2002.
- UVEK 2001: Richtlinie vom 10. November 2001. Planung und Bau von Wildtierpassagen an Verkehrswegen. Bern.
- L+T, Vektor 25: Vektordatensatz auf Basis der LK25, Landeskarte 1:25'000, Bundesamt für Landestopografie.
- Weitzman M.L. 1994: On the "Environmental" Discount Rate. Journal of Environmental Economics and Management 26, 200-209.

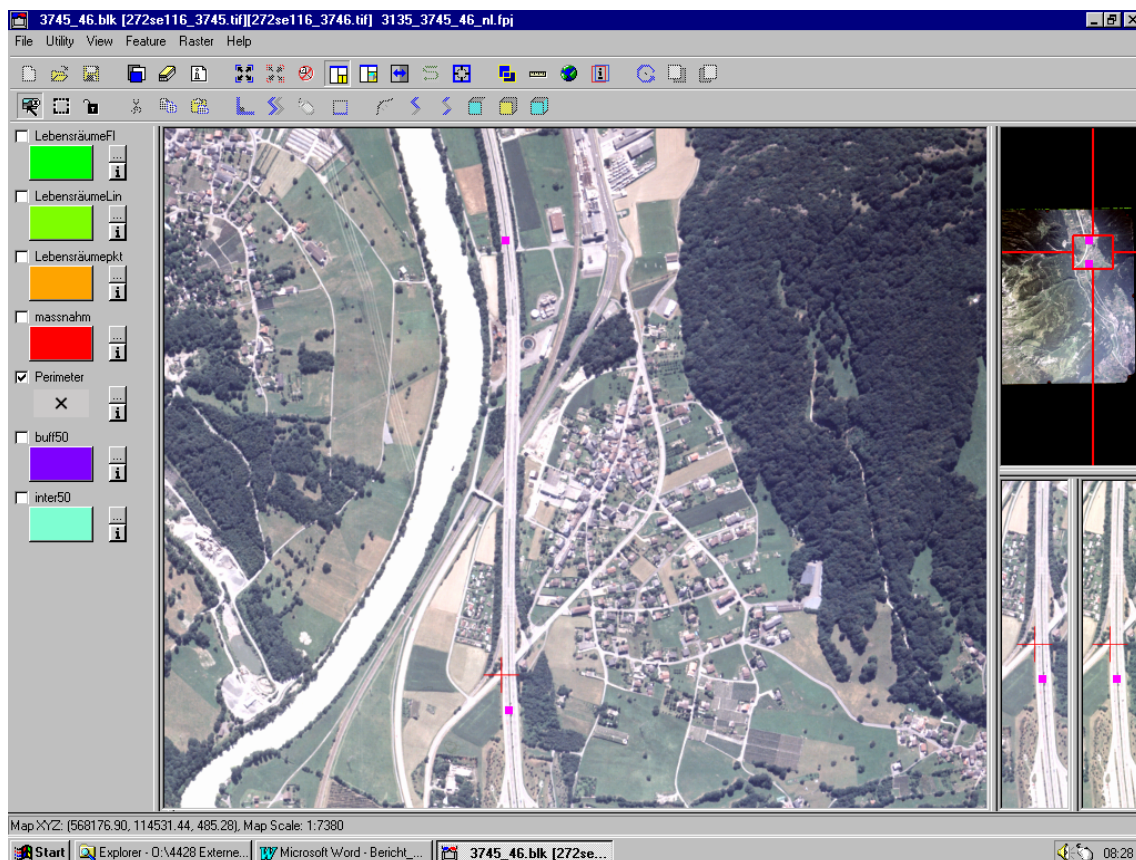
Anhang

A-1 Mengengerüst Habitatverluste

A-1.1 Arbeitsschritte der Luftbildinterpretation

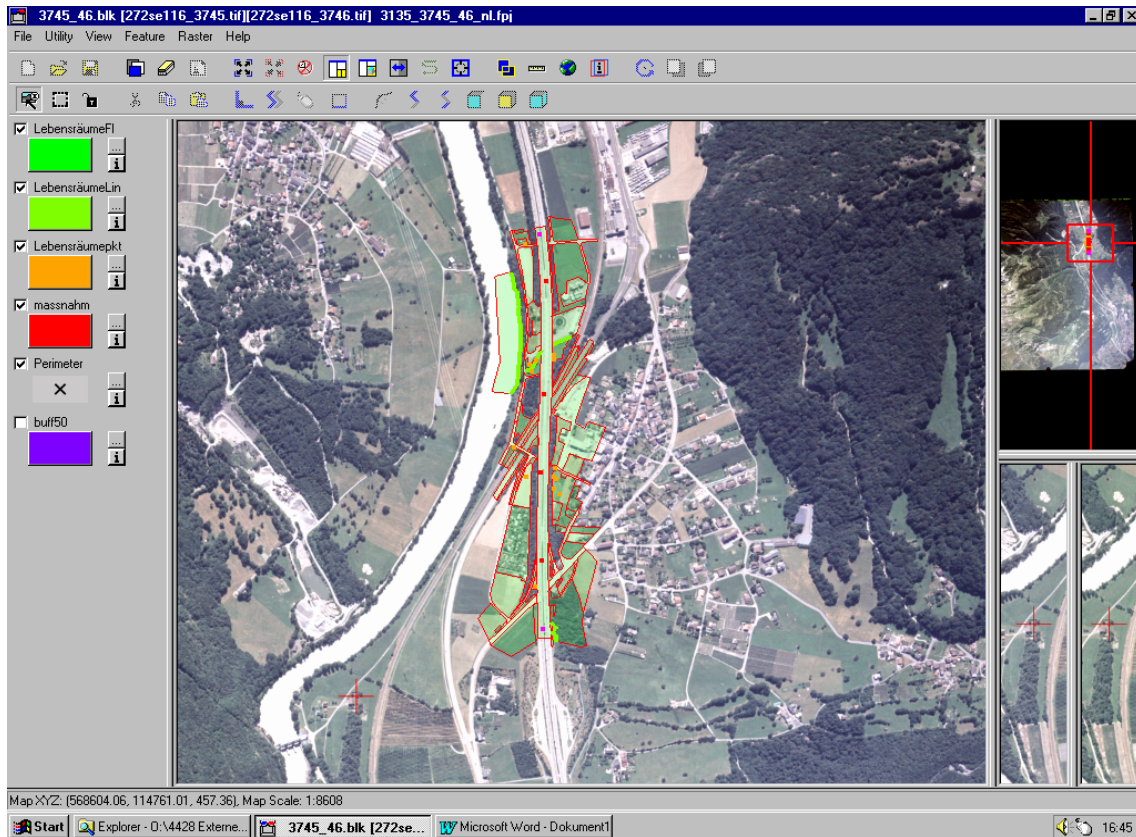
Im Folgenden wird am Beispiel eines untersuchten Autobahnabschnittes das Vorgehen bei der Luftbildinterpretation gezeigt. Es wurde ein Autobahnabschnitt gewählt, weil dabei die Unterschiede zwischen alten und neuen Luftbildern besonders gut erkennbar sind. Bei untergeordneten Strassen und Eisenbahnen war das Vorgehen analog.

1. Heraussuchen, Vorbereiten der Luftbilder bei der Landestopographie.
2. Orientierung der gelieferten Luftbilder im Orthobase zur Weiterverarbeitung im 3D-Programm (StereoAnalyst).
3. Öffnen und Einrichten des Luftbildpaares im StereoAnalyst. Festlegung des Untersuchungsperimeters im Farb-Luftbild mit Hilfe der Anfangs- und Endkoordinaten des Abschnittes (graue Punkte). Die zu bearbeitende Perimeterbreite wird entnommen.

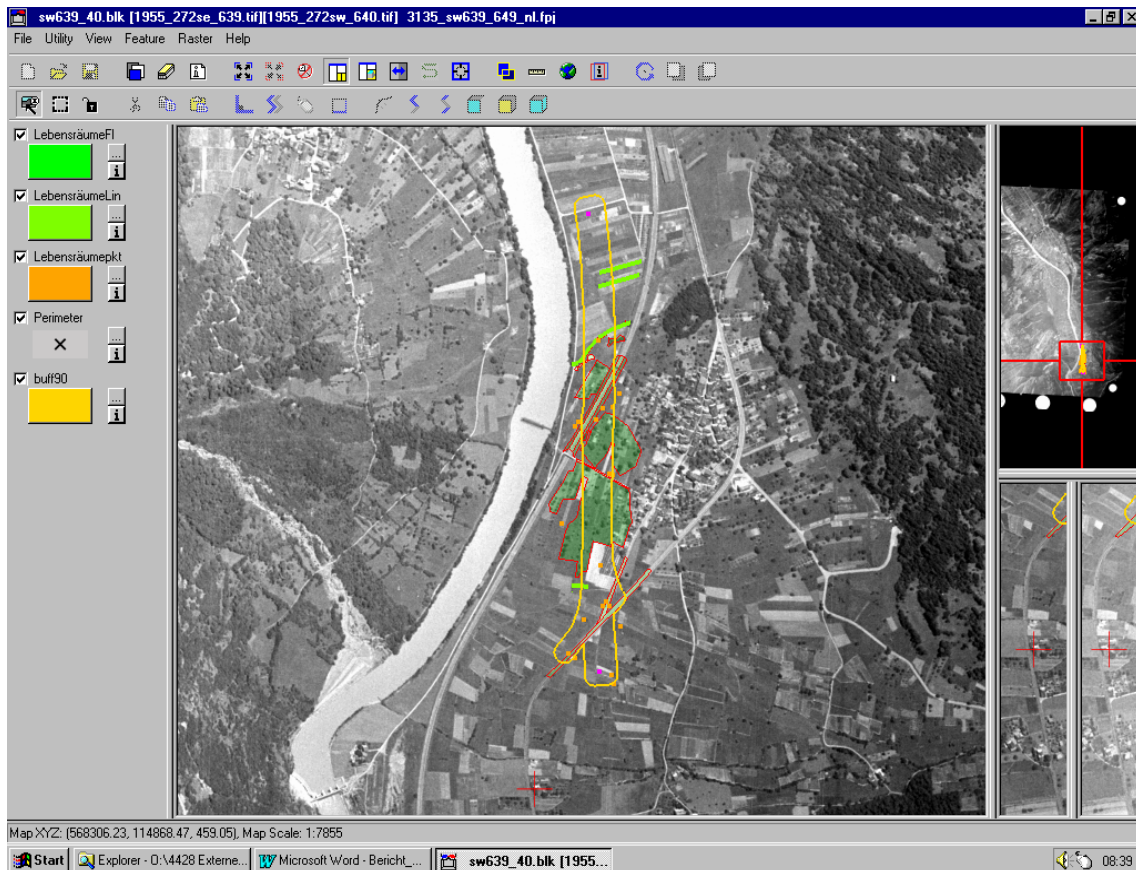


Figur 21: Auf dem 1990er-Jahre-Luftbild eingetragene Anfangs- und Endkoordinaten.

4. Interpretation und Digitalisierung der Lebensräume entlang des Verkehrsweges, Bestimmung der Funktionalität und der potenziellen Defragmentierungselemente.



Figur 22: Auf dem Farbluftbild der 1990er-Jahre digitalisierte Lebensräume entlang einer Autobahn.

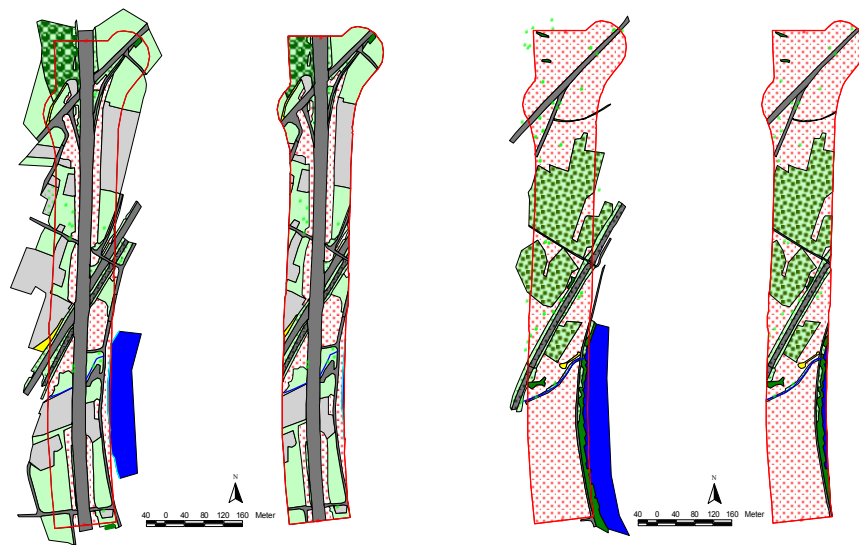


Figur 23: Auf dem Schwarz/Weiss-Luftbild der 1950er-Jahre digitalisierte Lebensräume innerhalb des durch die 1990er-Jahre vorgegebenen Perimeters.

5. Export der digitalen Vektor- und Sachdaten ins 2D-Format.
6. Nachbearbeitung im ArcView (exakte Perimeterabgrenzung und Flächenberechnungen).

1990er-Jahre

1950er-Jahre



Figur 24: Weiterverarbeitung und Darstellung der im StereoAnalyst digitalisierten Lebensraumflächen mit Hilfe von ArcView.

7. Einbindung der Ergebnisse in eine Access-Datenbank.

Die beiden letzten Schritte wurden jeweils für mehrere Untersuchungsstandorte als Block durchgeführt. Dies erwies sich als effizienter und weniger fehleranfällig.

Die Bearbeitung des SW-Bildes erfolgte auf die gleiche Weise. Das bereits ausgewertete Farbbild wird immer beigezogen. Auf die Gleichbehandlung der historischen und aktuellen Bilder wird besonderen Wert gelegt, so dass bei der Biotoyp-Bestimmung Grenzfälle beide Male gleich bewertet werden. Die Computer zur Luftbildauswertung sind nebeneinander platziert, so dass sich die Interpreten in Zweifelsfällen gegenseitig kontaktieren können.

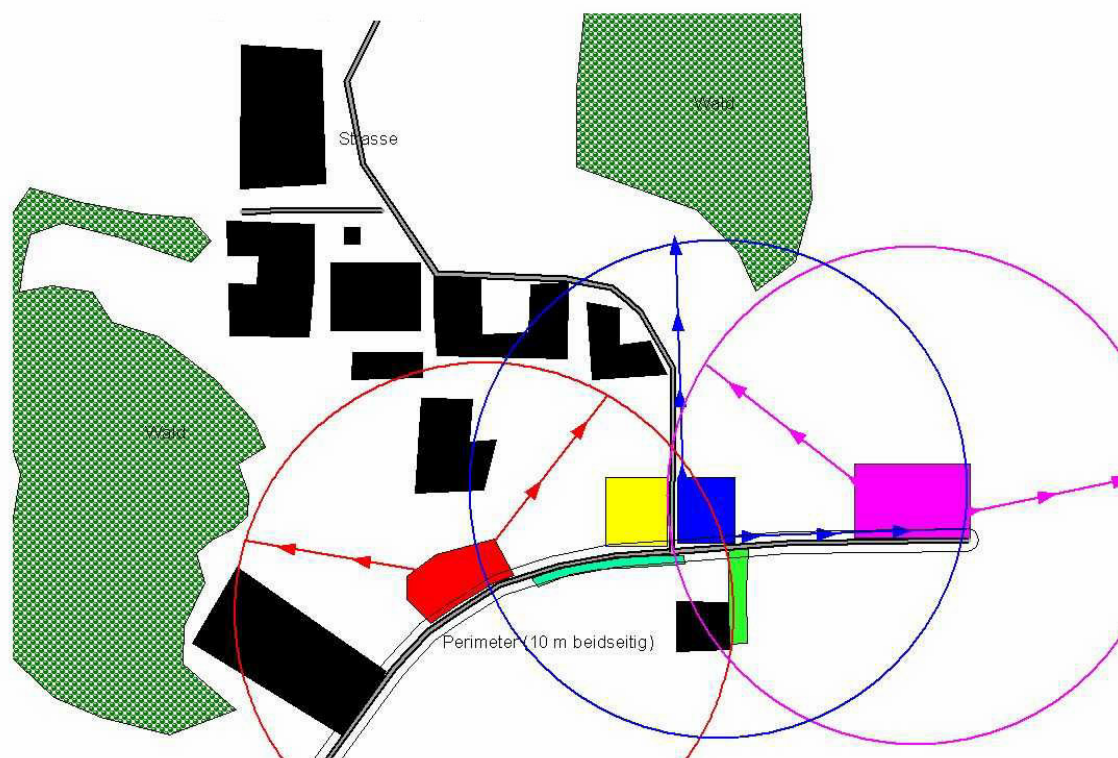
Bei der Luftbildauswertung werden als weitere Informationsquellen folgende Hilfsmittel hinzugezogen:

- Digitales Moor-, Trockenstandorte- und Aueninventar der Schweiz (BUWAL 2000);
- Historische und aktuelle Landeskarten 1:25'000 (Landestopographie);
- Analoge historische Luftbilder;
- Kartieranleitung sowie selbst erstellte Arbeitshilfen (Definitionen, Anleitungen, Kontrolllisten);
- Digitale Rastergrundlagen (insbesondere Strassen- und Eisenbahnnetz);
- Auskünfte von firmeninternen Spezialisten und Ortskundigen.

A-1.2 Einbindung ins Umland: Technische Anleitung

Vom Zentrum einer Biotopfläche aus wird ein Radius von 150 m aufgetragen. Für eine gute Einbindung (Vernetzung) der Fläche müsste nun an zwei Stellen ein Durchgang bis zum Kreisrand möglich sein, d.h. keine Barriere durch Siedlung oder Verkehrsflächen vorliegen. Zugleich müssen diese Durchgänge mindestens einen 90°-Winkel (ausgehend vom Zentrum) einschliessen.

Die nachfolgende Figur skizziert, wie die Einbindung ins Umland bestimmt wird.



Figur 25: Ermittlung der Einbindung ins Umland.

Bemerkungen zur obigen Figur:

Die hellgraue Fläche in der Mitte stellt als Einzige einen Endpunkt einer möglichen Vernetzung dar und wird deshalb als schlecht eingebunden klassiert.

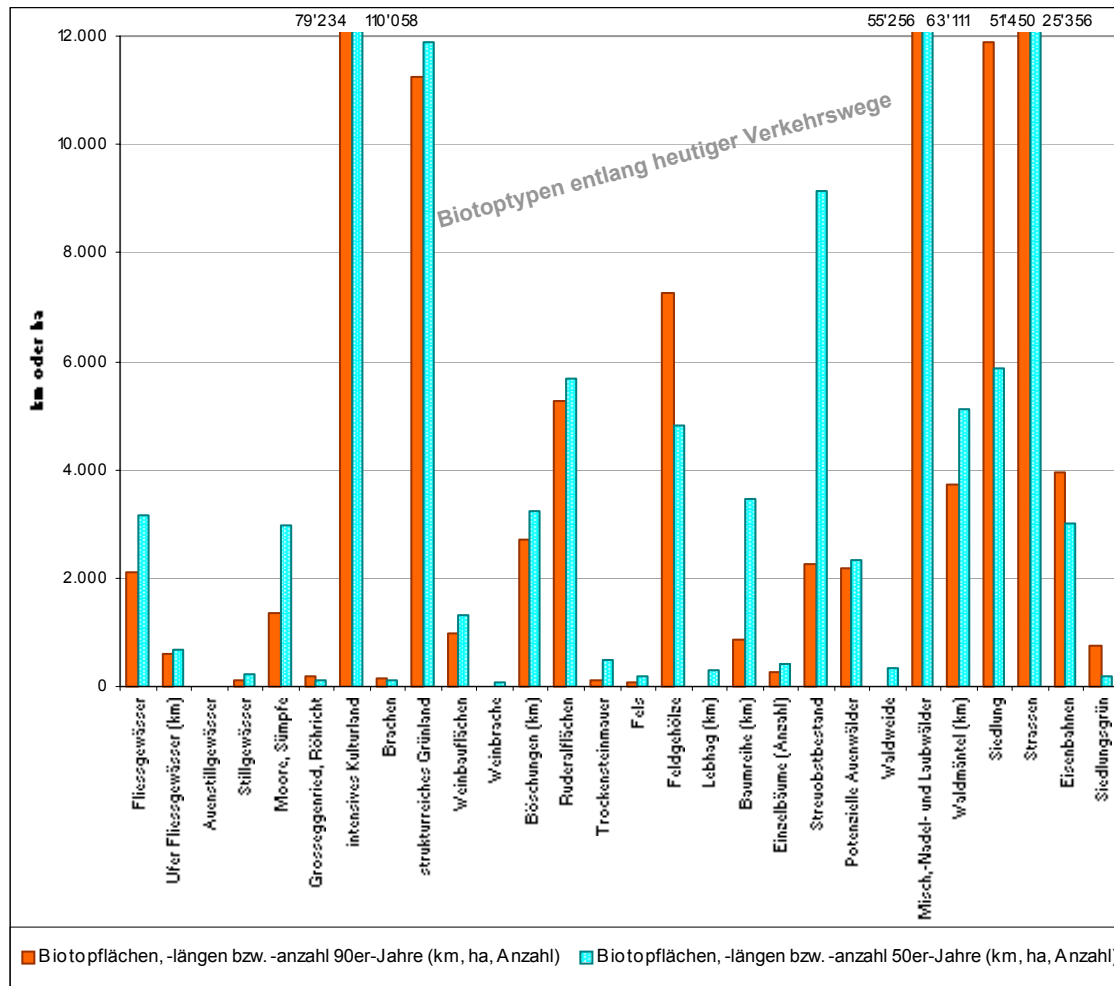
Die dunkelgraue Fläche in der Mitte stellt eine Grenzsituation dar: die maximale Entfernung zwischen zwei Durchgängen beträgt hier genau 90°.

Die mittelgraue Fläche links ist ebenfalls nur noch knapp gut eingebunden, da der Siedlungsbereich erst nach 150 m beginnt.

Die mittelgraue Fläche rechts ist eindeutig gut eingebunden.

A-1.3 Flächenveränderungen nach Biotoptyp

Für die Berechnung der externen Kosten des Verkehrs interessieren in erster Linie die Flächenveränderungen nach Verkehrsklassen. Aus naturwissenschaftlicher Sicht ebenso interessant sind aber die Flächenveränderungen pro Biotoptyp. Diese Ergebnisse sind deshalb hier kurz dargestellt.



Figur 26: Auf die ganze Schweiz hochgerechnete und gewichtete Flächen der erfassten Biotoptypen für die 1990er-Jahre (dunkel) und die 1950er-/1960er-Jahre (hell).

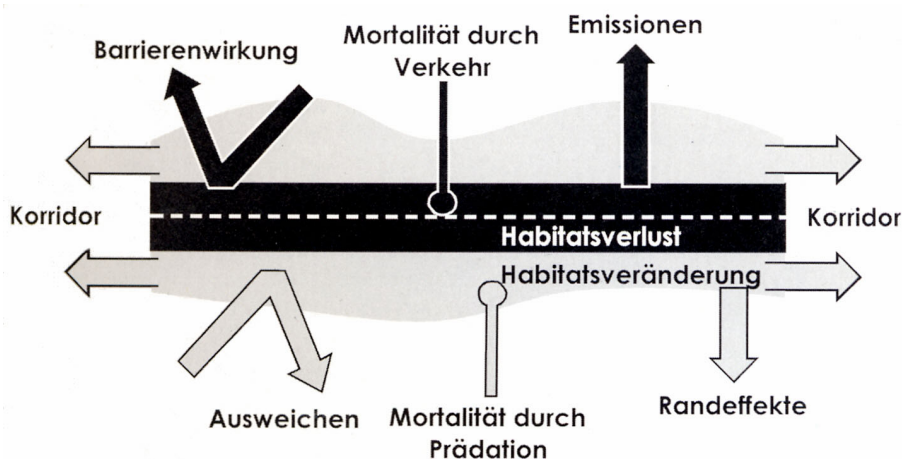
Die auf die ganze Schweiz hochgerechneten Flächenverluste variieren sehr stark je nach Verkehrsklasse und Biotoptyp. So verzeichnen zum Beispiel Autobahnen gar eine Zunahme von Hecken und Gehölzen im Vergleich zum gleichen Landschaftsausschnitt in den 1950er-/60er-Jahren. Dies hat zur Folge, dass auch über alle Verkehrsklassen gesehen, bei diesem Biotoptyp eine Zunahme zu verzeichnen ist.

A-2 Mengengerüst Habitatqualitätsverluste

Neben dem reinen Flächenverlust durch die Infrastruktur ist auch der Qualitätsverlust bedeutend. Qualitative Veränderungen an den Lebensräumen durch den Verkehr sind sehr vielfältig. Die Minimierung des Zerschneidungseffektes durch entsprechende Massnahmen sowie der Ersatz von direkt zerstörten naturnahen Flächen genügt nicht, um die direkten externen Effekte von Verkehrsanlagen auf die Lebensräume zu kompensieren. Es bleiben Resteffekte, die insgesamt zu einem Qualitätsverlust in den Habitaten führen. Nachfolgend sind die Einwirkungen des Verkehrs auf die Qualität der Lebensräume anhand zweier Beispiele illustriert.

Schwefel- und Stickoxidemissionen führen zu "saurem Regen" und zur Störung der Nährstoff- und Wasserhaushaltsverhältnisse im Boden. Ausserdem werden Pflanzen geschädigt, die zusammen mit den Nährstoffen Schadstoffe aufnehmen. Der stickstoffhaltige Niederschlag verursacht darüber hinaus einen Überdüngungseffekt, von welchem auch nährstoffarme Lebensräume stark betroffen sind. Bei Magerwiesen etwa führt die Düngung zu einer Abnahme der Artenvielfalt.

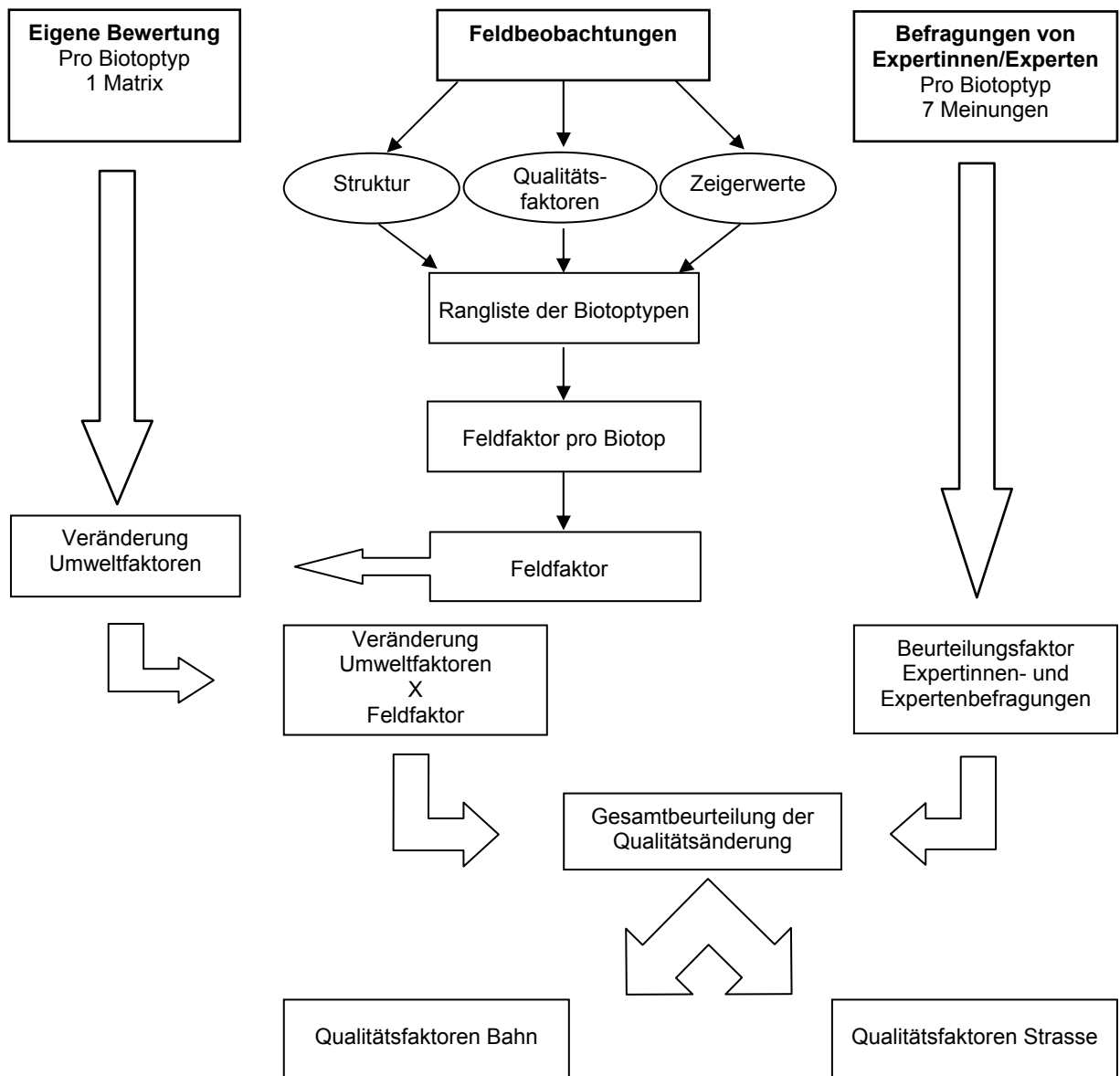
Lärm kann die Fortpflanzung von Vögeln behindern, da die Kommunikation gestört wird und Lockrufe nicht mehr gehört werden.



Figur 27: *Verschiedene Einflüsse der Verkehrsträger auf die Natur, die mit dem Ersatzkostenansatz zum Teil nicht berücksichtigt werden (BUWAL, ARE, BAV, ASTRA 2001, S. 31). Anmerkung: „Mortalität durch Prädation“ bedeutet Tod durch gefressen werden.*

A-2.1 Vorgehen zur Abschätzung des Habitatqualitätsverlustes

In einem mehrstufigen Verfahren wurde versucht, einen Faktor für den Habitatqualitätsverlust herzuleiten. Zentral waren eigene Recherchen in der Literatur und die Befragung von Expertinnen und Experten. Die nachfolgende Graphik gibt einen Überblick über das Vorgehen.



Figur 28: Mehrstufiges Vorgehen zur Herleitung der Qualitätsfaktoren für die Bahn und die Strasse.

A-2.2 Herleitung der Qualitätsverluste

Idee

Die verschiedenen Aspekte der Habitatqualitätsverluste sollen durch einen Qualitätsfaktor berücksichtigt werden, mit dem die Habitatverluste multipliziert werden können. Dieser Qualitätsfaktor wurde im Rahmen zweier Praktikumsarbeiten hergeleitet (Ökoskop 2000). Dabei wurde berücksichtigt, dass verschiedene Biotoptypen unterschiedlich sensibel auf Veränderung in der Umwelt reagieren. Es wurden 7 verschiedene Gruppen von Biotoptypen unterschieden:

- Binnengewässer
- Moore/Sümpfe
- Acker/Fettwiesen
- Weiden/Magerwiesen
- Rohbodenstandorte
- Feldgehölze
- Wälder

Um die spezifischen Einflüsse des Verkehrs zu erfassen, wurden die verkehrsbedingten Veränderungen von 10 Umweltfaktoren in den letzten 40 Jahren ermittelt:

- Stickoxide
- Kohlenwasserstoffe
- Staub
- Streusalz
- Schwermetalle
- Bodenversiegelung
- Lärm
- Licht
- Verkehrsnetzlänge
- Unfälle mit Wild

Diese Umweltfaktoren wurden nach ihrem Einfluss auf Landschaft, Tiere und Pflanzen gewichtet. Dies geschah aufgrund von eigenen Recherchen, durch Befragung von Expertinnen und Experten und mit Hilfe von Felduntersuchungen (Ökoskop 2000).

A-2.3 Das Ausmass der Qualitätsverluste

Grösse des Qualitätsfaktors

Das dargestellte Vorgehen ergibt eine Liste mit Aussagen über die relativen Auswirkungen der verkehrsbedingten Umwelteinflüsse auf die verschiedenen Gruppen von Biotoptypen differenziert nach Bahn und Strasse. So werden beispielsweise Moore qualitativ doppelt so stark durch Auswirkungen des Verkehrs beeinflusst wie Ackerland und Fettwiesen.

Lebensraumtyp	Qualitätsfaktor Strasse	Qualitätsfaktor Bahn
Binnengewässer	2.1	1.9
Moore, Sümpfe	2.1	1.9
Wälder	1.8	1.4
Feldgehölze	1.3	1.3
Weiden, Magerwiesen	1.6	1.2
Acker, Fettwiesen	1	1.2
Rohbodenstandorte	1	1
ohne Qualitätsfaktor	1	1

Tabelle 25: Qualitätsfaktoren für Bahn und Strasse differenziert nach Lebensraumtypen.

Absolute Grösse unbekannt

Aufgrund ihrer Herleitung geben die Qualitätsfaktoren nur das **Verhältnis** der Beeinflussung der Qualität verschiedener Lebensräume durch den Verkehr wieder. Eine Aussage zur quantitativen Beeinflussung der Lebensräume durch den Verkehr ist damit jedoch (noch) nicht möglich.

Zum jetzigen Zeitpunkt lassen sich daher keine konkreten Angaben über die Veränderung der Qualität von Lebensräumen zwischen den 1950er- und den 1990er-Jahren finden, die den Anteil des Verkehrs an diesen Veränderungen beinhalten. Deswegen lässt sich zur Zeit keine gesicherte Aussage über die verkehrsbedingten Habitatqualitätsveränderung machen.

A-2.4 Theoretische Modellrechnung

Mit den vorhandenen Datengrundlagen lassen sich hingegen Modellrechnungen anstellen, mit denen die Sensitivität der Kostenrechnung auf angenommene Habitatqualitätsverluste dargestellt werden können. Die Frage dabei lautet: wie würden sich die Kosten verändern, wenn die Habitatqualität um einen bestimmten Wert verändert wird?

Berechnungsweise

Eine Fläche von heute 1 ha ist aus qualitativen Gründen nicht mehr äquivalent zu einer Fläche von 1 ha in den 1950er-Jahren. Der Zustand der Lebensräume in den 1950er-Jahren dient aber als Referenzzustand (mathematisch: 1). Eine heutige Fläche von 1 ha entspricht nur noch einer 1950er-Jahre-Fläche, die um einen Multiplikationsfaktor bzw. Qualitätsfaktor kleiner ist. Somit muss die heutige Fläche durch dem QF dividiert werden:

Zusätzlich zu schaffende Flächen zur Kompensation des Qualitätsverlusts 50er Jahre → 1990er Jahre

$$\text{Zusätzliche Fläche} = \text{Fläche 1990er-Jahre} * (1-1/x)$$

- Je Lebensraumtyp (ca. 20)
- Je Region (4)
- Je Verkehrsklasse (7)

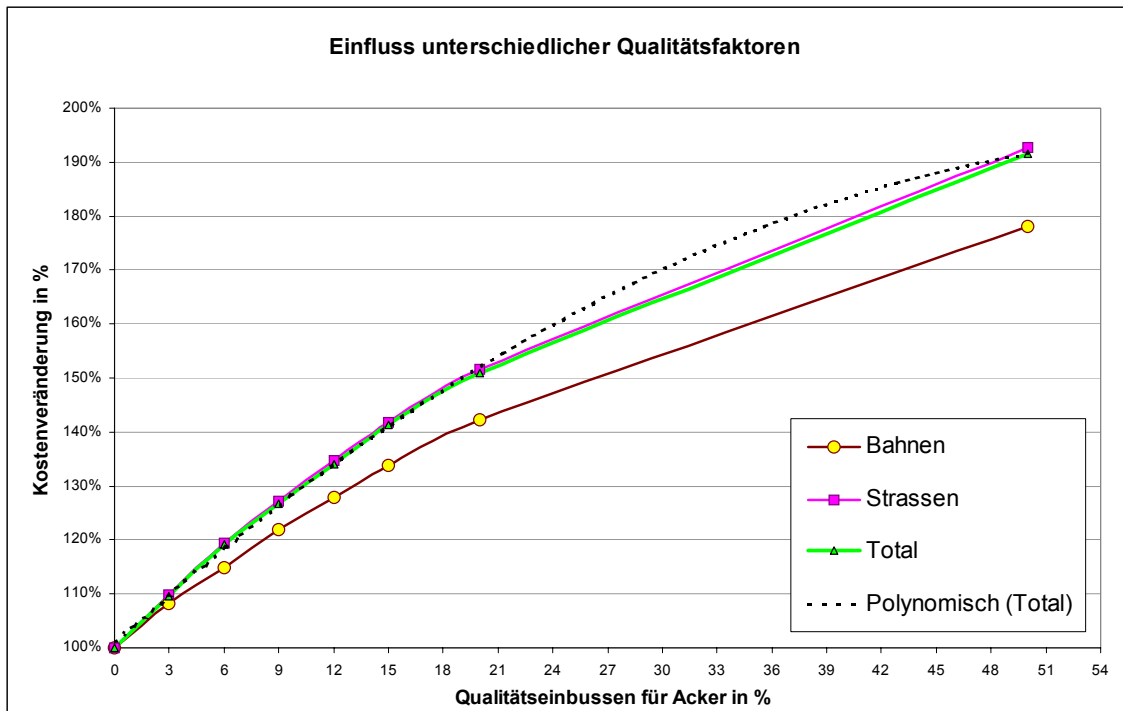
Damit werden die Qualitätseinbussen der heute noch vorhandenen Flächen berechnet. Zur Kompensation dieser Qualitätsverluste müssen für diese Flächen zusätzliche Ersatzflächen geschaffen werden, wodurch sich die darauf basierenden externen Kosten entsprechend erhöhen.

Resultate der Modellrechnung

Die externen Kosten für die Habitatverluste steigen überproportional in Abhängigkeit von den Qualitätsveränderungen. Das heisst, dass zum Beispiel bei einer angenommenen, durchschnittlichen Qualitätseinbusse der Lebensräume durch den Verkehr von 15%, die Kosten für die Bahnen um 34% und für die Strassen gar um 42% steigen. Der Grund für diese überproportionale Steigerung liegt darin, dass die sensiblen Lebensräume (Binnengewässer, Moore/Sümpfe) höhere Kosten verursachen als die weniger sensiblen Lebensräume (Rohbodenstandorte, Äcker, Fettwiesen).

	Grösse des Qualitätsfaktors						
	3%	6%	9%	12%	15%	20%	50%
Bahnen	108%	115%	122%	128%	134%	142%	178%
Strassen	110%	119%	127%	135%	142%	152%	193%
Total	110%	119%	127%	134%	141%	151%	192%

Tabelle 26: Prozentuale Zunahmen der Kosten der Lebensraumverluste durch Einbezug unterschiedlicher virtueller Qualitätsverluste.



Figur 29: Prozentuale Zunahmen der Kosten der Lebensraumverluste durch Einbezug unterschiedlicher virtueller Qualitätsverluste.

A-2.5 Wertung

Trotz umfangreichen Arbeiten ist es im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nicht gelungen, einen Qualitätsfaktor zu bestimmen, mit dem die Resultate der Habitatverluste multipliziert und die Habitatqualitätsverluste berechnet werden können. Das bedeutet, dass die ausgewiesenen externen Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft nur die beiden Wirkungsketten Habitatverluste und Habitatfragmentierung wieder geben. Die Auswirkungen des Verkehrs auf die Qualität der Lebensräume ist darin nicht abgebildet.

A-3 Technische Anleitung zur Ermittlung der Habitatfragmentierung

Grundvoraussetzung für folgende Überlegungen ist die Tatsache, dass Strassen bis etwa 1960 für die meisten Wirbeltiere keine Barriere darstellten. Die Verkehrsfrequenzen waren nachts so gering, dass die Trennwirkung auch auf Strassen 1. Klasse minim war. Einzige Ausnahme waren seit etwa 1960 Amphibien-Laichzüge.

Autobahnen existierten in den 1950er-Jahren noch nicht. Autostrassen waren damals nicht eingezäunt und die Verkehrsfrequenz nachts lag weit unter der einer heutigen Hauptstrasse. Deshalb wird die Luftbildbeurteilung anhand des aktuellen Luftbildes aus den 90er-Jahren durchgeführt.

A-3.1 Methodische Eingrenzungen

Welcher Abschnitt wird analysiert?

Es wird jeweils nur der untersuchte Verkehrsträger beachtet. Alle anderen Verkehrsträger werden als nicht existent, resp. als durchlässig angeschaut. Dies ist aus methodischen Gründen wichtig, da die Kosten für deren Vernetzung ebenfalls in die Hochrechnung einfließt. Verläuft eine Strasse am Rande oder innerhalb eines Siedlungsgebietes, wird dieser Abschnitt nicht bearbeitet. Hier kann die Trennwirkung der Strasse nicht von der Siedlung abgegrenzt werden.

Welche Räume werden berücksichtigt?

Es werden dieselben Luftbildausschnitte bearbeitet, mittels derer auch die Veränderungen der naturnahen Lebensräume errechnet werden. Grundsätzlich tragen von Siedlungsflächen umschlossene Lebensräume nicht zur Fragmentierung bei, weil dieser Lebensraumverlust grossteils der Siedlungstätigkeit zu zurechnen ist. Die übrigen Flächen des gewählten Ausschnittes dagegen, die im oder am Rande des Siedlungsgebietes liegen und in der Regel mit dem Umfeld zusammen hängen, werden bearbeitet. Für den Igel werden **Siedlungsränder**, nicht aber geschlossene Siedlungsgebiete bearbeitet.

Für alle Gruppen sind Fels-, Wasser- und Moorflächen nicht als Lebensraum anzusehen, mit Ausnahme der Sondergruppe Wasserlebewesen. Fels-, Wasser- und Moorflächen werden nicht als Barrieren angesehen, mit Ausnahme von Seen und grösseren Flüssen. Diese werden differenziert betrachtet:

- Gruppe 2 und 4, Reh und Dachs: bis Grösse Kleinfluss (z.B. Ergolz) keine Fragmentierung, falls naturnah.
- Gruppe 3 und 5, Feldhase und Igel: bis Grösse Bach (z.B. Eibach) keine Fragmentierung, falls naturnah.

Zu berücksichtigende Flächengrösse

Beim Aufzeigen der Fragmentierung werden alle Restflächen berücksichtigt. Dies geschieht unabhängig davon, ob eine Art tatsächlich vorhanden ist. Einzige Bedingung ist, dass der Lebensraum grundsätzlich geeignet wäre, d.h. dass ein Gehölz, respektive eine strukturreiche Fläche von mindestens der Hälfte des Aktionsraumes der betrachteten Tierart vorhanden ist. Für Reh und Dachs muss ausserdem zwingend als Rückzugsgebiet minimal **ein** Feldgehölz von mindestens 20 x 20 m vorhanden sein. Das bedeutet, dass wegen des grossen Lebensraums des Dachses (50 ha) für diese Art in der Regel nur in Waldgebieten eine Massnahme postuliert wird. Für Igel und Feldhase reichen kleinere Strukturen.

Tierart gemäss Gruppeneinteilung	Minimaler Aktionsraum (Lebensraum) in ha
Gruppe 1: Luchs	40'000
Gruppe 1: Rothirsch	30
Gruppe 1: Wildschwein	60
Gruppe 2: Reh	7
Gruppe 3: Feldhase	5
Gruppe 4: Dachs	50
Gruppe 5: Igel	5

Tabelle 27: Minimale Aktionsräume der gewählten repräsentativen Säugerarten nach Schweiz. Gesellschaft f. Wildtierbiologie 1995 sowie BUWAL, ARE, BAV und ASTRA 2001. Die ersten drei Arten entsprechen der Gruppe der hochmobilen Arten, welche im Rahmen der Studie gesondert behandelt wird.

Zu bearbeitende Raumtiefe

Im Gegensatz zur Flächenzerstörung von schutzwürdigen Biotoptypen muss für die weitreichenden Raumbeziehungen der mobilen Tiergruppen (Reh und Hase) ein Raumausschnitt gewählt werden, der über den unmittelbaren Bereich einer Strasse hinausgeht. Hier wird ein Ausschnitt von je **500 m beidseits des Verkehrsträgers** gewählt. Wenn eine zuleitende, vernetzende Struktur wie Hecken und Ufergehölze **innerhalb** dieser 500 m beidseits liegt und an ein über diesem Rayon liegendes grosses Gehölz (halber Aktionsraum!) anschliesst, kann der Untersuchungsraum auf maximal 1 km erweitert werden.

Für die Gruppe der Kleinsäuger und den Dachs beträgt die zu betrachtende Raumtiefe **250 m beidseits des Verkehrsträgers**. Aber auch hier gilt dieselbe Regelung wie oben: wenn eine zuleitende, vernetzende Struktur wie Hecken und Ufergehölze **innerhalb** dieser 250 m beidseits liegt und an ein über diesem Rayon liegendes grosses Gehölz (halber Aktionsraum!), respektive Wald, respektive strukturreichen Lebensraum anschliesst, kann der Untersuchungsraum auf maximal 1 km erweitert werden. D.h. der Aktionsraum des Igels kann auch vollständig linear sein (entspricht der Wirklichkeit), entsprechend muss abgeschätzt werden, ob die strukturreiche Fläche die Hälfte des Aktionsraumes, also 2,5 ha erreicht. Dabei wird auch ein rund 10 m breiter Streifen beidseits einer Struktur eingerechnet.

Für Amphibien gilt ein Abstand vom von **1 km** beidseits, welcher strikt eingehalten wird.

Behandlung der überregionalen Austausch- und Wanderbewegungen

Die Ansprüche der Tiergruppe **Rothirsch** werden nicht untersucht sondern aus der Literatur einbezogen.

Anhand von welche Strukturen wird eine Fragmentierung festgestellt?

In welchem Fall wird nun eine Habitatfragmentierung postuliert? Wie für die Tiergruppen dargelegt, müssen auch Nahrungsgebiete mit Rückzugs- und Fortpflanzungsgebieten vernetzt sein. Das bedeutet, dass Waldarten wie das Reh auch Zugang zu Äsungsflächen im Kulturland haben müssen, das sie regelmässig nutzen.

Reh und Dachs sind Arten, die grundsätzlich an Gehölze, in der Regel Wald und grosse Feldgehölze, gebunden sind. Der Feldhase braucht offene, aber strukturreiche Flächen oder ein Wechsel von Wald/Gehölz mit offenen Flächen. Für den Igel reichen strukturreiche Flächen mit wenig Gehölz und evtl. Schuppen, Schobern etc. oder auch Schrebergärten.

Fragmentierungen entstehen, wenn folgende Verbindungen untereinander fehlen:

1. Gehölze untereinander
2. Gehölze mit ihrem strukturarmen oder strukturreichen Vorfeld
3. strukturreiche Gebiete untereinander
4. strukturreiche Gebiete mit ihrem strukturarmen Vorfeld

Die grössenmässige Zuordnung erfolgt folgendermassen: Ein Gehölz sowie ein strukturreiches offenes Gebiet müssen minimal **die Hälfte des Aktionsraumes** der betrachteten Tierart aufweisen. Diese Fläche kann erzielt werden durch das Zusammenzählen der Flächen einzelner Gehölze resp. strukturreicher Bereiche. Zusammen mit dem zu vernetzenden Element (Gehölz und strukturreiches Vorfeld) muss sich ein **vollständiger Aktionsraum** ergeben. Dabei ist der Zustand auf dem neueren Luftbild (1990er-Jahre) massgebend. Das bedeutet, dass ein Gehölz oder ein strukturreicher Lebensraum nur dann gezählt wird, wenn er auf dem neuen Luftbild noch vorhanden ist.

Was bedeutet "strukturreiches Gebiet" im Zusammenhang mit der Vernetzung von Säugern? Es müssen Deckung bietende Elemente vorhanden sein, d.h. z.B.:

- Feldgehölze, Hecken und Einzelbüsche
- Gräben, Böschungen und Raine mit hoher Vegetation
- Hochstaudenfluren
- (Bunt)Brachen
- Stein- und Asthaufen, Trockensteinmauern
- ältere Ruderalflächen
- Schrebergärten
- Scheunen mit "unsauberem", strukturreichem Umfeld resp. mit Hochstämmen
- Schilfgebiete

Nicht als strukturreiches Gelände in diesem Sinne gelten können Äcker, Fettwiesen, aber auch Trockenwiesen (ohne entsprechende Strukturen), Flachmoore und Hochmoore sowie die Wasserflächen und nasse Uferbereiche (exkl. Schilfgebiete) auch von naturnahen Gewässern.

Baumschulen können vom Igel genutzt werden, auch wenn sie neben Häusern liegen. Weihnachtsbaum-Plantagen an Waldrändern, auf denen eine hohe Vegetation erkennbar ist, sind als strukturreiche Lebensräume in Bezug auf Feldhasen zu werten.

Situierung und Frequenz der Fragmentierungen

Wo eine Fragmentierung festgestellt wird, wird von der interpretierenden Person mit bestimmt. Es gilt, "logische" Orte zu finden, also z.B. dort, wo Gehölze Leitlinien vorgeben. Für die Kostenberechnung entscheidend ist aber die **Anzahl** der Fragmentierungen, d.h. die Frequenz.

In der Regel sollten die Wechsel nicht näher als 100 m von einem Wohnhaus stehen. Ergibt sich eine Situation, wo nirgends ein Durchschlupf von **insgesamt** 100 m (von Haus zu Haus) erkennbar ist, geht die Barrierensituation zumindest teilweise zu Lasten der Siedlungstätigkeit und wird hier daher nicht berechnet. Dies gilt für die beiden Arten Reh und Feldhase, **nicht** aber für Dachsch, resp. Igel.

Für Reh und Feldhase wird vom Aktionsraum ausgegangen. Der Durchmesser eines kreisrunden Aktionsraumes beträgt beim Reh 300 m, beim Feldhase 250 m. Daraus lässt sich ableiten, dass pro 500 m Laufstrecke minimal eine Fragmentierung zu stehen kommt. Dies kann kombiniert sein für Reh und Hase. Für Dachsch und Igel muss minimal alle 250 m eine Fragmentierung (Kleintierdurchlass) gesetzt werden, da diese Arten konservativer bezüglich Umwege (Dachsch) respektive weniger mobil (Igel) sind.

Selbstverständlich werden bestehende Möglichkeiten ausgenutzt, beispielsweise Brücken, wo eine Unterquerung möglich ist. Dies ist nur der Fall, wenn sich eine Situation ergibt, wo das Wild einen guten Überblick hat (keine enge Talsituation oder niedrige Brücke mit 4 Spuren wie z.B. an der J 18 über die Birs).

Kombinationen

Viele Fragmentierungen lassen sich bündeln. Die Berücksichtigung einer Fragmentierung für eine anspruchsvollere Gruppe bringt es mit sich, dass hier für kleinere Tiergruppen keine mehr erfasst werden muss.

Geländeverhältnisse

Der Ort der Fragmentierung gilt auch als Ort an dem die untersuchten Tiergruppen den Verkehrsträger wahrscheinlich queren würden. Im Hinblick auf die Monetarisierung mit realen Bauwerken sind die Geländeverhältnisse an diesem Ort entscheidend. Es wird bestimmt durch die Klasse des zu querenden Verkehrsträgers und der Topographie. Bei einer Dammsituation wird mit einer Unterführung respektive einer Bachunterquerung gerechnet, bei einer Einschnittsituation oder in der Ebene mit einer Überführung.

Amphibien

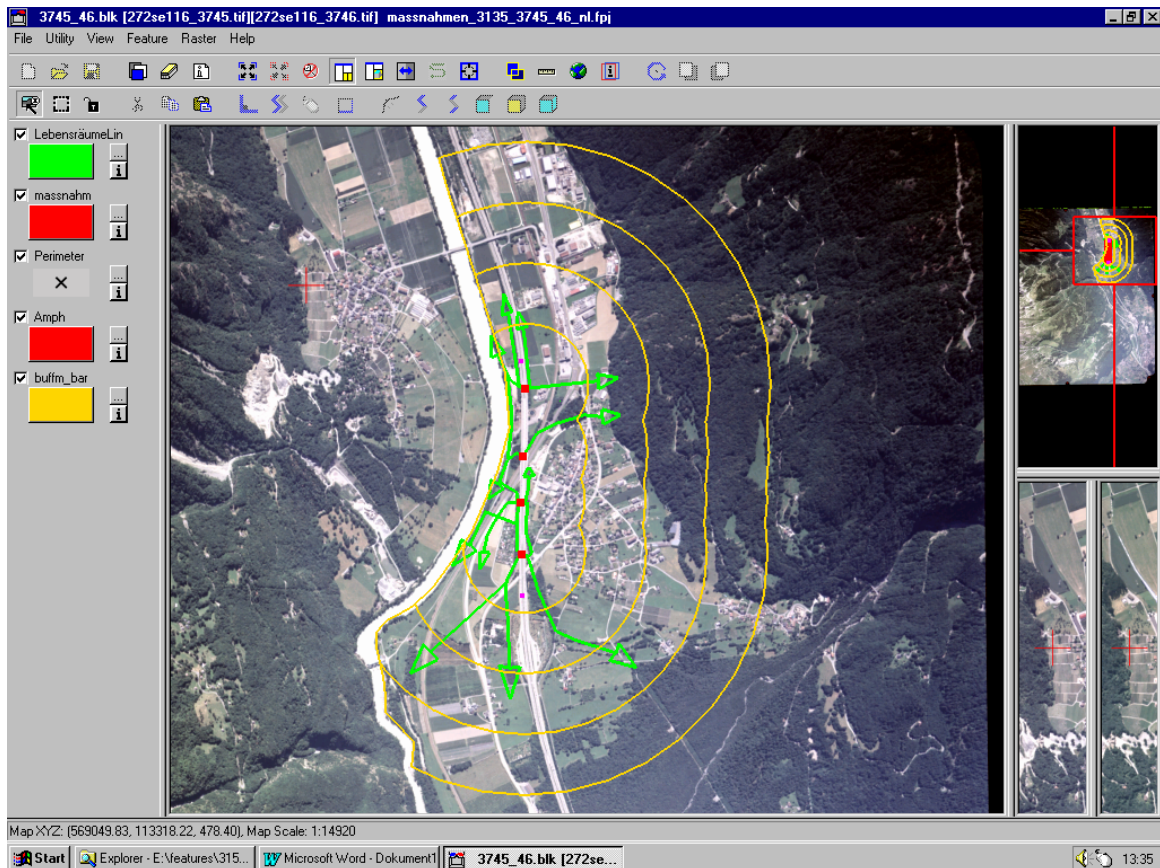
Für die Sondergruppe „Wandernde Amphibien“ (hier: Erdkröte) ergeben sich die Fragmentierungen aus der Situation dort, wo flache Stillgewässer tangiert resp. von Überwinterungsgebieten (v.a. Wald, sowie gehölzreiche, extensiv genutzte und frischfeuchte Landschaftskammern) abgeschnitten sind.

Fischteiche werden ausgenommen. Diese können nur anhand der Struktur, resp. Form einer Anlage oder evtl. aus einer Kartenbezeichnung eruiert werden. Naturnahe Teiche mit Fischbesatz können hingegen nicht eruiert werden. In der Regel sind diese auch mit Rückzugsräumen ausgestattet, die die Fische nicht erreichen können, so dass der Laich geschützt ist.

Eine Wanderung wird angenommen, wenn auf der gegenüberliegenden Seite eines Teiches ein Gehölz innerhalb des definierten 1 km - Streifens liegt.

A-3.2 Illustration an Hand eines Beispiels

Die nachfolgende Abbildung zeigt einen Autobahnabschnitt mit der Länge eines Kilometers. Für diesen Abschnitt wurden zwei Fragmentierungen für Reh/Hase bei Damm- lage und zwei Fragmentierungen für Igel/Dachs (grosse Punkte auf Autobahn) festgestellt. Da keine Bäche den untersuchten Abschnitt kreuzen, sind keine Fragmentierungen für Bachlebewesen vorhanden. Auch fehlt im Umkreis eines Kilometers (äusserste runde Linie) ein geeignetes Laichgewässer für Amphibien. Die Linien zeigen einen Abstand von 250 m, 500 m, 750 m und 1 km von den Fragmentierungen an. Damit können die Laufdistanzen von Lebensraum zu Lebensraum beziehungsweise von Fragmentierung zu Fragmentierung abgelesen werden. Der Fluss sowie die Siedlung stellen für die Tiere ein Hindernis dar. Die Verkehrswege – mit Ausnahme des Untersuchungsobjektes - werden nicht als Barriere betrachtet, da die Kosten für deren Vernetzung ebenfalls in die Hochrechnung einfließen.



Figur 30: Beispiel für Bestimmung der Querungsmöglichkeiten am Luftbild.

Eine Auswertung der 500 bearbeiteten Stichproben zeigt, dass aufgrund von Fremdeinflüssen durch die Siedlung oder durch ausgeräumte Landschaften 13% der rein mathematisch vorhandenen Fragmentierungen nicht gesetzt wurden.

A-4 Wertgerüst Habitatverluste: Resultate Soll-Wert-Berechnung

A-4.1 Herleitung des Mengengerüsts

Die Herleitung des Mengengerüsts basiert auf den Soll-Werten, wie sie in der Arbeit von nateco 2001 dargestellt sind. Darin sind Zahlen über den Soll-Wert verschiedener Biotope enthalten, die deren Vorkommen in den 50er-Jahren entsprechen. Ebenso sind Zahlen über das aktuelle Vorkommen dieser Biotope enthalten. Daraus lassen sich gesamtschweizerische Verluste zwischen den 50er-Jahren und heute berechnen.

Für die Herleitung des Mengengerüsts Soll-Wert werden die gesamtschweizerischen Verluste proportional den die verschiedenen Bodennutzungen zugerechnet, wie sie in der Arealstatistik 1992/97 (BFS 1997) aufgeführt sind. Den Verkehrsflächen werden dabei rund 2% der Bodenoberfläche der Schweiz zugeordnet. Für die vorliegende Arbeit wurden die nachfolgend aufgeführten Parameter variiert, wodurch verschiedene Berechnungsvarianten entstanden.

Anteil des Verkehrs

Die Arealstatistik enthält eine Rubrik „Verkehrsflächen“. Darin eingeschlossen sind unter anderem auch „Autobahngrün“, „Strassengrün“ und „Bahngrün“. Es stellt sich somit die Frage, ob diese Grünflächen für die Berechnung des Anteils Verkehrsfläche, die zum Rückgang von naturnahen Lebensräumen beitragen auch einbezogen werden sollen.

Regionale Differenzierung der Verkehrswege

Im Projekt wurden Soll-Werte und Lebensraumverluste für verschiedene Regionen der Schweiz berechnet. Somit stellt sich die Frage, ob zum Beispiel für den Lebensraumverlust im Jura die Verkehrsflächenanteile der ganzen Schweiz oder nur die Verkehrsflächenanteile im Jura beigezogen werden sollen.

Nutzung der Landschaft

In der Arealstatistik werden verschiedene Rubriken aufgeführt, die kaum einen Anteil am Lebensraumverlust der letzten Jahrzehnte haben. Dazu zählen namentlich „unproduktive Flächen“ und bestockte Flächen“ (Wald verschiedener Art). Geht man davon aus, dass diese Rubriken effektiv keinen Beitrag zum Lebensraumverlust geleistet haben, erhöht sich der Anteil der Verkehrsflächen an den eigentlichen Nutzungen. Der Anteil des Verkehrs am Lebensraumverlust in den letzten 50 Jahren erhöht sich somit.

Aus diesen Variationsmöglichkeiten wurden folgende 9 Varianten berechnet:

Gewichtungsart	Beschreibung
Gewichtung nach Regionen	Es wird differenziert nach den Regionen Jura (Kt. Jura), Alpen (Kt. Graubünden) und Mittelland (Kt. Zürich), wobei die Verkehrsflächenanteile von "repräsentativen" Kantonen mit den regionalen Lebensraumverlusten verrechnet und zum Endresultat summiert wurden. Idee: Der Verkehrsflächenanteil variiert stark nach Region, d.h. der Verkehr verursacht regional unterschiedliche Biotopverluste.
Gewichtung nach Regionen ohne unproduktive Flächen	Vorgehen wie bei "Gewichtung Regionen", ausser dass der Verkehrsanteil von der Gesamtfläche minus die Unproduktiven Flächen genommen wurde. Idee: Die Unproduktiven Flächen stellen keine Ursache für die Lebensraumverluste dar.
Gewichtung nach Regionen ohne unproduktive Flächen und Wald	Wie bei "Gewichtung Regionen ohne unproduktive Fläche", wobei zusätzlich noch die Waldfläche von der Gesamtfläche abgezogen wurden.
Ungewichtet	Keine Gewichtung nach Regionen: Summe von Lebensraumflächenverlust x 2.16% (Verkehrsflächen-Anteil an CH-Gesamtfläche) Idee: Methodisch klare, einfache Grobschätzung.
Ungewichtet ohne unproduktive Flächen	Keine Gewichtung nach Regionen: Summe von Lebensraumflächenverlust x 2.9% (Verkehrsflächen-Anteil an CH-Gesamtfläche minus Unproduktive Fläche) Idee: Die Unproduktiven Flächen stellen keine Ursache für die Lebensraumverluste dar.
Ungewichtet ohne unproduktive Flächen und Wald	Keine Gewichtung nach Regionen: Summe von Lebensraumflächenverlust x 4.95% (Verkehrsflächen-Anteil an CH-Gesamtfläche minus Unproduktive Fläche und Wald) Idee: Der Wald stellt ebenfalls keine oder bzw. keine bedeutende Ursache für die Lebensraumverluste dar.
Ungewichtet (ohne Verkehrsgrün)	wie „Ungewichtet“, nur wird der Verkehrsflächen-Anteil ohne die Verkehrsgrünflächen gerechnet (Summe von Lebensraumflächenverlust x 1.90%) Idee: Verkehrsgrünflächen verursachen keine bzw. andere Biotopverluste als die versiegelten Verkehrsflächen und werden deshalb für einen klaren sauberen Vergleich ausgeklammert.
Ungewichtet ohne unproduktive Flächen (ohne Verkehrsgrün)	wie "Ungewichtet ohne unproduktive Flächen", nur wird der Verkehrsflächen-Anteil ohne die Verkehrsgrünflächen gerechnet (Summe von Lebensraumflächenverlust x 2.55%) Idee: Die Unproduktiven Flächen stellen keine Ursache für die Lebensraumverluste dar.
Ungewichtet (ohne Verkehrsgrün) ohne unproduktive Flächen und Wald	wie "Ungewichtet ohne unproduktive Fläche und Wald", nur wird der Verkehrsflächen-Anteil ohne die Verkehrsgrünflächen gerechnet (Summe von Lebensraumflächenverlust x 4.34%) Idee: Der Wald stellt ebenfalls keine oder bzw. keine bedeutende Ursache für die Lebensraumverluste dar.

Tabelle 28: Beschreibung der 9 Varianten zur Hochrechnung des Soll-Wert-Habitatverlustes.

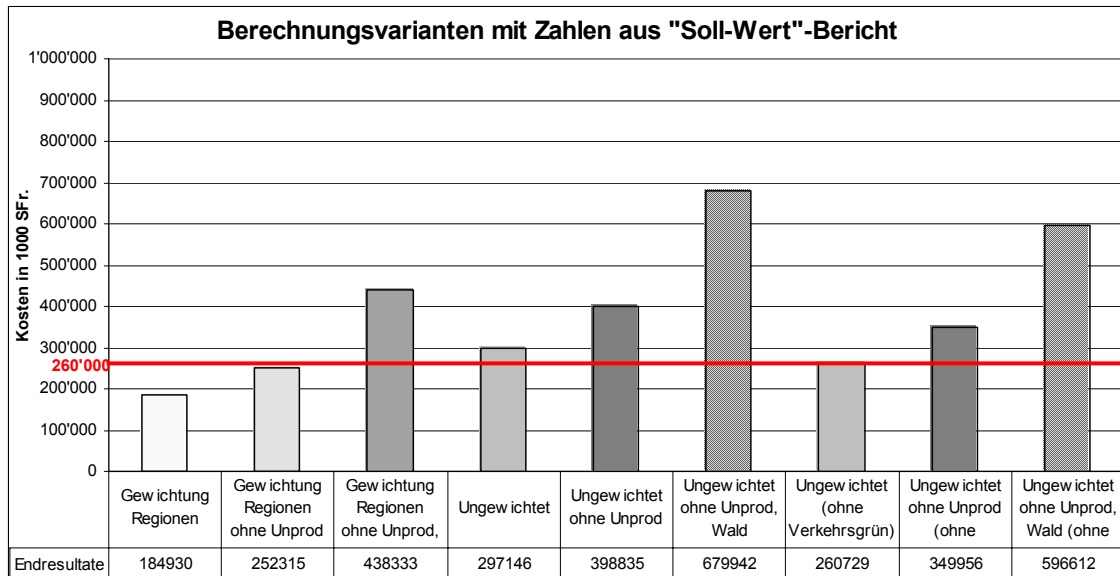
A-4.2 Berechnung des Wertgerüstes

Um die eigentlichen externen Kosten zu berechnen, werden die verschiedenen Varianten des Soll-Wert-Habitatverlustes mit den selben Kostenansätzen multipliziert, wie bei der 3D-Luftbildinterpretation. Daraus ergeben sich folgende externe Kosten:

	Regionale Differenzierung der Verkehrsflächenanteile	Verkehrsflächenanteil ganze Schweiz	Verkehrsflächenanteil ganze Schweiz ohne Verkehrsgrün
Verkehrsweganteil proportional zur Gesamtfläche CH	185	297	261
Verkehrsweganteil proportional zur Gesamtfläche CH abzüglich unproduktive Flächen	252	399	350
Verkehrsweganteil proportional zur Gesamtfläche CH abzüglich unproduktive Flächen und Wald	438	680	597
Resultat Lebensraumverlust gemäss 3D-Luftbildinterpretation	260	260	260

Tabelle 29: Resultate verschiedener Berechnungsvarianten der Kosten (in Mio.) für den Biotopverlust je nach getroffener Annahme.

Die nachfolgende Figur stellt die oben tabellarisch dargestellten Resultate grafisch dar:



Figur 31: Berechnungen des Soll-Wertes für den Habitatverlust mit verschiedenen Gewichtungsraten. (Beschreibung vgl. oben stehende Tabelle). Die Linie bei 260 Mio. sFr. gibt das Ergebnis der Kostenberechnung mit Hilfe der Luftbildinterpretation an.

A-5 Habitatverluste: Kalkulationsgrundlagen für die Ermittlung der Ersatzkosten

Es liegen ausführliche Kalkulationsgrundlagen und Kostenberechnungen für Massnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege aus Deutschland vor. Die neuesten und detailliertesten Arbeiten, welche Kosten von Massnahmen ausweisen sind von Bosch & Partner sowie Froelich & Sporbeck (Bosch & Partner 1993 und 1998, Froelich & Sporbeck 1995 und 2000). Diese Kostenangaben bilden die Grundlage für unsere Berechnungen. Vergleichbare Zahlen aus der Schweiz sind nicht vorhanden.

Nachfolgend wird anhand vorhandener Schweizer Angaben überprüft, inwieweit die deutschen Zahlen auf die Schweiz übertragbar sind. Sind gute Schweizer Kostenangaben vorhanden, werden diese übernommen.

A-5.1 Kostenrelevante Parameter

Die Kostenermittlung erfolgt mithilfe von Durchschnittszahlen. Die Kostenberechnungen für Ersatzmassnahmen sind "fiktiv" (keine konkret realisierten Projekte an einem bestimmten Standort). Da die Kosten für dieselbe Massnahme je nach Situation stark variieren, wird ein Kostenminimum und ein Maximum, also eine Bandbreite ausgewiesen. Folgende Einflussfaktoren gilt es zu beachten:

- Die Kostenangaben sind von der Projektgrösse abhängig. Je grösser die Biotopfläche, welche geschaffen werden muss, desto kleiner sind die Kosten pro Flächeneinheit. Die Kostenangaben von Froelich & Sporbeck 2000 basieren beispielsweise auf Submissionsverfahren von Grossprojekten, wobei die billigsten Anbieter berücksichtigt wurden. Die resultierenden Preise sind am unteren Limit (es gab auch Offerten, die doppelt so teuer waren).
- Selbst in der Schweiz variieren die Preise kantonal und regional stark (vgl. Tarife Gärtnerverband). Regionale Differenzen können in dieser Arbeit nicht berücksichtigt werden.
- Die Preise für gewisse Massnahmen sind davon abhängig, wer diese ausführt. Als Beispiel sei hier die Pflege von Autobahnböschungen genannt. Landwirte führen diese Arbeit rund 2 bis 3 mal billiger aus als eine Gartenbaufirma.
- Die Qualität der Kostenschätzung variiert in Abhängigkeit des Biotoptyps.

A-5.2 Kostendateien aus Deutschland

Die als Grundlage verwendeten Kostendateien aus Deutschland basieren auf folgenden Annahmen:

1. **Bosch & Partner 1993:**

Diese Kostendatei basiert auf einer ex-post-Analyse durchgeführter und geplanter Bauvorhaben. Es wurden 82 Stellen angeschrieben (Ämter, Institute, Büros und Personen), von denen ca. 90% antworteten und ca. 60% Kosten für Naturschutzmassnahmen übermittelten.

2. **Bosch & Partner 1998:**

Diese Kosten stellen eine Weiterentwicklung jener von 1993 dar. Die ausgewiesenen Massnahmenbündel sind praxisnaher und stärker am Gartenbau orientiert. Die Einzelkosten von 1993 wurden intern fortgeschrieben und wurden von der Stadt Oberhausen aufgrund von konkreten Projekten und Kosten geprüft. Diese Daten waren vorhanden, da viele Arbeiten an städtische GmbH's ausgegliedert wurden.

3. **Froelich & Sporbeck 1995:**

Die Preise der 1995er-Datei von Froelich + Sporbeck basieren auf der Auswertung von verschiedenen Kostendateien. Es ist darauf hinzuweisen, dass die in den verschiedenen Kostendateien zugrundegelegten Massnahmenbeschreibungen sehr heterogen und die Kostenspannen der Einzelmassnahmen gross sind.

4. **Froelich & Sporbeck 2000:**

Die Preise der 2000er-Datei von Froelich + Sporbeck basieren auf Submissionsergebnissen der Billigstanbieter bei Grossprojekten (Fernstrassen, Flughafenausbauten, etc.) aus den vergangenen zwei Jahren. Die Preisspannen zum Höchstanbieter betragen hierbei bis zu 300%. In Abhängigkeit von der Grössenordnung des Projektes sind ebenfalls Preisdifferenzen von 100 bis 150% möglich.

Nachfolgend werden die verwendeten Kalkulationsgrundlagen pro Kostenelement erläutert.

A-5.3 Landerwerb

Das Ausgangsbiotop unserer Ersatzmassnahmen bildet intensiv genutztes Landwirtschaftsland. Der Preis für Schweizer Landwirtschaftsland ist in den letzten zehn Jahren deutlich gesunken. Gemäss Angaben des Bauernverbandes liegt der Preis pro m² heute zwischen 3 und 10 sFr., je nach Bodenqualität und Region. 10 sFr. sind aber schon

hoch. Ein Preis von 15 sFr./m² wird nur ausnahmsweise für überdurchschnittlich gutes Land bezahlt.

Für unsere Berechnungen verwenden wir einen Bodenpreis von 5 bis 10 sFr./m², also von durchschnittlich 7.50 sFr./m².

A-5.4 Planungskosten¹⁵

Für die Schätzung der Planungskosten verwenden wir die Angaben des Bund Schweizer Landschaftsarchitekten (BSLA). Das Honorar von Landschaftsarchitektinnen/-architekten wird entweder nach dem Zeitaufwand oder nach Art und Umfang des Objektes berechnet.

Das Honorar nach Art und Umfang des Objektes wird nach Baukategorien abgestuft und in Prozenten der honorarberechtigten Baukosten berechnet.

Grundlage für die Berechnung des Honorars sind die honorarberechtigten Baukosten in sFr., welche mit dem Honorar-Grundprozentsatz, dem Schwierigkeitsgrad, dem Leistungsanteil und einem Korrekturfaktor multipliziert werden.

$$H = B * (p/100) * n * (q/100) * r$$

H: Honorar in sFr.

B: Honorarberechtigte Baukosten in Franken. Wir nehmen an, dass die gesamten berechneten Kosten für die Ersatzmassnahmen honorarberechtigt sind, mit Ausnahme des Landenerwerbs (nicht honorarberechtigte Kosten wie z. B. Erschliessungsarbeiten und Vorbereitungskosten sind dort nicht enthalten).

p: Honorar-Grundprozentsatz (gemäss BSLA, projektgrössenabhängig)

n: Schwierigkeitsgrad. Dieser hängt von der Baukategorie ab. Arbeiten in der Landschaft fallen in die Baukategorien 1 bis 3:
 Kategorie 1 (n = 0.7): Aufforstungen, Begrünungen und Bepflanzungen
 Kategorie 2 (n = 0.8): Ingenieurbiologische Hangverbauungen, Rekultivierungen in Abbaugebieten und von Deponien
 Kategorie 3 (n = 0.9): Bach- und Uferverbauungen

Für unsere Berechnungen verwenden wir einen durchschnittlichen Schwierigkeitsgrad von n = 0.8.

q: Leistungsanteil. Die Gesamtleistung (100%) entspricht der Erbringung aller erforderlichen Grundleistungen (von Vorprojektphase (9%) bis Abschlussphase (4%)). Wir nehmen an, dass der Leistungsanteil bei unseren Ersatzprojekten 100% beträgt.

r: Korrekturfaktor. Ohne besondere Vereinbarungen gilt der Korrekturfaktor 1.

¹⁵ Die Informationen sind der Honorarordnung der Landschaftsarchitekten/-innen (BSLA 2001) entnommen.

Das Ziel ist nun, die Planungskosten in % der Baukosten auszudrücken. Da wir unsere Ersatzkosten anhand eines Modelles ("fiktiv") rechnen, sind die Projektgrößen nicht bekannt. Wir schätzen, dass Projektgrößen zwischen 300'000.- und 1 Mio. sFr. vernünftig sind.

Aufgrund der oben genannten Annahmen bewegen sich die Planungskosten in folgendem Rahmen:

Minimum:

$$H = 300'000 * (21.4/100) * 0.8 = 51'360$$

→ **13.3% der anrechenbaren Baukosten**

Maximum:

$$H = 1'000'000 * (16.6/100) * 0.8 = 132'800$$

→ **17.1% der anrechenbaren Baukosten**

In unseren Berechnungen betragen die Planungskosten zwischen 13.3 und 17.1% der Investitionskosten.

A-5.5 Erstinstandsetzung und Pflegemassnahmen

Die nötigen Massnahmen für die Erstinstandsetzung der Biotope und deren Kosten sind aus (Bosch & Partner 1993) und (Froelich & Sporbeck 2000) entnommen. Die Kosten pro Massnahme sind pauschal angegeben und variieren z. T. stark. Die Kosten der Massnahmen sind nicht auf die Maschinen- bzw. Arbeitskosten heruntergebrochen, da sie aufgrund von Projektauswertungen zustande gekommen sind. Für die Schweiz existieren keine vergleichbare Studien, nur Angaben über Maschinenkosten und Arbeitskosten. Nachfolgend werden die Maschinen- und Arbeitskosten von Deutschland und der Schweiz miteinander verglichen.

Maschinenkosten

Nachfolgende Tabelle zeigt, dass die Schweizer Kosten nur in Ausnahmefällen deutlich höher sind als in Deutschland (vgl. Hochdruckballenpresse, Doppelmessermähwerk). Es ist aber zu bemerken, dass gerade bei diesen Maschinen keine weiteren Angaben über die Dimensionierung und Leistung zu finden sind, welche das Preisniveau entscheidend beeinflussen.

Bezeichnung der Maschine	Entschädigungsansatz ohne Bedienung	
	DM/h	sFr./h
	1995/96	1997
Allradschlepper, 135 kW (CH: Traktor 4 Rad-Antrieb)	91	
Allradschlepper, 45 kW	31	30
Allradschlepper, 50 kW	36	32
Allradschlepper, 60 kW	46	38
Allradschlepper, 70 kW	49	42
Anfahrt mit Klein-Lkw o.ä., 20 km	DM/km	0.9
Doppelmessermähwerk	20	48
Forstmulchgerät, 1.8m Arbeitsbreite	41	37
Frontlader	13	15
Hochdruckballenpresse	65	105
Holzhacker	50	46
Kreiselmähwerk	27	46
Kreiselschwader, 3.3 m Räumbreite	23	26
Motorkettensäge	10	10

Quelle: [FAT 1997], [KTBL 1998], [LFU 1998].

Tabelle 30: Vergleich von Maschinenkosten in Deutschland und der Schweiz.

Die Preise aus Deutschland entsprechen also grösstenteils den Schweizer Preisen, vorausgesetzt dass DM und sFr. gleichgesetzt werden. Zusätzlich eingeholte Meinungen von Expertinnen und Experten bestätigen diese Aussage.

Arbeitskosten

Bei der bayrischen Kostendatei (LFU 1998) sind die in den Modellkalkulationen angegebenen Lohnansätze als gewichtete Durchschnittswerte der Kosten aus den geleisteten Stunden von Fachkräften und qualifizierten Fachkräften aufgeführt. Für die mit land- und forstwirtschaftlichen Arbeitskräften auszuführenden Arbeitsverfahren ergibt dies 26 DM/h, für die übrigen 40 DM/h. Bei den Gesamtpreiskalkulationen sind dazu 24% Gemeinkostenanteil und 6% für Wagnis und Gewinn addiert. Das ergibt 34 DM/h für land- und forstwirtschaftliche Arbeitsverfahren bzw. 52 DM/h für die gewerblichen (für das Jahr 1996).

Schweizer Lohnansätze:

In der Schweiz wurden 1997 unter Landwirten 23 sFr./h bzw. 42 bis 50 sFr./h bei ausserlandwirtschaftlichen Arbeiten verrechnet. Gemäss den Gärtnerstarifen wird im Jahre 1999 für Facharbeiter/-innen 50 sFr./h, Gartenarbeiter/-innen 45 sFr./h und Kundengärtner/-innen 62 sFr./h verlangt.

Die Personalkosten sind bei einer Umrechnung von DM/sFr. von 1:1 in der Schweiz nur minim höher, obwohl die Löhne in der Schweiz massiv höher sind. Dies ist auf die höheren Lohnnebenkosten in Deutschland zurückzuführen.

Einzelmassnahmen allgemein

Als Schweizer Kalkulationsgrundlagen liegen die Tarife des Schweizer Gärtnermeisterverbandes vor, welche kantonal unterschiedlich sind (Gärtnermeisterverband Kt. Zürich 1999, 2000). Leider sind diese Tarife nur in Einzelfällen mit den Zahlen aus Deutschland zu vergleichen. Eine Überprüfung der deutschen Kalkulationsgrundlagen eines Schweizer Experten zeigt, dass die deutschen Kosten eher tief sind für die Schweiz (auch bei einer 1:1-Umrechnung von DM in sFr.). Sie sind aber durchaus plausibel, insbesondere unter Berücksichtigung, dass die Zahlen von Grossprojekten stammen (Mengenrabatte, maschineller Einsatz statt Handarbeit). Die Schweizer Kosten sind aber in folgenden Bereichen höher:

Pflanzungen:

Die maximalen Kostenangaben aus Deutschland entsprechen den Schweizer Kosten (die Durchschnittsangaben sind klar zu billig für die Schweiz). Kostenrelevant sind zudem die angepflanzten Arten, insbesondere die Baumkosten variieren je nach Baumart stark.

Ansaaten:

Die in Deutschland ausgewiesenen Ansaatkosten werden als klar zu billig eingestuft und betragen in der Schweiz rund das Doppelte.

Einfriedigung:

Kosten für die Erstellung von Zäunen sind plausibel, aber auch hier sollen die Maximalwerte verwendet werden.

In unseren Berechnungen verwenden wir die Angaben aus den Deutschen Kalkulationsgrundlagen mit der 1:1-Umrechnung von DM in sFr., ausser in den oben dargestellten Fällen und wenn Schweizer Angaben vorhanden sind.

A-5.6 Pflegemassnahmen

Kostenrelevant ist, ob die Pflegearbeiten durch die Landwirtschaft oder durch eine Firma im Landschaftsbau ausgeführt werden. Gemäss Auskunft eines Landschaftsarchitekten variieren hier die Preise pro Flächeneinheit um einen Faktor 2.5, was auf die unterschiedlichen Lohnansätze zurückzuführen ist. Die in Froelich & Sporbeck 2000 und Bosch & Partner 1993 ausgewiesenen Kosten für Pflegemassnahmen wurden

durch verschiedene Personen (Landschaftsarchitekten/-innen, Amt für Naturschutz, Gärtner) plausibilisiert. Diese Kosten entsprechen grösstenteils auch den Schweizer Verhältnissen, bei gewissen Arbeiten sind sie aber massiv höher (Gehölzpflege, Aufforstung).

A-5.7 Kernaussagen

Falls Schweizer Kostenangaben fehlen, werden die deutschen Kalkulationsgrundlagen mit der 1:1-Umrechnung von DM auf sFr. übernommen (Angabe einer Bandbreite). Die Kosten sind projekt- und regionsabhängig. Die Natur lässt sich nicht in Normen zwingen; deshalb sind Schätzungen unumgänglich.

A-6 Habitatverluste: Ersatzkosten pro Biotoptyp

A-6.1 Einzelkosten und allgemeine Annahmen

Allgemeine Annahmen

Zinssatz real	0.03	
durchschnittliche Inflation pro Jahr (1998-2000)	0.01	
Betrachtungshorizont der Kosten (relevant für Annuitäten)	30	Jahre

Einzelkosten

Verwendete Quellen:

- 1) Bosch & Partner 1998
- 2) Bosch & Partner 1993
- 3) Froelich + Sporbeck 1995
- 4) Froelich + Sporbeck 2000
- 5) Schweizer Angaben (Check durch Ämter für Naturschutz, LandschaftsarchitektInnen, Gärtner,)
- 6) Schw. Bauernverband
- 7) BSLA
- 8) eigene Schätzung
- 9) Schweizer Verordnung über die Direktzahlungen an die Landwirtschaft (Ökologischer Ausgleich)

Maßnahme	Quelle	Einheit	Kosten pro Einheit		Durchschnittskosten pro Einheit
			von	bis	
Landerwerb					
Landwirtschaftsland	[6]	ha	50'000	100'000	75'000
Abgrabungsfläche	[8]	ha	30'000	50'000	40'000
Wald	[8]	ha	30'000	50'000	40'000
Planungskosten					
	[7]		13.3%	17.1%	15.2%
Erfolgskontrolle					
	[1,3,8]	Durchführung	5'000	10'000	7'500
Baustelleneinrichtung, -räumung					
	[1,4,5]	pauschal	2'500	6'000	4'250
Rückbau aller Baumaßnahmen zur Gewässerregulierung					
Uferbefestigungen (Sohlschalen, Betongittersteine)	[1,5]	m	30	120	75
Verrohrungen (Stahlbeton DN 800/1000) einschließlich Bodenarbeiten und Wiederverfüllung	[1,5]	m ³	160	180	170
Abtrag					
Entschlammung von Gewässern	[1]	m ³	12	12	12
Bodenabtrag und Wiedereinbau im Gelände (Bodenmodellierung)	[1,3]	m ³	12	16	14
Tieflockerung des Bodens					
	[1]	ha	2'000	2'000	2'000
Anlieferung und Einbau					
Sand, Kies, Schottergemische	[1]	m ³	22	28	25
Steinschüttung					
	[1]	m ²	160	160	160
Wiedervernässung durch Rückbau aller Entwässerungsmaßnahmen					
Kappen und Verdämmen der Drainagerohre	[1]	ha	45'000	56'000	50'500

Maßnahme	Quelle	Einheit	Kosten pro Einheit		Durchschnitts- kosten pro Einheit
			von	bis	
Aufsetzen einer Mauer aus Naturstein (inkl. Einbringen von Feinerde) inkl. Ansaat/Pflanzung entsprechender Arten	[3,5]	100*1m	31'800	65'200	48'500
Einfriedung					
Errichtung eines Weidezaunes	[1,4]	m	8	10	9
Ansaat					
Ansaat von Gräsern und Kräutern einschließlich Saatgut Extensivgrün (freie Landschaft, Regelsaatgutmischung) einschließlich Bodenvorbereitung	[1,4,5]	ha	3'000	10'000	6'500
Erwerb von Saatgut typischer Weinbergunkräuter und Ausbringung	[8]	ha	8'000	15'000	11'500
Gewinnen und Ausbringen von autochtonem Saatgut	[8]	ha	50'000	150'000	100'000
Stillgewässer: Renaturierung im Anschluss an Rückbau von Gewässerregulierung (Initialpflanzung, Modellierung, Ansaat)	[1,5]	ha	200'000	250'000	225'000
Anpflanzung von Wildstauden (Initialpflanzung) aus autochtonem Material	[1,3,4]	ha	50'000	250'000	150'000
Pflanzungen					
Erwerb und Pflanzung alter Rebsorten	[8]	ha	34'000	40'000	37'000
Baumhochstämme 16-18 cm STU, m. B.	[1,4,5]	St.	260	500	380
Obstbaum, Hochstämme 8-10 cm STU, o. B.	[1,4,5]	St.	45	90	68
Gehölzpflanzung: Pflanzabstand 1x1	[1,3]	ha	75'000	90'000	82'500
Aufforstungen, S. und Jungpfl. Pflanzabstand 1x1,25	[1]	ha	34'000	40'000	37'000
Entwicklungspflege/Jungwuchspflege:					
Gehölzanzpflanzung (Pflanzabstand 1x1, Düngung, Wässern)	[5]	ha	10'000	15'000	12'500
Aufforstung	[5]	ha	10'000	20'000	15'000
Pflegeschnitt					
Feldgehölz incl. Abtransport des Schnittguts	[1,5]	ha	23'000	23'000	23'000
Verjüngung von Ufergehölzsäumen durch Rückschnitt	[1]	ha	30'000	30'000	30'000
Obstbaum incl. Abtransport des Schnittguts	[1,5]	St.	45	60	53
Einzelbaum/Alleebaum	[1,5]	St.	90	90	90
Kopfweiden schneiteln	[1,5]	St.	50	55	53
Entkusseln	[2]	ha	3'750	3'750	3'750
Einmalige Mahd (maschinell) incl. Mähgutentfernung	[1]	ha	340	2'760	1'550
Mahd per Hand (Freischneider bzw. Sense) incl. Abtransport des Mähguts	[1]	ha	2'670	6'270	4'470
extensive Beweidung	[9]	ha, 1 Jahr	700	1'500	1'100
extensive Ackernutzung	[9]	ha und Jahr	1'200	1'500	1'350
extensive Grünlandnutzung	[9]	ha, 1 Jahr	700	1'500	1'100
Entbuschung und Rodung von Gehölzen und Sträuchern	[1,3]	ha	45'000	45'000	45'000
Brachflächen, Ackerschonstreifen	[9]	ha, 1 Jahr	1'500	3'000	2'250

A-6.2 Massnahmen pro Biotoptyp

Code GIS Quellen	Erstinstandsetzung	Maßnahme	Pflege bis zur Reife
2500	Entwicklung aus einer ehemaligen Abgrabungsfläche (Ausgangsbiotop)	Durchschnittliche Entwicklungsdauer in Jahren:	
[1,3]	mesotrophe Stillgewässer (Zielbiotop)		20
	Baustelleneinrichtung Bodenmodellierung und Verdichtung des anstehenden Bodens Ausbringung standortgerechter Arten (Initialpflanzung) Abgrenzung einer 15 m breiten extensiv genutzten Pufferzone	Entschlammung zum weitergehenden Nährstoffentzug (alle 10 Jahre) Mahd der Pufferzone alle 3-5 Jahre	
2500	Acker/Grünland (Ausgangsbiotop)	Durchschnittliche Entwicklungsdauer in Jahren:	
[1,3]	temporäre Stillgewässer (Zielbiotop)		20
	Baustelleneinrichtung Anlage einer muldenförmigen Vertiefung ohne Zu- und Abfluss (2m tief) Bodenmodellierung und Verdichtung des anstehenden Bodens Abgrenzung einer 15m breiten extensiv genutzten Pufferzone	Entschlammung alle 10-20 Jahre Mahd der Pufferzone alle 3-5 Jahre	
2200/2300	regulierte belastete Fließgewässer (Ausgangsbiotop)	Durchschnittliche Entwicklungsdauer in Jahren:	
[1,3]	unregulierte, kaum belastete Fließgewässer (Zielbiotop)		75
	Baustelleneinrichtung Rückbau der Baumaßnahmen zur Gewässerregulierung (Verrohrung), Bodenmodellierung und Verdichtung des anstehenden Bodens lockere Anpflanzung von Ufergehölzen zur natürlichen Uferbefestigung Errichtung eines Schutzzaunes zum Fernhalten der Weidetiere von den Uferbereichen Entwicklungspflege	Extensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung in den Überschwemmungsbereichen, im Einzugsgebiet (2x50 m breit) Verjüngung von Ufergehölzsäumen durch Rückschnitt alle 10 Jahre	
3220	feuchte Ackerflächen (Ausgangsbiotop)	Durchschnittliche Entwicklungsdauer in Jahren:	
[1,3]	Grosseggenried (Zielbiotop)		20
	Baustelleneinrichtung Abtragung des eutrophierten Oberbodens Wiedervernässung durch Rückbau der Entwässerungsmaßnahmen Anpflanzung von entsprechenden Arten (Initialpflanzung auf 20 % der Fläche) Abgrenzung einer 15 m breiten extensiv genutzten Pufferzone	umlaufende Mahd von 10-20 % der Fläche jährlich Mahd des Grosseggenrieds alle 2-3 Jahre Mahd der Pufferzone alle 3-5 Jahre	
3220	feuchtes, intensiv genutztes Grünland (Ausgangsbiotop)	Durchschnittliche Entwicklungsdauer in Jahren:	
[1,3]	Röhricht (Zielbiotop)		20
	Wiedervernässung durch Rückbau der Entwässerungsmaßnahmen (Drainagen) Abgrenzung einer 15 m breiten extensiv genutzten Pufferzone	mosaikartige Mahd alle 5-10 Jahre Mahd der Pufferzone alle 3-5 Jahre	
2400	Acker / intensiv genutztes Grünland (Ausgangsbiotop)	Durchschnittliche Entwicklungsdauer in Jahren:	
[1,3]	künstliche Altwasser (Zielbiotop)		75
	Baustelleneinrichtung Ausheben eines künstlichen Altwassers mit Anschluss an natürliches Fließgewässer (2m tief) Anpflanzung von Ufergehölzen Abgrenzung einer 15 m breiten extensiv genutzten Pufferzone Entwicklungspflege	Mahd der Pufferzone alle 3-5 Jahre Verjüngung von Ufergehölzsäumen durch Rückschnitt alle 10-15 Jahre	
3200	intensiv genutztes Grünland (Ausgangsbiotop)	Durchschnittliche Entwicklungsdauer in Jahren:	
[2]	extensiv genutzte Niedermoore, Sümpfe (Zielbiotop)		40
	Erdarbeiten: Maschineller Abtrag des Oberbodens (30 cm) Rückbau der Entwässerungsmaßnahmen Anpflanzung entsprechender Arten Abgrenzung einer 15 m breiten extensiv genutzten Pufferzone	Wiederaufnahme der einschürigen extensiven Nutzung Mahd der Pufferzone: Säume alle 3-5 Jahre (20%) und Wiesen 1 - 2x pro Jahr (80%)	
3100	intensiv genutztes Grünland (Ausgangsbiotop)	Durchschnittliche Entwicklungsdauer in Jahren:	
[2]	Hochmoor- und Zwischenmoorstandorte (Zielbiotop)		40
	Abtragen des mineralisierten, gesackten Oberbodens Rückbau der Entwässerungsmaßnahmen: Verschliessen der Gräben und Drainagen Gewinnen und Ausbringen von autochtonem Saatgut Abgrenzung einer 15 m breiten extensiv genutzten Pufferzone	Entkusseln (alle 10 Jahre Entfernen von Baumkeimlingen) Mahd der Pufferzone: Säume alle 3-5 Jahre (20%) und Wiesen 1 - 2x pro Jahr (80%)	

Code GIS	Maßnahme		
Quellen	Erstinstandsetzung	Pflege bis zur Reife	
4170	Acker (Ausgangsbiotop)	Entwicklungsdauer in Jahren:	
[1,3]	Ackerbrache (Zielbiotop)		5
	3 Jahre Extensivierung der Nutzung	Brachflächenpflege	
4170	intensiv genutztes Grünland (Ausgangsbiotop)	Entwicklungsdauer in Jahren:	
[1,3]	Grünlandbrache (Zielbiotop)		30
	Aushagerung durch häufige Mahd in den ersten 3 Jahren	Mahd alle 5 Jahre	
4200	intensiv genutztes Grünland (Ausgangsbiotop)	Entwicklungsdauer in Jahren:	
[1,3]	Trockenrasen/Halbtrockenrasen (Mahd) (Zielbiotop)		115
	Aushagerung durch häufige Mahd in den ersten 3 Jahren	Rodung aufkommender Sträucher alle 5 Jahre einschürige Mahd	
4200	intensiv genutztes Grünland (Ausgangsbiotop)	Durchschnittliche Entwicklungsdauer in Jahren:	
[1,3]	frisches, extensiv genutztes Grünland (Mahd) (Zielbiotop)		20
	Aushagerung durch häufige Mahd in den ersten 3 Jahren	zweischürige Mahd	
4200	intensiv genutztes Grünland (Ausgangsbiotop)	Durchschnittliche Entwicklungsdauer in Jahren:	
[1,3]	nasses bis feuchtes, extensiv genutztes Grünland (Mahd) (Zielbiotop)		20
	Wiedervernässung durch Rückbau der Entwässerungsmassnahmen	zweischürige Mahd	
	Aushagerung durch häufige Mahd in den ersten 3 Jahren		
4200	intensiv genutztes Grünland (Ausgangsbiotop)	Durchschnittliche Entwicklungsdauer in Jahren:	
[1,3]	frisches, extensiv genutztes Grünland (Beweidung)		20
	Aushagerung durch häufige Mahd in den ersten 3 Jahren	extensive Beweidung mit Rindern	
4470	Intensiver Weinbau (Ausgangsbiotop)	Durchschnittliche Entwicklungsdauer in Jahren:	
[1,3]	Alte Rebkulturen und Rebbrachen (Zielbiotop)		100
	Schaffung von Kleinstrukturen (Trockenmauern, Steinriegel etc.)	Extensive Bewirtschaftung	
	Erwerb und Pflanzung alter Rebsorten		
	Erwerb von Saatgut typischer Weinbergunkräuter und Ausbringung		
5400	Acker (Ausgangsbiotop)	Entwicklungsdauer in Jahren:	
[1,3]	Ruderalflur auf verschiedenen Ausgangssubstraten: Kies, Sand, bindiges Substrat (Zielbiotop)		5
	Baustelleneinrichtung	Rodung aufkommender Sträucher alle 5 Jahre	
	Auftrag von Kies, Sand oder bindigen Substraten (bis 30 cm)		
5500	Acker / intensiv genutztes Grünland (Ausgangsbiotop)	Entwicklungsdauer in Jahren:	
[1,3]	Steinriegel, Trockenmauern (Zielbiotop)		40
	Aufsetzen einer Mauer aus Naturstein (inkl. Einbringen von Feinerde)		
	Anpflanzung/Aussaart entsprechender Arten		
5800	zugewachsene Steinbrüche (Ausgangsbiotop)	Entwicklungsdauer in Jahren:	
[3]	Felsbildungen, Gesteinsaufschlüsse, Steinbruchwände (Zielbiotop)		10
	Rodung von Bäumen und Sträuchern	Rodung aufkommender Sträucher alle 10 Jahre	
	Freilegung des Festgesteins durch Abtrag des Oberbodens (20cm)		
6100	Acker / intensiv genutztes Grünland (Ausgangsbiotop)	Entwicklungsdauer in Jahren:	
[1,3]	Felgehölze und Hecken mit autochtonen Arten (Zielbiotop)		80
	Tieflockerung und ggf. Meliorationskalkung zur Aufhebung von Bodenverdichtungen	abschnittsweise Verjüngungsschnitt alle 10 Jahre	
	Anpflanzung entsprechender Gehölze		
	Errichtung eines Schutzzaunes gegen Wild oder Weidetiere		
	Entwicklungspflege		
6220	Acker / intensiv genutztes Grünland (Ausgangsbiotop)	Entwicklungsdauer in Jahren:	
	Lebhag (Zielbiotop)		60
	Tieflockerung und ggf. Meliorationskalkung zur Aufhebung von Bodenverdichtungen	Pflegeschnitt 1 bis 2 mal jährlich	
	Anpflanzung entsprechender Gehölze		
	Errichtung eines Schutzzaunes gegen Wild oder Weidetiere		
	Entwicklungspflege		
7800	Acker / intensiv genutztes Grünland (Ausgangsbiotop)	Entwicklungsdauer in Jahren:	
[1]	Waldmäntel (Zielbiotop)		80
	Tieflockerung und ggf. Meliorationskalkung zur Aufhebung von Bodenverdichtungen	abschnittsweise Verjüngungsschnitt alle 10 Jahre	

Code GIS Quellen	Erstinstandsetzung	Maßnahme	Pflege bis zur Reife
6100 [1,3]	Acker / intensiv genutztes Grünland (Ausgangsbiotop)	Entwicklungsdauer in Jahren:	
	Ufergehölzstreifen (Zielbiotop)	80	
	Wiedervernässung durch Rückbau der Entwässerungsmaßnahmen lockere Anpflanzung von Ufergehölzen Abgrenzung einer 15 m breiten extensiv genutzten Pufferzone	Mahd der Pufferzone alle 3-5 Jahre Verjüngung von Ufergehölzsäumen durch Rückschnitt alle 10-15 Jahre	
7001 [2]	Acker- bzw. intensive Grünlandnutzung im Auebereich regulierter Flüsse (Ausgangsbiotop)	Entwicklungsdauer in Jahren (minimum):	
	Auenwald (Zielbiotop)	150	
	Errichtung eines Schutzzaunes gegen Wild Erwerb und Pflanzung standortgerechter Bäume Renaturierung des Fließgewässers (Schaffung der ursprünglichen Flusssdynamik durch Rückbau aller Flussregulierungsmassnahmen)	Jungwuchspflege	
7001 [2]	Acker/intensives Grünland (Ausgangsbiotop)	Entwicklungsdauer in Jahren (minimum):	
	Bruchwald (Zielbiotop)	150	
	Abtragen des eutrophierten Oberbodens Rückbau der Entwässerungsmassnahmen Errichtung eines Schutzzaunes gegen Wild Anpflanzen entsprechender Bruchwaldarten	Jungwuchspflege	
7100 [1]	Acker / Grünland (Ausgangsbiotop)	Entwicklungsdauer in Jahren (minimum):	
	Naturnaher Laubwald (Buche, forstlich genutzt) (Zielbiotop)	150	
	Tieflockern des Bodens Aufforstung Entwicklungspflege		
7200 [1]	Acker / Grünland (Ausgangsbiotop)	Entwicklungsdauer in Jahren (minimum):	
	Nadelwald (Zielbiotop)	150	
	Tieflockern des Bodens Aufforstung Entwicklungspflege		
7300 [1]	Acker / Grünland (Ausgangsbiotop)	Entwicklungsdauer in Jahren (minimum):	
	Mischwald (Zielbiotop)	150	
	Tieflockern des Bodens Aufforstung Entwicklungspflege		
7002 [2]	Forstliche Nutzung nach Aufgabe der Beweidung (Ausgangsbiotop)	Entwicklungsdauer in Jahren:	
	Waldweide (Zielbiotop)	100	
	Deutliche Auflichtung der Wälder bis auf einzeln bzw. gruppenweise stehende Altbäume (teilweises Roden) Fördern des Graswuchses zwischen den Bäumen (Aussaat von Wiesen-/Weidengräsern)	Extensive Beweidung (2x pro Jahr)	
6300 [1,3]	baumloses Wege- und Straßenbegleitgrün (Ausgangsbiotop)	Entwicklungsdauer in Jahren:	
	Allee, Baumreihe (Zielbiotop)	150	
	Anpflanzung landschaftstypischer Baumarten, ggf. auch Straucharten an beiden Straßenseiten in den ersten 5 Jahren jährlicher Erziehungsschnitt	Pflegeschnitt alle 5 Jahre	
6400 [1,3]	baumfreie Flächen (Ausgangsbiotop)	Entwicklungsdauer in Jahren:	
	Einzelbäume (Zielbiotop)	150	
	Anpflanzung von Einzelbäumen in den ersten 5 Jahren jährlicher Erziehungsschnitt	Pflegeschnitt alle 5 Jahre	
6500 [1,3]	Acker (Ausgangsbiotop)	Entwicklungsdauer in Jahren:	
	reifer Streuobstbestand mit altem Baumbestand (Mahd) (Zielbiotop)	150	
	Anpflanzung von Obstbäumen (Hochstämme) Errichtung eines Schutzzaunes gegen Wild bzw. Weidetiere Aussaat von Grünlandarten in den ersten 5 Jahren jährlicher Erziehungsschnitt	später: Schnitt der Bäume alle 10 Jahre zweischürige Mahd	

A-6.3 Kostenberechnung pro Biotoptyp

GIS	Massnahme	Menge	Einheit	Landerwerb		Erstinsandsetzung		Pflege bis zur Reife			Gesamtjahrreskosten 1998 in sFr./Einh./J.	Zuschlag Wiederherstellungsrisiko	Gesamtjahrreskosten 2000 (inkl. 7,5% MWSt) in sFr./Einh./J.	
				sFr./ha	Verzinsung sFr./Menge/Jahr	Einzelpreis sFr./Einheit	Gesamtpreis sFr./Einheit	Jahreskosten sFr./Einh./J.	Massnahmen pro Jahr	Einzelkosten sFr./Einh./J.				Barwert u. Entwicklungsdauer in sFr./Einh./J.
2500	Entwicklung aus einer ehemaligen Abgrabungsfläche (Ausgangsbiotop)													
	mesotrophe Stillgewässer (Zielbiotop)													
	Landerwerb [8]	1.0	ha	40'000	1'200								1'200	1'320
	minimale Kosten			30'000	900								900	990
	maximale Kosten			50'000	1'500								1'500	1'640
	Baustelleneinrichtung [1,4,5]	1.0	ha			4'250	4'250	220					220	340
	minimale Kosten					2'500	2'500	130					130	200
	maximale Kosten					6'000	6'000	310					310	480
	Bodenmodellierung und Verdichtung des anstehenden Bodens [1,3]	3'000	m ³			14	42'000	2'140					2'140	3'290
	minimale Kosten					12	36'000	1'840					1'840	2'820
	maximale Kosten					16	48'000	2'450					2'450	3'760
	Ausbringung standortgerechter Arten (Initialpflanzung) [1]	0.6	ha			150'000	90'000	4'590					4'590	7'050
	minimale Kosten					50'000	30'000	1'530					1'530	2'350
	maximale Kosten					250'000	150'000	7'650					7'650	11'740
	Abgrenzung einer extensiv genutzten Pufferzone (Entschädigungsleistung) [3,4]	1.2	ha/a							1	1'350	24'100	1'230	1'890
	minimale Kosten										1'200	21'420	1'090	1'670
	maximale Kosten										1'500	26'780	1'370	2'100
	Entschlammung zum weltgerhenden Nährstoffzug (alle 10 Jahre)	5'000	m ³							0.10	12	77'870	3'970	6'090
	minimale Kosten										12	77'870	3'970	6'090
	maximale Kosten										12	77'870	3'970	6'090
	Mahd der Pufferzone alle 3-5 Jahre	1.2	ha							0.25	1'550	6'610	340	520
	minimale Kosten										340	1'450	70	110
	maximale Kosten										2'760	11'780	600	920
	Erfolgskontrolle alle 3 Jahre	1.0	Anz.							0.33	7'500	37'400	1'910	2'930
	minimale Kosten										5'000	24'940	1'270	1'950
	maximale Kosten										10'000	49'870	2'540	3'900
	Zwischen-Summe					40'000	136'250	6'950			7'450	7'450	15'600	23'420
	minimale Kosten			30'000	900		68'500	3'490			6'400	3'960	10'800	16'190
	maximale Kosten			50'000	1'500		204'000	10'410			8'480	7'560	20'390	30'650
	Planungskosten (13-17%) [7]	15.2%					20'710	1'060					1'060	1'630
	minimale Kosten	13.3%					9'110	460					460	710
	maximale Kosten	17.1%					34'880	1'780					1'780	2'730
	Gesamtsumme			40'000	1'200		156'960	8'010			7'450	6'180	16'660	25'050
	minimale Kosten			30'000	900		77'610	3'950			6'400	4'140	11'260	16'890
	maximale Kosten			50'000	1'500		238'880	12'190			8'480	8'270	22'170	33'380

Entwicklungsdauer in Jahren: 20
Zuschlag Wiederherstellungsrisiko (hoch bis sehr hoch): 40%

GIS	Massnahme	Menge	Einheit	Landerwerb		Erstinsandsetzung			Pflege bis zur Reife			Gesamtjahreskosten 1998 in sFr./Einh./J.	Zuschlag Wiederherstellungsrisiko	Gesamtjahreskosten 2000 (inkl. 7.5% MWSt) in sFr./Einh./ha	
				sFr./ha	Verzinsung sFr./Menge/Jahr	Einzelpreis sFr./Einheit	Gesamtpreis sFr./Einheit	Jahreskosten sFr./Einh./J.	Massnahmen pro Jahr	Einzelkosten sFr./Einh./J.	Barwert ü. Entw.dauer in sFr./Einh./J.				Jahreskosten sFr./Einh./J.
2500	Acker/Grünland (Ausgangsbiotop)														
	temporäre Stillgewässer (Zielbiotop)														
	Landerwerb [8]	1.0	ha	75'000	2'250							2'250		2'470	
	minimale Kosten			50'000	1'500							1'500		1'640	
	maximale Kosten			100'000	3'000							3'000		3'290	
	Baustelleneinrichtung [1, 4, 5]	1.0	ha			4'250	4'250	220				220	88	340	
	minimale Kosten					2'500	2'500	130				130	52	200	
	maximale Kosten					6'000	6'000	310				310	124	480	
	Anlage einer muldenförmigen Vertiefung ohne Zu- und Abfluss (2m tief). Bodenmodellierung und Verdichtung des anstehenden Bodens [1, 3]														
	minimale Kosten	20'000	m ³			14	280'000	14'290				14'290	5'716	21'940	
	maximale Kosten					12	240'000	12'240				12'240	4'896	18'790	
	Abgrenzung einer extensiv genutzten Pufferzone (Entschädigungsleistung) [3, 4]					16	320'000	16'330				16'330	6'532	25'070	
	minimale Kosten	1.2	ha/ha						1	1'350	24'100	1'230	492	1'890	
	maximale Kosten									1'200	21'420	1'090	436	1'670	
	Entschlammung alle 10 bis 20 Jahre	3'000	m ³						0.08	1'500	26'780	1'370	548	2'100	
	minimale Kosten									12	33'330	1'700	680	2'610	
	maximale Kosten									12	19'930	1'020	408	1'570	
	Mehd der Pufferzone alle 3-5 Jahre	1.2	ha						0.25	1'550	6'610	340	136	520	
	minimale Kosten									340	1'450	70	28	110	
	maximale Kosten									2'760	11'780	600	240	920	
	Erfolgskontrolle alle 3 Jahre	1.0	Anz.						0.33	7'500	37'400	1'910	764	2'930	
	minimale Kosten									5'000	24'940	1'270	508	1'950	
	maximale Kosten									10'000	49'870	2'540	1'016	3'900	
	Zwischen-Summe			75'000	2'250			14'500				21'940	7'880	32'700	
	minimale Kosten			50'000	1'500			2'42'500				17'320	6'330	25'930	
	maximale Kosten			100'000	3'000			226'000				26'530	9'410	39'410	
	Planungskosten (13-17%) [7]	15.2%						43'210				2'200	880	3'380	
	minimale Kosten	13.3%						32'250				1'650	660	2'530	
	maximale Kosten	17.4%						55'750				2'840	1'136	4'360	
	Gesamtsumme			75'000	2'250			327'460				24'140	8'760	36'080	
	minimale Kosten			50'000	1'500			274'750				18'970	6'990	28'470	
	maximale Kosten			100'000	3'000			381'750				29'370	10'550	43'780	

Entwicklungsdauer in Jahren: 20
Zuschlag Wiederherstellungsrisiko (hoch bis sehr hoch): 40%

GIS	Massnahme	Menge	Einheit	Landerwerb		Erstinvestition			Pflege bis zur Reife			Gesamtkosten 1998 in sFr./Einh./J.	Zuschlag Wiederherstellungsrisiko	Gesamtkosten 2000 (inkl. 7,5% MWSt) in sFr./Einh./ha
				sFr./ha	Verzinsung sFr./Menge/Jahr	Einzelpreis sFr./Einh.	Gesamtpreis sFr./Einh.	Jahreskosten sFr./Einh./J.	Massnahmen pro Jahr	Einzelkosten sFr./Einh./J.	Barwert ü. Entw.dauer in sFr./Einh./J.			
2400	Acker / intensiv genutztes Grünland (Ausgangsbiotop) künstliche Altwasser (Zielbiotop)													
	Landerwerb [8]	1.0	ha	75'000	2'250							2'250		2'470
	minimale Kosten			50'000	1'500							1'500		1'640
	maximale Kosten			100'000	3'000							3'000		3'290
	Baustelleneinrichtung [1, 4, 5]	1.0	psch.			4'250	4'250	220				220	88	340
	minimale Kosten					2'500	2'500	130				130	52	200
	maximale Kosten					6'000	6'000	310				310	124	480
	Ausheben eines künstlichen Altwassers mit Anschluss an natürliches Fließgewässer (2m tief)	20'000	m ³											
	minimale Kosten			14	280'000	14'290						14'290	5'716	21'940
	maximale Kosten			12	240'000	12'240						12'240	4'896	18'790
	Anpflanzung von Ufergehölzen	1.0	ha			16	320'000	16'330				16'330	6'532	25'070
	minimale Kosten					82'500	82'500	4'210				4'210	1'684	6'460
	maximale Kosten					75'000	75'000	3'830				3'830	1'532	5'880
	Abgrenzung einer extensiv genutzten Pufferzone (Entschädigungsleistung) [3, 4]					90'000	90'000	4'590				4'590	1'836	7'050
	minimale Kosten								1	1'350	48'120	2'460	984	3'780
	maximale Kosten									1'200	42'770	2'180	872	3'350
	Entwicklungsplanung	1	ha			12'500	12'500	640		1'500	53'460	2'730	256	980
	minimale Kosten					10'000	10'000	510				510	204	780
	maximale Kosten					15'000	15'000	770				770	308	1'180
	Verjüngung von Ufergehölzsäumen durch Rückschnitt alle 10-15 Jahre	1	ha											
	minimale Kosten								0.08	30'000	59'800	3'050	1'220	4'680
	maximale Kosten									30'000	59'800	3'050	1'220	4'680
	Mahd der Pufferzone alle 3-5 Jahre	1.2	ha							0.25	1'550	13'810	700	1'070
	minimale Kosten										340	3'030	150	230
	maximale Kosten										2'760	24'590	1'250	1'920
	Erfolgskontrolle alle 3 Jahre	1.0	Anz.											
	minimale Kosten								0.33	7'500	73'510	3'750	1'500	5'760
	maximale Kosten									5'000	49'010	2'500	1'000	3'840
	Zwischen-Summe									10'000	98'020	5'000	2'000	7'680
	minimale Kosten			75'000	2'250	379'250	19'350	9'960				31'570	11'730	47'480
	maximale Kosten			50'000	1'500	327'500	16'710	7'880				26'090	9'840	39'400
	Planungskosten (13-17%) [7]	15.2%		100'000	3'000	431'000	21'990	12'030				37'030	13'610	55'530
	minimale Kosten	13.3%				57'650	2'940					2'940	1'176	4'510
	maximale Kosten	17.1%				43'560	2'220					2'220	888	3'410
	Gesamtsumme			75'000	2'250	737'000	37'600	9'960				37'600	1'504	5'770
	minimale Kosten			50'000	1'500	436'900	22'290	9'960				34'510	12'910	52'000
	maximale Kosten			100'000	3'000	371'080	19'930	7'880				28'310	10'730	42'810
						504'700	25'750	12'030				40'790	15'110	61'300

Entwicklungsdauer in Jahren: 75

Zuschlag Wiederherstellungsrisiko (hoch bis sehr hoch): 40%

GIS	Massnahme	Menge	Einheit	Landerwerb		Erstinvestition			Pflege bis zur Reife			Gesamtjahr- reskosten 1998 in sFr./Einh./J.	Zuschlag Wiederher- stellungs- risiko	Gesamtjahr- reskosten 2000 (inkl. 7.5% MWSt) in sFr./Einhelva	
				sFr./ha	Verzinsung sFr./Menge/ Jahr	Einzelpreis sFr./Einhel	Gesamtpreis sFr./Einhel	Jahreskosten sFr./Einh./J.	Mass- nahmen pro Jahr	Einzelkosten sFr./Einh./J.	Barwert ü. Entw.dauer in sFr./Einh./J.				Jahreskosten sFr./Einh./J.
2300 regulierte belastete Fliessgewässer (Ausgangsbiotop)															
unregulierte, kaum belastete Fliessgewässer (Zielbiotop)															
Einheit															
2m * 100m															
	Landerwerb [6]	0.02	ha	1'500	50										50
	minimale Kosten			1'000	30										30
	maximale Kosten			2'000	60										70
	Baustelleneinrichtung	1.0	Anz.			4'250	4'250	220					88		340
	minimale Kosten					2'500	2'500	130					52		200
	maximale Kosten					6'000	6'000	310					124		480
	Rückbau der Baumaßnahmen zur Gewässerregulierung (Verrohrung), Bodenmodellierung und Verdichtung des anstehenden Bodens	100	m³			170	17'000	870				870	348		1'340
	minimale Kosten					160	16'000	820				820	328		1'260
	maximale Kosten					180	18'000	920				920	368		1'410
	lockere Anpflanzung von Ufergehölzen zur natürlichen Uferbefestigung	0.1	ha			82'500	8'250	420				420	168		640
	minimale Kosten					75'000	7'500	380				380	152		580
	maximale Kosten					90'000	9'000	460				460	184		710
	Erichtung eines Schutzzaunes zum Fernhalten der Weidtiere von den Uferbereichen	200.0	m			9	1'800	90				90	36		140
	minimale Kosten					8	1'600	80				80	32		120
	maximale Kosten					10	2'000	100				100	40		150
	Entwicklungspflege	0.1	ha			12'500	12'500	640				640	256		980
	minimale Kosten					10'000	10'000	510				510	204		780
	maximale Kosten					15'000	15'000	770				770	308		1'180
	Extensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung in den Überschwemmungsbereichen, im Einzugsgebiet (2x50 m breit)	1.0	ha												
	minimale Kosten								1.00	1'100	32'670	1'670	668		2'564
	maximale Kosten									700	20'790	1'060	424		1'627
	Zwischen-Summe									1'500	44'550	2'270	908		3'485
	Verjüngung von Ufergehölzsäumen durch Rückschnitt alle 10 Jahre	1.0	ha						0.10	30'000	76'210	3'890	1'556		5'972
	minimale Kosten									30'000	76'210	3'890	1'556		5'972
	maximale Kosten									30'000	76'210	3'890	1'556		5'972
	Erfolgskontrolle alle 3 Jahre	1.0	Anz.						0.33	7'500	73'510	3'750	1'500		5'760
	minimale Kosten									5'000	49'010	2'500	1'000		3'840
	maximale Kosten									10'000	98'020	5'000	2'000		7'680
	Zwischen-Summe														
	minimale Kosten									43'800	9'310	11'600	4'620		17'790
	maximale Kosten									37'600	7'450	9'400	3'750		14'410
	Planungskosten (13-17%) [7]									50'000	2'550	13'780	5'490		21'140
	minimale Kosten									6'660	340	340	136		
	maximale Kosten									5'000	260	260	104		
	Zwischen-Summe									8'550	440	440	176		
	minimale Kosten									50'460	2'570	11'940	4'760		18'310
	maximale Kosten									1'000	7'450	9'660	3'850		14'820
	Gesamtsumme									1'500	50	50	11'940		18'310
	minimale Kosten									1'000	30	30	9'660		14'820
	maximale Kosten									2'000	60	60	14'220		21'810

GIS	Massnahme	Menge	Einheit	Landerwerb		Erstinsandsetzung			Pflege bis zur Reife			Gesamtjahreskosten 1998 in sFr./Einh./J.	Zuschlag Wiederherstellungsrisiko	Gesamtjahreskosten 2000 (inkl. 7,5% MWSt) in sFr./Einh./ha	
				sFr./ha	Verzinsung sFr./Menge/Jahr	Einzelpreis sFr./Einheit	Gesamtpreis sFr./Einheit	Jahreskosten sFr./Einh./J.	Massnahmen pro Jahr	Einzelkosten sFr./Einh./J.	Barwert ü. Entw.dauer in sFr./Einh./J.				Jahreskosten sFr./Einh./J.
3220	feuchte Ackerflächen (Ausgangsbiotop)														
	Grossseggenried (Ziebiotop)														
	Landerwerb [6]	1.0	ha	75'000	2'250								2'250		2'470
	minimale Kosten			50'000	1'500								1'500		1'640
	maximale Kosten			100'000	3'000								3'000		3'290
	Baustelleneinrichtung [1, 4, 5]	1.0	ha			4'250	4'250	220					220	88	340
	minimale Kosten					2'500	2'500	130					130	52	200
	maximale Kosten					6'000	6'000	310					310	124	480
	Abtragung des eutrophierten Oberbodens	3'000	m ³			14	42'000	2'140					2'140	856	3'290
	minimale Kosten					12	36'000	1'840					1'840	736	2'820
	maximale Kosten					16	48'000	2'450					2'450	980	3'760
	Wiedervermässung durch Rückbau der Entwässerungsmaßnahmen [1]	1.0	ha			50'500	50'500	2'580					2'580	1'032	3'960
	minimale Kosten					45'000	45'000	2'300					2'300	920	3'530
	maximale Kosten					56'000	56'000	2'860					2'860	1'144	4'390
	(Initialpflanzung auf 20 % der Fläche) [1, 3, 4]	0.2	ha			225'000	45'000	2'300					2'300	920	3'530
	minimale Kosten					200'000	40'000	2'040					2'040	816	3'130
	maximale Kosten					250'000	50'000	2'550					2'550	1'020	3'910
	Abgrenzung einer extensiv genutzten Pufferzone (Entschädigungsleistung) [3, 4]	1.2	ha/a												
	minimale Kosten								1	1'350	24'100	1'230	1'230	492	1'890
	maximale Kosten									1'200	21'420	1'440	1'440	576	2'210
umlaufende Mahd (10-20% Fläche jährlich) [1]	1.0	ha							1'500	26'780	1'800	1'800	720	2'760	
minimale Kosten									0.15	4'470	9'980	510	510	783	
maximale Kosten									2'670	5'960	300	300	120	461	
Mahd des Grossseggenrieds alle 2-3 Jahre [1]	1.0	ha							6'270	13'990	710	710	284	1'090	
minimale Kosten									0.40	4'470	26'600	1'360	1'360	2'088	
maximale Kosten									2'670	15'890	810	810	324	1'244	
Mahd der Pufferzone alle 3-5 Jahre	1.0	ha							6'270	37'310	1'900	1'900	760	2'917	
minimale Kosten									0.25	1'550	5'770	290	290	445	
maximale Kosten									340	1'260	60	60	24	92	
Zwischen-Summe					75'000	2'250							520	208	798
minimale Kosten					50'000	1'500							3'390	4'250	18'800
maximale Kosten					100'000	3'000							2'610	3'570	15'330
Planungskosten (13-17%) [7]	15.2%												4'930	5'240	23'400
minimale Kosten	13.3%												1'100	440	
maximale Kosten	17.4%												840	336	
Gesamtsumme					75'000	2'250							1'400	560	
minimale Kosten					50'000	1'500							13'980	4'690	20'470
maximale Kosten					100'000	3'000							11'260	3'910	16'640
													17'500	5'800	25'550

Entwicklungsdauer in Jahren: 20

Zuschlag Wiederherstellungsrisiko (hoch bis sehr hoch): 40%

GIS	Massnahme	Menge	Einheit	Landerwerb		Erstinsandsetzung		Pflege bis zur Reife			Gesamtjahreskosten 1998 in sFr./Einh./J.	Zuschlag Wiederherstellungsrisiko	Gesamtjahreskosten 2000 (inkl. 7.5% MWSt) in sFr./Einh./ha	
				sFr./ha	Verzinsung sFr./Menge/Jahr	Einzelpreis sFr./Einh.	Gesamtpreis sFr./Einh.	Jahreskosten sFr./Einh./J.	Massnahmen pro Jahr	Einzelkosten sFr./Einh./J.				Barwert ü. Entw.dauer in sFr./Einh./J.
3220	feuchtes, intensiv genutztes Grünland (Ausgangsbiotop)													
	Röhricht (Zielbiotop)													
			1.0	ha	75'000	2'250						2'250		2'470
		minimale Kosten			50'000	1'500						1'500		1'640
		maximale Kosten			100'000	3'000						3'000		3'290
		Wiedervermässung durch Rückbau der Entwässerungsmassnahmen (Drainagen)												
		minimale Kosten	1.0	ha	50'500	50'500	2'580					2'580	0	2'830
		maximale Kosten			45'000	45'000	2'300					2'300	0	2'520
					56'000	56'000	2'860					2'860	0	3'140
		Abgrenzung einer extensiv genutzten Pufferzone (Entschädigungsleistung) [3,4]												
		minimale Kosten	1.2	ha/ha					1	1'350	24'100	1'230	0	1'350
		maximale Kosten								1'200	21'420	1'090	0	1'200
										1'500	26'780	1'370	0	1'500
		mosaikartige Mahd alle 5-10 Jahre	1	ha					0.13	1'550	3'030	150	0	160
		minimale Kosten								340	670	30	0	30
		maximale Kosten								2'760	5'400	280	0	310
		Mahd der Pufferzone alle 3-5 Jahre	1.2	ha					0.25	1'550	5'770	290	0	320
	minimale Kosten								340	1'260	60	0	70	
	maximale Kosten								2'760	10'270	520	0	570	
	Zwischen-Summe			75'000	2'250						6'500	0	7'130	
	minimale Kosten			50'000	1'500	45'000	2'300				4'980	0	5'460	
	maximale Kosten			100'000	3'000	56'000	2'860				8'030	0	8'810	
	Planungskosten (13-17%) [7]	15.2%				7'680	390				390	0	430	
	minimale Kosten	13.3%				5'990	310				310	0	340	
	maximale Kosten	17.1%				9'580	490				490	0	540	
	Gesamtsumme			75'000	2'250	58'180	2'970				6'890	0	7'560	
	minimale Kosten			50'000	1'500	50'990	2'610				5'290	0	5'800	
	maximale Kosten			100'000	3'000	65'580	3'350				8'520	0	9'340	

Entwicklungsdauer in Jahren: 20
Zuschlag Wiederherstellungsrisiko (gering): 0%

GIS	Massnahme	Menge	Einheit	Landerwerb		Erstinvestition			Pflege bis zur Reife			Gesamtjahreskosten 1998 in sFr./Einh./J.	Zuschlag Wiederherstellungsrisiko	Gesamtjahreskosten 2000 (inkl. 7,5% MWSt) in sFr./Einh./ha	
				sFr./ha	Verzinsung sFr./Menge/Jahr	Einzelpreis sFr./Einh.	Gesamtpreis sFr./Einh.	Jahreskosten sFr./Einh./J.	Massnahmen pro Jahr	Einzelkosten sFr./Einh./J.	Barwert ü. Entw.dauer in sFr./Einh./J.				Jahreskosten sFr./Einh./J.
3100	intensiv genutztes Grünland (Ausgangsbiotop)														
	Hochmoor- und Zwischenmoorstandorte (Zielbiotop)														
	Landerwerb [8]	1.0	ha	75'000	2'250								2'250		2'470
	minimale Kosten			50'000	1'500								1'500		1'640
	maximale Kosten			100'000	3'000								3'000		3'290
	Abtragen des mineralisierten, gesackten Oberbodens	4'000	m ³			14	56'000	2'860					2'860	1'144	4'390
	minimale Kosten					12	48'000	2'450					2'450	980	3'760
	maximale Kosten					16	64'000	3'270					3'270	1'308	5'020
	Rückbau der Entwässerungsmassnahmen: Verschliessen der Gräben und Drainagen	1	ha			50'500	50'500	2'580					2'580	1'032	3'960
	minimale Kosten					45'000	45'000	2'300					2'300	920	3'530
	maximale Kosten					56'000	56'000	2'860					2'860	1'144	4'390
	Gewinnen und Ausbringen von autochthonem Saatgut	1	ha			100'000	100'000	5'100					5'100	2'040	7'830
	minimale Kosten					50'000	50'000	2'550					2'550	1'020	3'910
	maximale Kosten					150'000	150'000	7'650					7'650	3'060	11'740
	Abgrenzung einer extensiv genutzten Pufferzone (Entschädigungsleistung) [3, 4]	1.2	ha/a							1	1'350	37'450	1'910	1'910	764
	minimale Kosten										1'200	33'290	1'700	1'700	680
	maximale Kosten										1'500	41'610	2'120	2'120	848
	Entkusseln (alle 10 Jahre Entfernen von Baumkeimlingen)	1	ha							0.10	3'750	7'560	390	390	156
	minimale Kosten										3'750	7'560	390	390	156
	maximale Kosten										3'750	7'560	390	390	156
Jahre (20%) und Wiesen 1 - 2x pro Jahr (80%)	1.2	ha							0.60	1'550	25'800	1'320	1'320	528	
minimale Kosten										340	5'660	290	290	116	
maximale Kosten										2'760	45'930	2'340	2'340	936	
Erfolgskontrolle alle 3 Jahre	1.0	Anz.							0.33	7'500	57'210	2'920	2'920	1'168	
minimale Kosten										5'000	38'740	1'950	1'950	780	
maximale Kosten										10'000	76'280	3'890	3'890	1'556	
Zwischen-Summe					75'000	2'250	206'500	10'540				19'330	19'330	6'830	28'690
minimale Kosten					50'000	1'500	143'000	7'300				13'130	13'130	4'650	19'500
maximale Kosten					100'000	3'000	270'000	13'780				29'520	29'520	9'010	37'870
Planungskosten (13-17%) [7]							31'390	1'600				1'600	1'600	640	2'460
minimale Kosten							19'020	970				970	970	388	1'490
maximale Kosten							46'170	2'360				2'360	2'360	944	3'620
Gesamtsumme					75'000	2'250	237'890	12'140				20'930	20'930	7'470	31'140
minimale Kosten					50'000	1'500	162'020	8'270				14'100	14'100	5'040	20'990
maximale Kosten					100'000	3'000	316'170	16'140				27'880	27'880	9'950	41'480

Entwicklungsdauer in Jahren: 40
Zuschlag Wiederherstellungsrisiko (hoch bis sehr hoch): 40%

GIS	Massnahme	Menge	Einheit	Landerwerb		Erststandsetzung			Pflege bis zur Reife			Gesamtjahreskosten 1998 in sFr./Einh./J.	Zuschlag Wiederherstellungs- risiko	Gesamtjahreskosten 2000 (inkl. 7.5% MWSt) in sFr./Einh./ha	
				sFr./ha	Verzinsung sFr./Menge/ Jahr	Einzelpreis sFr./Einheit	Gesamtpreis sFr./Einheit	Jahreskosten sFr./Einh./J.	Massnahmen pro Jahr	Einzelkosten sFr./Einh./J.	Barwert ü. Entw.dauer in sFr./Einh./J.				Jahreskosten sFr./Einh./J.
4170	Acker (Ausgangsbiotop)						Einheit								
	Ackerbrache (Zielbiotop)						ha								
	Landerwerb [8]	1.0	ha	75'000	2'250							2'250		2'470	5
	minimale Kosten			50'000	1'500							1'500		1'640	0%
	maximale Kosten			100'000	3'000							3'000		3'290	
	3 Jahre Extensivierung der Nutzung	1.0	ha/a			1'350	3'820	190				190	0	210	
	minimale Kosten					1'200	3'390	170				170	0	190	
	maximale Kosten					1'500	4'240	220				220	0	240	
	Brachflächenpflege	1	ha/a						1.00	2'250	10'300	530	0	580	
	minimale Kosten									1'500	6'870	350	0	380	
	maximale Kosten									3'000	13'740	700	0	770	
	Zwischen-Summe			75'000	2'250	3'820	190					530	0	2'680	
	minimale Kosten			50'000	1'500	3'390	170					350	0	1'830	
	maximale Kosten			100'000	3'000	4'240	220					700	0	3'530	
	Planungskosten (13-17%) [7]						580	30				30	12	50	
	minimale Kosten						450	20				20	8	30	
	maximale Kosten						730	40				40	16	60	
	Gesamtsumme			75'000	2'250	4'400	220					530	12	2'720	
	minimale Kosten			50'000	1'500	3'840	190					350	8	1'860	
	maximale Kosten			100'000	3'000	4'970	260					700	16	3'590	

Entwicklungsdauer in Jahren: 5

Zuschlag Wiederherstellungsrisiko (gering): 0%

GIS	Massnahme	Menge	Einheit	Landerwerb		Erststandsetzung			Pflege bis zur Reife			Gesamtjahreskosten 1998 in sFr./Einh./J.	Zuschlag Wiederherstellungsrisiko	Gesamtjahreskosten 2000 (inkl. 7.5% MWSt) in sFr./Einh./ha	
				sFr./ha	Verzinsung sFr./Menge/Jahr	Einzelpreis sFr./Einheit	Gesamtpreis sFr./Einheit	Jahreskosten sFr./Einh./J.	Massnahmen pro Jahr	Einzelkosten sFr./Einh./J.	Barwert ü. Entw.dauer in sFr./Einh./J.				Jahreskosten sFr./Einh./J.
4170	intensiv genutztes Grünland (Ausgangsbiotop)														
	Grünlandbrache (Zielbiotop)														
			1.0	ha	75'000	2'250							2'250		2'470
		minimale Kosten			50'000	1'500							1'500		1'640
		maximale Kosten			100'000	3'000							3'000		3'290
		Aushagerung durch häufige Mahd in den ersten 3 Jahren (3 Schnitte pro Jahr)	1.0	ha			4'650	13'150	670				670	0	730
		minimale Kosten					1'020	2'890	150				150	0	160
		maximale Kosten					8'280	23'420	1'190				1'190	0	1'300
		Mahd alle 5 Jahre	1	ha/a						0.20	1'550	5'720	290	290	320
		minimale Kosten									340	1'260	60	60	70
		maximale Kosten									2'760	10'190	520	520	570
		Zwischen-Summe			75'000	2'250		13'150	670				290	0	3'520
		minimale Kosten			50'000	1'500		2'890	150				60	0	1'880
		maximale Kosten			100'000	3'000		23'420	1'190				520	0	5'170
	Planungskosten (13-17%) [7]						2'000	100					100	110	
	minimale Kosten						380	20					8	30	
	maximale Kosten						4'000	200				200	80	310	
	Gesamtsumme			75'000	2'250		15'150	770				290	0	3'630	
	minimale Kosten			50'000	1'500		3'270	170				60	0	1'900	
	maximale Kosten			100'000	3'000		27'420	1'390				520	0	5'380	

Entwicklungsdauer in Jahren: 30
Zuschlag Wiederherstellungsrisiko (gering): 0%

GIS	Massnahme	Menge	Einheit	Landerwerb		Erstinvestition			Pflege bis zur Reife			Gesamtjahreskosten 1998 in sFr./Einh./J.	Zuschlag Wiederherstellungsrisiko	Gesamtjahreskosten 2000 (inkl. 7,5% MWSt) in sFr./Einh./ha
				sFr./ha	Verzinsung sFr./Menge/Jahr	Einzelpreis sFr./Einh.	Gesamtpreis sFr./Einh.	Jahreskosten sFr./Einh./J.	Massnahmen pro Jahr	Einzelkosten sFr./Einh./J.	Barwert ü. Entw.dauer in sFr./Einh./J.			
4470	Intensiver Weinbau (Ausgangsbiotop)						Einheit							100
	Alte Rebstrukturen und Rebbrachen (Zielbiotop)						ha							40%
	Landerwerb [8]	1.0	ha	75'000	2'250							2'250		2'470
	minimale Kosten			50'000	1'500							1'500		1'640
	maximale Kosten			100'000	3'000							3'000		3'290
	Erdarbeiten: maschineller Abtrag des Oberbodens	3.000	m ³					14	42'000	2'140		2'140	856	3'290
	minimale Kosten							12	36'000	1'840		1'840	736	2'820
	maximale Kosten							16	48'000	2'450		2'450	980	3'760
	Schaffung von Kleinstrukturen (Trockenmauern, Steinriegel etc.)	3.0	100m					48'500	145'500	7'420		7'420	2'968	11'390
	minimale Kosten							31'800	95'400	4'870		4'870	1'948	7'480
	maximale Kosten							65'200	195'600	9'980		9'980	3'992	15'320
	Erwerb und Pflanzung aller Rebsorten	1.0	ha					37'000	37'000	1'890		1'890	756	2'900
	minimale Kosten							34'000	34'000	1'730		1'730	692	2'660
	maximale Kosten							40'000	40'000	2'040		2'040	816	3'130
	Erwerb von Saatgut typischer Weinbergunkräuter und Ausbringung	1.0	ha					11'500	11'500	590		590	236	910
	minimale Kosten							8'000	8'000	410		410	164	630
	maximale Kosten							15'000	15'000	770		770	308	1'180
	Extensive Bewirtschaftung	1	ha/ha									2'180	872	3'350
	minimale Kosten							1.00	1'350	42'660		2'180	772	2'960
	maximale Kosten											1'930	722	2'960
	Erfolgskontrolle alle 3 Jahre	1.0	Anz.									2'420	968	3'720
	minimale Kosten							0.33	7'500	78'210		3'990	1'596	6'130
	maximale Kosten											2'660	1'064	4'080
	Zwischen-Summe											5'320	2'128	8'170
	minimale Kosten							75'000	236'000	12'040		16'470	5'690	24'300
	maximale Kosten							50'000	173'400	8'850		12'280	4'310	18'190
	Planungskosten (13-17%) [7]							100'000	298'600	15'240		20'660	7'060	30'400
	minimale Kosten											1'830	732	2'810
	maximale Kosten											1'180	472	1'810
	Gesamtsumme											2'610	1'044	4'010
	minimale Kosten							75'000	271'870	13'870		18'300	6'420	27'110
	maximale Kosten							50'000	196'460	10'030		13'460	4'780	20'000
								100'000	349'660	17'850		23'270	8'100	34'400

GIS	Massnahme	Menge	Einheit	Landerwerb		Erststandsetzung			Pflege bis zur Reife			Gesamtjahrreskosten 1998 in sFr./Einh./J.	Zuschlag Wiederherstellungsrisiko	Gesamtjahrreskosten 2000 (inkl. 7.5% MWSt) in sFr./Einh./J.	
				sFr./ha	Verzinsung sFr./Menge/Jahr	Einzelpreis sFr./Einheit	Gesamtpreis sFr./Einheit	Jahreskosten sFr./Einh./J.	Massnahmen pro Jahr	Einzelkosten sFr./Einh./J.	Barwert ü. Entw.dauer in sFr./Einh./J.				Jahreskosten sFr./Einh./J.
4200	intensiv genutztes Grünland (Ausgangsbiotop)														
	frisches, extensiv genutztes Grünland (Mahd) (Zielbiotop)														
	Landerwerb [8]		1.0	ha	75'000	2'250							2'250		2'470
		<i>minimale Kosten</i>			50'000	1'500							1'500		1'640
		<i>maximale Kosten</i>			100'000	3'000							3'000		3'290
	Aushagerung durch häufige Mahd in den ersten 3 Jahren (3 Schnitte pro Jahr)		1.0	ha			4'650	13'150	670				670	0	730
		<i>minimale Kosten</i>					1'020	2'890	150				150	0	160
		<i>maximale Kosten</i>					8'280	23'420	1'190				1'190	0	1'300
	zweischürige Mahd		1	ha/a						2.00	1'550	46'120	2'350	0	2'580
		<i>minimale Kosten</i>									340	10'120	520	0	570
		<i>maximale Kosten</i>									2'760	82'120	4'190	0	4'590
		<i>minimale Kosten</i>											2'350	0	3'200
		<i>maximale Kosten</i>											1'650	0	1'810
		Zwischen-Summe			75'000	2'250		13'150	670				2'350	0	3'200
		<i>minimale Kosten</i>			50'000	1'500		2'890	150				520	0	1'810
	<i>maximale Kosten</i>			100'000	3'000		23'420	1'190				4'190	0	4'590	
Planungskosten (13-17%) [7]							2'000	100				100	0	110	
	<i>minimale Kosten</i>						380	20				20	0	20	
	<i>maximale Kosten</i>						4'000	200				200	0	220	
	Gesamtsumme			75'000	2'250		15'150	770				2'350	0	3'310	
	<i>minimale Kosten</i>			50'000	1'500		3'270	170				520	0	1'830	
	<i>maximale Kosten</i>			100'000	3'000		27'420	1'390				4'190	0	4'810	

Entwicklungsdauer in Jahren: 20
Zuschlag Wiederherstellungsrisiko (gering): 0%

GIS	Massnahme	Menge	Einheit	Landerwerb		Erstinstandsetzung		Pflege bis zur Reife			Gesamtjahreskosten 1998 in sFr./Einh./J.	Zuschlag Wiederherstellungsrisiko	Gesamtjahreskosten 2000 (inkl. 7.5% MWSt) in sFr./Einh./ha
				sFr./ha	Verzinsung sFr./Menge/Jahr	Einzelpreis sFr./Einheit	Gesamtpreis sFr./Einheit	Jahreskosten sFr./Einh./J.	Massnahmen pro Jahr	Einzelkosten sFr./Einh./J.			
4200	intensiv genutztes Grünland (Ausgangsbiotop)						Einheit						115
	Trockenrasen/Halbtrockenrasen (Mahd) (Zielbiotop)						ha						40%
	Landerwerb [8]	1.0	ha	75'000	2'250						2'250		2'470
	minimale Kosten			50'000	1'500						1'500		1'640
	maximale Kosten			100'000	3'000						3'000		3'290
	Aushagerung durch häufige Mahd in den ersten 3 Jahren (3 Schnitte pro Jahr)	1.0	ha			4'650	13'150	670			670	268	1'030
	minimale Kosten					1'020	2'890	150			150	60	230
	maximale Kosten					8'280	23'420	1'190			1'190	476	1'830
	Rodung aufkommender Sträucher alle 5 Jahre	1	ha						0.20	45'000	273'100	13'930	21'390
	minimale Kosten									45'000	273'100	13'930	21'390
	maximale Kosten									45'000	273'100	13'930	22'250
	zweischürige Mahd	1	ha						2.00	1'550	99'880	5'100	7'830
	minimale Kosten									340	21'910	1'120	1'720
	maximale Kosten									2'760	177'850	9'070	13'920
	Erfolgskontrolle alle 3 Jahre	1.0	Anz.						0.33	7'500	79'740	4'070	4'460
	minimale Kosten									5'000	53'160	2'710	2'970
	maximale Kosten									10'000	106'330	5'420	5'940
	Zwischen-Summe			75'000	2'250		13'150	670			23'100	7'880	37'170
	minimale Kosten			50'000	1'500		2'890	150			17'760	6'080	27'950
	maximale Kosten			100'000	3'000		23'420	1'190			28'420	9'900	47'230
	Planungskosten (13-17%) [7]	15.2%					2'000	100			100	40	150
	minimale Kosten	13.3%					360	20			20	8	30
	maximale Kosten	17.1%					4'000	200			200	80	310
	Gesamtsumme			75'000	2'250		15'150	770			23'100	7'920	37'330
	minimale Kosten			50'000	1'500		3'270	170			17'760	6'090	27'990
	maximale Kosten			100'000	3'000		27'420	1'390			28'420	9'980	47'540

GIS	Massnahme	Menge	Einheit	Landerwerb		Erstinstandsetzung		Pflege bis zur Reife			Gesamtjahreskosten 1998 in sFr./Einh./J.	Zuschlag Wiederherstellungsrisiko	Gesamtjahreskosten 2000 (inkl. 7.5% MWSt) in sFr./Einh./J.	
				sFr./ha	Verzinsung sFr./Menge/Jahr	Einzelpreis sFr./Einh.	Gesamtpreis sFr./Einh.	Jahreskosten sFr./Einh./J.	Massnahmen pro Jahr	Einzelkosten sFr./Einh./J.				Barwert ü. Entw.dauer in sFr./Einh./J.
4200	intensiv genutztes Grünland (Ausgangsbiotop)													
	nasses bis feuchtes, extensiv genutztes Grünland (Mahd) (Zielbiotop)													
	Landerwerb [8]	1.0	ha	75'000	2'250								2'250	2'470
	minimale Kosten			50'000	1'500								1'500	1'640
	maximale Kosten			100'000	3'000								3'000	3'290
	Wiedervernässung durch Rückbau der Entwässerungsmassnahmen (Drainagen)	1.0	ha			50'500	50'500	2'580					2'580	2'830
	minimale Kosten					45'000	45'000	2'300					2'300	2'520
	maximale Kosten					56'000	56'000	2'860					2'860	3'140
	Aushagerung durch häufige Mahd in den ersten 3 Jahren (3 Schnitte pro Jahr)	1.0	ha			4'650	13'150	670					670	730
	minimale Kosten					1'020	2'890	150					150	160
	maximale Kosten					8'280	23'420	1'190					1'190	1'300
	zweischürige Mahd	1	ha						2.00	1'550	46'120	2'350	2'350	2'580
	minimale Kosten									340	10'120	520	520	570
	maximale Kosten									2'760	82'120	4'190	4'190	4'590
	Zwischen-Summe													
	minimale Kosten			75'000	2'250		63'650	2'580					7'850	8'610
	maximale Kosten			50'000	1'500		47'890	2'300					4'470	4'900
	maximale Kosten			100'000	3'000		79'420	2'860					11'240	12'330
	Planungskosten (13-17%) [7]												490	540
	minimale Kosten	15.2%					9'670	490					320	350
	maximale Kosten	17.1%					13'580	690					690	760
	Gesamtsumme													
	minimale Kosten			75'000	2'250		73'320	3'070					8'340	9'150
	maximale Kosten			50'000	1'500		54'260	2'620					4'790	5'250
	maximale Kosten			100'000	3'000		93'000	3'550					11'930	13'080

Entwicklungsdauer in Jahren: 20
Zuschlag Wiederherstellungsrisiko (gering): 0%

GIS	Massnahme	Menge	Einheit	Landerwerb		Erstinvestition			Pflege bis zur Reife			Gesamtkosten 1998 in sFr./Einh./J.	Zuschlag Wiederher- stellungs- risiko	Gesamtkosten 2000 (inkl. 7.5% MWSt) in sFr./Einh./J.	
				sFr./ha	Verzinsung sFr./Menge/ Jahr	Einzelpreis sFr./Einheit	Gesamtpreis sFr./Einheit	Jahreskosten sFr./Einh./J.	Mass- nahmen pro Jahr	Einzelkosten sFr./Einh./J.	Barwert ü. Entw.dauer in sFr./Einh./J.				Jahreskosten sFr./Einh./J.
4200	intensiv genutztes Grünland (Ausgangsbiotop)														
	frisches, extensiv genutztes Grünland (Beweidung)														
	Landerwerb [8]		1.0	ha	75'000	2'250							2'250		2'470
		<i>minimale Kosten</i>			50'000	1'500							1'500		1'640
		<i>maximale Kosten</i>			100'000	3'000							3'000		3'290
	Aushagerung durch häufige Mahd in den ersten 3 Jahren (3 Schnitte pro Jahr)		1.0	ha			4'650	13'150	670				670	0	730
		<i>minimale Kosten</i>					1'020	2'890	150				150	0	160
		<i>maximale Kosten</i>					8'280	23'420	1'190				1'190	0	1'300
	Extensive Beweidung mit Rindern		1	ha/a						1.00	1'100	16'370	840	840	920
		<i>minimale Kosten</i>									700	10'410	530	530	580
		<i>maximale Kosten</i>									1'500	22'320	1'140	1'140	1'250
		Zwischen-Summe													
		<i>minimale Kosten</i>			75'000	2'250		13'150	670				840	0	4'120
		<i>maximale Kosten</i>			50'000	1'500		2'890	150				530	0	1'810
		<i>maximale Kosten</i>			100'000	3'000		23'420	1'190				1'140	0	4'590
	Planungskosten (13-17%) [7]							2'000	100					100	110
		<i>minimale Kosten</i>						380	20					20	20
	<i>maximale Kosten</i>						4'000	200				200	0	220	
	Gesamtsumme			75'000	2'250		15'150	770				840	0	4'230	
	<i>minimale Kosten</i>			50'000	1'500		3'270	170				530	0	1'830	
	<i>maximale Kosten</i>			100'000	3'000		27'420	1'390				1'140	0	4'810	

Entwicklungsdauer in Jahren: 20
Zuschlag Wiederherstellungsrisiko (gering): 0%

GIS	Massnahme	Menge	Einheit	Landerwerb		Erstinsandsetzung			Pflege bis zur Reife			Gesamtjahreskosten 1998 in sFr./Einh./J.	Zuschlag Wiederherstellungsrisiko	Gesamtjahreskosten 2000 (inkl. 7.5% MWSt) in sFr./Einh./a
				sFr./ha	Verzinsung sFr./Menge/Jahr	Einzelpreis sFr./Einh.	Gesamtpreis sFr./Einh.	Jahreskosten sFr./Einh./J.	Massnahmen pro Jahr	Einzelkosten sFr./Einh./J.	Barwert ü. Entw.dauer in sFr./Einh./J.			
5400	Acker (Ausgangsbiotop)													
	(Zielbiotop)													
	Landerwerb [8]	1.0	ha	75'000	2'250							2'250		2'470
	minimale Kosten			50'000	1'500							1'500		1'640
	maximale Kosten			100'000	3'000							3'000		3'290
	Baustelleneinrichtung [1,4,5]	1.0	ha			4'250	4'250	220				220	0	240
	minimale Kosten					2'500	2'500	130				130	0	140
	maximale Kosten					6'000	6'000	310				310	0	340
	Auftrag von Kies, Sand oder bindigen Substraten (bis 30cm)	3000.0	m ³			25	75'000	3'830				3'830	0	4'200
	minimale Kosten					22	66'000	3'370				3'370	0	3'700
	maximale Kosten					28	84'000	4'290				4'290	0	4'700
	Rodung aufkommender Sträucher alle 5 Jahre	1	ha						0.20	45'000	38'820	1'980	0	2'170
	minimale Kosten									45'000	38'820	1'980	0	2'170
	maximale Kosten									45'000	38'820	1'980	0	2'170
	Zwischen-Summe			75'000	2'250		79'250	4'050				8'280	0	9'080
	minimale Kosten			50'000	1'500		68'500	3'500				6'980	0	7'650
	maximale Kosten			100'000	3'000		90'000	4'600				9'580	0	10'510
	Planungskosten (13-17%) [7]	15.2%					12'050	610				610	0	670
	minimale Kosten	13.3%					9'110	460				460	0	500
	maximale Kosten	17.1%					15'390	790				790	0	870
	Gesamtsumme			75'000	2'250		91'300	4'660				8'890	0	9'750
	minimale Kosten			50'000	1'500		77'610	3'960				7'440	0	8'160
	maximale Kosten			100'000	3'000		105'390	5'390				10'370	0	11'370

Entwicklungsdauer in Jahren: 5

Zuschlag Wiederherstellungsrisiko (gering): 0%

GIS	Massnahme	Menge	Einheit	Landerwerb		Erstinstandsetzung			Pflege bis zur Reife			Gesamtjahreskosten 1998 in sFr./Einh./J.	Zuschlag Wiederherstellungsrisiko	Gesamtjahreskosten 2000 (inkl. 7.5% MWSt) in sFr./Einh./J.	
				sFr./ha	Verzinsung sFr./Menge/Jahr	Einzelpreis sFr./Einheit	Gesamtpreis sFr./Einheit	Jahreskosten sFr./Einh./J.	Massnahmen pro Jahr	Einzelkosten sFr./Einh./J.	Barwert ü. Entw.dauer in sFr./Einh./J.				Jahreskosten sFr./Einh./J.
5500	Acker / intensiv genutztes Grünland (Ausgangsbiotop)														
	Steinriegel, Trockenmauern (Zielbiotop)														
	Landerwerb [8]	0.1	ha	75'000	230							230		250	
	minimale Kosten			50'000	150							150		160	
	maximale Kosten			100'000	300							300		330	
	Aufsetzen einer Mauer aus Naturstein (inkl. Einbringen von Feinerde [3])	1.0	100m			48'500	48'500	2'470				2'470	0	2'710	
	minimale Kosten					31'800	31'800	1'620				1'620	0	1'780	
	maximale Kosten					65'200	65'200	3'330				3'330	0	3'650	
	Zwischen-Summe			75'000	230	48'500	48'500	2'470				2'700	0	2'960	
	minimale Kosten			50'000	150	31'800	31'800	1'620				1'770	0	1'940	
	maximale Kosten			100'000	300	65'200	65'200	3'330				3'630	0	3'980	
	Planungskosten (13-17%) [7]							380				380	0	420	
	minimale Kosten	15.2%						7'370				7'370	0	7'940	
	maximale Kosten	13.3%						4'230				4'230	0	4'610	
	minimale Kosten	17.1%						11'150				11'150	0	12'010	
	maximale Kosten							55'870				55'870	0	60'010	
	Gesamtsumme			75'000	230			2'850				3'080	0	3'380	
	minimale Kosten			50'000	150			36'030				36'030	0	38'180	
	maximale Kosten			100'000	300			76'350				76'350	0	81'810	

Entwicklungsdauer in Jahren: 40

Zuschlag Wiederherstellungsrisiko (gering): 0%

GIS	Massnahme	Menge	Einheit	Landerwerb		Erststandsetzung			Pflege bis zur Reife			Gesamtjahreskosten 1998 in sFr./Einh./J.	Zuschlag Wiederherstellungs- risiko	Gesamtjahreskosten 2000 (inkl. 7.5% MWSt) in sFr./Einh./a	
				sFr./ha	Verzinsung sFr./Menge/ Jahr	Einzelpreis sFr./Einh.	Gesamtpreis sFr./Einh.	Jahreskosten sFr./Einh./J.	Massnahmen pro Jahr	Einzelkosten sFr./Einh./J.	Barwert ü. Entw.dauer in sFr./Einh./J.				Jahreskosten sFr./Einh./J.
5800	zugewachsene Steinbrüche (Ausgangsbiotop)														
	Felsbildungen, Gesteinsaufschlüsse, Steinbruchwände (Zielbiotop)														
	Landerwerb [8]	1.0	ha	75'000	2'250								2'250		2'470
				50'000	1'500								1'500		1'640
				100'000	3'000								3'000		3'290
	Rodung der Bäume und Sträucher [1,3]	1.0	ha			45'000	45'000	2'300					2'300	0	2'520
						45'000	45'000	2'300					2'300	0	2'520
						45'000	45'000	2'300					2'300	0	2'520
	Freilegung des Festgesteins durch Abtrag des Oberbodens (20cm)	2000.0	m ³			14	28'000	1'430					1'430	0	1'570
						12	24'000	1'220					1'220	0	1'340
						16	32'000	1'630					1'630	0	1'790
	Rodung aufkommender Sträucher alle 10 Jahre	1	ha						0.10	45'000	33'480	1'710	1'710	0	1'880
										45'000	33'480	1'710	1'710	0	1'880
										45'000	33'480	1'710	1'710	0	1'880
	Zwischen-Summe					75'000	2'250	73'000	3'730				7'690	0	8'430
						50'000	1'500	69'000	3'520				6'730	0	7'380
						100'000	3'000	77'000	3'930				8'640	0	9'470
Planungskosten (13-17%) [7]							11'100	570				570	0	630	
							9'180	470				470	0	520	
							13'170	670				670	0	730	
Gesamtsumme					75'000	2'250	84'100	4'300				8'260	0	9'060	
					50'000	1'500	78'180	3'990				7'200	0	7'900	
					100'000	3'000	90'170	4'600				9'310	0	10'210	

Entwicklungsdauer in Jahren: 10
Zuschlag Wiederherstellungsrisiko (gering): 0%

GIS	Massnahme	Menge	Einheit	Landerwerb		Erstinvestition			Pflege bis zur Reife			Gesamtjahreskosten 1998 in sFr./Einh./J.	Zuschlag Wiederherstellungsrisiko	Gesamtjahreskosten 2000 (inkl. 7,5% MWSt) in sFr./Einh./ha
				sFr./ha	Verzinsung sFr./Menge/Jahr	Einzelpreis sFr./Einheit	Gesamtpreis sFr./Einheit	Jahreskosten sFr./Einh./J.	Massnahmen pro Jahr	Einzelkosten sFr./Einh./J.	Barwert ü. Entw.dauer in sFr./Einh./J.			
5100	Acker / intensiv genutztes Grünland (Ausgangsbiotop)					Einheit	ha	gsdauer in Wiederher						80 40%
	Felgehölze und Hecken mit autochthonen Arten (Zielbiotop)													
	Landerwerb [8]	1.0	ha	75'000	2'250							2'250		2'470
	minimale Kosten			50'000	1'500							1'500		1'640
	maximale Kosten			100'000	3'000							3'000		3'290
	Meliorationskalkulation zur Aufhebung von Bodenverdichtungen	1.0	ha			2'000	2'000	100				100	40	150
	minimale Kosten					2'000	2'000	100				100	40	150
	maximale Kosten					2'000	2'000	100				100	40	150
	Anpflanzung entsprechender Gehölze	1	ha			82'500	82'500	4'210				4'210	1'684	6'460
	minimale Kosten					75'000	75'000	3'830				3'830	1'532	5'880
	maximale Kosten					90'000	90'000	4'590				4'590	1'836	7'050
	Errichtung eines Schutzzaunes gegen Wild oder Weidetiere	400	m			9	3'600	180				180	72	280
	minimale Kosten					8	3'200	160				160	64	250
	maximale Kosten					10	4'000	200				200	80	310
	Entwicklungspflege	1	ha			12'500	12'500	640				640	256	980
	minimale Kosten					10'000	10'000	510				510	204	780
	maximale Kosten					15'000	15'000	770				770	308	1'180
	abschnittsweise Verjüngungsschnitt alle 10 Jahre	1.0	ha						0.10	23'000	60'590	3'090	1'236	4'740
	minimale Kosten									23'000	60'590	3'090	1'236	4'740
	maximale Kosten									23'000	60'590	3'090	1'236	4'740
	Erfolgskontrolle alle 3 Jahre	1.0	Anz.						0.33	7'500	74'750	3'810	1'524	5'850
	minimale Kosten									5'000	49'830	2'540	1'016	3'900
	maximale Kosten									10'000	99'660	5'080	2'032	7'800
	Zwischen-Summe			75'000	2'250		100'600	5'130				14'280	4'810	20'930
	minimale Kosten			50'000	1'500		90'200	4'600				11'730	4'090	17'350
	maximale Kosten			100'000	3'000		111'000	5'660				16'830	5'530	24'520
	Planungskosten (13-17%) [7]						15'290	780				780	312	1'200
	minimale Kosten						12'000	610				610	244	940
	maximale Kosten						18'980	970				970	388	1'490
	Gesamtsumme			75'000	2'250		115'890	5'910				15'060	5'120	22'130
	minimale Kosten			50'000	1'500		102'200	5'210				12'340	4'330	18'280
	maximale Kosten			100'000	3'000		129'980	6'630				17'800	5'920	26'010

GIS	Massnahme	Menge	Einheit	Landerwerb		Erstinsandsetzung			Pflege bis zur Reife			Gesamtjahrreskosten 1998 in sFr./Einh./J.	Zuschlag Wiederherstellungsrisiko	Gesamtjahrreskosten 2000 (inkl. 7,5% MWSt) in sFr./Einh./ha
				sFr./ha	Verzinsung sFr./Menge/Jahr	Einzelpreis sFr./Einheit	Gesamtpreis sFr./Einheit	Jahreskosten sFr./Einh./J.	Massnahmen pro Jahr	Einzelkosten sFr./Einh./J.	Barwert ü. Entw.dauer in sFr./Einh./J.			
5220	Acker / Grünland (Ausgangsbiotop)													
	Lebhag (Zielbiotop)													
	Landerwerb [8]	0.05	ha	75'000	110									
	minimale Kosten			50'000	80									90
	maximale Kosten			100'000	150									160
	Meliorationskalkung zur Aufhebung von Bodenverdichtungen	0.05	ha			2'000	100	10					4	20
	minimale Kosten					2'000	100	10					4	20
	maximale Kosten					82'500	1'650	80					32	120
	Anpflanzung entsprechender Gehölze	0.02	ha			75'000	1'500	80					32	120
	minimale Kosten					90'000	1'800	90					36	140
	maximale Kosten													
	Errichtung eines Schutzzaunes gegen Wild oder Weidetiere	210	m			9	1'890	100					40	150
	minimale Kosten					8	1'680	90					36	140
	maximale Kosten					10	2'100	110					44	170
	Entwicklungspflege	0.05	ha			12'500	625	30					30	50
	minimale Kosten					10'000	500	30					12	50
	maximale Kosten					15'000	750	40					16	60
	Pflegeschnitt 1 bis 2 mal jährlich	0.05	ha										40	60
	minimale Kosten												2'440	3'750
	maximale Kosten												2'440	3'750
	Erfolgskontrolle alle 3 Jahre	0.05	Anz.			1.50	23'000	2'440					2'440	3'750
	minimale Kosten												2'440	3'750
	maximale Kosten					0.33	7'500	170					2'440	3'750
	Planungskosten (13-17%) [7]												68	260
	minimale Kosten												48	180
	maximale Kosten												92	350
	Zwischen-Summe			75'000	110		4'265	220					2'940	4'460
	minimale Kosten			50'000	80		3'780	190					2'850	4'340
	maximale Kosten			100'000	150		4'750	240					3'070	4'650
	Planungskosten (13-17%) [7]						650	30					30	50
	minimale Kosten						500	30					12	50
	maximale Kosten						810	40					16	60
	Gesamtsumme			75'000	110		4'915	250					2'970	4'510
	minimale Kosten			50'000	80		4'280	220					2'880	4'390
	maximale Kosten			100'000	150		5'560	280					3'110	4'720

Entwicklungsdauer in Jahren: 60
Zuschlag Wiederherstellungsrisiko (hoch): 40%

GIS	Massnahme	Menge	Einheit	Landerwerb		Erstinsandsetzung			Pflege bis zur Reife			Gesamtjahreskosten 1998 in sFr./Einh./J.	Zuschlag Wiederherstellungsrisiko	Gesamtjahreskosten 2000 (inkl. 7,5% MWSt) in sFr./Einh./a	
				sFr./ha	Verzinsung sFr./Menge/Jahr	Einzelpreis sFr./Einheit	Gesamtpreis sFr./Einheit	Jahreskosten sFr./Einh./J.	Massnahmen pro Jahr	Einzelkosten sFr./Einh./J.	Barwert ü. Entw.dauer in sFr./Einh./J.				Jahreskosten sFr./Einh./J.
7800	Acker / intensiv genutztes Grünland (Ausgangsbiotop) Waldmäntel (Zielbiotop)														
		0.1	ha	7'500	230							230		250	
	minimale Kosten			5'000	150							150		160	
	maximale Kosten			10'000	300							300		330	
	Meliorationskalkulation zur Aufhebung von Bodenverdichtungen	0.05	ha			2'000	100	10				10	4	20	
	minimale Kosten					2'000	100	10				10	4	20	
	maximale Kosten					82'500	4'125	210				210	84	320	
	Anpflanzung entsprechender Gehölze	0.05	ha			75'000	3'750	190				190	76	290	
	minimale Kosten					90'000	4'500	230				230	92	350	
	maximale Kosten														
	Errichtung eines Schutzzaunes gegen Wild oder Weidetiere	210	m			9	1'890	100				100	40	150	
	minimale Kosten					8	1'680	90				90	36	140	
	maximale Kosten					10	2'100	110				110	44	170	
	Entwicklungspflege	0.05	ha			12'500	625	30				30	12	50	
	minimale Kosten					10'000	500	30				30	12	50	
	maximale Kosten					15'000	750	40				40	16	60	
	abschnittsweise Verjüngungsschnitt alle 10 Jahre	0.05	ha						0.10	23'000	3'470	180	72	280	
	minimale Kosten									23'000	3'470	180	72	280	
	maximale Kosten									23'000	3'470	180	72	280	
	Erfolgskontrolle alle 3 Jahre	1.0	Anz.						0.33	7'500	74'750	3'810	0	4'180	
	minimale Kosten									5'000	49'830	2'540	0	2'790	
	maximale Kosten									10'000	99'660	5'080	0	5'570	
	Zwischen-Summe			7'500	230		6'740	340				4'570	210	5'240	
	minimale Kosten			5'000	150		6'030	310				3'190	200	3'720	
	maximale Kosten			10'000	300		7'450	380				5'950	230	6'780	
	Planungskosten (13-17%) [7]						1'020	50				50	20	80	
	minimale Kosten						800	40				40	16	60	
	maximale Kosten						1'270	60				60	24	90	
	Gesamtsumme			7'500	230		7'760	390				3'990	230	5'320	
	minimale Kosten			5'000	150		6'830	350				2'720	220	3'780	
	maximale Kosten			10'000	300		8'720	440				5'260	250	6'860	

Entwicklungsdauer in Jahren: 80
Zuschlag Wiederherstellungsrisiko (hoch): 40%

GIS	Massnahme	Menge	Einheit	Landerwerb		Erstinsandsetzung		Pflege bis zur Reife			Gesamtjahrreskosten 1998 in sFr./Einh./J.	Zuschlag Wiederherstellungsrisiko	Gesamtjahrreskosten 2000 (inkl. 7,5% MWSt) in sFr./Einh./a
				sFr./ha	Verzinsung sFr./Menge/Jahr	Einzelpreis sFr./Einheit	Gesamtpreis sFr./Einheit	Jahreskosten sFr./Einh./J.	Massnahmen pro Jahr	Einzelkosten sFr./Einh./J.			
7001	(Ausgangsbiotop)					Einheit							
	Auenwald (Zielbiotop)					ha							
	Landerwerb [8]	1.0	ha	75'000	2'250						2'250		2'470
	minimale Kosten			50'000	1'500						1'500		1'640
	maximale Kosten			100'000	3'000						3'000		3'290
	Wild	400.0	m			9	3'600	180			180	90	300
	minimale Kosten					8	3'200	160			160	80	260
	maximale Kosten					10	4'000	200			200	100	330
	Erwerb und Pflanzung standortgerechter Bäume	1	ha			37'000	37'000	1'890			1'890	945	3'110
	minimale Kosten					34'000	34'000	1'730			1'730	865	2'850
	maximale Kosten					40'000	40'000	2'040			2'040	1'020	3'360
	Renaturierung des Fliessgewässers (Schaffung der ursprünglichen Flussdynamik durch Rückbau aller Flussregulierungsmassnahmen)	100	m ³			170	17'000	870			870	435	1'430
	minimale Kosten					160	16'000	820			820	410	1'350
	maximale Kosten					180	18'000	920			920	460	1'510
	Entwicklungspflege/Jungwuchspflege	1	ha			12'500	12'500	640			640	320	1'050
	minimale Kosten					10'000	10'000	510			510	255	840
	maximale Kosten					15'000	15'000	770			770	385	1'270
	Erfolgskontrolle alle 3 Jahre	1.0	Anz.			0.33	7'500	4'160	81'520	4'160	4'160	2'080	6'840
	minimale Kosten						5'000	2'770	54'350	2'770	2'770	1'385	4'560
	maximale Kosten						10'000	5'550	108'690	5'550	5'550	2'775	9'130
	Zwischen-Summe												
	minimale Kosten			75'000	2'250	70'100	3'580	3'580			9'990	3'870	15'200
	maximale Kosten			50'000	1'500	63'200	3'220	2'770			7'490	3'000	11'500
	Planungskosten (13-17%) [7]			100'000	3'000	77'000	3'930	5'550			12'480	4'740	18'880
	minimale Kosten					10'660	540				540	270	890
	maximale Kosten					8'410	430				430	215	710
	minimale Kosten					13'170	670				670	335	1'100
	Gesamtsumme			75'000	2'250	80'760	4'120	4'160			10'530	4'140	16'090
	minimale Kosten			50'000	1'500	71'610	3'650	2'770			7'920	3'220	12'220
	maximale Kosten			100'000	3'000	90'170	4'600	5'550			13'150	5'080	19'990

Entwicklungsdauer in Jahren (mindestens): 150
Zuschlag Wiederherstellungsrisiko (hoch): 50%

GIS	Massnahme	Menge	Einheit	Landerwerb		Erststandsetzung			Pflege bis zur Reife			Gesamtjahreskosten 1998 in sFr./Einh./J.	Zuschlag Wiederherstellungsrisiko	Gesamtjahreskosten 2000 (inkl. 7,5% MWSt) in sFr./Einh./ha		
				sFr./ha	Verzinsung sFr./Menge/ Jahr	Einzelpreis sFr./Einheit	Gesamtpreis sFr./Einheit	Jahreskosten sFr./Einh./J.	Massnahmen pro Jahr	Einzelkosten sFr./Einh./J.	Barwert ü. Entw.dauer in sFr./Einh./J.				Jahreskosten sFr./Einh./J.	
7001	Ackerintensives Grünland (Ausgangsbiotop)															
	Bruchwald (Zielbiotop)															
	Landerwerb [8]	1.0	ha	75'000	2'250							2'250		2'470		
	minimale Kosten			50'000	1'500							1'500		1'640		
	maximale Kosten			100'000	3'000							3'000		3'290		
	Abtragen des eutrophierten Oberbodens	3000.0	m ³									2'140	1'070	3'520		
	minimale Kosten					14	42'000	2'140				1'840	920	3'030		
	maximale Kosten					16	48'000	2'450				2'450	1'225	4'030		
	Rückbau der Entwässerungsmassnahmen	1	ha			50'500	50'500	2'580				2'580	1'290	4'240		
	minimale Kosten					45'000	45'000	2'300				2'300	1'150	3'780		
	maximale Kosten					56'000	56'000	2'860				2'860	1'430	4'700		
	Wild	400.0	m			9	3'600	180				180	90	300		
	minimale Kosten					8	3'200	160				160	80	260		
	maximale Kosten					10	4'000	200				200	100	330		
	Bruchwaldarten	1	ha			37'000	37'000	1'890				1'890	945	3'110		
	minimale Kosten					34'000	34'000	1'730				1'730	865	2'850		
	maximale Kosten					40'000	40'000	2'040				2'040	1'020	3'360		
	Entwicklungspflege/Jungwuchspflege	1	ha			12'500	12'500	640				640	320	1'050		
	minimale Kosten					10'000	10'000	510				510	255	840		
	maximale Kosten					15'000	15'000	770				770	385	1'270		
	Erfolgskontrolle alle 3 Jahre	1.0	Anz.									4'160	2'080	6'840		
	minimale Kosten											5'000	2'770	4'560		
	maximale Kosten											10'000	108'690	9'130		
	Zwischen-Summe															
	minimale Kosten			75'000	2'250		145'600	7'430				4'160	5'800	21'540		
	maximale Kosten			50'000	1'500		128'200	6'540				2'770	4'660	16'960		
	Planungskosten (13-17%) [7]			100'000	3'000		163'000	8'320				5'550	6'940	26'110		
	minimale Kosten						22'130	1'130				1'130	565	1'860		
	maximale Kosten						17'050	870				870	435	1'430		
	Gesamtsumme											14'970	6'370	23'400		
	minimale Kosten			75'000	2'250		167'730	8'560				4'160	5'100	18'400		
	maximale Kosten			50'000	1'500		145'250	7'410				2'770	11'680	48'400		
	Entwicklungsrisiko			100'000	3'000		190'870	9'740				5'550	7'650	28'450		

Entwicklungsdauer in Jahren (mindestens): 150
Zuschlag Wiederherstellungsrisiko (hoch): 50%

GIS	Massnahme	Menge	Einheit	Landerwerb		Erstinsandsetzung			Pflege bis zur Reife			Gesamtjahreskosten 1998 in sFr./Einh./J.	Zuschlag Wiederherstellungsrisiko	Gesamtjahreskosten 2000 (inkl. 7,5% MWSt) in sFr./Einh./ha	
				sFr./ha	Verzinsung sFr./Menge/Jahr	Einzelpreis sFr./Einheit	Gesamtpreis sFr./Einheit	Jahreskosten sFr./Einh./J.	Massnahmen pro Jahr	Einzelkosten sFr./Einh./J.	Barwert ü. Entw.dauer in sFr./Einh./J.				Jahreskosten sFr./Einh./J.
7002	Forstliche Nutzung nach Aufgabe der Beweidung (Ausgangsbiotop)														
	Waldweide (Zielbiotop)														
	Landerwerb [8]	1.0	ha	75'000	2'250							2'250		2'470	
	minimale Kosten			50'000	1'500							1'500		1'640	
	maximale Kosten			100'000	3'000							3'000		3'290	
	Deutliche Auffichtung der Wälder bis auf einzelnen bzw. gruppenweise stehende Altbäume (teilweises Roden)	0.8	ha			45'000	36'000	1'840				1'840	276	2'320	
	minimale Kosten					45'000	36'000	1'840				1'840	276	2'320	
	maximale Kosten														
	Fördern des Graswuchses zwischen den Bäumen (Aussaat von Wiesen-/Weidengräsem)	1.0	ha	6'500	6'500	330						330	50	420	
	minimale Kosten			3'000	3'000	150						150	23	190	
	maximale Kosten			10'000	10'000	510						510	77	640	
	Extensive Beweidung	1	ha/a						2.00	1'100	69'520	3'550	533	4'480	
	minimale Kosten									700	44'240	2'260	339	2'850	
	maximale Kosten									1'500	94'800	4'840	726	6'100	
	Zwischen-Summe			75'000	2'250	42'500	2'170					3'550	1'196	10'050	
	minimale Kosten			50'000	1'500	39'000	1'990					2'260	863	7'250	
	maximale Kosten			100'000	3'000	46'000	2'350					4'840	1'529	12'850	
	Planungskosten (13-17%) [7]	15.2%				6'460	330					330	50	420	
	minimale Kosten	13.3%				5'190	260					260	39	330	
	maximale Kosten	17.1%				7'870	400					400	60	500	
	Gesamtsumme			75'000	2'250	48'960	2'500					8'300	1'250	10'470	
	minimale Kosten			50'000	1'500	44'190	2'250					2'260	902	7'580	
	maximale Kosten			100'000	3'000	53'870	2'750					4'840	1'589	13'360	

Entwicklungsdauer in Jahren: 100
Zuschlag Wiederherstellungsrisiko (mittel): 15%

GIS	Massnahme	Menge	Einheit	Landerwerb		Erststandsetzung			Pflege bis zur Reife			Gesamtjahreskosten 1998 in sFr./Einh./J.	Zuschlag Wiederherstellungsrisiko	Gesamtjahreskosten 2000 (inkl. 7.5% MWSt) in sFr./Einh./ha	
				sFr./ha	Verzinsung sFr./Menge/Jahr	Einzelpreis sFr./Einheit	Gesamtpreis sFr./Einheit	Jahreskosten sFr./Einh./J.	Massnahmen pro Jahr	Einzelkosten sFr./Einh./J.	Barwert ü. Entw.dauer in sFr./Einh./J.				Jahreskosten sFr./Einh./J.
Z100	Acker / Grünland (Ausgangsbiotop)														
	Naturnaher Laubwald (Buche, forstlich genutzt) (Zielbiotop)														
	Landerwerb [8]	1.0	ha	75'000	2'250							2'250		2'470	
	minimale Kosten			50'000	1'500							1'500		1'640	
	maximale Kosten			100'000	3'000							3'000		3'290	
	Tieflockerung des Bodens	1.0	ha			2'000	2'000	100				100	40	150	
	minimale Kosten					2'000	2'000	100				100	40	150	
	maximale Kosten					2'000	2'000	100				100	40	150	
	Aufforstung	1	ha			37'000	37'000	1'890				1'890	756	2'900	
	minimale Kosten					34'000	34'000	1'730				1'730	692	2'660	
	maximale Kosten					40'000	40'000	2'040				2'040	816	3'130	
	Entwicklungspflege/Lungwuchspflege	1	ha			12'500	12'500	640				640	256	980	
	minimale Kosten					10'000	10'000	510				510	204	780	
	maximale Kosten					15'000	15'000	770				770	308	1'180	
	Erfolgskontrolle alle 3 Jahre	1.0	Anz.						0.33	7'500	81'520	4'160	1'664	6'390	
	minimale Kosten									5'000	54'350	2'770	1'108	4'250	
	maximale Kosten									10'000	108'690	5'550	2'220	8'520	
	Zwischen-Summe			75'000	2'250							9'040	2'720	12'900	
	minimale Kosten			50'000	1'500							2'770	2'040	9'490	
	maximale Kosten			100'000	3'000							11'460	3'380	16'270	
	Planungskosten (13-17%) [7]											400	160	610	
	minimale Kosten											310	124	480	
	maximale Kosten											500	200	770	
	Gesamtsumme			75'000	2'250							9'440	2'880	13'510	
	minimale Kosten			50'000	1'500							6'920	2'160	9'960	
	maximale Kosten			100'000	3'000							11'960	3'580	17'040	

Entwicklungsdauer in Jahren (mindestens): 150
Zuschlag Wiederherstellungsrisiko (hoch): 40%

GIS	Massnahme	Menge	Einheit	Landerwerb		Erststandsetzung			Pflege bis zur Reife			Gesamtjahreskosten 1998 in sFr./Einh./J.	Zuschlag Wiederherstellungsrisiko	Gesamtjahreskosten 2000 (inkl. 7,5% MWSt) in sFr./Einh./ha	
				sFr./ha	Verzinsung sFr./Menge/Jahr	Einzelpreis sFr./Einheit	Gesamtpreis sFr./Einheit	Jahreskosten sFr./Einh./J.	Massnahmen pro Jahr	Einzelkosten sFr./Einh./J.	Barwert ü. Entw.dauer in sFr./Einh./J.				Jahreskosten sFr./Einh./J.
7200	Acker / Grünland (Ausgangsbiotop)														
	Nadelwald (Zielbiotop)														
	Landerwerb [8]	1,0	ha	75'000	2'250							2'250		2'470	
	minimale Kosten			50'000	1'500							1'500		1'640	
	maximale Kosten			100'000	3'000							3'000		3'290	
	Tieflockerung des Bodens	1,0	ha			2'000	2'000	100				100	40	150	
	minimale Kosten					2'000	2'000	100				100	40	150	
	maximale Kosten					2'000	2'000	100				100	40	150	
	Aufforstung	1	ha			37'000	37'000	1'890				1'890	756	2'900	
	minimale Kosten					34'000	34'000	1'730				1'730	692	2'660	
	maximale Kosten					40'000	40'000	2'040				2'040	816	3'130	
	Entwicklungspflege/Lungwuchspflege	1	ha			12'500	12'500	640				640	256	980	
	minimale Kosten					10'000	10'000	510				510	204	780	
	maximale Kosten					15'000	15'000	770				770	308	1'180	
	Erfolgskontrolle alle 3 Jahre	1,0	Anz.						0,33	7'500	81'520	4'160	1'664	6'390	
	minimale Kosten									5'000	54'350	2'770	1'108	4'250	
	maximale Kosten									10'000	108'690	5'550	2'220	8'520	
	Zwischen-Summe														
	minimale Kosten			75'000	2'250			51'500				4'160	2'720	12'900	
	maximale Kosten			50'000	1'500			46'000				2'770	2'040	9'490	
	Planungskosten (13-17%) [7]			100'000	3'000			57'000	2'910			11'460	3'380	16'270	
	minimale Kosten							7'830	400			400	160	610	
	maximale Kosten							6'120	310			310	124	480	
	Gesamtsumme														
	minimale Kosten			75'000	2'250			59'330	3'030			4'160	2'880	13'510	
	maximale Kosten			50'000	1'500			52'120	2'660			2'770	2'160	9'960	
	Planungskosten			100'000	3'000			66'750	3'410			11'960	3'580	17'040	

Entwicklungsdauer in Jahren (mindestens): 150
Zuschlag Wiederherstellungsrisiko (hoch): 40%

GIS	Massnahme	Menge	Einheit	Landerwerb		Erststandsetzung			Pflege bis zur Reife			Gesamtjahreskosten 1998 in sFr./Einh./J.	Zuschlag Wiederherstellungsrisiko	Gesamtjahreskosten 2000 (inkl. 7,5% MWSt) in sFr./Einh./ha	
				sFr./ha	Verzinsung sFr./Menge/Jahr	Einzelpreis sFr./Einheit	Gesamtpreis sFr./Einheit	Jahreskosten sFr./Einh./J.	Massnahmen pro Jahr	Einzelkosten sFr./Einh./J.	Barwert ü. Entw.dauer in sFr./Einh./J.				Jahreskosten sFr./Einh./J.
7300	Acker / Grünland (Ausgangsbiotop)														
	Mischwald (Zielbiotop)														
	Landerwerb [8]	1,0	ha	75'000	2'250							2'250		2'470	
	minimale Kosten			50'000	1'500							1'500		1'640	
	maximale Kosten			100'000	3'000							3'000		3'290	
	Tieflockerung des Bodens	1,0	ha			2'000	2'000	100				100	40	150	
	minimale Kosten					2'000	2'000	100				100	40	150	
	maximale Kosten					2'000	2'000	100				100	40	150	
	Aufforstung	1	ha			37'000	37'000	1'890				1'890	756	2'900	
	minimale Kosten					34'000	34'000	1'730				1'730	692	2'660	
	maximale Kosten					40'000	40'000	2'040				2'040	816	3'130	
	Entwicklungspflege/Lungwuchspflege	1	ha			12'500	12'500	640				640	256	980	
	minimale Kosten					10'000	10'000	510				510	204	780	
	maximale Kosten					15'000	15'000	770				770	308	1'180	
	Erfolgskontrolle alle 3 Jahre	1,0	Anz.						0,33	7'500	81'520	4'160	1'664	6'390	
	minimale Kosten									5'000	54'350	2'770	1'108	4'250	
	maximale Kosten									10'000	108'690	5'550	2'220	8'520	
	Zwischen-Summe			75'000	2'250							9'040	2'720	12'900	
	minimale Kosten			50'000	1'500							2'770	2'040	9'490	
	maximale Kosten			100'000	3'000							11'460	3'380	16'270	
	Planungskosten (13-17%) [7]											400	160	610	
	minimale Kosten											310	124	480	
	maximale Kosten											500	200	770	
	Gesamtsumme			75'000	2'250							9'440	2'880	13'510	
	minimale Kosten			50'000	1'500							6'920	2'160	9'960	
	maximale Kosten			100'000	3'000							11'960	3'580	17'040	

Entwicklungsdauer in Jahren (mindestens): 150
Zuschlag Wiederherstellungsrisiko (hoch): 40%

GIS	Massnahme	Menge	Einheit	Landerwerb		Erstinsandsetzung		Pflege bis zur Reife			Gesamtjahreskosten 1998 in sFr./Einh./J.	Zuschlag Wiederherstellungsrisiko	Gesamtjahreskosten 2000 (inkl. 7,5% MWSt) in sFr./Einh./ha	
				sFr./ha	Verzinsung sFr./Menge/Jahr	Einzelpreis sFr./Einheit	Gesamtpreis sFr./Einheit	Jahreskosten sFr./Einh./J.	Massnahmen pro Jahr	Einzelkosten sFr./Einh./J.				Barwert ü. Entw.dauer in sFr./Einh./J.
5300 baumloses Wege- und Straßenbegleitgrün (Ausgangsbiotop)														
Allee, Baumreihe (Zielbiotop)														
				Einheit	Entwicklungsdauer in Jahren: 150									
				5m * 100m	Zuschlag Wiederherstellungsrisiko (gering): 0%									
	Landerwerb [8]	0.1	ha	7'500	230						230		250	
	minimale Kosten			5'000	150						150		160	
	maximale Kosten			10'000	300						300		330	
	Anpflanzung landschaftstypischer Baumarten, ggf. auch Straucharten an beiden Straßenseiten	20.0	St.			380	7'600	390					430	
	minimale Kosten					260	5200	270			270		300	
	maximale Kosten					500	10'000	510			510		560	
	Jährlicher Erziehungsschnitt in den ersten 5 Jahren	20.0	St.			90	8'240	420			420		460	
	minimale Kosten					90	8'240	420			420		460	
	maximale Kosten					90	8'240	420			420		460	
	Pflegeschnitt alle 5 Jahre	20.0	St.						0.20	90	11'860	610	670	
	minimale Kosten									90	11'860	610	670	
	maximale Kosten									90	11'860	610	670	
	Zwischen-Summe			7'500	230		15'840	810			610	1'650	1'810	
	minimale Kosten			5'000	150		13'440	690			610	1'450	1'590	
	maximale Kosten			10'000	300		18'240	930			610	1'840	2'020	
	Planungskosten (13-17%) [7]						2'410	120			120	0	130	
	minimale Kosten						1'790	90			90	0	100	
	maximale Kosten						3'120	160			160	0	180	
	Gesamtsumme			7'500	230		18'250	930			610	1'770	1'940	
	minimale Kosten			5'000	150		15'230	780			610	1'540	1'690	
	maximale Kosten			10'000	300		21'360	1'090			610	2'000	2'190	

GIS	Massnahme	Menge	Einheit	Landerwerb		Erststandsetzung			Pflege bis zur Reife			Gesamtjahreskosten 1998 in sFr./Einh./J.	Zuschlag Wiederherstellungs- risiko	Gesamtjahreskosten 2000 (inkl. 7,5% MWSt) in sFr./Einh./ha	
				sFr./ha	Verzinsung sFr./Menge/ Jahr	Einzelpreis sFr./Einheit	Gesamtpreis sFr./Einheit	Jahreskosten sFr./Einh./J.	Massnahmen pro Jahr	Einzelkosten sFr./Einh./J.	Barwert ü. Entw.dauer in sFr./Einh./J.				Jahreskosten sFr./Einh./J.
5400	baumfreie Flächen (Ausgangsbiotop)														
	Einzelbäume (Zielbiotop)														
	Landerwerb [8]	0.003	ha	188	6								6		10
					125	4							4		0
					250	8							8		10
	Anpflanzung von Einzelbäumen	1.0	St.			380	20						20	8	30
						260	10						10	4	20
						500	30						30	12	50
	Jährlicher Erziehungsschnitt in den ersten 5 Jahren	1.0	St.			90	20						20	8	30
						90	20						20	8	30
						90	20						20	8	30
	Pflegeschnitt alle 5 Jahre	1.0	St.							0.20	90	590	30	12	50
											90	590	30	12	50
											90	590	30	12	50
													30	32	120
	Zwischen-Summe				188	6		790	40				60	24	90
					125	4		670	30				30	24	90
				250	8		910	50				30	36	140	
Planungskosten (13-17%) [7]							120	10				10	4	20	
							90	0				0	0	0	
							160	10				10	4	20	
Gesamtsumme				188	6		910	50				30	40	140	
				125	4		760	30				30	24	90	
				250	8		1070	60				30	40	150	

Entwicklungsdauer in Jahren: 150

Zuschlag Wiederherstellungsrisiko (hoch bis sehr hoch): 40%

GIS	Massnahme	Menge	Einheit	Landerwerb		Erstinsandsetzung			Pflege bis zur Reife			Gesamtjahreskosten 1998 in sFr./Einh./J.	Zuschlag Wiederherstellungsrisiko	Gesamtjahreskosten 2000 (inkl. 7.5% MWSt) in sFr./Einh./ha		
				sFr./ha	Verzinsung sFr./Menge/Jahr	Einzelpreis sFr./Einheit	Gesamtpreis sFr./Einheit	Jahreskosten sFr./Einh./J.	Massnahmen pro Jahr	Einzelkosten sFr./Einh./J.	Barwert ü. Entw.dauer in sFr./Einh./J.				Jahreskosten sFr./Einh./J.	
5500	Acker (Ausgangsbiotop)					Einheit	ha									
	reifer Streuobstbestand mit altem Baumbestand (Mahd) (Zielbiotop)															
	Landerwerb [8]	1.0	ha	75'000	2'250										2'250	2'470
	minimale Kosten			50'000	1'500										1'500	1'640
	maximale Kosten			100'000	3'000										3'000	3'290
	Anpflanzung von Obstbäumen (Hochstämmle)	70.0	St.			68	4725	240							240	370
	minimale Kosten					45	3'150	160							160	250
	maximale Kosten					90	6'300	320							320	490
	Errichtung eines Schutzzaunes gegen Wild oder Weidetiere	400	m			9	3'600	180							180	280
	minimale Kosten					8	3'200	160							160	250
	maximale Kosten					10	4'000	200							200	310
	Aussaart von Grünlandarten	1	ha			6'500	6'500	330							330	510
	minimale Kosten					3'000	3'000	150							150	230
	maximale Kosten					10'000	10'000	510							510	780
	Jährlicher Erziehungsschnitt in den ersten 5 Jahren	70.0	St.			53	16'830	860							860	1'320
	minimale Kosten					45	14'430	740							740	1'140
	maximale Kosten					60	19'230	980							980	1'500
	Schnitt der Bäume alle 10 Jahre	70.0	St.												540	830
	minimale Kosten					0.10	53	10'560	540						460	710
	maximale Kosten							45	9'050	460					460	710
	zweischürige Mahd	1	ha					60	12'070	620					620	950
	minimale Kosten					2.00	1'550	102'110	5'210	5'210					5'210	8'000
	maximale Kosten							340	22'400	1'140					1'140	1'750
	Zwischen-Summe							2'760	181'820	9'280					9'280	14'250
	minimale Kosten			75'000	2'250			31'655	1'610	5'750					9'610	14'750
	maximale Kosten			50'000	1'500			23'780	1'210	1'600					4'310	6'620
	Planungskosten (13-17%) [7]			100'000	3'000			39'530	2'010	9'900					14'910	22'890
	minimale Kosten							4'810	250	250					250	380
	maximale Kosten							3'160	160	160					160	250
	Gesamtsumme			75'000	2'250			36'465	1'860	5'750					9'860	15'130
	minimale Kosten			50'000	1'500			26'940	1'370	1'600					4'470	6'860
	maximale Kosten			100'000	3'000			46'290	2'350	9'900					15'250	23'410

Entwicklungsdauer in Jahren: 150
Zuschlag Wiederherstellungsrisiko (hoch bis sehr hoch): 40%

A-7 Habitatfragmentierung

A-7.1 Details zu Kostenberechnungen der Defragmentierungselemente

Grundlage der nachfolgenden Berechnungen sind die Daten von Projektbeispielen des Astra sowie der kantonalen Tiefbauämter. Für die Umrechnung in Jahreskosten wurden folgende Annahmen getroffen:

- Der Jahreszins beträgt real 3%
- Die Lebensdauer der Defragmentierungselemente beträgt 80 Jahre (entspricht der Lebensdauer von Verkehrsinfrastrukturen gemäss ASTRA).
- Der jährliche Unterhalt beträgt 1 bis 1.5% der Investitionskosten

Berechnung der Jahreskosten der jeweiligen Defragmentierungselemente pro Infrastrukturtyp

Kategorien	Bauwerke	Breite Bauwerk [m]		Länge Bauwerk [m]		Fläche Bauwerk [m ²]		Kosten Bauwerk [sFr./m ²]		Totale Investitionskosten [sFr.]		Jahreskosten [sFr./a]		
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Mittelwert
Autobahn	Landschaftsbrücke	24	28	80	120	1920	3360	1224	2520	3'231'360	6'652'800	139'314	320'092	229'703
	Wildüberführung Standard	24	28	40	50	960	1400	1224	2520	1'444'320	2'973'600	62'243	143'104	102'674
	Wildüberführung reduziert	24	28	20	30	480	840	1224	2520	807'840	1'663'200	34'778	80'048	57'413
	Wildtierunterführung	24	28	25	50	600	1400	2000	7000	2'000'000	7'000'000	86'200	336'800	211'500
	Bachdurchlass für Wild	24	28	25	50	600	1400	2500	7500	2'500'000	7'500'000	107'800	360'800	234'300
Autostrasse	Kleintierdurchlass									100'000	150'000	4'300	7'250	5'775
	Durchlass Bachlebewesen									200'000	300'000	8'600	14'400	11'500
	Amphibienleitsysteme									150'000	300'000	6'500	14'400	10'450
	Landschaftsbrücke	12	14	80	120	960	1680	1224	2520	1'615'680	3'326'400	69'657	159'996	114'826
	Wildüberführung Standard	12	14	40	50	480	700	1224	2520	722'160	1'486'800	31'122	71'502	51'312
1. Klass.-Str.	Wildüberführung reduziert	12	14	20	30	240	420	1224	2520	403'920	831'600	17'439	39'974	28'707
	Wildtierunterführung	12	14	25	50	300	700	2000	7000	1'000'000	3'500'000	43'100	168'400	105'750
	Bachdurchlass für Wild	12	14	25	50	300	700	2500	7500	1'250'000	3'750'000	53'900	180'450	117'175
	Kleintierdurchlass									100'000	150'000	4'300	7'250	5'775
	Durchlass Bachlebewesen									200'000	300'000	8'600	14'400	11'500
2. Klass.-Str.	Amphibienleitsysteme									150'000	250'000	6'500	12'050	9'275
	Wildüberführung Standard	10	12	40	50	400	600	1224	2520	612'000	1'260'000	26'420	60'600	43'510
	Wildüberführung reduziert	10	12	20	30	200	360	1224	2520	342'720	705'600	14'727	33'984	24'356
	Wildtierunterführung	10	12	25	50	250	600	2000	7000	850'000	2'975'000	36'620	143'125	89'863
	Bachdurchlass für Wild	10	12	25	50	250	600	2500	7500	1'062'500	3'187'500	45'825	153'313	99'569
3. Klass.-Str.	Kleintierdurchlass									50'000	100'000	2'200	4'800	3'500
	Durchlass Bachlebewesen									100'000	200'000	4'300	9'600	6'950
	Amphibienleitsysteme									100'000	200'000	4'300	9'600	6'950
	Durchlass Bachlebewesen									50'000	150'000	2'200	7'250	4'725
	Bahn									100'000	200'000	4'300	9'600	6'950
Bahn	Durchl. Schotterkörper									50'000	100'000	2'200	4'800	3'500
	Wildüberführung reduziert	10	15	20	30	200	450	1224	2520	397'800	819'000	17'178	39'385	28'282
	Wildtierunterführung	10	15	25	50	250	750	2000	7500	1'000'000	3'750'000	43'100	180'450	111'775
	Bachdurchlass für Wild	10	15	25	50	250	750	2000	7500	1'000'000	3'750'000	43'100	180'450	111'775
	Kleintierdurchlass									50'000	100'000	2'200	4'800	3'500
3. Klass.-Str.	Durchlass Bachlebewesen									100'000	200'000	4'300	9'600	6'950
	Amphibienleitsysteme									100'000	200'000	4'300	9'600	6'950

Tabelle A-1: Berechnung der Jahreskosten für die Defragmentierungselemente pro Infrastrukturtyp.

A-8 Resultate 4. Klass-Strassen

A-8.1 Grundlagen

Das vorliegende Kapitel gibt in geraffter Form eine Übersicht über die Resultate des Mengen- und Wertgerüstes der 4. Klass-Strassen. Bei der Untersuchung der 4. Klass-Strassen wurde gleich vorgegangen wie bei den übrigen Verkehrsklassen. Ursprünglich sollten deren Resultate ebenfalls in die externen Kosten einbezogen werden. Nachträglich wurde aber darauf verzichtet, weil diese Verkehrsinfrastruktur vorwiegend von der **Land- und Forstwirtschaft** genutzt wird. Die für 4. Klass-Strassen ausgewiesenen externen Kosten können damit nicht dem allgemeinen Strassenverkehr zugeordnet werden.

Definition

Infrastrukturtypen	Abkürzung	Baulicher Standard	Gesamtlänge in km
4. Klass-Strassen	S4	gut unterhaltener Feld- oder Waldweg. mind. 1,8 m breit.	59'554

Untersuchungsperimeter

Infrastrukturtypen	Abkürzung	Untersuchungsperimeter
4. Klass-Strassen	S4	Strassenbreite plus 10 m links und rechts

Stichprobenumfang

Von den 300 für die Habitatverluste untersuchten Verkehrsabschnitten bezogen sich 60 auf die 4. Klass-Strassen. Bei den Habitatfragmentierungen betrafen 90 von 500 Abschnitten 4. Klass-Strassen. Insgesamt wurden rund 0.1% der Gesamtlänge der 4. Klass-Strassen bearbeitet.

Infrastrukturtypen	Stichprobenumfang für Habitatverlust	Stichprobenumfang für Habitatfragmentierung
4. Klass-Strassen	60	90
Übrige Verkehrsklassen	240	410
Total	300	500

A-8.2 Mengengerüst

Biotopverluste

Biototyp	Veränderungen der Flächen in ha (oder km) bei den 4. Klass-Strassen	Veränderungen der Flächen in ha (oder km) übrige Verkehrsklassen
Stillgewässer	0.000	-125.687
Fliessgewässer in km	-89.076	-822.618
Moore, Sümpfe	-1'324.161	-165.896
Intensives Kulturland	-10'642.349	-2'0507.111
struktureiches Grünland	-71.469	-549.618
Ruderalflächen	119.008	-634.186
Gehölze, Streuobst	-1'375.659	-3'027.188
Alleen, Lebhäge in km	-1'924.683	-952.874
Wälder	-1'894.952	-321.419
Waldränder in km	-1'216.991	-198.234
Siedlung	1'748.187	4'809.722
Strassen	11'386.744	14'707.489
Eisenbahnen	0.000	925.734
Total	-5'285.401	-6'861.886

Tabelle 31: Veränderungen der Biotopflächen bei den 4. Klass-Strassen zwischen den 50er-/60er-Jahren und heute. Als Vergleich dazu die Flächenveränderung bei den übrigen Verkehrsklassen.

Habitatfragmentierung

Tiergruppen	Geländebeziehungen	4. Klass- Strasse	übrige Verkehrsklassen
Reh/Feldhase	Eben, Verkehrsweg im Einschnitt	0	4'371
Reh/Feldhase	Verkehrsweg auf Damm	0	985
Reh/Feldhase	Bach quert Verkehrsweg	0	241
Dachs/Igel	Eben, Verkehrsweg auf Damm	0	6'345
Bachlebewesen	---	26'912	21'447
Amphibien	Strasse, Schotterkörper mehrspurig	0	1'127
Amphibien	Schotterkörper einspurig	0	221
Gesamt		26'912	34'737

Tabelle 32: Anzahl Fragmentierungen bei den 4. Klass-Strassen. Als Vergleich dazu die Habitatfragmentierungen der übrigen Verkehrsklassen.

A-8.3 Wertgerüst

Habitatverlust

Infrastrukturtypen	Externe Kosten Habitatverluste in Mio. sFr./a 2000		
	Durchschnitt	Untere Bandbreite	Obere Bandbreite
4. Klass-Strassen	238	155	320
Total übrige Verkehrsklassen	260	179	337

Tabelle 33: Externe Kosten der 4. Klass-Strassen infolge von Habitatverlusten. Als Vergleich dazu die Kosten der übrigen Verkehrsklassen.

Habitatfragmentierung

Infrastrukturtypen	Externe Kosten Habitatverluste in Mio. sFr./a 2000		
	Durchschnitt	Untere Bandbreite	Obere Bandbreite
4. Klass-Strassen	128	59	195
Total übrige Verkehrsklassen	505	264	746

Tabelle A-2: Externe Kosten der 4. Klass-Strassen infolge von Habitatfragmentierung. Als Vergleich dazu die Kosten der übrigen Verkehrsklassen.