

**SCHRIFTENREIHE
UMWELT NR. 301**

Lärm

**Wirtschaftliche
Tragbarkeit
und Verhältnis-
mässigkeit von
Lärmschutz-
massnahmen**



Impressum:

Herausgeber:

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL

Autoren:

Mark Egger, Dr. rer. pol., IC Infraconsult AG Bern
Georg Roth, dipl. Ing. ETH, IC Infraconsult AG, Bern
René Bayer, dipl. Ing. HTL, Balzari & Schudel AG, Bern
Karl Ludwig Fahrländer, Dr. iur., Bern

Begleitgruppe:

Theo Kuentz, BUWAL, Abteilung Lärmbekämpfung
Fredy Fischer, BUWAL, Abteilung Lärmbekämpfung
Urs Walker, BUWAL, Abteilung Recht
Christian Albrecht, BUWAL, Sektion Oekonomie

Bezugsquelle:

Dokumentations-Dienst
Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft
3003 Bern

Fax +41 (0)31 324 02 16

E-Mail: docu@buwal.admin.ch

Internet: <http://www.admin.ch/buwal/publikat/d/>

Preis: Fr. 20.- (inkl. MWSt)

Copyright:

© BUWAL 1998

Inhaltsverzeichnis

Abstracts	8
Vorwort	9
Zusammenfassung	10
1 EINLEITUNG	13
1.1 Ausgangslage	13
1.2 Zielsetzung	13
1.3 Aufbau der Studie	13
TEIL I: THEORETISCHE GRUNDLAGEN	
2 WIRTSCHAFTLICHE TRAGBARKEIT UND VERHÄLTNISSMÄSSIGKEIT	17
2.1 Rechtliche Analyse	17
2.1.1 Dreistufiges Lärmschutzkonzept	17
2.1.2 Wirtschaftliche Tragbarkeit	18
2.1.3 Verhältnismässigkeit	18
2.1.4 Interessenabwägung	18
2.1.5 Private und öffentliche Anlagen	19
2.1.6 Konsequenzen für das Modell	19
2.2 Ökonomische Analyse	20
2.2.1 Privaten und öffentliche Anlagen	20
2.2.2 Volkswirtschaftliche versus betriebswirtschaftliche Tragbarkeit	20
2.2.3 Interessenabwägung aus ökonomischer Sicht	23
2.2.4 Grenzkosten und Grenznutzen	25
2.2.5 Konsequenzen für das Modell	26
3 AKUSTIK	27
3.1 Störwirkung des Lärms	27
3.2 Belastungsgrenzwerte der LSV	29
3.3 Arten von Lärmschutzmassnahmen	30
4 KOSTEN VON LÄRMSCHUTZMASSNAHMEN	31
4.1 Betriebswirtschaftliche Kosten (Anlagekosten)	31
4.1.1 Investitionskosten	31
4.1.2 Betriebs- und Unterhaltskosten	31

4.1.3 Mehrfachnutzungen	32
4.1.4 Funktionelle Zuordnung	32
4.1.5 Zeitliche Abgrenzung	32
4.2 Volkswirtschaftliche Kosten	32
4.3 Systemgrenze	33
5 NUTZEN VON LÄRMSCHUTZMASSNAHMEN	35
5.1 Betriebswirtschaftlicher Nutzen	35
5.2 Volkswirtschaftlicher Nutzen	35
5.2.1 Volkswirtschaftlicher Nutzen als Vermeidung von Lärmkosten	36
5.2.2 Volkswirtschaftliche Kosten des Lärms	36
5.2.3 Untergrenze für die Entstehung volkswirtschaftlicher Kosten des Lärms	36
6 MONETARISIERUNG MIT HILFE DER HEDONISTISCHEN PREISBILDUNG	39
6.1 Ansätze zur Berechnung volkswirtschaftlicher Kosten von Lärm	39
6.1.1 Schadenskosten	40
6.1.2 Vermeidungskosten	40
6.1.3 Zahlungsbereitschaftsansatz	40
6.2 Erwägungen zur Wahl des Monetarisierungsansatzes	41
6.3 Die hedonistische Preisbildung	42
6.3.1 Integration von Mengen- und Wertgerüst	42
6.3.2 Aussagekraft der ermittelten Kosten des Lärms	43
6.3.3 Vorbehalte	43
TEIL II: VOLLZUGSHILFE	
7 MODELL	47
7.1 Grundidee	47
7.1.1 Effizienz von Lärmschutzmassnahmen	47
7.1.2 Effektivität von Lärmschutzmassnahmen	47
7.1.3 Gültigkeitsbereich	48
7.1.4 Perimeter	48
7.1.5 Berücksichtigte Lärmentlastung	48
7.1.6 Berücksichtigung des Ausbaugrades	49
7.2 Methodisches Konzept	49
7.3 Schritt A: Monetarisierung des maximal möglichen Nutzens	52
7.3.2 Bruttogeschossfläche pro Lärmklasse (BGF)	53
7.3.3 Mittlere Überschreitung der Untergrenze (g_i)	53
7.3.4 Mietpreisfaktor pro Lärmklasse (f_i)	53
7.3.5 Jahresmietzins pro m ² Bruttogeschossfläche (m)	54
7.3.6 Beispiel: Volkswirtschaftliche Lärmkosten in verschiedenen Nutzungszonen	55
7.4 Schritt B: Kosten-/Nutzen-Vergleich	56

7.4.1	Kostenberechnungen für Lärmschutzmassnahmen	56
7.4.2	Nutzenberechnungen	56
7.5	Offene methodische Fragen	57
7.6	Beurteilung des Modellansatzes	58
7.7	Rechtliche Folgerungen aus dem Modell	59
7.7.1	Systematische Einordnung	59
7.7.2	Bedeutung für den gesetzlichen Normalfall	59
7.7.3	Private Anlagen	60
7.7.4	Erleichterungen bei öffentlichen oder konzessionierten Anlagen	60
7.7.5	Vorsorge	60
8	DETAILLIERTE VORGEHENSCHRITTE	63
8.1	Grundsätze	63
8.1.1	Allgemein	63
8.1.2	Schritt A	63
8.1.3	Schritt B	64
8.2	Schritt A: Monetarisierung des maximal möglichen Nutzens	65
8.2.1	Übersicht: Teilschritt A.1 - A.5	65
8.2.2	Vorgehensschritte im einzelnen	66
8.2.3	Interpretation der Ergebnisse	75
8.3	Schritt B: Interessenabwägung	77
8.3.1	Übersicht: Teilschritte B.1 - B.7	77
8.3.2	Vorgehensschritte im einzelnen	78
8.3.3	Interpretation der Ergebnisse (Interessenabwägung)	87
	Literaturverzeichnis	91
	Anhang	
1	Vergleich von Studien zum Mietpreisfaktor	95
2	Fallbeispiel Strassenlärm: Aarwangen	97
	Allgemeine Angaben	
	Schritt A: Maximal möglicher Nutzen	
	Schritt B: Interessenabwägung	
3	Fallbeispiel Schienenlärm: Rheinfelden	105
	Allgemeine Angaben	
	Schritt A: Maximal möglicher Nutzen	
	Schritt B: Interessenabwägung	
4	Fallbeispiel Schiesslärm: Hilterfingen	113
	Allgemeine Angaben	
	Schritt A: Maximal möglicher Nutzen	
	Schritt B: Interessenabwägung	
5	Juristisches Gutachten	121

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1:	Beurteilungskriterien für Lärmschutzmassnahmen aus juristischer Sicht	19
Abbildung 2-2:	Zusammenhang zwischen dem rechtlichen und ökonomischen Konzept bei öffentlichen oder konzessionierten Anlagen	24
Abbildung 2-3:	Das Optimum an Lärmschutz aus ökonomischer Sicht	25
Abbildung 3-1:	Anteil der erheblich gestörten Personen in Abhängigkeit der Lärmbelastung	Fehler! Textmarke nicht
Abbildung 3-2:	Anteile mittelstark bis stark gestörter Personen für Strassen-, Schienen- und Fluglärm (Kleinaviatik) in Abhängigkeit des Mittelungspegels L_{eq} (oben) und des Beurteilungspegels L_r (unten)	28
Abbildung 3-3:	Belastungsgrenzwerte für Lärmimmissionen in dBA (gemäss Lärmschutz-Verordnung, ohne Schiessanlagen- und Militärflugplatzlärm)	29
Abbildung 6-1:	Überblick über Monetarisierungsansätze für Lärmkosten	39
Abbildung 7-1:	Effizienz und Effektivität als Beurteilungskriterien für Lärmschutzmassnahmen.	48
Abbildung 7-2:	Im Modell berücksichtigte Lärmentlastung (Beispiel für Sanierung)	49
Abbildung 7-3:	Vorgehensschritte im Modell: Monetarisierung des maximal möglichen Nutzens (Schritt A) und Interessenabwägung (Schritt B)	50
Abbildung 7-4:	Vergleich der Lärmkosten für verschiedene Nutzungszonen	55
Abbildung 8-1:	Einfluss der Gebäudehöhe auf die Grenzwertisophonen	67
Abbildung 8-2:	Grenzwertüberschreitungen ausserhalb der GW-Isophonen	68
Abbildung 8-3:	Karte der Regionstypen	75
Abbildung 8-4:	Effizienz/Effektivitäts-Diagramm: Klassierung der Massnahmen in 3 Kategorien	88
Abbildung 8-5:	Situierung der drei Fallbeispiele	89

Tabellenverzeichnis

Tabelle 8-1:	Schritt A: Monetarisierung des maximal möglichen Nutzens	65
Tabelle 8-2:	Mittlere Überschreitungen der definierten Untergrenze (IGW-5, PW-5)	72
Tabelle 8-3:	Durchschnittliche Jahresmietpreise pro m^2	74
Tabelle 8-4:	Schritt B: Teilschritte zur Erfassung der Kosten und Nutzen und zur Interessenabwägung von LSM	77
Tabelle 8-5:	Checkliste Beurteilung von Beeinträchtigungen durch LSM	80

Abkürzungen

AW	Alarmwert
AZ	Ausnützungsziffer
BFS	Bundesamt für Statistik
BGF	Bruttogeschossfläche
BGW	Belastungsgrenzwert (PW, IGW oder AW)
B&S	Balzari & Schudel AG
dBa	Dezibel
ES	Empfindlichkeitsstufe
IC	IC Infraconsult AG
IGW	Immissionsgrenzwert
KTU	Konzessionierte Transportunternehmungen
Leq	Mittelungspegel
LK	Lärmklasse
Lr	Beurteilungspegel
LS	Lärmschutz
LSM	Lärmschutzmassnahmen
LSV	Lärmschutz-Verordnung
MPF	Mietpreisfaktor
PW	Planungswert
USG	Umweltschutzgesetz
VK	Volkswirtschaftliche Kosten
VN	Volkswirtschaftlicher Nutzen

Abstracts

In Anwendung des Umweltschutzgesetzes sind Lärmemissionen nach den Grundsätzen der *wirtschaftlichen Tragbarkeit* und der *Verhältnismässigkeit* zu begrenzen. Vorliegend wurde ein Verfahren entwickelt, das den Vollzug der entsprechenden Gesetzesartikel auf einer objektiven Basis ermöglicht. Grundlage hierfür ist eine Kosten / Nutzen Rechnung basierend auf dem hedonistischen Preisbildungsansatz.

Conformément à la loi sur la protection de l'environnement, les mesures destinées à limiter les émissions sonores doivent être *économiquement supportables* et doivent respecter le principe de la *proportionnalité*. Le procédé présenté ici permet d'appliquer les articles correspondants sur une base objective. Il repose sur un calcul de rentabilité fondé sur une approche hédoniste de la formation des prix.

In virtù della legge sulla protezione dell'ambiente le emissioni di rumore vanno limitate in base ai principi della *sostenibilità economica* e della *proporzionalità del rapporto costi-benefici*. Nel caso specifico è stato sviluppato un procedimento che consente l'esecuzione dei rispettivi articoli di legge su basi oggettive. All'origine vi è un calcolo che tiene conto del rapporto costi-benefici fondato sulla formazione dei prezzi dall'approccio edonistico.

In the application of the Law relating to the Protection of the environment, noise emissions are to be limited on the basis of their *economic acceptability* and *proportionality*. In the present case, a system has been developed which makes it possible to apply the relevant Articles on an objective basis. The foundation for this is a cost-benefit calculation based on a hedonistic approach to price-setting .

Vorwort

Lärm schadet. Diese von Experten seit langem vertretene Erkenntnis wird der Bevölkerung immer mehr bewusst. Die Auswirkungen eines dichter werdenden, kontinuierlichen Lärmteppichs im Alltag sind dabei nicht nur auf Belästigungen und Konzentrationsstörungen beschränkt. Neuste Forschungsergebnisse zeigen klar, dass mit zunehmender Lärmbelastung auch die Risiken für das Entstehen von Herz-Kreislauf-Erkrankungen massiv steigen.

Den zunehmenden Lärmemissionen unserer hochmobilen Gesellschaft stehen die Bemühungen gegenüber, die schädlichen Auswirkungen der Lärmbelastung zu reduzieren. Sind diese Massnahmen im Grunde unbestritten, stellen sich doch neben Finanzierungsproblemen auch Fragen zur Effizienz der eingesetzten Finanzmittel.

Das Umweltschutzgesetz und die Lärmschutz-Verordnung kennen diesbezüglich die Begriffe "wirtschaftliche Tragbarkeit" und "Verhältnismässigkeit", ohne sie allerdings genauer zu definieren. Damit wird unterstrichen, dass auch in diesem Bereich ähnliche Kosten/Nutzen-Kriterien gelten sollen, wie sie seit jeher bei privaten Unternehmen als Entscheidungsgrundlagen herangezogen werden. Mit der Anwendung dieser Kriterien sollen Lärmschutzmassnahmen im wirtschaftlichen Umfeld verankert und damit deren Akzeptanz und Effizienz gestärkt werden.

Bisher fehlende Kriterien und Regeln zur Abschätzung der Tragbarkeit und der Verhältnismässigkeit machten den Vollzug des Lärmschutzes in der Praxis schwierig. Die Anwendung dieser Begriffe im Sinne eines marktwirtschaftlichen Instrumentes erfordert eine Klärung, die sowohl juristisch wie auch anwendungstechnisch zu einem brauchbaren Hilfsmittel für Fachleute im Lärmschutzvollzug führt.

Der vorliegende Bericht zielt in diese Richtung. Mit dem Erarbeiten eines Modells zur Monetarisierung von Lärmbelastungen wird eine wichtige Lücke zwischen der Absicht der Gesetzgebung und einem verhältnismässigen und effizienten Vollzug geschlossen.

**Bundesamt für Umwelt, Wald
und Landschaft**

Abteilung Lärmbekämpfung

Der Chef

Dr. Urs Jörg

Zusammenfassung

Die beiden Begriffe „wirtschaftliche Tragbarkeit“ und „Verhältnismässigkeit“ werden in der Umweltschutz- (z.B. Art. 11, 17, 25 USG) und speziell in der Lärmschutzgesetzgebung (Art. 7-10 und 14 LSV) ohne nähere Präzisierung oder Definition verwendet. Ziel der vorliegenden Studie ist es, die beiden Begriffe aus juristischer und ökonomischer Sicht auszuleuchten und daraus praxistaugliche Kriterien zur Beurteilung von Lärmschutzmassnahmen in Form eines Modells zu entwickeln.

Die rechtliche Analyse kommt zum Schluss, dass sich die Frage nach der wirtschaftlichen Tragbarkeit immer stellt. Die Frage nach der Verhältnismässigkeit stellt sich dann, wenn die vorgeschriebenen Belastungsgrenzwerte (BGW) nicht eingehalten werden können.

Private und öffentliche/konzessionierte Anlagen sind unterschiedlich zu behandeln:

Die Beurteilung, in welchem Mass Erleichterungen von der Lärmschutzpflicht gewährt werden können, muss für *private Anlagen* aufgrund einer Verhältnismässigkeitsprüfung (im engeren Sinne) erfolgen, die vorab betriebswirtschaftliche Aspekte (Vergleich mit einem gesunden Standardunternehmen) umfasst. Eine Definition entsprechender Kriterien sprengt den Rahmen dieser Studie, weshalb auf eine Behandlung der privaten Anlagen verzichtet werden muss.

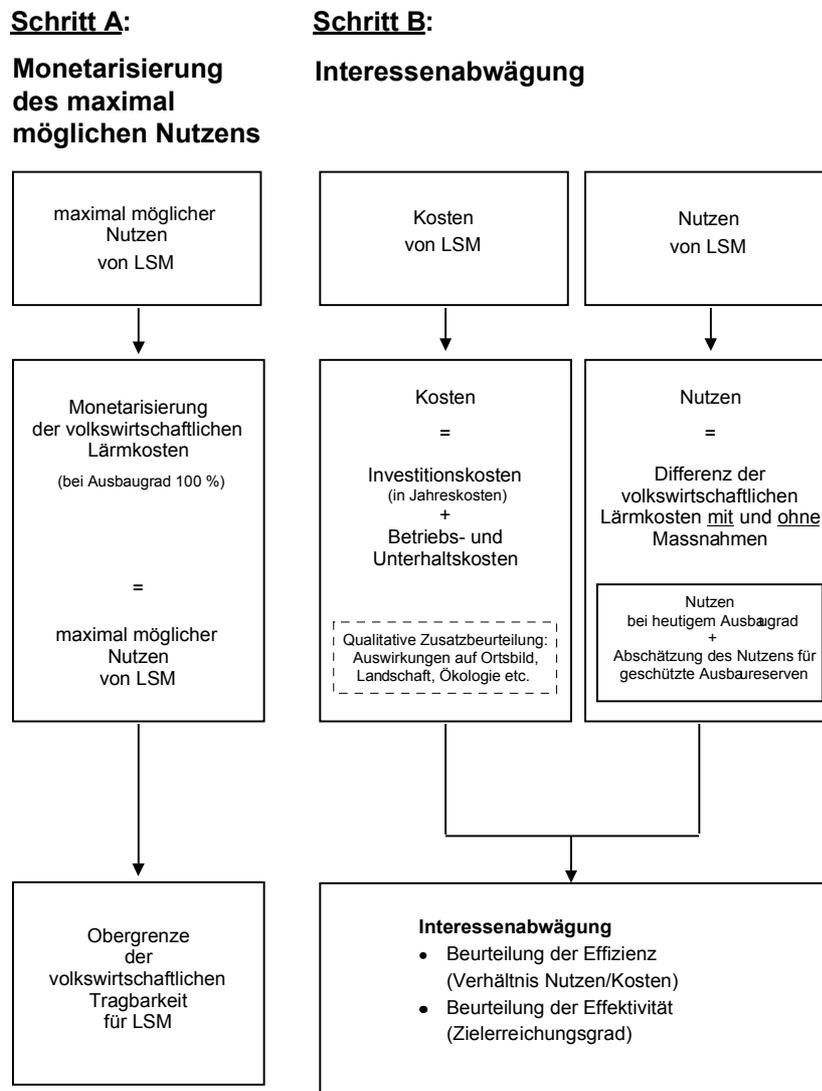
Für *öffentliche/konzessionierte Anlagen* muss eine Beurteilung der wirtschaftlichen Tragbarkeit und der Verhältnismässigkeit in jedem Fall nach volkswirtschaftlichen Gesichtspunkten erfolgen. Gefordert wird aus rechtlicher Sicht eine Abwägung zwischen verschiedenen öffentlichen und privaten Interessen. Übertragen in den ökonomischen Zusammenhang mündet eine Interessenabwägung damit in eine Gegenüberstellung der volkswirtschaftlichen (Grenz-)Kosten und (Grenz-)Nutzen von Lärmschutzmassnahmen. Deren Erfassung und Quantifizierung bildet den Kern des entwickelten Modells.

Die *Kosten* von Lärmschutzmassnahmen entsprechen den für Projektierung, Realisierung sowie Betrieb und Unterhalt der Massnahmen aufzuwendenden finanziellen Mitteln. Sie werden in Jahreskosten ausgewiesen. Mögliche Beeinträchtigungen, die sich durch Lärmschutzmassnahmen bezüglich Orts- und Landschaftsbild, Ökologie, Wohnqualität etc. ergeben, werden nicht quantifiziert, sondern in Form einer qualitativen Beurteilung berücksichtigt.

Die *Nutzen* von Lärmschutzmassnahmen werden definiert als volkswirtschaftliche Lärmkosten, die durch die Massnahmen bei der betroffenen Anwohnerschaft vermieden werden können. Die Differenz zwischen den Lärmkosten ohne und mit Massnahmen entspricht dem volkswirtschaftlichen Nutzen der Massnahmen. In dieser Studie werden volkswirtschaftliche Lärmkosten nur für Gebiete berücksichtigt, deren Lärmbelastung die gesetzlich festgelegten Belastungsgrenzwerte überschreitet. Als Untergrenze für die Entstehung von Lärmkosten wird eine Lärmbelastung definiert, die um 5 dBA unter dem massgebenden Belastungsgrenzwert liegt (IGW-5 für Sanierungen, PW-5 für Neuanlagen). Die Monetarisierung der volkswirtschaftlichen Lärmkosten erfolgt über das hedonistische Preisbildungsmodell, das die Zahlungsbereitschaft für eine Lärmentlastung über die Analyse von Mietpreisen in unterschiedlich belärmten Wohnlagen ermittelt. Diesbezügliche Studien im In- und Ausland zei-

gen, dass eine Reduktion des Lärms um 1 Dezibel den Mietpreis um rund 1 Prozent erhöht (Mietpreisfaktor).

Das Modell folgt einem *zweistufigen Vorgehen*, das dem unterschiedlichen Stand und Detaillierungsbedarf der zu beurteilenden Lärmschutzprojekte Rechnung trägt:



Schematische Darstellung der Vorgehensschritte A und B im Modell

Schritt A: Monetarisierung des maximal möglichen Nutzens

Im Schritt A wird *unabhängig* von konkreten Lärmschutzmassnahmen der maximal mögliche, volkswirtschaftliche Nutzen erhoben, der sich durch Lärmschutzmassnahmen innerhalb eines Projektgebietes mit Grenzwertüberschreitungen erreichen lässt. Erreicht wird der Maximalnutzen für diese Gebiete gemäss Definition dann, wenn die gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwerte um mindestens 5 dBA unterschritten werden, also alle volkswirtschaftlichen Lärmkosten vermieden werden können. Dieser Maximalnutzen ist damit identisch mit den bestehenden volkswirtschaftlichen Lärmkosten. Diese werden in Schritt A auf der Basis der Bauzonenflächen mit Grenzwertüberschreitungen und mit Hilfe des hedonistischen Preisbil-

dungsansatzes ermittelt. Weil sowohl bebaute als auch unbebaute Bauzonen in die Berechnung einfließen, werden die potentiellen Lärmkosten bei einem Ausbaugrad von 100% ausgewiesen. Ziel von Schritt A ist es, einen ersten Hinweis darüber zu erhalten, in welchen Grössenordnungen sich die Kosten für künftige Lärmschutzmassnahmen maximal bewegen dürfen. Die ausgewiesenen volkswirtschaftlichen Kosten lassen sich als *Obergrenze für die volkswirtschaftliche Tragbarkeit und Verhältnismässigkeit des Lärmschutzes* interpretieren.

Schritt B: Interessenabwägung

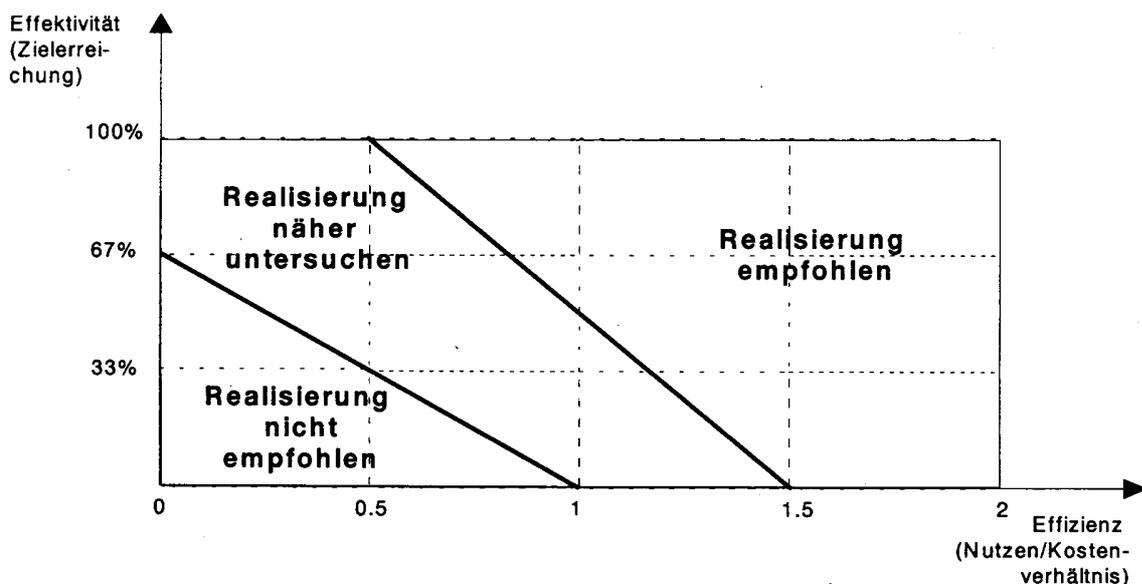
In Schritt B wird eine Interessenabwägung aus ökonomischer Sicht vorgenommen. Ermittelt werden die Effizienz und die Effektivität von Lärmschutzmassnahmen:

- Zur Beurteilung der *Effizienz* werden die Kosten von Lärmschutzmassnahmen ihrem volkswirtschaftlichen Nutzen gegenübergestellt (Effizienz = Nutzen/Kosten). Die Effizienz der Massnahmen ist zugleich ein Mass für die volkswirtschaftliche Tragbarkeit.

Als Kosten werden die in Jahresaufwendungen umgerechneten Investitionskosten sowie allfällige Betriebs- und Unterhaltskosten berücksichtigt. Qualitative Kosten finden im Modell in dem Sinne Eingang, als ein Lärmschutzprojekt zwingend zu modifizieren ist, falls die Interessen z. B. des Ortsbildes, Landschaftsschutzes etc. überwiegen.

- Die *Effektivität* entspricht dem Zielerreichungsgrad. Dieser zeigt an, welcher Anteil der gesetzlich vorgeschriebenen Schutzwirkung (Einhalten der Belastungsgrenzwerte) durch die Lärmschutzmassnahmen erreicht wird.

Das Effizienz-/Effektivitäts-Diagramm stellt die gegenseitige Abhängigkeit von Effizienz und Effektivität dar. Daraus lässt sich für jede Massnahmen im Sinne der geforderten Interessenabwägung eine Empfehlung bezüglich der Realisierung und des weiteren Vorgehens ableiten.



Effizienz/Effektivitäts-Diagramm

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

"Wirtschaftliche Tragbarkeit" und "Verhältnismässigkeit" sind zwei Begriffe, die in der Umweltschutzgesetzgebung (z.B. Art. 11, 17, 25 USG) und speziell im Bereich der Lärmschutzvorschriften (Art. 7-10, 14 LSV) ohne nähere Präzisierung oder Definition verwendet werden.

Wann ist eine Lärmschutzmassnahme wirtschaftlich nicht mehr „tragbar“, wann „unverhältnismässig“? Bis heute fehlen verlässliche Grundlagen, die zur Beurteilung der wirtschaftlichen Tragbarkeit und der Verhältnismässigkeit von Lärmschutzmassnahmen beigezogen werden können. Auch existieren keine analogen Beurteilungskriterien aus anderen Umweltbereichen. Die vorliegende Studie soll hier eine Lücke schliessen.

Der Abwägung, in welchem Umfang Massnahmen gemäss Umweltschutzgesetz (USG) und Lärmschutz-Verordnung (LSV) als „wirtschaftlich tragbar“ und „verhältnismässig“ anzusehen sind, kommt unter dem Druck knapper öffentlicher Finanzen und einer sich akzentuierenden politischen Diskussion über Kosten und Nutzen von Umweltmassnahmen eine wachsende Bedeutung zu.

1.2 Zielsetzung

Ziel des vorliegenden Expertenauftrags ist es, die Begriffe „wirtschaftliche Tragbarkeit“ und „Verhältnismässigkeit“ aus juristischer und ökonomischer Sicht auszuleuchten und die Parameter festzulegen, die bei deren Beurteilung berücksichtigt werden müssen. Es gilt den Handlungsspielraum zu orten, der sich für den Vollzug der Lärmvorschriften unter den heutigen rechtlichen Rahmenbedingungen ergibt.

Gesucht ist dabei ein Verfahren oder ein Modell, das den Vollzug der entsprechenden Gesetzesartikel hinsichtlich der wirtschaftlichen Tragbarkeit und Verhältnismässigkeit für verschiedene Anlagebetreiber und Lärmarten im Rahmen von Neuanlagen, Änderungen oder Sanierungen projektspezifisch objektivieren kann. Bauwilligen, Projektierenden, Lärmbeeinträchtigten und Vollzugsverantwortlichen soll das Modell als Instrument zur Beurteilung von Lärmschutzprojekten dienen.

1.3 Aufbau der Studie

Der vorliegende Bericht besteht aus zwei Teilen:

Der erste Teil legt die theoretischen Grundlagen fest. Analysiert und entwickelt werden darin die juristischen und ökonomischen Bausteine, mit denen ein Modell aufgebaut werden kann.

Der zweite Teil umfasst die eigentliche Vollzugshilfe, die im Sinne einer Handlungsanleitung aufgebaut ist. Neben einer Einführung in das methodische Konzept des Modells werden die einzelnen Vorgehensschritte detailliert beschrieben und Hinweise zur Interpretation der Ergebnisse vermittelt.

Teil I: Theoretische Grundlagen

Begriffsanalyse Rechtliche Analyse Ökonomische Analyse	Kapitel 2
Akustik	Kapitel 3
Kosten von Lärmschutzmassnahmen	Kapitel 4
Nutzen von Lärmschutzmassnahmen	Kapitel 5
Monetarisierung mit Hilfe der hedonistischen Preisbildung	Kapitel 6

Teil II: Vollzugshilfe

Modell (Grundidee und Konzept)	Kapitel 7
Detaillierte Vorgehensschritte	Kapitel 8

Anhang

Anwendungsbeispiele: - Strasse: Aarwangen - Schiene: Rheinfelden - Schiesslärm: Hilterfingen	
Juristisches Gutachten (Volltext)	

Teil I

Theoretische Grundlagen

2 Wirtschaftliche Tragbarkeit und Verhältnismässigkeit

2.1 Rechtliche Analyse

Zusammenfassung des juristischen Gutachtens von Dr. iur. K.L. Fahrländer¹.

Die „wirtschaftliche Tragbarkeit und Verhältnismässigkeit“ von Lärmschutzmassnahmen wird im geltenden Recht fast ausschliesslich *durch unbestimmte Rechtsbegriffe* (wirtschaftliche Tragbarkeit, unverhältnismässig, überwiegende öffentliche Interessen, unverhältnismässige Belastung, unverhältnismässige Betriebseinschränkung oder Kosten) umschrieben (vgl. Art. 11 Abs. 2 USG, Art. 17 Abs. 1 USG, Art. 25 Abs. 2 USG, Art. 7 LSV, Art. 8 LSV, Art. 13 LSV, Art. 14 LSV). In der vorliegenden Studie gilt es, diese Begriffe mit Hilfe eines Modells konkret fassbar zu machen.

2.1.1 Dreistufiges Lärmschutzkonzept

Die Umweltschutzgesetzgebung beruht auf einem dreistufigen Lärmschutzkonzept. In Anwendung des im Umweltschutzrecht allgemein gültigen Vorsorgeprinzips (Art. 1 Abs. 2 USG) sind Emissionen zunächst vorsorglich und unabhängig von ihrem Ausmass an der Quelle soweit zu begrenzen, wie dies technisch und betrieblich möglich sowie wirtschaftlich tragbar ist (Art. 11 Abs. 2 USG). Genügt dies nicht, um schädliche oder lästige Einwirkungen zu vermeiden, sind mit verschärften Emissionsbegrenzungen (zweite Stufe) grundsätzlich die Immissionsgrenzwerte einzuhalten (Art. 11 Abs. 3 USG, Grundregel). Passive Schallschutzmassnahmen an Gebäuden (dritte Stufe) kommen einzig für öffentliche sowie konzessionierte Anlagen und nur dann in Frage, wenn von der Grundregel abgewichen und Erleichterungen gewährt werden (Art. 17 USG, Art. 25 Abs. 2 USG, Art. 7-10 LSV, Art. 13-15 LSV). Die im Umweltschutzrecht enthaltenen unbestimmten Rechtsbegriffe erfassen an sich alle drei Stufen. Die Durchsetzung der verschärften Emissionsbegrenzungen (zweite Stufe) kommt allerdings so lange ohne unbestimmte Rechtsbegriffe aus, bis Erleichterungen gewährt werden. Die zu untersuchenden unbestimmten Rechtsbegriffe betreffen damit die Vorsorge und Erleichterungen. Dabei gelten sie für Neuanlagen (Art. 25 USG), geänderte Anlagen (Art. 8 LSV) und Sanierungen (Art. 16 ff USG). Weil einzig für (wesentlich) geänderte Anlagen im hier interessierenden Zusammenhang eine Spezialvorschrift besteht (Art. 8 Abs. 2 LSV), wird in dieser Arbeit - soweit überhaupt erforderlich - nur zwischen Neuanlagen und Sanierungen unterschieden. Die in der Umweltschutzgesetzgebung verwendete Terminologie zur Festlegung des Masses und der Zumutbarkeit von Lärmschutzmassnahmen knüpft an dieses Prinzip der Dreistufigkeit an (erste Stufe, wirtschaftliche Tragbarkeit; zweite Stufe, Verhältnismässigkeit; dritte Stufe, überwiegende Interessen).

¹ Das Gutachten im vollständigen Wortlaut ist in Anhang 5 enthalten.

2.1.2 Wirtschaftliche Tragbarkeit

Der Begriff der wirtschaftlichen Tragbarkeit dient im Rahmen der Vorsorge dazu, um unter mehreren, technisch und betrieblich möglichen, emissionsbegrenzenden Massnahmen die jeweils gebotene zu ermitteln. Bei öffentlichen oder konzessionierten Anlagen ist dabei das Mass der Vorsorge im Rahmen einer Interessenabwägung festzulegen, während bei privaten Anlagen - aufgrund eines Vergleichs mit einem gesunden Standardunternehmen der Branche - eine Verhältnismässigkeitsprüfung (im engeren Sinne) durchzuführen ist.

2.1.3 Verhältnismässigkeit

Die im Lärmschutzrecht in verschiedenen Schattierungen erwähnte Verhältnismässigkeit ist ein atypisches Beispiel für den ungeschriebenen Verfassungsgrundsatz der Verhältnismässigkeit. Die Teilinhalte der Eignung und Erforderlichkeit dieses Grundsatzes erweisen sich deshalb weitgehend als bedeutungslos, weil Lärmschutzvorkehrungen zur Durchsetzung des Schutzanspruches der Bevölkerung in aller Regel geeignet und auch erforderlich sind. Damit bleibt bei privaten Anlagen die Verhältnismässigkeit im engeren Sinne und damit die Frage, ob für den Eigentümer der zum Lärmschutz verpflichteten Anlage ein Missverhältnis zwischen dem Eingriffszweck (Lärmschutz) und der Eingriffswirkung (erreichbare Emissionsbegrenzung) vorliegt. Die bei öffentlichen oder konzessionierten Anlagen erforderliche Gegenüberstellung unterschiedlicher öffentlicher Interessen würde die Verhältnismässigkeitsprüfung im engeren Sinne dagegen in unzulässiger Weise überdehnen und hat deshalb im Rahmen einer Interessenabwägung zu erfolgen. Die Bedeutung des Verfassungsprinzips der Verhältnismässigkeit beschränkt sich deshalb zur Hauptsache auf eine Verhältnismässigkeitsprüfung im engeren Sinne bei privaten Anlagen.

2.1.4 Interessenabwägung

Für die Festlegung der "wirtschaftlichen Tragbarkeit und Verhältnismässigkeit von Lärmschutzmassnahmen" wird damit - jedenfalls bei öffentlichen Anlagen - vorab die Interessenabwägung zwischen verschiedenen, unterschiedlichen öffentlichen und privaten Interessen ausschlaggebend. Die richterliche oder behördliche Interessenabwägung hat den Wirkungsbereich von Rechtsnormen und Rechtsgütern in dem durch die Rechtsetzung vorgegebenen Rahmen zu konkretisieren. Dabei sind nicht (nur) faktische Interessen Beteiligter, sondern (vorab) ideelle, normative Grössen gegeneinander abzuwägen. Die Interessenabwägung ist deshalb auch eine Güterabwägung. Sie kann nicht abstrakt erfolgen, weil sich Rechtsgüter nicht in eine feste Werthierarchie stellen lassen. Aufgrund einer Bestandesaufnahme der sich widersprechenden Interessen und unter Einbezug von Handlungsalternativen ist deshalb zu versuchen, die beteiligten Interessen zu gewichten und zu optimieren. Bei öffentlichen Anlagen erhält dieser Optimierungsprozess eine wesentliche volkswirtschaftliche Komponente und nähert sich damit einem Verfahren zur Bestimmung der ökonomischen Effizienz von Handlungsalternativen. Gesucht wird auch im Rahmen der Interessenabwägung die optimale Schnittstelle von Grenznutzen und Grenzkosten. Zu beachten ist dabei aber, dass die beteiligten Interessen - vorab aufgrund der Vorgaben der Verfassung und der Rechtsetzung (Grundregel) - zu gewichten sind und der Optimierungsprozess insofern (aufgrund politischer Entscheide) beeinflussbar ist.

2.1.5 Private und öffentliche Anlagen

Die dogmatische Herleitung der im Umweltschutzrecht für die Festlegung der "wirtschaftlichen Tragbarkeit und Verhältnismässigkeit von Lärmschutzmassnahmen" enthaltenen unbestimmten Rechtsbegriffe belegt, dass dabei in einer aus der Rechtsetzung nicht direkt ersichtlichen Weise zwischen privaten und öffentlichen Anlagen zu unterscheiden ist. Bei privaten Anlagen sind die Vorsorge - soweit nicht ohnehin auf die Planungswerte abgestellt wird - an einem branchenüblichen Standardunternehmen zu messen und die Erleichterungen aufgrund einer Verhältnismässigkeitsprüfung im engeren Sinne festzulegen. Bei öffentlichen Anlagen hat stets eine Interessenabwägung stattzufinden.

Die modellhafte Erarbeitung von Parametern für die Festlegung der Erleichterungen gegenüber lärmigen, ortsfesten *öffentlichen oder konzessionierten Anlagen* ist aus rechtlicher Sicht nicht nur zulässig, sondern zur Optimierung der dafür erforderlichen Interessenabwägung geboten. Rechtlich wegleitend haben dabei die Kriterien der Interessenabwägung zu sein, welche sich - unter dem Vorbehalt einer Gewichtung der beteiligten Interessen - der *volkswirtschaftlichen Ermittlung der Schnittstelle von Grenzkosten und Grenznutzen* nähern. Überdies sind die in Art. 17 Abs. 2 LSV enthaltenen Kriterien für die Dringlichkeit von Lärmschutzmassnahmen sowie die Vorgaben von Art. 10 Abs. 2 b LSV, Art. 14 Abs. 1 b LSV sowie Art. 15 Abs. 3 b LSV (Ortsbild-, Natur- und Landschaftsschutz, Verkehrs- und Betriebssicherheit, Gesamtverteidigung, Raumordnung) in die modellhafte Erarbeitung der gesuchten Parameter einzubeziehen.

2.1.6 Konsequenzen für das Modell

Das zu erarbeitende Modell befasst sich nicht mit dem Regelfall, sondern mit *Ausnahmesituationen*, d.h. mit Erleichterungen, wie sie nach Art. 17 und 25 USG „im Einzelfall“ gewährt werden können.

Im Rahmen der Ausnahmebegehren (Erleichterungen) hat eine Beurteilung der wirtschaftlichen Tragbarkeit und Verhältnismässigkeit aus juristischer Sicht nach den untenstehend zusammengefassten Kriterien zu erfolgen:

Stufen des Lärmschutzkonzepts Nach LSV	Beurteilungskriterien der wirtschaftlichen Tragbarkeit und Verhältnismässigkeit von Lärmschutzmassnahmen	
	Private Anlagen	Öffentliche/konzessionierte Anlagen
Vorsorge (1. Stufe)	Verhältnismässigkeitsprüfung i.e.S. (Vergleich mit gesundem Standardunternehmen)	Interessenabwägung
Verschärfte Emissionsbegrenzungen (2. Stufe)	Verhältnismässigkeitsprüfung i.e.S. (Verhältnis Schutz/Wirkung)	Interessenabwägung
Schallschutzmassnahmen am Gebäude (3. Stufe)	---	Interessenabwägung

Abbildung 2-1: Beurteilungskriterien für Lärmschutzmassnahmen aus juristischer Sicht

Für die Gewährung von Erleichterungen ist insbesondere auch von Bedeutung, in welchem Masse Lärmschutzmassnahmen geeignet sind, die gesetzlichen Lärmschutzziele zu errei-

chen. Das dafür massgebende Kriterium ist die Effektivität (Zielerreichungsgrad) der Massnahme.

2.2 Ökonomische Analyse

2.2.1 Privaten und öffentliche Anlagen

Für *private Anlagen* wird für die Beurteilung der wirtschaftlichen Tragbarkeit und Verhältnismässigkeit - wie aus Abbildung 2-1 hervorgeht - eine Verhältnismässigkeitsprüfung im engeren Sinne verlangt. Diese besteht entweder in einem Vergleich mit einem gesunden Standardunternehmen (Stufe 1) oder in einer Beurteilung des Verhältnisses von Schutz und Wirkung (Stufe 2). Massgebend sind hier vorab betriebswirtschaftliche Beurteilungskriterien, während volkswirtschaftliche Überlegungen zur Festlegung des Lärmschutzes resp. zur Gewährung von Erleichterungen in den Hintergrund rücken. Wie noch zu zeigen sein wird (Kap. 2.2.2.2), sprengt eine betriebswirtschaftliche Beurteilung im Sinne einer Verhältnismässigkeitsprüfung i.e.S. den Rahmen dieser Arbeit, weil relevante Kriterien (gesundes Standardunternehmen) nur mit grossem Aufwand zu definieren wären. Auf eine Behandlung der privaten Anlagen im Rahmen dieser Studie muss deshalb verzichtet werden.

Für *öffentliche oder konzessionierte Anlagen* steht bei der Frage nach dem gesetzlich erforderlichen Mass an Lärmschutz dagegen die wirtschaftliche Tragbarkeit und Verhältnismässigkeit (im folgenden als „wirtschaftliche Tragbarkeit“ bezeichnet) im Vordergrund. Diese ist hier aufgrund einer Interessenabwägung zu beurteilen.

Genau wie aus rechtlicher Sicht, so lässt der abstrakte Begriff der wirtschaftlichen Tragbarkeit auch aus ökonomischer Sicht viel Interpretationsspielraum offen. Die einzige uns bekannte ökonomische Analyse, die zur wirtschaftlichen Tragbarkeit vorliegt, stammt von Stadler². Er hat 1986 im Nachgang zur Einführung des Umweltschutzgesetzes einen Beitrag zur Klärung des Begriffs aus ökonomischer Sicht verfasst. Schrade³ hat diese Ausführungen im Kommentar zum Umweltschutzgesetz aufgenommen. Ihre Erwägungen werden in der nachfolgenden Analyse des Begriffs dargelegt und weiterentwickelt.

2.2.2 Volkswirtschaftliche versus betriebswirtschaftliche Tragbarkeit

Aus ökonomischer Sicht steht vor allem die Frage im Zentrum, ob mit der wirtschaftlichen Tragbarkeit von Lärmschutzmassnahmen die betriebswirtschaftliche oder die volkswirtschaftliche Tragbarkeit verstanden wird? Je nach Betrachtungsoptik unterscheiden sich die zur Beurteilung heranzuziehenden Kriterien grundsätzlich:

- Im Falle der *betriebswirtschaftlichen* Tragbarkeit bleibt der Beurteilungsrahmen auf die einzelne Institution oder Unternehmung beschränkt, welche die Massnahme zu finanzieren hat.
- Wird der Begriff aus *volkswirtschaftlicher* Optik beurteilt, so ist die Tragbarkeit an den gesamtwirtschaftlichen und gesellschaftlichen Auswirkungen zu messen. Der Beurteilungsrahmen ist dabei die Volkswirtschaft als Gesamtheit.

² Stadler Th. 1986: Die wirtschaftliche Tragbarkeit im Umweltschutzgesetz - Ein Beitrag zur Klärung des Begriffs aus ökonomischer Sicht, Bundesamt für Umweltschutz (heute: BUWAL), Dienst für Umweltplanung und -ökonomie, 12. November 1986 (internes Papier)

³ Schrade A. 1987: Kommentar zum Umweltschutzgesetz, Band 2, Art. 11, S. 19ff

2.2.2.1 Volkswirtschaftliche Tragbarkeit

Die volkswirtschaftliche Tragbarkeit berücksichtigt nicht nur einzelbetriebliche (interne) Kosten und Nutzen der beteiligten Akteure, sondern auch solche, die Dritten oder der Gesellschaft als Ganzes zufallen (externe Kosten und Nutzen). Ausgangspunkt der volkswirtschaftlichen Betrachtung ist das gesellschaftspolitische Zielsystem, das als oberstes Ziel die Förderung der Wohlfahrt resp. der Lebensqualität bezeichnet. Aus diesem Oberziel wird das "magische Sechseck" der wirtschaftspolitischen Ziele abgeleitet: Wirtschaftswachstum, Vollbeschäftigung, sozialer Ausgleich, Preisstabilität, Umweltqualität und aussenwirtschaftliches Gleichgewicht.⁴ Kosten und Nutzen von Lärmschutzmassnahmen sind an diesen wirtschaftspolitischen Zielen zu messen.

Eine Beurteilung der volkswirtschaftlichen Tragbarkeit hat alle diese Effekte zu berücksichtigen. Es gilt Zielgewinne und Zielverluste gegeneinander abzuwägen. Die Kosten (im Sinne von Zielverzicht) dürfen den Nutzen (im Sinne von Zielgewinnen) nicht übersteigen. Volkswirtschaftlich tragbar ist eine Lärmschutzmassnahme also dann, wenn der volkswirtschaftliche Nutzen die volkswirtschaftlichen Kosten übersteigt.

Diese ökonomisch geprägte Definition nähert sich damit der rechtlichen Auslegung, wonach die wirtschaftliche Tragbarkeit als *Interessenabwägung*, d.h. als gewichteter Optimierungsprozess von privaten und öffentlichen Interessen aufzufassen ist.

Um eine Abwägung der durch Lärmschutzmassnahmen tangierten Interessen vornehmen zu können, bedarf es politischer und gesellschaftlicher Wertmassstäbe, an denen sich die Auswirkungen von Lärmschutzmassnahmen messen lassen. Allerdings existiert weder für Zielverzicht (Kosten) noch für Zielgewinne (Nutzen) ein solches Bewertungssystem, das allgemein anerkannt und verbindlich ist. Für eine Operationalisierung muss daher dieser normative Rahmen erst geschaffen werden.

2.2.2.2 Betriebswirtschaftliche Tragbarkeit

Für die Beurteilung der betriebswirtschaftlichen Tragbarkeit wird die Optik auf die Unternehmung eingegrenzt. Welche Lärmschutzaufwendungen für den Betrieb als wirtschaftlich tragbar zu beurteilen sind, wird primär von dessen individueller betrieblicher Wirtschaftskraft abhängig gemacht. Der gravierende Nachteil dieser Beurteilungsoptik besteht darin, dass sie dem Kriterium der Gleichbehandlung im Lärmschutz widerspricht und tendenziell der Strukturerhaltung Vorschub leistet: Für wirtschaftlich gesunde Betriebe wird die Schwelle der wirtschaftlichen Tragbarkeit höher gesetzt als für marode Unternehmen.

Eine einzel-betriebswirtschaftliche Beurteilung zieht als Grenze der betriebswirtschaftlichen Tragbarkeit die Existenzgefährdung des Unternehmens heran. Diese wiederum lässt sich anhand der Kriterien "Gewinn" und "Liquidität" beurteilen: Betriebswirtschaftlich tragbar ist eine Lärmschutzmassnahme dann, wenn für eine Unternehmung auch in Zukunft ein existenzsichernder Gewinn realisierbar ist und wenn sie als Folge der Massnahmen nicht illiquid wird.

Nun sind allerdings weder *Gewinn* noch *Liquidität* in einem marktwirtschaftlichen System als objektive Kennzahl ermittelbar. Die einzelbetriebswirtschaftliche Beurteilung über Gewinn-

⁴ Frey R.L. 1994: *Wirtschaft, Staat und Wohlfahrt*, Basel/Frankfurt a.M., S. 91

und Liquiditätskennzahlen ist unseres Erachtens ein für die Praxis aus mehreren Gründen untauglicher Ansatz:

- Der Ansatz stellt ausschliesslich auf die individuelle Wirtschaftskraft des Unternehmens ab und berücksichtigt keine Vergleiche mit anderen Betrieben der Branche. Damit führt der Ansatz in Bezug auf die Lärmschutzanforderungen zu einer Ungleichbehandlung: Wirtschaftlich schwache Unternehmen werden von Lärmschutzmassnahmen weitgehend befreit, was einer Politik der Strukturhaltung Vorschub leistet, die aus wettbewerbspolitischer Sicht fragwürdig ist.
- Es stellen sich praktische Fragen der Erhebungsmethodik: Wie werden die Gewinnerwartung und die Liquidität einer Unternehmung in der Praxis ermittelt? Sich allein auf die Angaben des betroffenen Unternehmens abzustützen, ist angesichts des buchhalterischen Spielraums bei der Rechnungsablage kein verlässlicher Weg. Verlässliche Aussagen über die Situation eines Unternehmens würden im Einzelfall genaue und entsprechend aufwendige finanztechnische Abklärungen erfordern.
- Das Gewinnkriterium zur Beurteilung der betriebswirtschaftlichen Tragbarkeit lässt sich nicht auf öffentliche oder konzessionierte Unternehmen anwenden, weil diese nicht rein gewinnorientiert arbeiten, sondern gemeinwirtschaftliche Leistungen zu erbringen haben. (Beispiele: SBB, konzessionierte Transportunternehmen KTU, PTT). Gerade bei lärmrelevanten Anlagen wie Strassen, Eisenbahnen oder Schiessanlagen treten als Anlagebetreiber jedoch hauptsächlich öffentliche oder konzessionierte Unternehmen (Bund, Kanton, Gemeinden, SBB, KTU u.a.) in Erscheinung. Für diese Institutionen lässt sich das Gewinnkriterium nicht anwenden.
- Die externen Kosten der wirtschaftlichen Tätigkeit sind in den betriebswirtschaftlichen Kennzahlen nicht enthalten.

Als Erweiterung des einzelbetriebswirtschaftlichen Ansatzes bietet sich für die Beurteilung der wirtschaftlichen Tragbarkeit der Vergleich mit einem sogenannten *Standardunternehmen* an. Ausgegangen wird dabei von der Wirtschaftskraft eines fiktiven Unternehmens mit gesunder Basis, zeitgemässen Produktionsanlagen und kompetentem Management. Um als Beurteilungsmassstab dienen zu können, muss dieses *Standardunternehmen* branchenspezifisch definiert werden. Die wirtschaftliche Tragbarkeit von Massnahmen würde nach den obgenannten Beurteilungskriterien (Gewinn und Liquidität) am Standardunternehmen bemessen und gäbe die Norm für die ganze Branche vor. Hiermit würde zwar eine objektivere Basis geschaffen, doch liegt das Problem dieses Ansatzes darin, dass die Definition von fiktiven Standardbetrieben sehr aufwendig und kompliziert ist. Eine Aufgabe, die im Rahmen dieser Studie nicht zu leisten ist.

2.2.2.3 Folgerungen

Zwischen der volkswirtschaftlichen und der betriebswirtschaftlichen Betrachtungsweise der wirtschaftlichen Tragbarkeit besteht eine erhebliche Diskrepanz. Diese rührt daher, dass die *externen Effekte* des Lärms bei der betriebswirtschaftlichen Betrachtungsweise nicht berücksichtigt werden. Externe Effekte sind Kosten oder Nutzen, die nicht beim Verursacher (Anlagebetreiber) anfallen, sondern bei Dritten (Anwohnerschaft) oder der Allgemeinheit.

Im Falle des Lärms entstehen praktisch nur externe Kosten: Diese Kosten gehen nicht in die betriebswirtschaftliche Kalkulation des jeweiligen Lärmverursachers ein, weil Lärm resp. das

Umweltgut „Ruhe“ keinen quantifizierten Preis hat. Anlagebetreiber können die durch ihre Anlage verursachten Kosten auf die Allgemeinheit, also auf die volkswirtschaftliche Ebene abwälzen.

Die Ausblendung der externen Kosten führt zu falschen Preissignalen. Volkswirtschaftlich betrachtet kann eine Steuerung des Ressourceneinsatzes über die Preise nur dann zu einem Nutzenmaximum führen, wenn alle, d.h. die internen und die externen Kosten resp. Nutzen berücksichtigt, d.h. internalisiert werden. Im Sinne des qualitativen Wachstumsziels ist daher bei der Beurteilung der wirtschaftlichen Tragbarkeit von Lärmschutzmassnahmen die volkswirtschaftliche Betrachtungsweise einer betriebswirtschaftlichen eindeutig vorzuziehen.

Der betriebswirtschaftliche Ansatz greift deshalb zu kurz, weil er nur die Kostenseite von Lärmschutzmassnahmen (aus Sicht des Anlagebetreibers) einbezieht und deren Nutzen (aus Sicht der Lärmbetroffenen) unberücksichtigt lässt.

2.2.3 Interessenabwägung aus ökonomischer Sicht

Für öffentliche oder konzessionierte Anlagen hat die Beurteilung der wirtschaftlichen Tragbarkeit gemäss der rechtlichen Analyse über eine gewichtete Abwägung von öffentlichen und privaten Interessen zu erfolgen.⁵ Diese Interessenabwägung bedingt in zwingender Weise eine volkswirtschaftliche Betrachtungsweise, massgebendes Beurteilungskriterium ist daher in jedem Fall die *volkswirtschaftliche* Tragbarkeit.

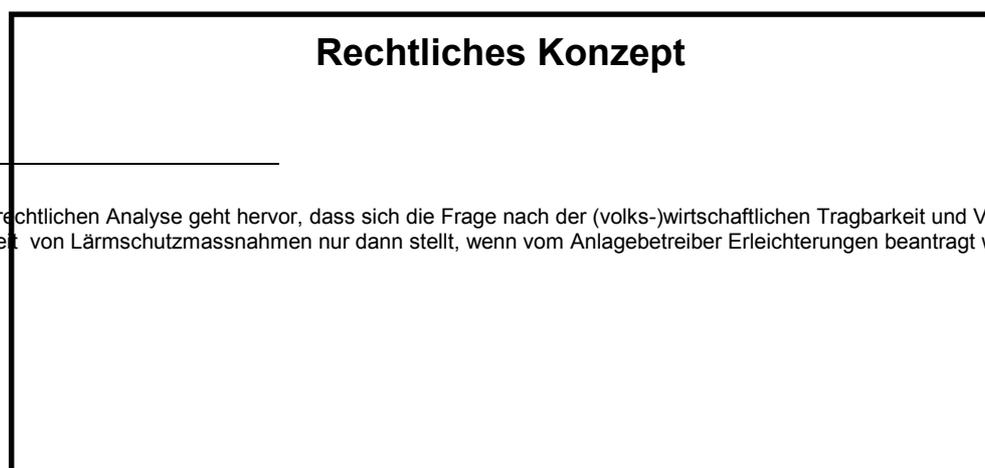
Ökonomisch betrachtet wird mit der Interessenabwägung das Ziel verfolgt, im Sinne einer Optimierung jenes Mass an Lärmschutz festzulegen, das aus volkswirtschaftlicher Sicht mit den geringstmöglichen Kosten den grösstmöglichen Nutzen bringt und die gesetzlichen Vorgaben möglichst gut erfüllt.

Für die Interessenabwägung sind daher zwei Elemente von Bedeutung, die es gleichberechtigt zu berücksichtigen gilt:

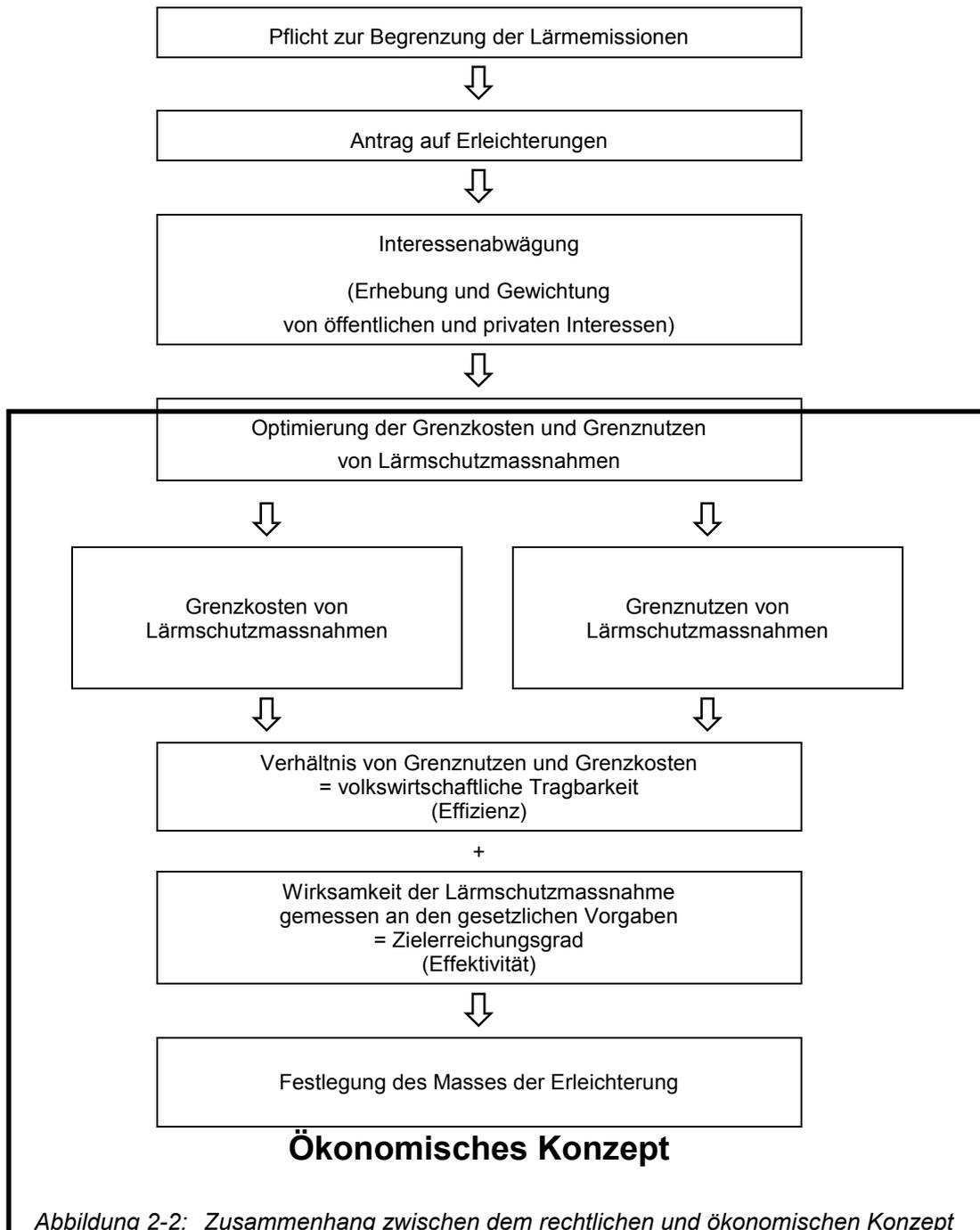
Zum einen besteht die Interessenabwägung darin, die volkswirtschaftlichen Grenzkosten und Grenznutzen der Lärmschutzmassnahmen gegeneinander abzuwägen. Dieser Kosten-/Nutzen-Vergleich erlaubt die Beurteilung der volkswirtschaftlichen Tragbarkeit und wird hier zugleich als Mass für die *Effizienz* der Massnahmen definiert.

Zum andern ist aber auch die Beurteilung der Wirksamkeit von Lärmschutzmassnahmen Teil einer Interessenabwägung: Bis zu welchem Grad werden die gesetzlich vorgegebenen Ziele erreicht? Antwort auf diese Frage gibt der Zielerreichungsgrad, der die *Effektivität* der Massnahmen beschreibt.

Der Zusammenhang zwischen dem rechtlichen und dem ökonomischen Konzept für öffentliche oder konzessionierte Anlagen ist in Abbildung 2-2 grafisch dargestellt.



⁵ Aus der rechtlichen Analyse geht hervor, dass sich die Frage nach der (volks-)wirtschaftlichen Tragbarkeit und Verhältnismässigkeit von Lärmschutzmassnahmen nur dann stellt, wenn vom Anlagebetreiber Erleichterungen beantragt werden.



2.2.4 Grenzkosten und Grenznutzen

Unter *Grenzkosten* des Lärmschutzes sind die Kosten zu verstehen, die zur Reduktion einer zusätzlichen Einheit Lärm (z.B. 1 dBA) aufgewendet werden müssen.

Der *Grenznutzen* des Lärmschutzes ist jener Nutzen, der durch jede reduzierte Einheit Lärm bei den Lärmbetroffenen gestiftet wird.

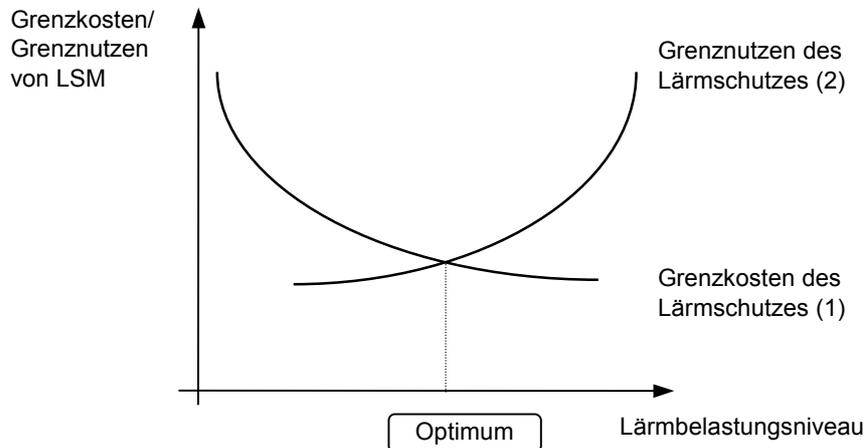


Abbildung 2-3: Das Optimum an Lärmschutz aus ökonomischer Sicht

Der Verlauf der Grenzkostenkurve (1) impliziert, dass bei hohem Lärmbelastungsniveau eine Einheit Lärm relativ kostengünstig zu vermeiden ist. Je tiefer das Belastungsniveau, um so teurer kommt eine Lärmreduktion pro Einheit zu stehen. Entsprechend nehmen die Kosten des Lärmschutzes mit zunehmenden Schutzmassnahmen überproportional zu.

Umgekehrt besagt der Verlauf der Grenznutzenkurve (2), dass Lärmschutz bei zunehmender Lärmbelastung immer „wertvoller“ wird. Der Nutzen pro Einheit Lärmschutz steigt, je höher das Belastungsniveau ist. Bei sinkendem Belastungsniveau reduziert sich der Nutzen pro Einheit daher überproportional.

Aus ökonomischer Sicht liegt die „optimale“ Lärmbelastung dort, wo Grenzkosten und -nutzen gleich gross sind, also im Schnittpunkt beider Kurven (vgl. Abb. 2-3). Jeder zusätzliche Lärmschutz (links vom Optimum) verursacht grössere Kosten als er Nutzen bringt. Bei höheren Lärmbelastungen (rechts vom Optimum) lohnen sich dagegen weitere Massnahmen, da deren Nutzen die Kosten übersteigen.

Das optimale Mass an Lärmschutz befindet sich dort, wo die Grenzkosten der Massnahmen gleich gross sind wie der Grenznutzen. Dieses volkswirtschaftliche Optimum definieren wir als Schwellenwert für die volkswirtschaftliche Tragbarkeit und damit zugleich als Schwellenwert für die Effizienz von Lärmschutzmassnahmen.

Kurvenverlauf

Der Verlauf der beiden Kurven ist abhängig von den lokalen Verhältnissen und den getroffenen Lärmschutzmassnahmen im Projektperimeter. Kommt der Lärmschutz in einem Sanierungsgebiet besonders teuer zu stehen (z.B. bei schwierigen topografischen Verhältnissen oder komplexer Bauvolumetrie), so verschiebt sich die Grenzkostenkurve nach oben: Das Erreichen einer tiefen Lärmbelastung ist hier mit höheren Kosten verbunden.

Bei gleichem Lärmbelastungsniveau kann sich auch der Nutzen von Lärmschutzmassnahmen ändern: So verschiebt sich die Grenznutzenkurve in einem dichtbesiedelten Sanierungsgebiet nach links, weil die gleiche Massnahme mehr Anwohner schützt als in einem schwachbesiedelten Gebiet und damit einen höheren Nutzen bringt. Weiter gilt: Je steiler die Grenznutzenkurve, desto höher ist die Wertschätzung der Ruhe resp. einer Lärmreduktion.

Grenzkosten - Vollkosten

Der Verlauf der Grenzkostenkurve (vgl. Abb. 2-3) für den Lärmschutz ist in der Regel nur durch zwei Eckwerte definiert: durch die Kosten **mit** und **ohne** Lärmschutzmassnahme. Allenfalls existieren verschiedene Projektvarianten, die zusätzliche Anhaltspunkte über den Verlauf der GK-Kurve geben können. Dadurch entsteht aus der Grenzkostenbetrachtung eine Vollkostenbetrachtung für einzelne vorgegebene Lärmschutzvarianten.

Der Nutzen von Lärmschutzmassnahmen ist ebenfalls nur für bestimmte vorgegebene Lärmschutzvarianten und nicht in Einzelschritten (z.B. pro dBA) ausweisbar. Analog zur Kostenseite wird dadurch auch der Grenznutzen zu einem "Vollnutzen": Ein Lärmschutzprojekt hat einen bestimmten Preis (Vollkosten) und bewirkt eine Lärmreduktion um eine bestimmte Anzahl dBA für eine bestimmte Anzahl Betroffener (Vollnutzen).⁶

2.2.5 Konsequenzen für das Modell

Aufgrund der obgenannten ökonomischen Überlegungen erfolgt die aus rechtlicher Sicht geforderte Interessenabwägung im Modell anhand der beiden Kriterien Effizienz und Effektivität::

- Als *Effizienz* wird das Verhältnis zwischen volkswirtschaftlichen Nutzen und Kosten von Lärmschutzmassnahmen definiert
- Mit der *Effektivität* (= Zielerreichungsgrad) wird die Wirksamkeit der Massnahmen, gemessen an den gesetzlichen Vorgaben, beschrieben.

Da Lärmschutzmassnahmen bei privaten Anlagebetreibern grundsätzlich nach anderen (nämlich betriebswirtschaftlichen) Kriterien zu beurteilen sind, kann ein auf die volkswirtschaftliche Interessenabwägung ausgerichtetes Modell nur auf *öffentliche oder konzessionsierte Anlagen* uneingeschränkt angewendet werden.

⁶ In Anbetracht dieser Parallelität verwenden wir im folgenden sowohl für die Grenzkosten wie auch für die Grenznutzen nur noch die Begriffe *Kosten* und *Nutzen*.

3 Akustik

3.1 Störwirkung des Lärms

Volkswirtschaftliche Kosten entstehen dann, wenn Schall vom Menschen als Belästigung empfunden wird oder ihn gesundheitlich schädigt. Ab welcher Intensität und unter welchen Umständen Schall störend wirkt und per definitionem dann zum Lärm wird und ist von individuellen, gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Bedingungen abhängig (Lärmcharakteristika, Anspruchsniveau). Obschon Lärm eine subjektive Beeinträchtigung darstellt, besteht ein wissenschaftlich nachweisbarer Zusammenhang zwischen der objektiv messbaren akustischen Lärmbelastung und der subjektiv wahrgenommenen Störung.

Medizinische und soziopsychologische Untersuchungen für verschiedene Lärmarten haben nachgewiesen, dass bei tiefen Lärmpegeln der Anteil stark gestörter Personen praktisch konstant ist. Im Bereich hoher Pegel werden nahezu alle Personen stark gestört. Im dazwischenliegenden, relativ engen Bereich ist eine starke Zunahme der sich gestört fühlenden Personen feststellbar. Dies führt zur charakteristischen S-Kurve in Abbildung 3-1, die für die Festlegung der Belastungsgrenzwerte der LSV eine wichtige Rolle spielt.

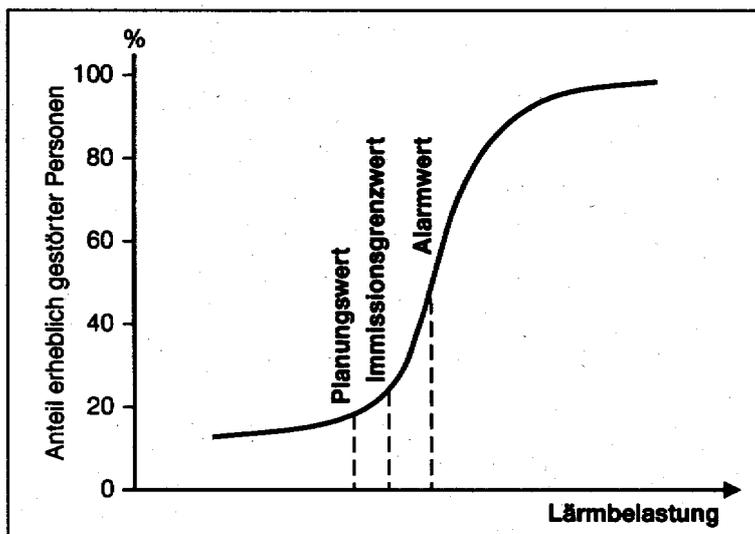


Abbildung 3-1: Anteil der erheblich gestörten Personen in Abhängigkeit der Lärmbelastung⁷

Obiger Zusammenhang geht nicht nur aus den umfangreichen Studien im Rahmen der Eidg. Kommission für die Beurteilung von Lärmimmissionsgrenzwerten hervor, sondern wird auch durch neuere Untersuchungen des NFP 26 (Lärmstudie 90) bestätigt, wo akustische und soziologische Zusammenhänge am Beispiel des Fluglärms studiert wurden⁸.

⁷ BUWAL 1993: Lärmschutz in der Schweiz: 7 Fragen – 7 Antworten, Umweltmaterialien Nr.5

⁸ Oliva C. 1993: Lärmstudie 90, Flug- und Strassenlärm, soziologische und akustische Feldstudie in der Umgebung der Flughäfen Cointrin und Kloten, NFP 26, Kurzbericht, Zürich

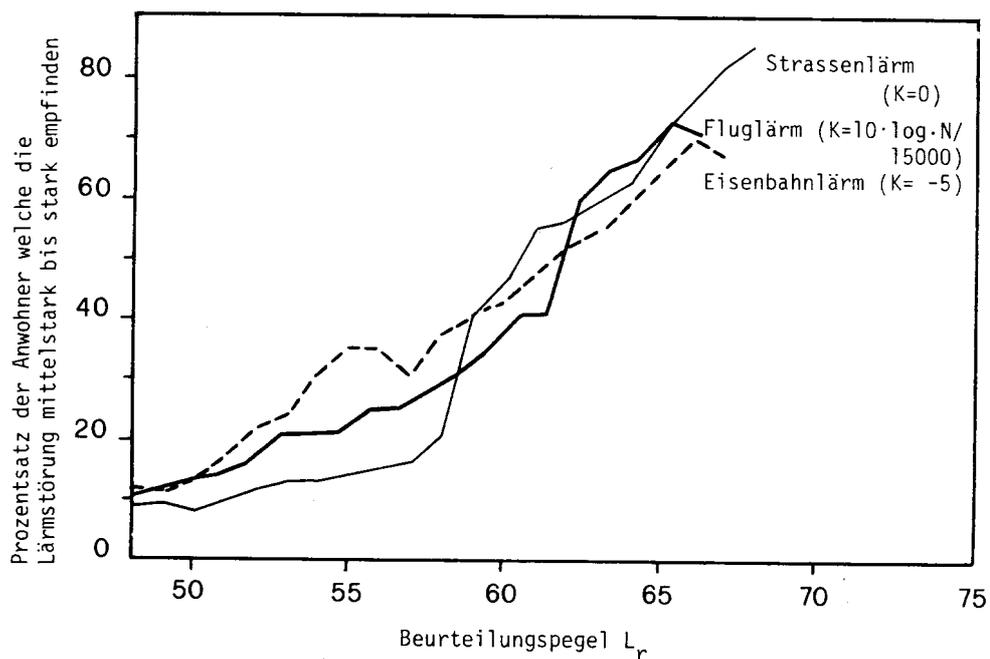
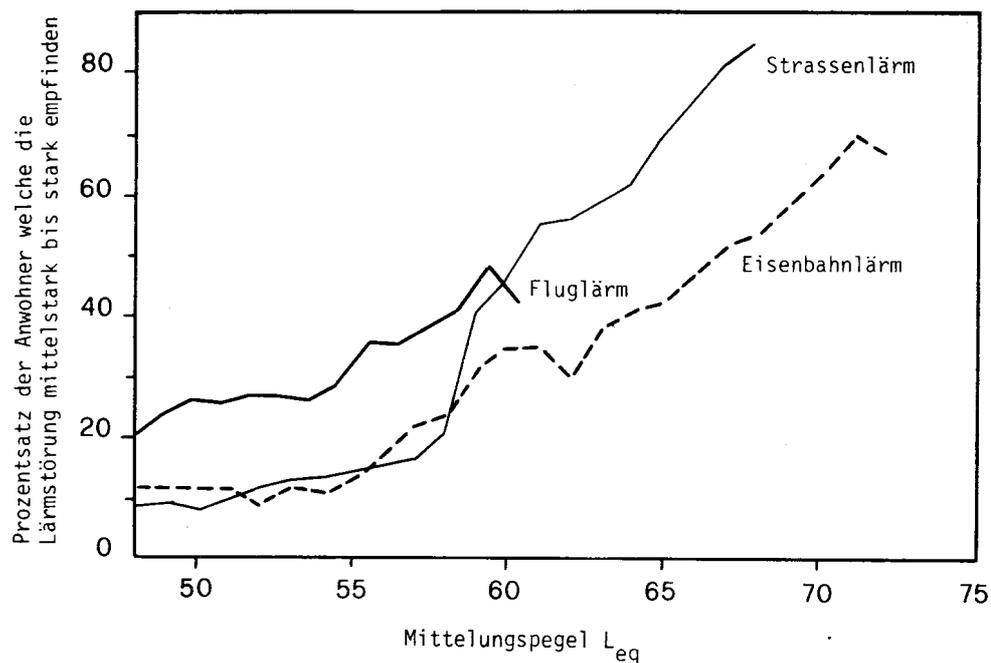


Abbildung 3-2: Anteile mittelstark bis stark gestörter Personen für Strassen-, Schienen- und Fluglärm (Kleinaviatik) in Abhängigkeit des Mittelungspegels L_{eq} (oben) und des Beurteilungspegels L_r (unten)⁹

⁹ Eidg. Kommission für die Beurteilung von Lärm-Immissionsgrenzwerten 1981: Belastungsgrenzwerte für den Lärm der Kleinaviatik, 3. Teilbericht

Mit dem *Beurteilungspegel* L_r ist in der schweizerischen Lärmgesetzgebung ein Mass eingeführt, das die unterschiedliche Störwirkung verschiedener Lärmarten korrigiert und damit Vergleiche zulässt. So wird z.B. Eisenbahnlärm bei gleicher Lärmbelastung (Mittelungspegel L_{eq}) als weniger störend empfunden als Strassenlärm und deshalb mit einem Korrekturfaktor versehen.

Abbildung 3-2 zeigt den Anteil der mittelstark bis stark lärmgestörten Personen für Strassen-, Schienen- und Fluglärm (Kleinaviatik) in Abhängigkeit des Mittelungspegels L_{eq} (oben) und des Beurteilungspegels L_r (unten). Die Einführung des Beurteilungspegels hat es erlaubt, für Strassenlärm, Schienenlärm, Schiesslärm, Industrie- und Gewerbelärm, den Lärm von Regionalflughäfen und Flugfeldern sowie den Lärm von Militärflugplätzen weitgehend identische Belastungsgrenzwerte festzulegen.

3.2 Belastungsgrenzwerte der LSV

Die Belastungsgrenzwerte, wie sie in der Lärmschutzverordnung (LSV) festgelegt sind (vgl. Abb. 3-3), geben die Grenze der vom Gesetzgeber tolerierten Lärmbelastungen vor. Je nach örtlicher oder zeitlicher Situation der Betroffenen wirkt eine Lärmimmission mehr oder weniger störend; deshalb werden Tageswerte und Nachtwerte (22 bis 06 Uhr / exkl. Industrie- und Gewerbelärm) sowie vier verschiedene Empfindlichkeitsstufen unterschieden, die den unterschiedlichen Ruhebedürfnissen Rechnung tragen.

Empfindlichkeitsstufe namentlich z.B:	Planungswert		Immissionsgrenzwert		Alarmwert	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
I Erholungszonen	50	40	55	45	65	60
II Wohnzonen	55	45	60	50	70	65
III Wohn- und Gewerbebezonen	60	50	65	55	70	65
IV Industriezonen	65	55	70	60	75	70

Abbildung 3-3: Belastungsgrenzwerte für Lärmimmissionen in dBA (gemäss Lärmschutzverordnung, ohne Schiessanlagen- und Militärflugplatzlärm)

Immissionsgrenzwerte (IGW) sind nach Art. 15 des Umweltschutzgesetzes so festgesetzt, dass „Immissionen unterhalb der Grenzwerte nach dem Stand der Wissenschaft und der Erfahrung die Bevölkerung in ihrem Wohlbefinden nicht erheblich stören.“ Der IGW definiert damit die generelle Schädlichkeits- oder Lästigkeitsgrenze von Lärm.

Alarmwerte (AW) liegen 5 bis 15 dBA über dem IGW. Sie dienen zur Beurteilung der Dringlichkeit von Sanierungen.

Die *Planungswerte (PW)* liegen 5 dBA unter dem IGW. Sie gelten bei der Ausscheidung und Erschliessung neuer Bauzonen sowie bei der Errichtung neuer Anlagen.

3.3 Arten von Lärmschutzmassnahmen

Zur Bekämpfung des Lärms bestehen verschiedene Möglichkeiten. Zu unterscheiden sind:

- *Massnahmen an der Lärmquelle*

Es handelt sich um Massnahmen, die am Ort der Entstehung des Lärms ansetzen. Darunter fallen technische Massnahmen zur Lärmreduktion (z.B. leisere Fahrzeuge, Motoren, Strassenbeläge usw.), aber auch betriebliche Massnahmen (z.B. Produktionseinschränkungen für Industriebetriebe) sowie verkehrslenkende oder verkehrsberuhigende Massnahmen setzen direkt an der Lärmquelle an.

- *Massnahmen im Ausbreitungsbereich*

Im Vordergrund stehen Lärmschutzbauten wie z.B. Lärmschutzwände, Lärmschutzwälle, Überdeckungen oder andere bauliche Massnahmen.

- *Massnahmen bei den Lärmbetroffenen*

Dort, wo andere Lärmschutzmassnahmen nicht möglich sind, kommen als letzte Möglichkeit immissionsseitige (passive) Massnahmen zum Zuge: Schallschutzmassnahmen am Gebäude (Schallschutzfenster), Baubeschränkungen und besondere Anforderungen an die Ausscheidung und Erschliessung von Bauzonen in lärmbelasteten Gebieten.¹⁰

¹⁰ BUWAL 1993: Lärmschutz in der Schweiz, 7 Fragen - 7 Antworten, Umweltmaterialien Nr. 5

4 Kosten von Lärmschutzmassnahmen

4.1 Betriebswirtschaftliche Kosten (Anlagekosten)

Die betriebswirtschaftlichen Kosten von Lärmschutzmassnahmen ergeben sich aus den finanziellen Aufwendungen für Lärmschutzmassnahmen: Kosten für die Projektierung und Realisierung von Lärmschutzmassnahmen (= Investitionskosten) sowie allfällige Betriebs- und Unterhaltskosten.

4.1.1 Investitionskosten

Die Investitionskosten hängen von der Art des Lärmschutzes (bauliche/betriebliche Massnahmen) ab. Sie setzen sich zusammen aus:

Realisierungskosten: Kosten für Bau und Installation

Projektierungskosten: Projektspezifische Sach- und Personalaufwendungen der Akustiker, Bauingenieure und anderer Spezialisten, die im Zusammenhang mit der Planung und Projektierung des Projektes anfallen (z.B. Erstellen des Sanierungsprogramms, Ingenieurarbeiten, Kostenberechnungen etc).

Landerwerbskosten: Kosten für Land, das der Anlagebetreiber zur Erstellung von Lärmschutzbauten (z.B. LS-Wände, -tunnels) erwerben muss.

*Verfahrenskosten*¹¹: Sach- und Personalaufwendungen der beteiligten Vollzugsbehörden (Lärmfachstellen von Bund/Kanton, Bauverwalter/Planer der Gemeinde, Projektleiter des Kantons u.a.). Die Verfahrenskosten in der Verwaltung sind mangels projektbezogener Kostenkontrolle heute noch schwierig erfassbar. Sie können zudem je nach Art des Projekts (Lärmart, Anlagebetreiber, Anfechtungsverfahren etc.) sehr unterschiedlich ausfallen.

Die Investitionskosten werden im Modell in Form von Abschreibungen und Kapitalverzinsung in Jahreskosten umgerechnet.

4.1.2 Betriebs- und Unterhaltskosten

Die Betriebs- und Unterhaltskosten von Lärmschutzmassnahmen sind nach den heute vorliegenden Erfahrungen gering. Schallschutzfenster bedürfen nach der Installation keines zusätzlichen Unterhalts aus Lärmschutzgründen. Gleiches gilt grundsätzlich auch für Lärmschutzmassnahmen im Ausbreitungsbereich. Ausnahmen bilden Lärmschutzwände oder -wälle, die mit Pflanzen bewachsen sind und damit eine Grünpflege bedingen. Dadurch entstehen Kosten für Gärtnerarbeiten und allenfalls Kosten für die künstliche Bewässerung. Anderweitige Wartungskosten und Reparaturaufwendungen sind im Einzelfall möglich, fallen aber nach den Erfahrungen von Spezialisten nicht ins Gewicht.

¹¹ Verfahrenskosten sind Aufwendungen der öffentlichen Hand und in diesem Sinne als volkswirtschaftliche Kosten zu betrachten.

4.1.3 Mehrfachnutzungen

Bauliche Lärmschutzmassnahmen können zusätzlich zum Lärmschutz noch andere Funktionen erfüllen. Beispiele für solche Mehrfachnutzungen sind etwa:

- Überdeckung von Verkehrsträgern (Strasse/Bahn), die zusätzliche, für private oder öffentliche Zwecke nutzbare Flächen schaffen.
- Gewerbe- oder Industriegebäude, die zur Abschirmung von Wohngebieten gegen Lärm entlang von Verkehrsachsen gebaut werden.
- Lärmschutz-Tunnels, die neben dem Lärmschutz noch andere Funktionen (z.B. Landschaftsschutz oder erhöhte Verkehrssicherheit) erfüllen.

Im Falle einer Mehrfachnutzung von Lärmschutzmassnahmen ist eine funktionelle Zuordnung der Kosten entsprechend der einzelnen Funktionen angezeigt (vgl. Kap. 4.1.4).

4.1.4 Funktionelle Zuordnung

Erfüllt eine Lärmschutzmassnahme noch andere Funktionen als nur den Schutz vor Lärm (vgl. Kap. 4.1.3 Mehrfachnutzungen), so sind die Kosten der Massnahme entsprechend aufzuteilen. Damit soll verhindert werden, dass dem Lärmschutz ungerechtfertigterweise Kosten angelastet werden. Die Kostenaufteilung z.B. für einen Lärmschutz-Tunnel, der dem Landschaftsschutz dient und zugleich die Verkehrssicherheit erhöht, ist im Einzelfall aufgrund der festgelegten Prioritäten abzuschätzen. Die spezifischen Kosten des Lärmschutzes reduzieren sich entsprechend.

Werden durch Lärmschutzmassnahmen neue nutzbare Flächen geschaffen (z.B. auf Überdeckungen oder auf angrenzenden Bauparzellen, so wird der dadurch geschaffene ökonomische "Mehrwert" auf der Nutzenseite (vgl. Kap. 5) in Form von zusätzlicher, lärmgeschützter Nutzungszonenfläche resp. Bruttogeschossfläche (BGF) berücksichtigt.

4.1.5 Zeitliche Abgrenzung

Bei den Investitionskosten handelt es sich um einmalige Ausgaben, bei den Betriebs- und Unterhaltskosten um jährlich wiederkehrende Aufwendungen. Um die betriebswirtschaftlichen Kosten auf gleicher Zeitbasis ausweisen zu können, werden die Investitionskosten unter Berücksichtigung von Abschreibungen und Kapitalkosten in **Jahreskosten** umgerechnet. Damit wird der Vergleich mit den in Jahresbeträgen berechneten Nutzen ermöglicht.

4.2 Volkswirtschaftliche Kosten

Unter volkswirtschaftlichen Kosten von Lärmschutzmassnahmen sind alle negativen Folgewirkungen von Lärmschutzmassnahmen zu verstehen, die nicht nach betriebswirtschaftlichen Kriterien erfasst werden können:

- **Beeinträchtigungen des Orts- und Landschaftsbildes:** Lärmschutzanlagen können aus landschaftsästhetischen und raumplanerischen Erwägungen heraus problematisch sein. Das Mass der Beeinträchtigung hängt von der Empfindlichkeit des Gebietes und von Art und Ausgestaltung der Massnahme ab.
- **Ökologische Auswirkungen:** Lärmschutzanlagen können die Besonnungsverhältnisse beeinträchtigen oder Lebensräume für Tiere zerschneiden. Transparente LS-Wände bergen ausserdem eine Gefahr für Vögel. Fundationen von LS-Wänden können ausserdem die Grundwasserströme beeinflussen.
- **Beeinträchtigungen der Wohnqualität der Anwohnerschaft:** Lärmschutzwände können den Lichteinfall in Wohngebäuden reduzieren, die Besonnung der Wohnung einschränken und Sichtbeziehungen im Nah- und Fernbereich stören.
- **Beeinträchtigungen der Verkehrssicherheit:** Bauwerke für den Lärmschutz können, z.B. im Bereich von Einfahrten und Kreuzungen im Strassenbereich, die Sichtverhältnisse einschränken und damit die Verkehrssicherheit beeinträchtigen.
- **Beeinträchtigungen der Erlebnisqualität von Verkehrsteilnehmer/Innen:** Lärmschutzwände oder Überdeckungen können das Reiseerlebnis für Bahn- oder Strassenbenützer/innen einschränken (verbaute Aussicht).

Die volkswirtschaftlichen Kosten von Lärmschutzmassnahmen sind nicht monetarisierbar und müssen sich mangels objektiver Messgrössen an **qualitativen Kriterien** orientieren. Deren Einbezug in die monetäre Kosten-/Nutzen-Rechnung des Modells ist nicht möglich. Im Rahmen der Interessenabwägung werden diese Kosten aber als qualitative Ergänzung der betriebswirtschaftlichen Kostenoptik mitberücksichtigt.

4.3 Systemgrenze

Die Kosten von Lärmschutzmassnahmen können sich sehr verschieden manifestieren. Nicht alle Kostenarten lassen sich ins Modell integrieren. Probleme bereiten insbesondere die folgenden Anforderungen:

1. *Projektspezifische und räumliche Zuordnung:*

Es können nur Massnahmen ins Modell eingebaut werden, deren Kosten einem lokal begrenzten Raum (Projektgebiet) zugeordnet werden können. Kosten für lärmtechnische Massnahmen an „mobilen“ Quellen (Fahrzeuge und Motoren) werden dieser Anforderung nicht gerecht. Die Kosten für diese grossflächig wirkenden Massnahmen müssten ihrem akustischen Entlastungseffekt (Nutzen) entsprechend auf ihr gesamtes „Wirkungsgebiet“ verteilt werden können, was nicht, oder - im Fall leiserer Fahr- und Flugzeuge im Strassen-, Schienen-, und Luftverkehr - höchstens als Grobschätzung möglich wäre.

2. Quantifizierung:

Für die Folgekosten von betrieblichen Einschränkungen, die zur Begrenzung des Lärms (z.B. im Verkehr oder beim Gewerbe) angeordnet werden, fehlt eine adäquate Messgrösse. Während sich wirtschaftliche Einbussen bei Betriebseinschränkungen von Industrie- oder Gewerbebetrieben (mit entsprechendem Aufwand) einigermaßen abschätzen lassen, sind die Kostenfolgen lärmbedingter Planungseingriffe (z.B. Verluste, die dem Bauherrn durch Baubeschränkungen erwachsen) oder von Verkehrsumlagerungen quantitativ nur schwer erfassbar.

Die obgenannten Kosten liessen sich nur ins Modell integrieren, wenn für ein Projektgebiet verlässliche Kostenschätzungen und entsprechende Kostenzuordnungen möglich sind. Andernfalls muss auf den Einbezug verzichtet werden.

Der Anwendungsbereich des Modells ist damit auf Lärmschutzmassnahmen begrenzt, deren Wirkungen und Kostenfolgen lokal eingrenzbar sind. Die Voraussetzungen bezüglich Zuordnung und Quantifizierung sind bei den heute üblichen Lärmschutzprojekten in den meisten Fällen gegeben, da es sich vor allem um bauliche Lärmschutzmassnahmen handelt wie:

- Lärmschutzwände, Lärmschutzwälle oder Lärmschutztunnels
- Schallschutzfenstern
- andere Massnahmen (lärmmilde Beläge, Verkehrsberuhigung etc.)

5 Nutzen von Lärmschutzmassnahmen

5.1 Betriebswirtschaftlicher Nutzen

Der Nutzen von Lärmschutzmassnahmen ist in der Regel ein **externer** Nutzen: Wer den Lärmschutz realisieren (und finanzieren) muss - nach der Lärmgesetzgebung also vorab der Anlagebetreiber - ist nicht direkter Nutzniesser der Massnahmen. Der Nutzen fällt in erster Linie Dritten zu, nämlich der lärmgeschützten Anwohnerschaft resp. den Besitzern der entsprechenden Liegenschaften und Grundstücken.

Ein betriebswirtschaftlicher Nutzen liegt definitionsgemäss nur dann vor, wenn der für den Lärmschutz verantwortliche Anlagebetreiber selber von den getroffenen Lärmschutzmassnahmen profitiert. In aller Regel hat ein Anlagebetreiber aber nur geringe Motivation, für den Lärmschutz freiwillig Geld auszugeben, denn seinen Aufwendungen steht kein direkt messbarer Nutzen gegenüber. Der Nutzen für den Anlagebetreiber besteht allenfalls in einem Imagegewinn gegenüber der Anwohnerschaft und der Öffentlichkeit oder in verbesserten Arbeitsbedingungen für seine Belegschaft. Beides kann sich mittelfristig positiv auf den Geschäftsverlauf auswirken. Für lärmsanierte Anlagen entsteht ein betriebswirtschaftlicher Nutzen durch den Umstand, dass betriebliche Einschränkungen aufgehoben und/oder die Besitzstandgarantie gewährleistet wird.

Von den durch Lärmschutzmassnahmen ausgelösten Beschäftigungs- und Einkommenseffekten können diverse Akteure und Beteiligte profitieren. Weil diese Nutzen aber meist nicht dem Anlagebetreiber, sondern Dritten zufallen, sind sie der *volkswirtschaftlichen Nutzebene* zuzuordnen.

5.2 Volkswirtschaftlicher Nutzen

Wesentlich wichtiger als der betriebswirtschaftliche ist im Falle des Lärmschutzes der volkswirtschaftliche Nutzen. Nutzniesser von Lärmschutzmassnahmen sind z.B.:

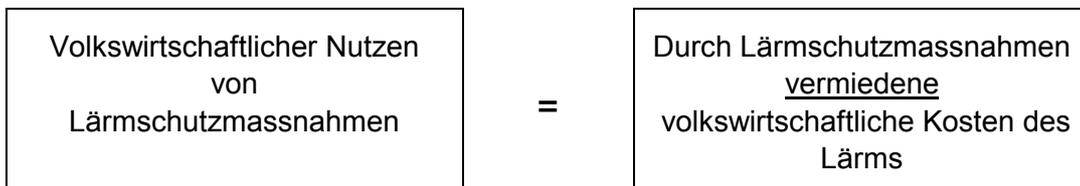
- Branchen und Betriebe, die Lärmschutzmassnahmen planen und realisieren (Baufirmen, Hersteller von Schallschutzfenstern, Forschungsabteilungen etc.)
- Büros und Betriebe, deren Arbeitsproduktivität dank Lärmschutzmassnahmen steigt
- Eigentümer von Liegenschaften, deren Wert dank Lärmschutz erhalten oder gesteigert wird
- Grundstücksbesitzer, die ihre Parzellen dank Lärmschutz zeitgerecht und ihrer Bestimmung entsprechend entwickeln.

Der volkswirtschaftliche Nutzen hängt in erster Linie davon ab, wie wirksam Lärmschutzmassnahmen sind. Die akustische Wirksamkeit bemisst sich daran, wieviele Personen¹² durch die Massnahmen vor wieviel Lärm (Lärmreduktion in dBA) geschützt werden? Wir sprechen vom *akustischen Nutzen*.

5.2.1 Volkswirtschaftlicher Nutzen als Vermeidung von Lärmkosten

Wird der akustische Nutzen monetär bewertet, so erhalten wir den volkswirtschaftlichen Nutzen. Wie aber lässt sich der akustische Nutzen in Franken und Rappen ausdrücken?

Mangels einer geeigneten direkten Messgrösse zur Monetarisierung des akustischen Nutzens wählen wir einen indirekten Weg: Wir definieren den volkswirtschaftlichen Nutzen von Lärmschutzmassnahmen als *volkswirtschaftliche Kosten¹³ des Lärms*, die durch die Massnahmen vermieden werden können. Dieser Nutzenansatz wird deshalb gewählt, weil die umweltökonomische Theorie für die Erfassung der volkswirtschaftlichen Kosten des Lärms bereits Monetarisierungsansätze entwickelt hat (vgl. Kap. 6.1)



Der volkswirtschaftliche Nutzen von Lärmschutzmassnahmen innerhalb eines Projektperimeters entspricht der Differenz der volkswirtschaftlichen Kosten des Lärms **mit** und **ohne** Massnahmen.

5.2.2 Volkswirtschaftliche Kosten des Lärms

Unter volkswirtschaftlichen Kosten des Lärms verstehen wir alle materiellen und immateriellen Kosten, die dem Individuum oder der Gesellschaft aus den direkten und indirekten Folgen der Lärmeinwirkung erwachsen. Volkswirtschaftliche Kosten setzen sich aus internen und externen Kosten zusammen: Die internen Kosten werden vom Verursacher selber, die externen Kosten dagegen von unbeteiligten Dritten oder der Gesellschaft getragen.

Im Falle des Lärms ist der grösste Teil der Kosten externer Art, da Lärmbetroffene (Anwohner) und Lärmverursacher (Schienen-, Strassen- und Flugverkehrsanlagen, Flugfelder, Industriebetriebe, Schiessanlagen) grösstenteils nicht identisch sind (vgl. Kap. 5.1).

5.2.3 Untergrenze für die Entstehung volkswirtschaftlicher Kosten des Lärms

Ab welcher Lärmbelastung entstehen überhaupt volkswirtschaftliche Lärmkosten? In den bisherigen Studien zur Berechnung von Lärmkosten wird von sehr unterschiedlichen

¹² Diese Betrachtungsweise berücksichtigt nur Lärmauswirkungen auf den Menschen. Die Lärmschutzverordnung regelt - als einzige Verordnung in der Anschlussgesetzgebung zum USG - nur den Schutz des Menschen vor Lärm.

¹³ Volkswirtschaftliche Kosten werden auch als soziale oder gesamtwirtschaftliche Kosten bezeichnet.

Schwellenwerten ausgegangen. IC Infraconsult AG (1992)¹⁴ berücksichtigt als Untergrenze einen Beurteilungspegel von 55 dBA tags, Infrac (1992)¹⁵ und Ecoplan (1992)¹⁶ legen die Entstehungsgrenze für Lärmkosten bei Beurteilungspegeln zwischen 45 und 50 dBA fest. Deutsche Studien (Willecke¹⁷, Weinberger¹⁸, Wicke¹⁹) berücksichtigen den Mittelungspegel und weisen Lärmkosten aus, deren Schwelle zwischen 30 und 45 dBA tags liegt.

Die Wahl der Untergrenze hat grossen Einfluss auf die Höhe der ausgewiesenen Lärmkosten: Grobrechnungen deuten darauf hin, dass z.B. eine Verschiebung der Untergrenze von 55 auf 45 dBA die volkswirtschaftlichen Kosten ungefähr verdoppelt.²⁰ Je tiefer die Untergrenze angesetzt wird, um so schwieriger ist es, die Störwirkung einer bestimmten Lärmquelle eindeutig zu identifizieren, weil die Grundlärmbelastung eine immer grössere Rolle spielt. Aus akustischer Sicht ist deshalb die quellenspezifische Berücksichtigung von Lärmkosten unterhalb eines Beurteilungspegels von 55 dBA tags (oder 40 dBA nachts) problematisch, obschon auch in diesen Belastungsbereichen volkswirtschaftliche Lärmkosten entstehen können.

Die Festlegung einer Untergrenze volkswirtschaftlicher Kosten von Lärm ist weder aus akustischer noch aus ökonomischer Sicht wissenschaftlich eindeutig begründbar. Das hier erarbeitete Modell muss deshalb von Annahmen ausgehen, die normativ geprägt sind.

Aufgrund der eingangs zitierten Untersuchungen ist davon auszugehen, dass bei Wohnnutzungen spätestens ab Überschreitung eines Lärmpegels von 55 dBA Lärmkosten entstehen. Diese sind eine direkte Folge des Lärms und entstehen unabhängig davon, ob eine Anlage bereits besteht oder ob sie neu gebaut wird.

Die im Modell berücksichtigte Untergrenze orientiert sich sinnvollerweise an den Belastungsgrenzwerten der LSV, welche die Basis für die Beurteilung der Verhältnismässigkeit von Lärmschutzmassnahmen darstellen. Die LSV verlangt im Grundsatz bei bestehenden Anlagen die Einhaltung der IGW. Der IGW tags für eine reine Wohnzone (Lärmempfindlichkeitsstufe II) liegt bei 60 dBA. Dessen Einhaltung führt somit nicht zur Beseitigung sämtlicher volkswirtschaftlichen Lärmkosten. Diese Folgerung entspricht auch den Erwägungen beim Erlass der IGW, da bei deren Festlegung aus rechtlichen und wirtschaftlichen Gründen in Kauf genommen werden musste, dass auch Lärmbelastungen unter dem IGW eine bestimmte Anzahl Menschen erheblich stören.

$$\boxed{\text{Untergrenze}} = \boxed{\text{Belastungsgrenzwerte der LSV minus 5dBA}}$$

Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, wird im Modell von einer Untergrenze der volkswirtschaftlichen Lärmkosten ausgegangen, die *um 5 dBA unter den Belastungsgrenzwerten* der LSV liegt (IGW-5, PW-5). Analog zu den gesetzlichen Belastungsgrenzwerten wird damit

¹⁴ Infraconsult AG 1992: Soziale Kosten des Verkehrslärms in der Schweiz, Studie im Auftrag des Dienstes für Gesamtverkehrsfragen, EVED, Bern 1992

¹⁵ Infrac 1992: Internalisierung der externen Kosten des Verkehrs, NFP 25, Bericht 33, Zürich

¹⁶ Ecoplan 1992: Internalisierung der externen Kosten im Agglomerationsverkehr, Fallbeispiel Region Bern, NFP 25, Bericht 15, Zürich

¹⁷ Willecke R. u.a. 1990: Kosten des Lärms in der Bundesrepublik Deutschland, Umweltbundesamt, Berlin

¹⁸ Weinberger M. 1991: Die Messung sozialer Kosten des Lärms in der Bundesrepublik Deutschland, Köln

¹⁹ Wicke L. 1986: Die ökologischen Milliarden, München

²⁰ Dienst für Gesamtverkehrsfragen 1993: Wie genau ist genau genug?, GVF-Auftrag Nr. 231, Bern

für die Untergrenze eine Differenzierung nach Empfindlichkeitsstufen, Tages- und Nachtwerten sowie nach Art der Anlage vorgenommen.

- Bei *Neuanlagen* dürfen die von der Anlage verursachten Lärmbelastungen den Planungswert (PW) nicht überschreiten (Art. 7 Abs. 1b LSV). Als Untergrenze gilt hier der PW minus 5 dBA (PW-5).

$$\boxed{\text{Untergrenze Neuanlagen}} = \boxed{\text{Planungswert minus 5 dBA}}$$

- *Bestehende Anlagen* müssen so weit saniert werden, dass die Immissionsgrenzwerte (IGW) eingehalten werden (Art. 13 LSV). Bei *wesentlich geänderten Anlagen* gelten ebenfalls die Immissionsgrenzwerte (Art. 8 Abs. 2 LSV). Als Untergrenze wird damit in beiden Fällen der IGW minus 5 dBA (IGW-5) definiert.

Die Festsetzung der tieferen Untergrenze für Neuanlagen (PW-5 statt IGW-5) hat zur Folge, dass das Modell für das gleiche Projektgebiet bei identischer Belärmungssituation höhere Lärmkosten ausweist, wenn es sich um eine Neuanlage handelt. Die Absicht des Gesetzgebers, für Neuanlagen punkto Lärmschutz strengere Massstäbe anzulegen als für bestehende, drückt sich damit in Form höherer Lärmkosten oder - anders ausgedrückt - in einer erhöhten „Zahlungsbereitschaft“ für eine Lärmreduktion aus. Konsequenz davon ist, dass sich bei Neuanlagen auch höhere Aufwendungen für den Lärmschutz rechtfertigen.

Mit der gewählten Untergrenze der volkswirtschaftlichen Lärmkosten von IGW-5 resp. PW-5, wird der absolute volkswirtschaftliche Schaden durch Lärmimmissionen im Modell generell **unterschätzt**, weil auch unterhalb dieser Lärmgrenzen mit Personen zu rechnen ist, die sich erheblich gestört fühlen und damit Lärmkosten verursacht werden.

Zudem ist hier darauf hinzuweisen, dass die volkswirtschaftlichen Lärmkosten und damit auch der Nutzen von Lärmschutzmassnahmen im Modell nur für Gebiete mit Grenzwertüberschreitungen (IGW oder PW) berücksichtigt werden, was zu einer zusätzlichen Unterschätzung des volkswirtschaftlichen Schadens durch Lärm-Immissionen führt.

$$\boxed{\text{Untergrenze bestehender Anlagen}} = \boxed{\text{Immissionsgrenzwert minus 5 dBA}}$$

6 Monetarisierung mit Hilfe der hedonistischen Preisbildung

6.1 Ansätze zur Berechnung volkswirtschaftlicher Kosten von Lärm

Die Anlastung (oder Internalisierung) der durch die Umweltbelastung verursachten externen Kosten ist ein Kernpunkt des marktwirtschaftlichen Umweltschutzes. Externe Kosten zu erfassen und zu bewerten setzt voraus, dass man sich über den "Wert" eines Umweltgutes Klarheit verschafft. Für die ökonomische Erfassung und Bewertung der externen Kosten von Umweltgütern, so auch für den Lärm, hat die Umweltökonomie verschiedene Ansätze entwickelt.

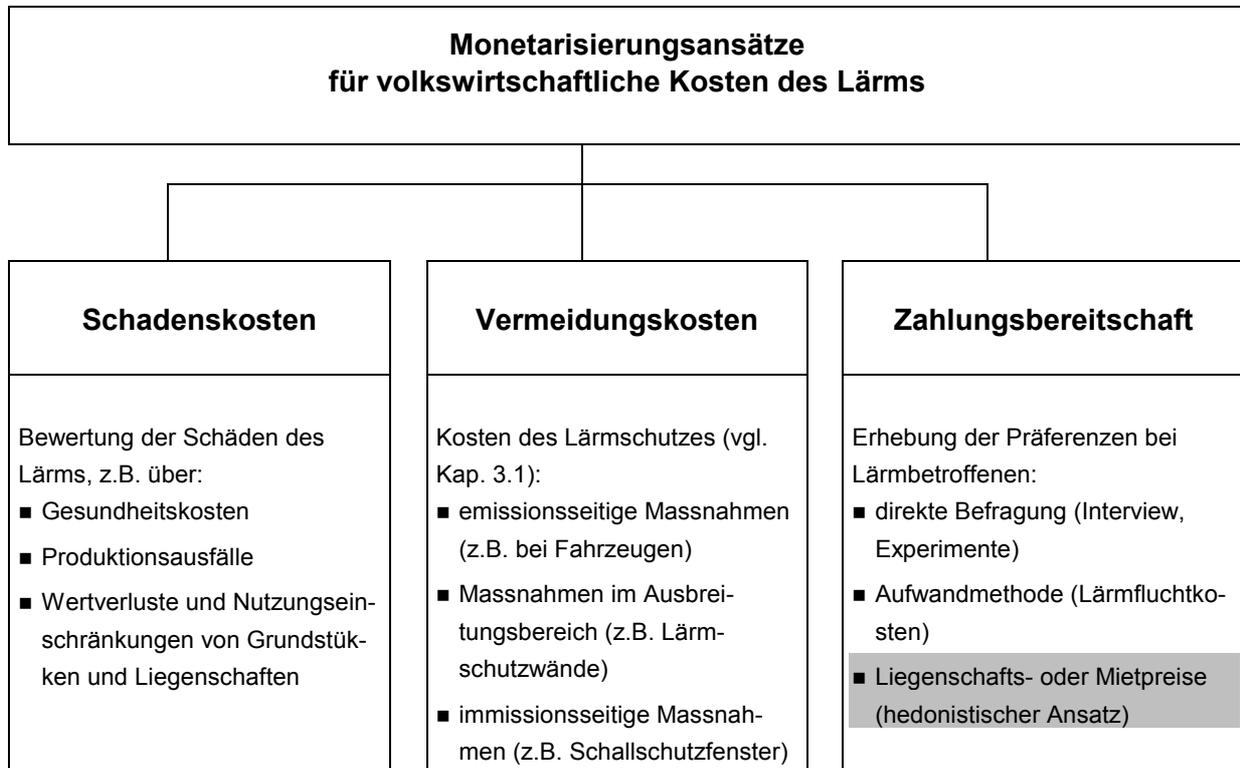


Abbildung 6-1: Überblick über Monetarisierungsansätze für Lärmkosten

Neben Kausalitäts- und Zuordnungsfragen (für welche Schäden und Folgekosten ist tatsächlich übermässige Lärmeinwirkung die Ursache?) stellt sich das Problem der Quantifizierung von Lärmkosten und vor allem deren Monetarisierung: Mangels Marktpreis für das Umweltgut «Ruhe» können volkswirtschaftliche Kosten nur über *Hilfsgrössen* in Geldwerten ausgedrückt werden. Diese können (quantitative) Anhaltspunkte geben über den Wohl-

fahrtsverlust, der durch Lärmimmissionen. Nachfolgend werden verschiedene Ansätze zur Monetarisierung des Lärms kurz diskutiert.

6.1.1 Schadenskosten

Ausgangspunkt bilden die durch Lärmimmissionen ausgelösten Schäden, die bei den Lärmbetroffenen auftreten können. Diese Schäden müssen erfasst und bewertet werden. Als Messgrösse können z.B. lärmbedingte Gesundheitskosten in Form von Ausgaben für die medizinische Behandlung (Arzt-, Spital- und Medikamentenkosten) sowie lärmbedingte Produktivitätsverluste am Arbeitsplatz dienen.

Hauptschwierigkeit dieses Ansatzes ist die Kausalität: Welche Schäden resp. welche Gesundheitskosten oder Produktivitätsverluste sind tatsächlich durch die Lärmbelastung bedingt? Offen bleibt auch die Frage der adäquaten Erfassung und Bewertung von Gesundheitsschäden und Arbeitsausfällen. Nicht berücksichtigt werden im weiteren alle „schleichenden“ Lärmschäden (Stress etc.), die keine oder noch keine Behandlungskosten oder Produktionsausfälle verursachen.

Einen Spezialfall bilden die Schadenskosten durch Wertverluste und Nutzungseinschränkungen bei Grundstücken und Liegenschaften. Die Bewertung dieser Schadenskosten erfolgt über den Markt (vgl. Kap. 6.1.3, hedonistischer Preisbildungsansatz).

6.1.2 Vermeidungskosten

Hier werden die Kosten erhoben, die aufzuwenden sind, um die Lärmbelastung zu vermeiden resp. deren Auswirkungen für die Betroffenen zu minimieren. Darunter fallen die Kosten für Lärmschutzmassnahmen aller Art, wie sie in Kapitel 3.1 beschrieben sind. Als Vermeidungskosten fallen sowohl die Kosten für Massnahmen an der Quelle (emissionsseitig), im Ausbreitungsbereich sowie bei den Betroffenen (immissionsseitig) an. Für die Monetarisierung stehen technisch-bauliche Lösungen (z.B. Kosten für LS-Wände oder Schallschutzfenster) im Vordergrund, da deren Kosten relativ einfach zu erheben sind und einem Projektgebiet eindeutig zugeordnet werden können.

Der Ansatz ist eher technokratisch ausgerichtet. Mit den Kosten für technisch-baulichen Lärmschutz werden die volkswirtschaftlichen Lärmkosten nur teilweise abgebildet, da die entsprechenden Massnahmen oft nicht alle Schäden des Lärms verhindern (Schallschutzfenster schützen z.B. nur den Innenwohnraum bei geschlossenen Fenstern).

6.1.3 Zahlungsbereitschaftsansatz

Dieser Ansatz verzichtet darauf, konkrete Auswirkungen der Lärmbelastung oder Lärmreduktion zu quantifizieren. Vielmehr wird versucht, die Wertschätzung für das Umweltgut „Ruhe“ beim Individuum zu ermitteln. Die Zahlungsbereitschaft für eine Lärmreduktion kann durch verschiedene Methoden ermittelt werden.

■ *Direkte Befragung:*

Durch Interviews mit Betroffenen oder über Experimente mit Versuchspersonen wird stichprobenweise zu ermitteln versucht, wieviel eine Person für eine bestimmte Reduktion der Lärmbelastung zu zahlen bereit wäre (**willingness to pay**) oder wieviel einer Person bezahlt werden müsste, um eine bestehende Lärmbelastung zu akzeptieren (*willingness*

to accept). Der genannte Betrag wird als Mass für die volkswirtschaftlichen Kosten interpretiert.

Der Vorteil der Zahlungsbereitschaftsbefragung besteht darin, dass sie bei den Betroffenen direkt ansetzt. Die Methode ist in dem Sinne „ganzheitlich“, als davon auszugehen ist, dass der/die Befragte bei Nennung der Zahlungsbereitschaft alle Lärm Aspekte miteinbezieht, die für ihn/sie persönlich von Bedeutung sind (individuelle Störwirkung, Stress, Gesundheitsrisiken etc.). Die Nachteile: Die Art der Fragestellung sowie Zeitpunkt und Umstände des Interviews beeinflussen die Antworten. Es besteht die Gefahr von „strategischen“ Antworten: Die befragte Person nennt ihre Zahlungsbereitschaft im Wissen darum, dass es sich beim genannten Betrag um eine hypothetische Grösse handelt, die sie nicht effektiv zu zahlen braucht.

- **Aufwandmethode**

Damit wird eine Zahlungsbereitschaft für komplementäre Güter erfasst: Gefragt wird nach dem Aufwand, den eine Person auf sich zu nehmen bereit ist, um der Lärmbelastung am Wohnort auszuweichen. Diese sogenannten Lärmfluchtkosten können z.B. in Form von Transport- und Zeitkosten ermittelt werden, die einer Person für zusätzliche Ausflüge in ein Erholungsgebiet erwachsen.

Die Probleme dieses Ansatzes liegen zum einen bei der schwer zu eruiierenden Kausalität zwischen Lärmbelastung am Wohnort und Ausflugsverhalten, zum anderen bei der Erhebung des Zeitaufwandes und dessen monetärer Bewertung.

- **Analyse von Liegenschafts- oder Wohnungsmietpreisen (hedonistische Preisbildung):** Aus Preisunterschieden analoger Liegenschaften oder Wohnungen in Gebieten mit unterschiedlicher Lärmbelastung wird mittels statistischer Verfahren (Regressionsanalyse) ein Marktpreis für das Umweltgut „Ruhe“ abgeleitet. Es handelt sich um eine Bewertungsmethode, welche eine indirekte Zahlungsbereitschaft via Liegenschafts- oder Mietpreis widerspiegelt. Die Grundidee besteht darin, Wertunterschiede von Liegenschaften beziehungsweise Mietpreisunterschiede von Wohnungen unter Isolierung sonstiger Einflussfaktoren (Grösse, Ausstattung, Alter, Lage, übrige Umwelteinflüsse wie Luftqualität etc.) auf die unterschiedliche Lärmbelastung zurückzuführen. Aus hedonistischen Preisbildungsstudien kann unter anderem abgeleitet werden, wie das Mietpreisniveau in einem Gebiet auf eine Änderung der Lärmbelastung um 1 dBA reagiert.

6.2 Erwägungen zur Wahl des Monetarisierungsansatzes

Als Basis für das Wertgerüst des hier zur Diskussion stehenden Modells muss ein Monetarisierungsansatz gewählt werden, der erstens die Lärmkosten möglichst umfassend abbildet, sich zweitens auf die Resultate einer möglichst breiten Basis empirischer Studien stützen kann, drittens eine klare, unbestrittene Kausalität zwischen Lärmbelastung und Kostenfolgen aufweist und viertens möglichst einfache, verallgemeinerbare, auf verschiedenartige Projektperimeter anwendbare Monetarisierungswerte liefert.

Der Ansatz über *Schadenskosten* (Gesundheitskosten) ist ungeeignet, weil keine empirischen Daten zur Höhe lärmbedingter Gesundheitskosten oder Produktionsausfälle vorliegen und ausserdem ein eindeutiger Ursache-Wirkungs-Zusammenhang fehlt.

Der Monetarisierungsansatz über *Vermeidungskosten* fällt für das Modell aus methodischen Gründen ausser Betracht, weil Kosten und Nutzen nach gleicher Methodik erfasst würden und damit definitionsgemäss gleich hoch wären!

Bei den *Zahlungsbereitschaftsbefragungen* fehlen in bezug auf die Lärmproblematik ebenfalls verlässliche empirische Daten. Aufgrund der spezifischen individuellen Befragungssituation wäre eine Verallgemeinerung von quantitativen Zahlungsbereitschaften ohnehin kaum statthaft.

Die *Aufwandmethode* scheitert sowohl an der Kausalitätsanforderung als auch an fehlenden Daten, die im Zusammenhang mit der Lärmbelastung herangezogen werden könnten.

6.3 Die hedonistische Preisbildung

Die hedonistische Preisbildungsmethode erfüllt das skizzierte Anforderungsprofil der Monetarisierung am besten: Diese Methode hat sich bisher als das tauglichste Monetarisierungsverfahren für Kosten von Lärmbelastungen erwiesen und ist durch empirische Studien sowohl international (Kanada, USA, Deutschland) als auch in der Schweiz²¹ abgestützt (vgl. Anhang 1). Die besagten Studien zu lärmbedingten Mietpreisdifferenzen in Wohngebieten erlauben Aussagen darüber, wieviel Prozent der Mietpreis bei einer Veränderung der Lärmbelastung um 1 dBA zu- oder abnimmt.

Die hedonistische Preisbildung berücksichtigt die individuelle Lärmbewertung. Sie erfasst die Lärmkosten relativ umfassend, weil sie bei den Präferenzen der Lärmbetroffenen ansetzt: In den regressionsanalytisch ermittelten Mietpreisdifferenzen widerspiegelt sich die implizite Zahlungsbereitschaft für eine ruhigere Wohnung. Dank des statistischen Regressionsverfahrens kann eine Kausalität zwischen der Lärmbelastung und dem Mietpreinsniveau unterstellt werden. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass der Ansatz sich - anders als z.B. die Zahlungsbereitschaftsbefragung - an einem real existierenden Markt orientiert und damit nicht durch strategische Antworten der Befragten verfälscht wird.

6.3.1 Integration von Mengen- und Wertgerüst

Die Berechnung der volkswirtschaftlichen Kosten mit Hilfe der hedonistischen Preisbildung erfolgt über ein Mengen- und ein Wertgerüst:

- *Das Mengengerüst* erfasst die Bruttogeschosfläche (BGF), die Lärmimmissionen über einer bestimmten Untergrenze (Grenzwert) aufweisen, und gewichtet diese mit dem Ausmass der Lärmbelastung (dBA - 5 Belastungsgrenzwert über Grenzwert). Im Modell werden neben Wohnungen auch Arbeitsräume (Büro, Gewerbe, Industrie, Schulen, Spitäler etc.) erfasst.
- *Das Wertgerüst* nimmt eine monetäre Bewertung des Mengengerüsts vor, indem die lärmbedingten Mietpreisdifferenzen als „Wert“ für eine Lärmentlastung eingesetzt werden (Zahlungsbereitschaft pro dBA und Jahr).

Auf die Berechnungsformel und die massgebenden Bestimmungsfaktoren wird in den Kapiteln 7.3 und 7.4 näher eingegangen.

²¹ Analysen in Schweizer Städten von Pommerehne 1987 (Basel), Iten 1990 (Zürich), Soguel 1994 (Neuenburg), Buechel 1993 (Genf)

6.3.2 Aussagekraft der ermittelten Kosten des Lärms

Die volkswirtschaftlichen Kosten des Lärms entsprechen dem maximal möglichen Nutzen, den Lärmschutzmassnahmen stiften können. Dieser Maximalnutzen ist im Modell dann erreicht, wenn es gelingt, alle Flächen mit Grenzwertüberschreitungen durch Massnahmen unter die definierte Untergrenze (IGW-5 resp. PW-5) zu bringen. Gemäss Definition bleiben in diesem Fall keine volkswirtschaftlichen Kosten des Lärms mehr übrig.

Die Ermittlung des Nutzens von Lärmschutzmassnahmen resp. die Berechnung der volkswirtschaftlichen Kosten des Lärms setzt eine Reihe von Annahmen und Randbedingungen voraus, die normativen Charakter haben und das Resultat entsprechend beeinflussen. Wie jedes Monetarisierungsmodell liefert auch der hedonistische Preisbildungsansatz keine „harten“ und einwandfrei verifizierbaren Daten über die effektiven Kosten des Lärms. Es liegt in der Natur der Sache, dass volkswirtschaftliche Kosten angesichts der vielen qualitativen Einflussgrössen ein relativ „künstliches“ Mass bilden, das nur ein unscharfes Abbild der Realität wiedergibt.

Mit dem Modell der hedonistischen Preisbildung wird eine einheitliche Erhebungsmethodik der Nutzen von Lärmschutzmassnahmen eingeführt, die aussagekräftige Vergleiche erlaubt. Der Sinn der Berechnungen liegt weniger darin, einen absoluten Frankenbetrag auszuweisen, als vielmehr im direkten Nutzenvergleich verschiedener Lärmschutzprojekte oder -varianten untereinander.

6.3.3 Vorbehalte

Auch die hedonistische Preisbildung löst das Monetarisierungsproblem der Lärmkosten nicht in allen Teilen. Vorbehalte sind bezüglich der folgenden Punkte angebracht:

Eine Schwierigkeit des Ansatzes besteht darin, die unterschiedlichen Einflussfaktoren auf den Mietpreis mit Hilfe von multiplen Regressionen adäquat zu berücksichtigen. Der ausgewiesene Einfluss des Lärms auf den Mietpreis kann dadurch verzerrt werden.

- Mit der hedonistischen Preisbildung werden nur diejenigen Kosten des Lärms abgebildet, die vom Individuum bewusst oder unbewusst wahrgenommen werden und seine Zahlungsbereitschaft für eine Wohnung beeinflussen (z.B. Wahl der Wohnung). So werden mit diesem Ansatz „schleichende“ Auswirkungen des Lärms (z.B. Stress) vernachlässigt, weil sie das lärm-betroffene Individuum nicht oder erst zu einem späteren Zeitpunkt als Problem erkennt und mit der Lärmbelastung in Verbindung bringt. Die durch Lärm verursachten Gesundheitskosten (Herzinfarktrisiko, Stresssymptome, Gehörschäden) werden daher mit dem Ansatz nur teilweise erfasst.
- Zu beachten ist im weitem, dass es sich beim Wohnungs- und Bodenmarkt in der Schweiz nicht um einen völlig freien, sondern um einen zumindest teilweise regulierten Markt handelt. Staatliche Eingriffe führen dazu, dass die Wohnungsmietpreise tendenziell tiefer liegen, als sie bei freiem Spiel der Marktkräfte (System der Marktmiete) zu liegen kämen.
- Die empirischen Studien zum hedonistischen Ansatz beziehen sich auf den Strassenlärm im Wohnbereich von Agglomerationen. Für das Wertgerüst des Modells müssen die er-

mittelten Resultate auf den Nicht-Wohnbereich, auf ländliche Gebiete und auf andere Lärmarten übertragen werden.

Diese Vorbehalte ändern aber nichts daran, dass der hedonistische Ansatz über das beste wissenschaftliche Fundament der heute bekannten Monetarisierungsansätze verfügt und für das Modell die geeignetste methodische Grundlage darstellt.

Teil II

Vollzugshilfe

7 Modell

7.1 Grundidee

Mit dem nachfolgend entwickelten Modell wird ein Instrumentarium zur Interessenabwägung bei der Festlegung von Lärmschutzmassnahmen geschaffen.

Die Interessenabwägung erfolgt dabei über die Beurteilung der *Effizienz* und der *Effektivität* der Massnahmen. Ausgangspunkt für beide Kriterien ist die Erfassung und Bewertung der volkswirtschaftlichen Kosten und Nutzen.

7.1.1 Effizienz von Lärmschutzmassnahmen

Die Effizienz einer Massnahme ist definiert als Verhältnis des Outputs einer Aktivität (Resultat) zum Input (eingesetzte Ressourcen).²² Bezogen auf den Lärmschutz kann der Output mit dem durch Lärmschutzmassnahmen erzielten Nutzen, der Input mit den Kosten der Massnahmen gleichgesetzt werden. Der Vergleich von Nutzen und Kosten erlaubt demnach Aussagen zur Effizienz der Massnahmen.

Wie in Kapitel 2.2.3 dargelegt, stellt die Effizienz zugleich das Mass für die wirtschaftliche Tragbarkeit und Verhältnismässigkeit im volkswirtschaftlichen Sinne dar: Die Begriffe „Effizienz“, „wirtschaftliche Tragbarkeit“ und „Verhältnismässigkeit“ werden im Zusammenhang mit unserer Fragestellung damit über das Nutzen- / Kosten- Verhältnis definiert. Die Effizienz einer Massnahme wird demnach im Modell gleichgesetzt mit der volkswirtschaftlichen Tragbarkeit und Verhältnismässigkeit.²³

7.1.2 Effektivität von Lärmschutzmassnahmen

Die Effektivität ist ein Mass für den Zielerreichungsgrad einer Massnahme. Sie bezieht sich auf das Verhältnis zwischen Zielerreichung und Zielvorgabe.²² Aus dem Blickwinkel des Gesetzgebers muss der Beitrag einer Massnahme zur Erreichung der gesetzlichen Ziele Ausgangspunkt einer Interessenabwägung und damit zentrales Beurteilungskriterium sein.

Der Nutzen (oder die Wirkung) der Massnahme wird an den gesetzlichen Zielvorgaben gemessen. Zielvorgabe im Lärmschutz ist die Einhaltung der Belastungsgrenzwerte der LSV. Die Effektivität einer Massnahme zeigt sich darin, welcher Anteil an übermässiger akustischer Belastung (dBA x Einwohner) in einem Projektgebiet vermieden werden kann. Je grösser die übrigbleibende Restbelastung, desto geringer ist die Effektivität der Massnahme.

Mit dem Kriterium der Effektivität wird der Gefahr begegnet, Lärmschutzmassnahmen allein aus dem Blickwinkel der Effizienz zu betrachten. So gibt es Massnahmen, die zwar ein gutes Nutzen- / Kosten- Verhältnis aufweisen, aber eine hohe Restbelastung zurücklassen und damit nur einen Bruchteil des Lärmproblems lösen.

²² Schedler K. 1993: Anreizsysteme in der öffentlichen Verwaltung, Bern

²³ vgl. Kap. 2.2.1: im folgenden nur noch als "wirtschaftliche Tragbarkeit" bezeichnet

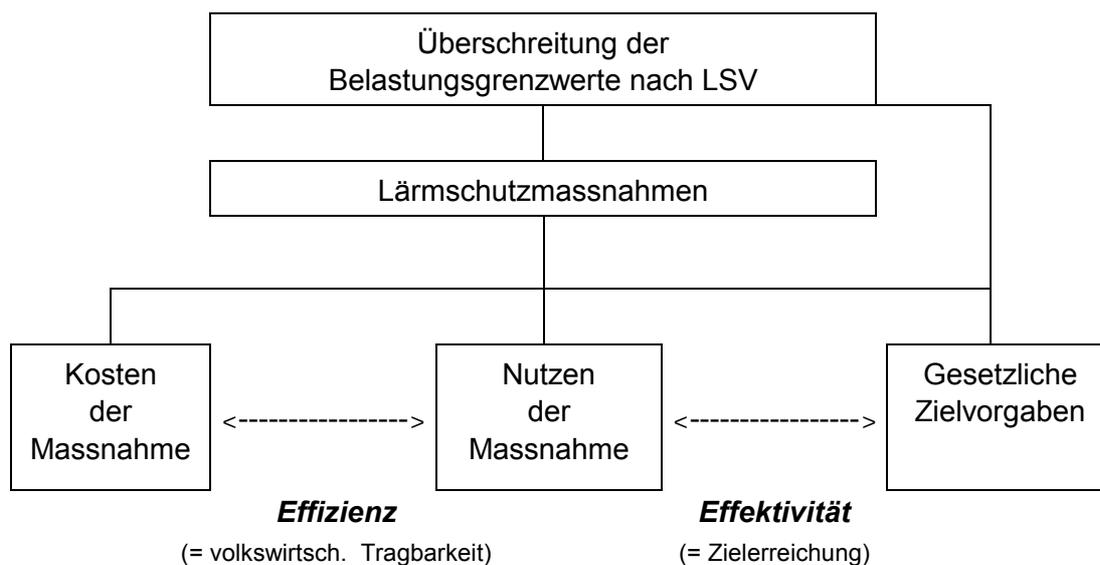


Abbildung 7-1: Effizienz und Effektivität als Beurteilungskriterien für Lärmschutzmassnahmen.

7.1.3 Gültigkeitsbereich

Das Modell ist für alle öffentlichen oder konzessionierten Anlagen, unabhängig von der Art des erzeugten Lärms, anwendbar.

7.1.4 Perimeter

Der Perimeter des Modells ist auf die innerhalb der IGW-Isophone (bei Sanierungen) resp. der PW-Isophone (bei Neuanlagen) liegenden Flächen beschränkt, d.h. auf Gebiete, in welchen die Belastungsgrenzwerte überschritten sind. Für Gebiete, in denen die Belastungsgrenzwerte der LSV im Ausgangszustand eingehalten sind, können mangels akustischer Grunddaten keine volkswirtschaftlichen Kosten des Lärms (Schritt A) ausgewiesen werden. Entsprechend kann für diese Flächen in Schritt B auch der allfällige Nutzen von Lärmschutzmassnahmen nicht berücksichtigt werden.

7.1.5 Berücksichtigte Lärmentlastung

Abbildung 7-2 stellt die Lärmbelastung in Abhängigkeit der Distanz zur Lärmquelle dar: Je grösser die Entfernung zur Lärmquelle, um so kleiner die Lärmbelastung. Durch Lärmschutzmassnahmen verschiebt sich die Lärmbelastungskurve nach unten. Die Differenz der beiden Kurven zeigt die Lärmentlastung infolge der Massnahme und ist zugleich die Basis für die Nutzenberechnung.

Die abgebildete IGW-Isophone bildet die Grenze zwischen Flächen mit (Bereich 1) und ohne (Bereich 2) IGW-Überschreitungen im Ausgangszustand (ohne Massnahmen). Im Modell werden nur die Flächen im Bereich 1 (IGW-Überschreitungen bei Sanierungen resp. PW-Überschreitungen bei Neuanlagen) berücksichtigt.

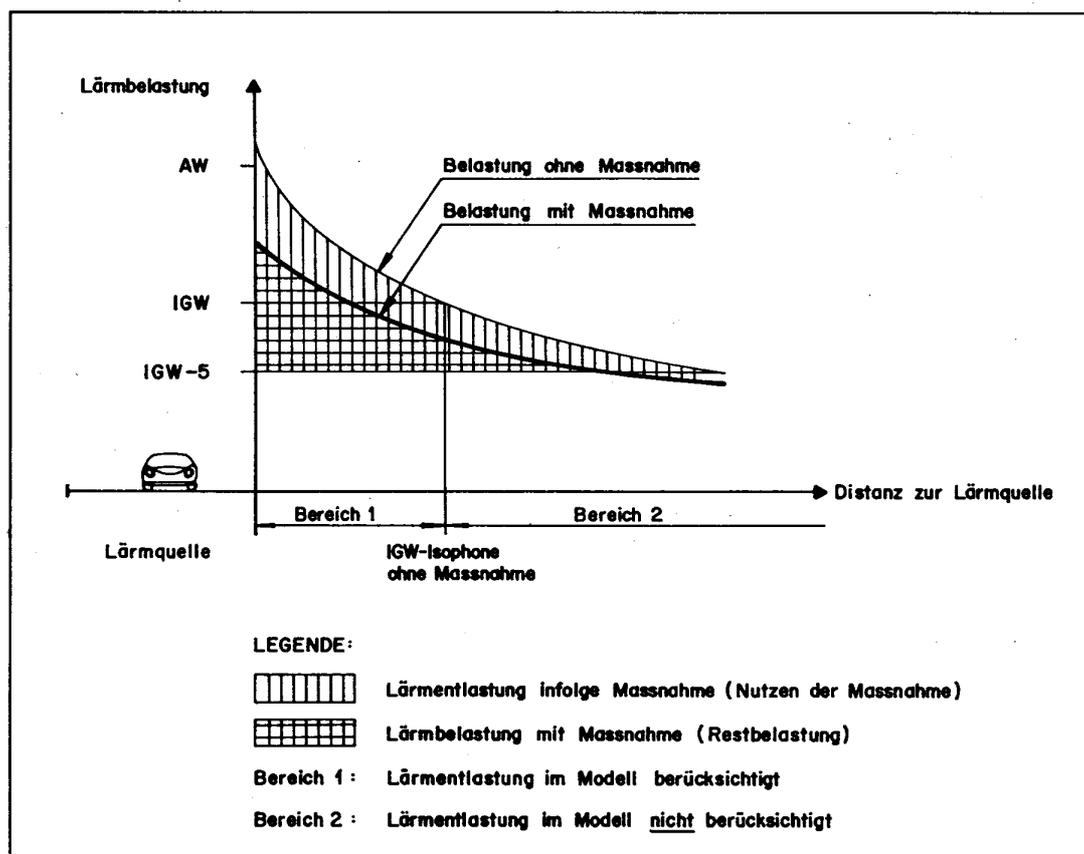


Abbildung 7-2: Im Modell berücksichtigte Lärmreduzierung (Beispiel für Sanierung)

7.1.6 Berücksichtigung des Ausbaugrades

Der Ausbaugrad innerhalb des betrachteten Perimeters mit Grenzwertüberschreitungen hat Auswirkungen auf die Resultate. Im Modell unterschieden werden deshalb die Bruttogeschossflächen der heute bestehenden Bebauung (*effektive BGF*) und die BGF, die bei maximaler Ausnützung des baurechtlich möglichen Ausbaugrad (100 %) vorhanden wäre (*potentielle BGF*).

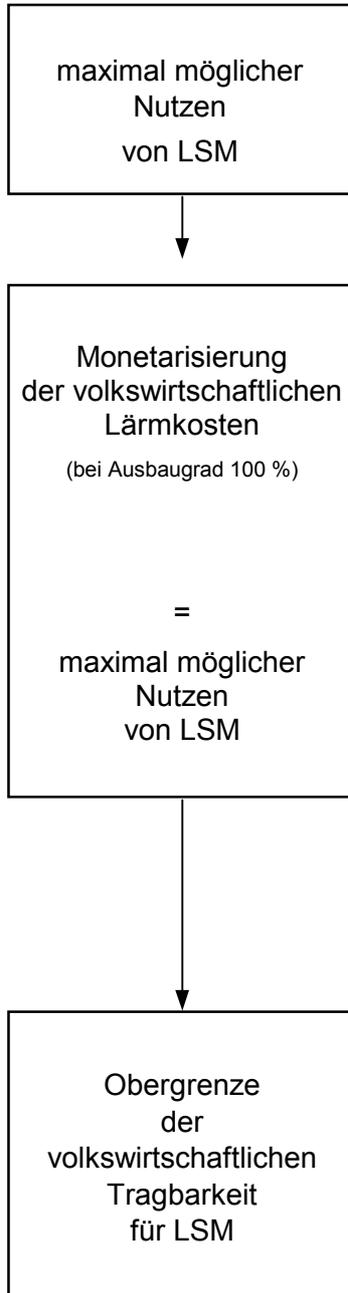
In Schritt A wird die potentielle BGF berücksichtigt. In Schritt B wird der Nutzen von Lärmschutzmassnahmen vorerst für die effektive BGF ermittelt und in einem weiteren Schritt eine Abschätzung des Zusatznutzens aufgrund der potentielle BGF vorgenommen.

7.2 Methodisches Konzept

Das Modell folgt einem *zweistufigen Vorgehen* (vgl. Abb. 7-2), das dem unterschiedlichen Stand und Detaillierungsbedarf der zu beurteilenden Lärmschutzprojekte Rechnung trägt. Unterschieden wird ein Schritt A, der eine Monetarisierung des maximal möglichen Nutzens umfasst, sowie ein Schritt B, der die eigentliche Interessenabwägung erlaubt. Das Modell ist in dem Sinne flexibel, als der Detaillierungsgrad innerhalb der Schritte A und B den verfügbaren Grundlagen, dem Stellenwert des Projekts und dem als vertretbar angesehenen Zeitaufwand angepasst werden kann.

Schritt A:

Monetarisierung des maximal möglichen Nutzens



Schritt B:

Interessenabwägung

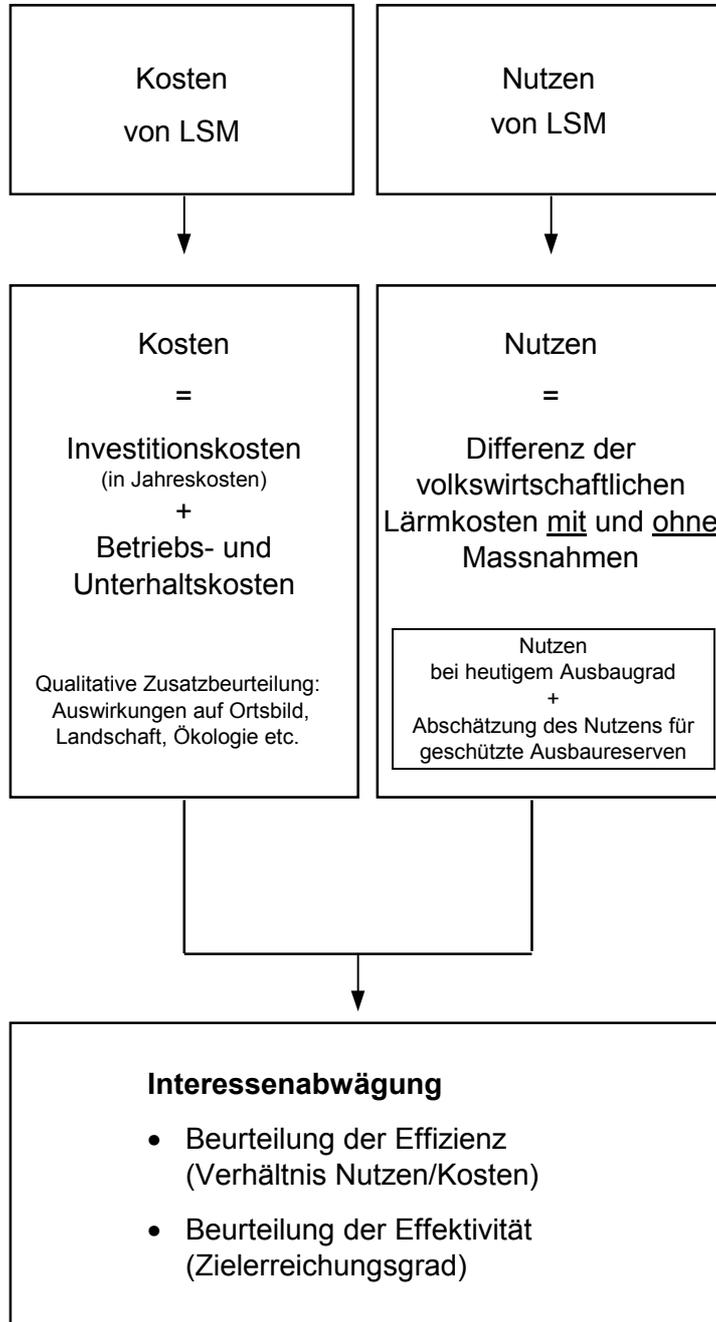


Abbildung 7-3: Vorgehensschritte im Modell: Monetarisierung des maximal möglichen Nutzens (Schritt A) und Interessenabwägung (Schritt B)

Schritt A: **Monetarisierung des maximal möglichen Nutzens**

Ziel von Schritt A ist es, einen ersten Hinweis darüber zu erhalten, in welchen Grössenordnungen sich die Kosten für künftige Lärmschutzmassnahmen bewegen dürfen. *Unabhängig* von konkreten Lärmschutzmassnahmen wird hier der maximal mögliche Nutzen erhoben, der sich durch Lärmschutzmassnahmen erreichen lässt. Dieser Maximalnutzen ist dann erreicht, wenn innerhalb des Gebietes mit Grenzwertüberschreitungen alle Lärmbelastungen unter die definierte Untergrenze der volkswirtschaftlichen Lärmkosten von IGW-5 (Sanierungen) und PW-5 (Neuanlagen) gebracht werden können. Gemäss Definition (vgl. Kapitel 5.2.1) ist der *maximal mögliche* Nutzen identisch mit den volkswirtschaftlichen Kosten des Lärms, die mit Hilfe des hedonistischen Preisbildungsansatzes ermittelt werden können. Basis der Berechnung bilden dabei die Nutzungszonenflächen mit IGW- resp. PW-Überschreitungen.

Die ausgewiesenen volkswirtschaftlichen Kosten lassen sich als *Obergrenze für die volkswirtschaftliche Tragbarkeit des Lärmschutzes* interpretieren. Die so definierte Obergrenze ergibt insofern eine Unterschätzung, als das Mietpreisniveau (und damit die Lärmkosten) bei freiem Wohnungsmarkt höher wären.

Damit sind die Grundlagen geschaffen, um die volkswirtschaftlichen Lärmkosten resp. die Nutzen von Lärmschutzmassnahmen in die rechtlich gebotene Interessenabwägung für die Festlegung der wirtschaftlichen Tragbarkeit und Verhältnismässigkeit im Rahmen der Vorsorge und bei der Gewährung von Erleichterungen einzubeziehen.

Schritt B: **Interessenabwägung**

Ziel von Schritt B ist es, die Effizienz und die Effektivität eines konkreten Lärmschutzprojektes zu beurteilen. Zu diesem Zweck werden die Kosten von Lärmschutzmassnahmen ihrem volkswirtschaftlichen Nutzen gegenübergestellt und die Zielerreichung beurteilt. Damit entspricht Schritt B der rechtlich gebotenen Interessenabwägung für die Festlegung der wirtschaftlichen Tragbarkeit und Verhältnismässigkeit im Rahmen der Vorsorge und bei der Gewährung von Erleichterungen.

Als Kosten werden die in Jahresaufwendungen umgerechneten Investitionskosten sowie allfällige Betriebs- und Unterhaltskosten berücksichtigt. Auf eine detaillierte Bewertung der qualitativen Kosten (Auswirkungen auf Ortsbild- und Landschaftsschutz, Ökologie, Raumplanung, Verkehrssicherheit sowie Wohn- und Erlebnisqualität) wird verzichtet. Diese Kriterien finden im Modell aber in dem Sinne Eingang, als ein Lärmschutzprojekt zu überarbeiten ist, sofern es die obgenannten Schutzkriterien in schwerwiegender Weise beeinträchtigt.

Als Nutzen werden die volkswirtschaftlichen Kosten des Lärms ermittelt, die durch die Massnahmen vermieden werden können (Differenz der Lärmkosten mit und ohne Massnahmen). In Schritt B wird der Nutzen für die bestehende Bebauung berechnet und zusätzlich eine Abschätzung des *Zusatznutzens* vorgenommen, der den vorhandenen Ausbaureserven Rechnung trägt.

Der Vergleich der monetarisierten Kosten und Nutzen erlaubt die Beurteilung der *Effizienz*, die als Mass für die volkswirtschaftliche Tragbarkeit dient. Mit dem Zielerreichungsgrad (*Effektivität*) ist sodann zu beurteilen, welcher Anteil der gesetzlich vorgeschriebenen Schutzwirkung (= 100 %) durch die Lärmschutzmassnahmen erreicht wird.

7.3 Schritt A: Monetarisierung des maximal möglichen Nutzens

7.3.1.1 Berechnungsformel der volkswirtschaftlichen Kosten des Lärms

Die volkswirtschaftlichen Kosten des Lärms ($VK_{Lärm}$) berechnen sich mit dem hedonistischen Preisbildungsansatz nach der folgenden Formel:

$$VK_{Lärm} = \sum BGF_i * g_i * f_i * m$$

Dabei bedeuten:

VK _{Lärm} = Volkswirtschaftliche Kosten des Lärms pro Jahr			
Faktoren des Mengengerüsts:		Faktoren des Wertgerüsts:	
i	Lärmklasse	f _i	Mietpreisfaktor pro Lärmklasse (%-Anteil des Mietpreises pro dBA)
BGF _i	Bruttogeschossfläche pro Lärmklasse (in m ²)	m	Jahresmietpreis pro m ² BGF nach 5 Regionstypen abgestuft
g _i	mittlere Überschreitung der Untergrenze (IGW-5, PW-5) in dBA pro Lärmklasse		

7.3.1.2 Lärmklassen (i)

Um dem unterschiedlichen Immissionsniveau innerhalb der übermässig belärmten Nutzungszonenflächen Rechnung zu tragen, werden im Modell vier Lärmklassen unterschieden. Deren Abgrenzung orientiert sich an den Belastungsgrenzwerten der LSV sowie an der definierten Untergrenze der volkswirtschaftlichen Lärmkosten (IGW-5, PW-5):

Lärmklasse 1	> AW	Alarmwert überschritten
Lärmklasse 2	IGW - AW	Immissionsgrenzwert bis Alarmwert
Lärmklasse 3	IGW-5 - IGW PW - IGW	Immissionsgrenzwert minus 5 dBA bis Immissionsgrenzwert (bei Sanierungen) Planungswert bis Immissionsgrenzwert (bei Neuanlagen)
Lärmklasse 4	PW-5 - PW	Planungswert minus 5 dBA bis Planungswert (nur bei Neuanlagen)

Lärmklasse 4 wird nur bei *Neuanlagen* berücksichtigt. Sie fällt weg bei bestehenden Anlagen, für die gemäss LSV eine Sanierungspflicht erst ab IGW besteht, und ebenso bei wesentlich geänderten Anlagen (LSV Art. 7, 8 und 13).

7.3.2 Bruttogeschossfläche pro Lärmklasse (BGF)

Als Projektperimeter wird die Nutzungszonenfläche mit Grenzwertüberschreitungen berücksichtigt, d.h. alle Flächen innerhalb der IGW-Isophone (bei Sanierungen) resp. der PW-Isophone (bei Neuanlagen). Anschliessend wird für diesen Perimeter aufgrund der baurechtlich vorgegebenen Ausnutzungsziffern pro Nutzungszone die Bruttogeschossfläche (BGF) berechnet.

Erfasst wird nicht nur die BGF für Wohnnutzung, sondern auch die BGF von Arbeitsplatznutzungen und öffentliche Zonen. Arbeitszonen (Büro, Gewerbe, Industrie) sowie Zonen öffentlicher Nutzungen (z.B. Schulen, Spitäler) werden im Modell analog den Wohnnutzungen berücksichtigt, wobei für Gewerbe- und Industrieflächen nur der lärmempfindliche Teil der Nutzungen berücksichtigt wird. Die Korrektur erfolgt über eine reduzierte Ausnutzungsziffer.

7.3.3 Mittlere Überschreitung der Untergrenze (g_i)

Für jede Lärmklassen wird eine durchschnittliche Lärmbelastung angenommen, die dem arithmetischen Mittel zwischen oberer und unterer Klassengrenze entspricht. Die Differenz zur definierten Untergrenze (IGW-5 resp. PW-5) ergibt die mittlere Überschreitung.²⁴

Für bestehende Anlagen (Sanierungen) und Neuanlagen wird ein unterschiedlicher Wert als Untergrenze für die volkswirtschaftlichen Kosten des Lärms angenommen (IGW-5 resp. PW-5). Die massgebende mittlere Grenzwertüberschreitung ist bei Sanierungsprojekten damit gegenüber Neuanlagen generell um 5 dBA tiefer.

7.3.4 Mietpreisfaktor pro Lärmklasse (f_i)

Der Mietpreisfaktor ist das Kernstück der hedonistischen Preisbildung. Er gibt an, um wieviele Prozente der Mietpreis bei einer Veränderung der Lärmbelastung um 1 dBA zu- oder abnimmt. Ausgewiesen wird damit die implizite Zahlungsbereitschaft für das Gut «Ruhe». Aus internationalen (USA, Kanada, Deutschland) und nationalen Studien liegen diverse Erfahrungswerte zum Mietpreisfaktor vor (vgl. Anhang 1).

Untersuchungen belegen, dass die Zahlungsbereitschaft pro dBA Lärmreduktion bei steigendem Einkommen zunimmt. Unter der Annahme, dass Bezüger/innen höherer Einkommen auch in entsprechend teureren Wohnlagen wohnen, wird dieser Einfluss mit dem Mietpreisfaktor bereits berücksichtigt. Nicht berücksichtigt ist dagegen die aus soziopsychologischen Untersuchungen stammende Erkenntnis, dass die Zahlungsbereitschaft pro dBA mit dem Lärmniveau steigt. Beispiel: Eine Lärmreduktion von 71 auf 70 dBA ist mehr „wert“ als eine solche von 61 auf 60 dBA. Diesem Umstand wird mit einem nach Lärmklassen differenzierten Mietpreisfaktor Rechnung getragen.

Aufgrund der Resultate der erwähnten Untersuchungen wird im Modell mit einem Mietpreisfaktor von 0,8 bis 1 % pro dBA gerechnet.

²⁴ Sofern die Belastung pro Lärmklasse genauer bestimmbar ist, wird die tatsächliche Überschreitung der Belastungsgrenzwerte berücksichtigt.

Übertragbarkeit des Mietpreisfaktors auf Nicht-Wohnzonen

Volkswirtschaftliche Kosten des Lärms entstehen nicht nur in Wohngebieten, sondern auch in allen übrigen Bereichen, wo Menschen übermässigem Lärm ausgesetzt sind. Allerdings fehlen bis heute Untersuchungen über lärmbedingte Veränderungen von Mietpreisen in Nicht-Wohnzonen. Wir erachten eine Übertragung des Mietpreisfaktors auf Nicht-Wohnzonen aus folgenden Gründen als vertretbar:

- Mit den *Empfindlichkeitsstufen* wird der unterschiedlichen Lärmsensibilität in Wohn- und Nicht-Wohnzonen Rechnung getragen: Lärmempfindliche Zonen haben tiefere Grenzwerte, was im Modell bei gleicher Lärmbelastung zu einer grösseren mittleren Grenzwertüberschreitung führt.
- In die Modellberechnungen werden nur Flächen mit offensichtlich *lärmempfindlichen Nutzungen* einbezogen. So sind die Industrie- und Gewerbeflächen mit einer stark reduzierten Ausnutzungsziffer zu berücksichtigen, um dem Umstand Rechnung zu tragen, dass hier der lärmempfindliche Nutzungsanteil sehr klein ist. Grundsätzlich gehen wir davon aus, dass für lärmempfindliche Nutzungen in Nicht-Wohnzonen (z.B. Büroarbeitsplätze, Abwartwohnungen in Industriegebieten etc. die gleiche Zahlungsbereitschaft bezüglich Lärmreduktion besteht wie in Wohnzonen.
- Fachexperten²⁵ vertreten aufgrund wissenschaftlicher Erkenntnisse zur Störf Wirkung des Lärms die Meinung, dass Lärmbelastungen am Arbeitsplatz psychomental mindestens gleich gravierend zu beurteilen sind wie im Wohnbereich, weil Wechselbeziehungen bestehen: Wer am Arbeitsplatz erhöhtem Stress durch hohe Lärmbelastung ausgesetzt ist, der reagiert im Wohnbereich, vor allem auch nachts, sensibler auf Lärmstörungen.

Eine zusätzliche Differenzierung des Mietpreisfaktors erscheint daher nicht gerechtfertigt.

7.3.5 Jahresmietzins pro m2 Bruttogeschossfläche (m)

Der Mietpreis liefert bei der hedonistischen Preisbildung die monetäre Basis der volkswirtschaftlichen Kosten des Lärms.

Eine lokale, auf das Projektgebiet bezogene Ermittlung des Mietpreisniveaus ist aus erhebungstechnischen und datenschützerischen Gründen nicht realisierbar. Wir legen deshalb den Berechnungen einen *Einheitsmietpreis* zugrunde, der aufgrund statistischer Erhebungen den durchschnittlichen Mietpreis eines Quadratmeters Bruttogeschossfläche im Wohnbereich widerspiegelt. Wohn- und Gewerbeigentum wird im Modell unabhängig der Eigentumsverhältnisse gleich behandelt wie Mietobjekte.

Die Wohnsituation in der Schweiz, wie sie die eidgenössische Volkszählung 1990 erhoben hat, ist in der Publikation „Wohnen in der Schweiz“²⁶ festgehalten. Der mittlere monatliche Mietpreis über alle Wohnungen in der Schweiz wird dort mit Fr. 10.70 pro m2 Wohnfläche ausgewiesen, was jährlich Fr. 128.40 entspricht²⁷.

Für die Umrechnung der Mietpreise pro Wohnfläche auf solche pro Bruttogeschossfläche (BGF) werden die Angaben von Naegeli/Wenger²⁸ verwendet, der von einem Verhältnis

²⁵ Krüger Helmut, Professor für Hygiene und Arbeitsphysiologie, ETH Zürich, Gespräch vom 9.5.96.

²⁶ Bundesamt für Statistik (BFS): Wohnen in der Schweiz, Bern 1996

²⁷ BFS, op. cit. S 223

²⁸ Naegeli, W./ Wenger H.: Der Liegenschaftenschätzer (Handbuch); Zürich 1997

Wohnfläche = 79% BGF ausgeht. Indexiert auf den Preisstand Mai 1995 (Zuschlag von 25,6%) ergibt sich folgender Mietpreis:

1 m2 BGF pro Jahr (1995)	=	Fr. 127.40
---------------------------------	---	-------------------

Für die Rechnungen im Rahmen des Modells gehen wir davon aus, dass der Jahresmietpreis für eine Büro- oder Dienstleistungsnutzung in öffentlichen sowie in Industrie- und Gewerbebezonen in der gleichen Grössenordnung liegt wie derjenige für das Wohnen; zwar kann die Erstellung von Büroraum etwas billiger erfolgen, die Mietpreise schwanken aber bedeutend mehr als beim Wohnen: Während Büromietpreise vor ein paar Jahren höher lagen, sind sie gegenwärtig tiefer als entsprechende Flächen der Wohnnutzung.

Kontrollrechnung: Eine Wohnung von 90 m2 Wohnfläche (durchschnittliche Grösse einer Wohnung in der Schweiz und Mittel einer 3- bis 4-Zimmerwohnung) entspricht ca. 114 m2 BGF und kostet damit Fr. 14'500.-- pro Jahr oder Fr. 1'210.-- pro Monat.

Für das Modell wird der Jahresmietpreis nach den fünf vom Bundesamt für Statistik BFS ausgeschiedenen Regionentypen²⁹ differenziert (vgl. Karte in Kapitel 8.2, Schritt A.5).

7.3.6 Bsp: Volkswirtschaftliche Lärmkosten in verschiedenen Nutzungszonen

Im folgenden Beispiel für eine Neuanlage werden die volkswirtschaftlichen Kosten des Lärms (Basis PW, für Neuanlage) für drei verschiedene Nutzungszonen (Wohnzone, gemischte Zone, I/G-Zone) gleicher Grösse (1'000 m2 BGF) und mit gleicher Lärmbelastung (mittlere Belastung der Zonenfläche: 72,5 dBA) berechnet. Daraus wird ersichtlich, welchen Einfluss die Nutzungszone auf die Höhe der volkswirtschaftlichen Lärmkosten hat.

Kriterium	Wohnzone	gemischte Zone W/G	Industriezone
Lärmbelastete BGF	1'000 m2	1'000 m2	1'000 m2
davon lärmempfindliche Nutzung	1'000 m2 100 %	1'000 m2 100 %	100 m2 (10 %)
mittlere Lärmbelastung der Zone	72,5 dBA	72,5 dBA	72,5 dBA
Lärmklasse	1 (> AW)	1 (> AW)	2 (IGW-AW)
Massgebender PW	55	60	65
mittlere Überschreitung der Untergrenze (PW-5) in dBA	22,5	17,5	12,5
Mietpreisfaktor	1 %	1 %	0,9 %
Mietpreis pro m2 BGF und Jahr (Durchschnitt CH)	Fr. 127.40	Fr. 127.40	Fr. 127.40
Volkswirtschaftliche Kosten des Lärms pro Jahr	Fr. 28'665.-	Fr. 22'295.-	Fr. 1'433.25

Abbildung 7-4: Vergleich der Lärmkosten für verschiedene Nutzungszonen

²⁹ Unterscheidung nach BFS, op. cit. S. 248, Karte 1

7.4 Schritt B: Kosten-/Nutzen-Vergleich

Im Gegensatz zu Schritt A ist Schritt B auf ein konkretes Lärmschutzprojekt bezogen. Kosten und Nutzen von geplanten Lärmschutzmassnahmen werden erfasst und gegeneinander abgewogen.

7.4.1 Kostenberechnungen für Lärmschutzmassnahmen

Kostenseitig müssen die Aufwendungen für den Lärmschutz in Form von Jahreskosten ermittelt werden. Die Kosten des Lärmschutzes bestehen aus den Investitionskosten (Bau- und Installationskosten, Planungs- und Projektierungskosten, Landerwerbskosten, Verfahrenskosten) sowie den Kosten für Betrieb und Unterhalt.

Die Ermittlung der Jahreskosten wird in Kapitel 8.3.2, Teilschritt B.1, detailliert beschrieben.

7.4.2 Nutzenberechnungen

Der volkswirtschaftliche Nutzen von Lärmschutzmassnahmen berechnet sich mit dem hedonistischen Preisbildungsansatz nach der folgenden Formel:

$$VN_{LSM} = VK_{Lärm\ ohne\ LSM} - VK_{Lärm\ mit\ LSM} = [\sum_{ohne\ LSM} (BGF_i * g_i * f_i) - \sum_{mit\ LSM} (BGF_i * g_i * f_i)] * m$$

Dabei bedeuten:

VN_{LSM}	=	Volkswirtschaftlicher Nutzen pro Jahr entstehend aus der Kostendifferenz zwischen der Situation ohne und mit Lärmschutzmassnahmen (LSM)	
$VK_{Lärm\ ohne\ LSM}$	=	Volkswirtschaftliche Kosten pro Jahr für die Situation ohne Lärmschutzmassnahmen (LSM)	
$VK_{Lärm\ mit\ LSM}$	=	Volkswirtschaftliche Kosten pro Jahr für die Situation mit Lärmschutzmassnahmen (LSM)	
Faktoren des Mengengerüsts:		Faktoren des Wertgerüsts:	
I	Lärmklasse	f_i	Mietpreisfaktor pro Lärmklasse
BGF_i	Bruttogeschossfläche pro Lärmklasse und Situation mit/ohne LSM innerhalb des durch die Lärmisophone begrenzten Perimeters	m	Mittlerer Jahresmietpreis je m ² BGF, nach Regionstypen abgestuft
g_i	Mittlere Überschreitung der Untergrenze (IGW-5, PW-5) in dBA		

Die Definition von Lärmklasse (i), Bruttogeschossfläche (BGF_i), mittlere Überschreitung der Untergrenze (g_i), Mietpreisfaktor (f_i) entspricht derjenigen in Schritt A (vgl. Kapitel 7.3). Das detaillierte Vorgehen ist in Kap. 8.3.2 beschrieben.

Zur umfassenden Beurteilung von Lärmschutzmassnahmen im Sinne der Interessenabwägung werden Effizienz und Effektivität der Massnahmen bewertet:

Die *Effizienz* wird durch das Verhältnis von Nutzen zu Kosten abgebildet. Sie ist definiert als Nutzen pro Franken, der in den Lärmschutz investiert wird. Effizienzbeurteilungen sind vor allem im Vergleich verschiedener Lärmschutzmassnahmen sinnvoll und interessant - sei es

im Vergleich alternativer Massnahmen für das gleiche Projektgebiet oder im Vergleich verschiedener Lärmschutzprojekte in analogen Verhältnissen.

Die *Effektivität* (Grad der Zielerreichung) geht über die rein ökonomisch orientierte Fragestellung hinaus und stellt das Ziel, das mit den Massnahmen erreicht werden soll, in den Mittelpunkt. Auch wenn eine Massnahme einen Nutzenüberschuss ausweist und im Vergleich zu anderen Massnahmen effizient erscheint, bleibt die Frage, in welchem Masse sie ihre beabsichtigte Wirkung - die Einhaltung der Grenzwerte - erreicht. Eine Massnahme ist um so effektiver, je geringer die Restbelastung (übrigbleibende Grenzwertüberschreitungen) ist. Die Restbelastung lässt sich in akustischer (Einwohner x dBA über Grenzwert) oder in monetarisierter Form (übrigbleibende Lärmkosten) ausdrücken.

7.5 Offene methodische Fragen

Die Monetarisierung des Nutzens von Lärmschutzmassnahmen wirft methodische Fragen auf, die Rückwirkungen auf die Aussagekraft der Modellresultate haben. Als heikle Bereiche, die es bei der Interpretation der Resultate zu beachten gilt, sind zu erwähnen:

- *Annahmen und Vereinfachungen:* Um den Nutzen als monetäre Grösse ausweisen und den Kosten gegenüberstellen zu können, zwingt das Modell beim Mengengerüst (z.B. Grenzwertisophonen, Bebauungsdichte u.ä.) und erst recht beim Wertgerüst zu einer Reihe von Annahmen und Vereinfachungen, die Einfluss auf die Höhe des ausgewiesenen Nutzens haben.
- *Grenzen des hedonistischen Preisbildungsansatzes:* Mit der hedonistischen Preisbildung werden Lärmkosten nur soweit erfasst, als sie das Individuum wahrnimmt und in seine Reaktionen auf dem Wohnungsmarkt (Zahlungsbereitschaft für Mietpreis) einfließen lässt. Schleichende volkswirtschaftliche Folgekosten des Lärms (z.B. gesundheitliche Spätfolgen) sind im Ansatz nicht enthalten. Dennoch ist die hedonistische Methode jener Monetarisierungsansatz, der die Lärmkosten am umfassendsten abbildet.
- *Mietpreisfaktor:* Er ist auf der Basis hedonistischer Studien zu Strassenlärm in Wohngebieten von Agglomerationen entwickelt worden, wird aber im Modell generalisiert und auf Nicht-Wohnzonen, ländliche Gebiete und andere Lärmarten übertragen. Dieser methodische Mangel kann erst behoben werden, wenn Resultate von Studien vorliegen, die auch die übrigen Lärmarten und -gebiete einbeziehen. Dies ist derzeit noch nicht der Fall.
- *Beschränkung auf Flächen mit überschrittenen Belastungsgrenzwerten:* Indem das Modell die volkswirtschaftlichen Kosten des Lärms nur für Gebiete mit überschrittenem IGW (resp. PW bei Neuanlagen) erfasst, werden die volkswirtschaftlichen Lärmkosten in Schritt A und der Nutzen von Lärmschutzmassnahmen in Schritt B unterbewertet. Von LSM profitieren nämlich in vielen Fällen auch Gebiete, die ohne Massnahmen nicht über den Grenzwerten liegen.
- *Mietpreisniveau:* Weil es sich beim Wohnungsmarkt in der Schweiz um einen regulierten Markt handelt, wäre das Mietpreisniveau und damit auch der ausgewiesene Nutzen im Falle von freien Preisen (Marktmiete) höher. Die Monetarisierung erfolgt im Modell mittels statistischer Durchschnittsmietpreise.
- *Effektiver Nutzen und Zusatznutzen:* Der Einbezug der noch nicht genutzten Ausbaureserven in erschlossenen Bauzonen führt dazu, dass für Lärmschutzmassnahmen ein

volkswirtschaftlicher Nutzen ausgewiesen wird, der beim heutigen Ausbaugrad noch gar nicht vorliegt. Aus der Sicht des Gesetzgebers rechtfertigt sich der Einbezug des Zusatznutzens, weil die Sanierungspflicht auch für unüberbaute erschlossene Bauzonen gilt. In Schritt B werden effektiver Nutzen und Zusatznutzen jedoch explizit unterschieden.

- *Qualitative Kriterien:* Auf der Kostenseite lassen sich die ästhetischen und ökologischen Beeinträchtigungen, die Lärmschutzmassnahmen zur Folge haben können, nur qualitativ beurteilen. Ein Monetarisierungsansatz für diese Kostenelemente fehlt bisher, was dazu führt, dass die volkswirtschaftlichen Kosten von Lärmschutzmassnahmen im Modell nicht vollständig ausgewiesen werden können. Qualitative Beeinträchtigungen werden im Modell allerdings insofern wirksam, als gravierende Auswirkungen von Lärmschutzmassnahmen bezüglich Ästhetik und Landschaftsbild, Wohnqualität, Ökologie etc. zur Überarbeitung des Projekts führen und damit den Interessen bezüglich Effizienz und Effektivität vorgehen.
- *Nutzenbewertung für Schallschutzfenster:* Für Lärmentlastungen mit Schallschutzfenstern wird der halbe Nutzen berechnet, weil der Fenstereinbau eine Ersatzmassnahme darstellt, die nur den Innenraum bei geschlossenen Fenstern schützt. Die Erfahrungen zeigen, dass der Nutzen von Schallschutzfenstern im Vergleich zu anderen Massnahmen bei den Betroffenen je nach Situation sehr unterschiedlich gewichtet wird und deshalb verallgemeinernd nur schwer zu bewerten ist.

7.6 Beurteilung des Modellansatzes

Mit dem Modell steht ein Instrument zur Verfügung, die wirtschaftliche Tragbarkeit und Verhältnismässigkeit von Lärmschutzmassnahmen aus einer umfassenden volkswirtschaftlichen Optik zu beleuchten. Wesentlich sind dabei die folgenden Aspekte:

- Das Modell stellt den gesetzlichen *Schutzanspruch der Lärmbetroffenen* in den Mittelpunkt. Es erlaubt, den Nutzen des Lärmschutzes in Form von Geldeinheiten auszudrücken und schafft damit ein Gegengewicht zu den grösstenteils bereits in monetärer Form vorliegenden Kosten. Mit der Monetarisierung des Nutzens schafft das Modell eine Basis zur gleichwertigen Gewichtung der Kosten- und Nutzenargumente bei der Beurteilung von Lärmschutzprojekten.
- Wenngleich der gewählte Monetarisierungsansatz für die Nutzen von Lärmschutzmassnahmen noch mit Mängeln und methodischen Problemen behaftet ist, handelt es sich bei der hedonistischen Preisbildung um einen *anerkannten, wissenschaftlich abgestützten Ansatz*.
- Das Modell orientiert sich am *geltenden Lärmschutzkonzept* der Schweiz. Indem es sich auf Gebiete mit überschrittenen Belastungsgrenzwerten beschränkt, nimmt das Modell bewusst in Kauf, dass der Nutzen von Massnahmen unterbewertet wird, stützt sich dafür aber auf eine sichere, politisch und medizinisch anerkannte Basis.
- Das vorgeschlagene Modell stützt sich auf *vorhandene Daten und Informationen*, die für die Anwendung im Modell teilweise aufzuarbeiten und anzupassen sind, aber nicht von Grund auf neu erhoben werden müssen.
- Das Modell erlaubt eine Beurteilung von verschiedenen Lärmschutzvarianten oder Lärmschutzprojekten nach einer *einheitlichen Methodik* und erlaubt damit im Hinblick auf den Vollzug der Lärmschutzverordnung eine Gleichbehandlung aller Schutzbegehren.

- Das zweistufige Vorgehen erlaubt es, den *Detaillierungsgrad* dem Projektstand und den Anforderungen der beurteilenden Instanz anzupassen. Welche Tiefenschärfe die aus dem Modell abzuleitenden Aussagen haben, ist weitgehend abhängig vom Bearbeitungsaufwand, der zur Ermittlung der Kosten und Nutzen betrieben wird.
- Mit dem vorgeschlagenen Modell erhalten Anlagebetreiber, Lärmbetroffene, Finanzgeber, Politiker und Vollzugsbehörden ein Instrument zur Beurteilung der *Effizienz* der eingesetzten Mittel. Das Modell erlaubt es, sowohl übertriebenen Forderungen nach Schutzmassnahmen als auch fragwürdigen Begehren nach Erleichterungen beim Lärmschutz entgegenzutreten.
- Mit der *Effektivität* wird im Modell ein Beurteilungskriterium eingeführt, das die rein ökonomische Betrachtungsweise mit den gesellschaftspolitischen Zielvorstellungen erweitert: Solange rechtlich verbindliche Belastungsgrenzwerte bestehen, muss deren Einhaltung von Staates wegen ein anzustrebendes Ziel sein.

Die Frage des Lärmschutzes darf nicht allein nach den Kosten der Massnahmen und nach den momentanen finanziellen Möglichkeiten beurteilt werden. Das Modell soll in Erinnerung rufen, dass so oder so Kosten entstehen: Entweder Kosten in Form von Franken und Rapen bei denjenigen, die Lärmschutzmassnahmen ergreifen müssen, oder aber "versteckte" Kosten bei denjenigen, die Lärm ertragen müssen oder für die daraus entstehenden Folgekosten aufzukommen haben.

7.6.1 Rechtliche Folgerungen aus dem Modell

7.6.2 Systematische Einordnung

Das Modell ermöglicht mit Schritt A, die volkswirtschaftlichen Kosten des Lärms zu ermitteln, welche durch die vollständige Anordnung der rechtlich grundsätzlich gebotenen Lärmschutzmassnahmen vermieden werden könnten. Diese volkswirtschaftlichen Kosten entsprechen dem volkswirtschaftlichen Nutzen der jeweils in Frage stehenden Schutzvorkehrungen. Der Erfolg des konkret anzuordnenden Lärmschutzes kann in Schritt B sowohl an seiner Effektivität (Zielerreichungsgrad) als auch an seiner Effizienz und damit am erreichbaren monetarisierten volkswirtschaftlichen Nutzen gemessen werden.

7.6.3 Bedeutung für den gesetzlichen Normalfall

Die Vorgaben der verschärften Emissionsbegrenzung (2. Stufe des gesetzlichen Lärmschutzkonzeptes, Art. 11 Abs. 3 USG) statuieren den Grundsatz, dass bei Neuanlagen die Planungswerte (Art. 25 Abs. 1 USG) und bei Sanierungen die Immissionsgrenzwerte (Art. 13 Abs. 2 b LSV) unabhängig von der wirtschaftlichen Tragbarkeit und Verhältnismässigkeit des Schallschutzaufwandes einzuhalten sind.

Das Modell gelangt damit nur und erst zur Anwendung, wenn der Betreiber der Anlage mit einem Ausnahmebegehren Erleichterungen im Sinne von Art. 25 Abs. 2 iV mit Art. 25 Abs. 3 USG (Neuanlagen) oder Erleichterungen nach Art. 17 USG (Sanierungen) beantragt.

7.6.4 Private Anlagen

Erleichterungen können auch für die Sanierung (Art. 17 USG, Art. 14 Abs. 2 LSV) sowie - in beschränkterem Umfang - für neue (Art. 25 Abs. 2 iV mit Art. 25 Abs. 3 USG, Art. 7 Abs. 2 LSV) private Anlagen gewährt werden.

Soweit am Betrieb der privaten Anlage nicht auch ein (wesentliches) öffentliches Interesse besteht, lassen sich Ausnahmen von der Grundregel (vgl. Kap. 7.7.2) indessen nicht rechtfertigen. Zudem besteht - solange ein öffentliches Interesse am Betrieb der Anlage fehlt - auch kein Grund, die Zulässigkeit und das Mass allfälliger Erleichterungen im Rahmen einer umfassenden Interessenabwägung, die öffentliche Anliegen mitberücksichtigt, festzulegen. Diesfalls genügt es vielmehr, eine Verhältnismässigkeitsprüfung im engeren Sinne vorzunehmen und die Zulässigkeit von Erleichterungen aus einer rein betriebswirtschaftlichen Optik an einem gesunden Standardunternehmen der Branche zu messen (vgl. Anhang 5, S. 28f). Soweit für private Anlagen, an deren Betrieb kein besonderes öffentliches Interesse besteht, Erleichterungen überhaupt zulässig sind, trägt das Modell deshalb kaum zur Entscheidungsfindung bei. Es ist in diesen Fällen deshalb nicht anzuwenden.

Je mehr eine private Anlage dagegen auch öffentlichen Interessen (vgl. dazu auch Art. 7 Abs. 2 LSV) dient, desto wichtiger wird auch die Bedeutung des Modells für die Gewährung von Erleichterungen (vgl. Ziff. 4 hienach). Wer Erleichterungen mit der Begründung bejaht, sie seien im öffentlichen Interesse geboten, muss auch bereit sein, von einer ausschliesslich betriebswirtschaftlichen auf eine zunehmend volkswirtschaftliche Betrachtungsweise umzuschwenken. Auch für nicht konzessionierte private Anlagen, an deren Betrieb ein überwiegendes oder grosses öffentliches Interesse besteht, ist das Modell deshalb bei der Gewährung von Erleichterungen anzuwenden.

7.6.5 Erleichterungen bei öffentlichen oder konzessionierten Anlagen

Das Modell dient vorab der Beurteilung von Erleichterungsbegehren bei Neuanlagen (Art. 25 Abs. 2 und 3 USG, Art. 7 ff USG) oder Sanierungen (Art. 17 USG, Art. 13 ff LSV) von öffentlichen oder konzessionierten Anlagen und betrifft damit die in der Praxis weitestgehendsten Lärmquellen. Dazu gehören nach dem Gesagten auch private Anlagen, an deren Betrieb ein überwiegendes oder grosses öffentliches Interesse besteht (vgl. Kap. 7.7.3).

Das Modell ist Ausdruck der in diesen Fällen gebotenen Abwägungen zwischen den betroffenen unterschiedlichen privaten und öffentlichen Interessen. Es ermöglicht eine Optimierung zwischen Aufwand und Ertrag, indem die Kosten eines Lärmschutzprojektes dem daraus resultierenden, monetarisierten volkswirtschaftlichen Nutzen gegenübergestellt werden können.

7.6.6 Vorsorge

Auch das Mass der Vorsorge bemisst sich - bei der Neuanlage oder bei der Sanierung öffentlicher oder konzessionierter Anlagen - aufgrund einer Abwägung zwischen unterschiedlichen privaten und öffentlichen Interessen (Art. 11 Abs. 2 USG, Art. 7 Abs. 1a LSV, Art. 13 Abs. 2a LSV). Auch insofern ist das Modell demnach grundsätzlich geeignet, Aussagen über die Optimierung von Kosten und Nutzen zu machen. In der Praxis ist dem Modell aber im Rahmen der Vorsorge eine wesentlich geringere Bedeutung beizumessen als bei der Gewährung von Erleichterungen. Das Mass der Vorsorge wird bei Neuanlagen weitgehend durch die Planungswerte (Art. 7 Abs. 1b LSV) und bei Sanierungen durch die Immissionsgrenzwerte (Art. 13 Abs. 4b LSV) bestimmt. Weitergehende Vorsorgemassnahmen sind

kaum die Regel. Sie dürften - schon aus Kostengründen - einzig in besonderen Fällen aufgrund einer eigentlichen Modellrechnung angeordnet werden.

Damit ist gesagt, dass sich das Modell angesichts seines systematischen Aufbaus grundsätzlich auch für die Festlegung des Masses der Vorsorge eignet, in der Praxis aber nur in besonderen Fällen bedeutsam werden dürfte.

8 Detaillierte Vorgehensschritte

8.1 Grundsätze

8.1.1 Allgemein

<i>Perimeter</i>	Das Modell berücksichtigt alle Flächen mit Grenzwertüberschreitungen gemäss LSV (IGW bei Sanierungen, PW bei Neuanlagen).
<i>Untergrenze der volkswirtschaftlichen Kosten</i>	Als Untergrenze für die Entstehung volkswirtschaftlicher Kosten von Lärm wird eine Lärmbelastung definiert, die 5 dBA unter den massgebenden Belastungsgrenzwerten gemäss LSV liegt (IGW-5 bei Sanierungen, PW-5 bei Neuanlagen).
<i>Bauten ausserhalb der Bauzone</i>	Bei Bauten ausserhalb der Bauzone (z.B. Landwirtschaftszonen) wird in Schritt A die Bruttogeschossfläche (BGF) des Wohnanteils berücksichtigt, da in derartigen Zonen in der Regel eine Bautätigkeit nur unter bestimmten Voraussetzungen zugelassen und keine Ausnützungsziffer festgesetzt wird.
<i>Schiessanlagen mit Pegelkorrektur $K < -15$</i>	Gemäss Lärmschutzverordnung (Anhang 7, Abschnitt 2) gelten für den Lärm von Schiessanlagen mit einer Pegelkorrektur von $K < -15$ keine Alarmwerte. Für solche Anlagen entfallen Massnahmen nach Art. 15 LSV (Schallschutzfenster). Ungeachtet dieser Ausnahmeregelung werden die betroffenen Gebäude entsprechend ihrer effektiven Lärmbelastung in die Auswertung miteinbezogen.

8.1.2 Schritt A

<i>Massgebende Periode für Definition der Isophonen</i> <i>Isophonen:</i> <i>Berücksichtigung bestehender Bebauung</i>	Die Grenzwertisophonen werden für diejenige Periode (Tag/Nacht) definiert, welche die höhere Grenzwertüberschreitung aufweist. Beim Bestimmen der Grenzwertisophonen wird die Hinderniswirkung durch die bestehende Bebauung automatisch berücksichtigt. In noch unüberbauten Gebieten fehlt diese Wirkung. Das heisst, dass die belärmte Nutzungszonenfläche grösser ausfällt als mit Bebauung und damit die potentiell belärmte BGF überbewertet wird.
<i>Ermittlung von BGF mit Alarmwert-überschreitungen</i>	Bei <i>Punktquellen</i> wie Industrie- und Schiessanlagen wird die AW-Zonenfläche wie für die IGW-Überschreitung erhoben und mit der Ausnützungsziffer multipliziert. Bei <i>Linienquellen</i> wie Eisenbahn- und Strassenanlagen würde eine Berechnung der AW-Zonenfläche zu Ungenauigkeiten führen. Deshalb wird hier direkt die Gebäudegrundfläche erhoben und mit der Anzahl Geschosse multipliziert.

*Ausbaureserven mit
Grenzwertüberschrei-
tungen*

8.1.3 Schritt B

In Schritt B ist die durch Lärmschutzmassnahmen mitgeschützte Ausbaureserve (baurechtlich zulässige, aber noch nicht genutzte BGF) mit vernünftigem Aufwand nicht genau ermittelbar. Der Nutzen für die Ausbaureserve, im folgenden als **Zusatznutzen** bezeichnet, wird in Analogie zur Schutzwirkung in der heute bebauten Zonenfläche abgeschätzt.

Infolge der Lärmschutzmassnahmen besteht insbesondere bei mehrstöckigen Gebäuden in der Regel ein beträchtlicher Unterschied zwischen den Lärmimmissionen in den einzelnen Stockwerken. In den meisten Fällen vermag eine Lärmschutzwand das unterste Geschoss soweit zu schützen, dass der Immissionsgrenzwert eingehalten werden kann; im obersten Geschoss hingegen kann oftmals am gleichen Gebäude keine nennenswerte Wirkung nachgewiesen werden.

Das hat zur Folge, dass im genannten Fall eine Grenzwertisophone für das exponierteste Geschoss die Schutzwirkung im Bereich der unteren Geschosse nicht nachweist und somit für die betrachtete Lärmschutzmassnahme fälschlicherweise kein Nutzen ausgewiesen werden kann. In Schritt B kann für den Zustand mit Lärmschutz nur die tatsächlich vorhandene BGF mit Grenzwertüberschreitungen ermittelt werden (stockwerkbezogene Betrachtung).

8.2 Schritt A: Monetarisierung des maximal möglichen Nutzens

8.2.1 Übersicht: Teilschritte A.1 - A.5

Tätigkeit	Datengrundlage	Aufwand in Tagen [*]	Probleme, Bemerkungen
Ermittlung der akustischen Belastung			
A.1	Bestimmen der Grenzwertisophonon	Lärmkataster, Lärmstudien	ca. 2 - 4 Tage nicht berücksichtigt: Hinderniswirkung; nicht ausgeschöpfte Stockwerkzahl; GW-Überschreitungen ausserhalb Perimeter Bei AW-Überschreitung: Gebäude- statt Zonenflächen Annahme: Ausbaugrad der unbebauten erschlossenen Bauzone = 100 % Mittlere Überschreitung der definierten Untergrenze: IGW-5 (Sanierungen), PW-5 (Neuanlagen)
A.2	Berechnen der Nutzungszonenfläche mit Grenzwertüberschreitungen	Zonenplan	
A.3	Berechnen der Bruttogeschossfläche (BGF) mit Grenzwertüberschreitungen (bei Vollausbau)	Zonenplan, Planungs und Baureglement	
A.4	Berechnen der akustischen Belastung (in dBA*BGF)	Modellvorgabe	
Monetäre Bewertung			
A.5	Berechnen der volkswirtschaftlichen Kosten des Lärms (in Fr.) = maximal möglicher Nutzen von LSM	Teilschritt A.4; vorgegebener Mietpreisfaktor und Mietpreis	ca. 1/2 Tag Unter der Annahme, dass keine Lärmbelastung mehr über IGW-5 resp. PW-5 besteht, stellt das Resultat eine Obergrenze für die volkswirtschaftliche Tragbarkeit von LSM dar.

Tabelle 8-1: Schritt A: Monetarisierung des maximal möglichen Nutzens

* Bearbeitungsaufwand: Vage Schätzung für ein Strassensanierungsprojekt von rund 1 km Länge. Der Zeitaufwand kann je nach Projekt und verfügbaren Daten stark variieren.

8.2.2 Vorgehensschritte im einzelnen

A.1 Bestimmen der Grenzwertisophonen

Prinzip

Für die Zuordnung zu den Lärmklassen sind die Isophonen des Immissionsgrenzwertes und des Alarmwertes zu bestimmen, bei Neuanlagen zusätzlich diejenigen des Planungswertes. Bei Linienquellen ist die Bestimmung der AW-Isophone nicht zwingend erforderlich.

Isophonen grenzen die Nutzungszonenflächen mit entsprechenden Grenzwertüberschreitungen ab, d.h. innerhalb dieser Fläche (zwischen Lärmquelle und Isophone) wird davon ausgegangen, dass der jeweils massgebende Belastungsgrenzwert überschritten wird.

Bei Linienquellen (Strasse, Bahn) in überbauten Bauzonen sind Gebäude mit AW-Überschreitungen gesondert auszuscheiden: Die BGF wird direkt über die Gebäudefläche ermittelt. Bei Linienquellen in unüberbauten Bauzonen werden AW-Überschreitungen gleich wie IGW-Überschreitungen behandelt, also rechnerisch der Lärmklasse 2 zugeordnet.

Detailliertes Vorgehen

Vorerst werden die Beurteilungspegel der exponiertesten Beurteilungspunkte (i.d.R. oberstes Geschoss) aus dem Lärmbelastungskataster in die Plangrundlagen übertragen, falls die entsprechenden Angaben nicht bereits aus den Plänen hervorgehen (z.B. Lärmkataster der SBB). Die Entscheidung, ob die Tag- oder Nachtwerte verwendet werden, hängt davon ab, in welcher Periode die Grenzwertüberschreitungen mehrheitlich höher liegen. Bevor die Grenzwertisophonen gelegt werden können, muss die Empfindlichkeitsstufe der einzelnen Nutzungszonen bekannt sein; diese können dem Baureglement und/oder dem Nutzungszonenplan der betroffenen Gemeinde entnommen werden. Die Empfindlichkeitsstufen werden vorzugsweise in den Plangrundlagen farblich markiert, anschliessend können die Grenzwertisophonen definiert werden.

Datengrundlage

Die Basis für die Ermittlung der Grenzwertisophonen bildet bei Sanierungsprojekten der Lärmbelastungskataster. Grobkatasterdaten sind nicht verwendbar. Bei Neuanlagen ist eine detaillierte Lärmstudie (Lärmprognose) für das Bauvorhaben erforderlich, mit Immissionsermittlungen bis hinunter auf den Planungswert. Plangrundlagen weisen vorzugsweise einen Massstab von 1:2'000 oder 1:1'000 auf.

Das Festlegen der Grenzwertisophonen aus den Katasterdaten verlangt akustisches Basiswissen und minimale Kenntnisse der lokalen Situation, besonders der Topographie (Lärmausbreitung, Schallhindernisse). Nach Bedarf ist ein Akustiker (vorzugsweise Bearbeiter des betreffenden Lärmbelastungskatasters) beizuziehen.

Standardwerte

Schwierigkeiten/
Bemerkungen

Massgebende Belastungsgrenzwerte nach LSV

Zulässige Stockwerkzahl (Gebäudehöhe) nicht ausgeschöpft

Nützt die bestehende Bebauung die nach Baureglement zugelassene Gebäudehöhe bzw. Anzahl Geschosse nicht aus (z.B. zweistöckige Gebäude in einer Wohnzone W4), kann der Fall eintreten, dass die effektive Bebauung (z.B. 2geschossig) keine Grenzwertüberschreitungen aufweist, die nach Baureglement mögliche Bebauung (z.B. 4geschossig) jedoch Grenzwertüberschreitungen aufweisen würde. In einem derartigen Fall ist die Isophone für die nach Baureglement mögliche Gebäudehöhe zu definieren. Die dazu erforderliche Berechnung der Lärmbelastung in den obersten Geschossen muss unter Umständen - falls sie nicht von benachbarten Gebäuden mit gleicher Höhe abgeleitet werden kann - in Zusammenarbeit mit dem Akustiker erfolgen (vgl. Abb. 8-1).

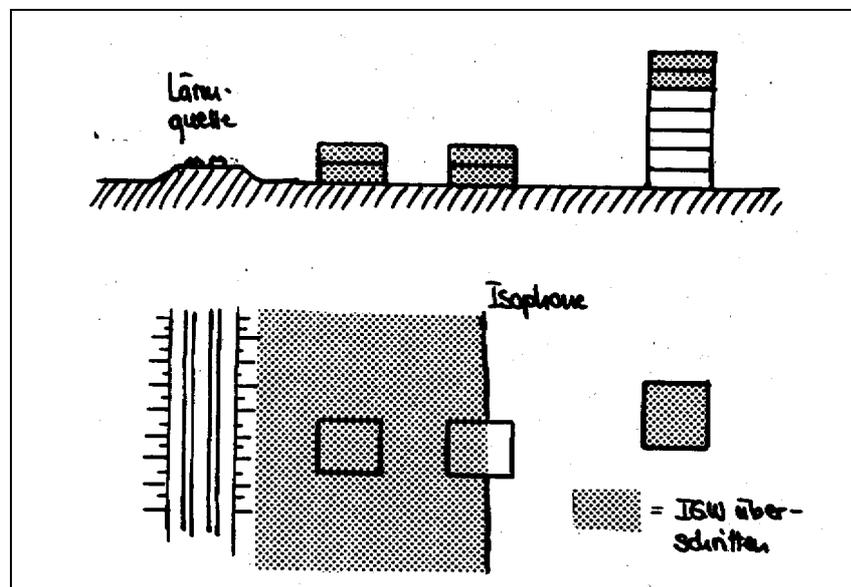


Abbildung 8-1: Einfluss der Gebäudehöhe auf die Grenzwertisophonen

Hinderniswirkung

Ein bestehendes Hindernis kann bei mehrstöckigen Gebäuden dazu führen, dass die Lärmbelastung der einzelnen Geschosse stark variiert. So wird z.B. durch eine Böschung das Erdgeschoss abgeschattet, während die obersten Geschosse dem Lärm voll ausgesetzt bleiben. Bei der Definition der Isophone ist die höchste Lärmbelastung des jeweiligen Gebäudes massgebend (in der Regel das oberste Geschoss), was in der Folge zu einer Überschätzung der ermittelten BGF und der Lärmkosten führt. Diese liegt allerdings im Rahmen der Genauigkeit des Schrittes A (vgl. Abb. 8-2).

Grenzwertüberschreitung ausserhalb der GW-Isophonen

Die Grenzwertisophonen sind in Abhängigkeit der nach Baureglement zulässigen Nutzungszonen definiert. Es gibt Fälle, in denen sich *ausserhalb* der Isophonen-Flächen zusätzliche Gebäude mit Grenzwertüberschreitungen befinden. Dies trifft z.B. für Hochhäuser zu, welche die vorliegende Bebauung überragen und in den obersten Stockwerken ebenfalls Grenzwertüberschreitungen aufweisen (könnte auch bei einer entfernteren Hangbebauung zutreffen). In diesem Fall wird die Bruttogeschossfläche dieser Gebäude anhand der Grundfläche und der Anzahl Geschosse mit Grenzwertüberschreitung (im Zweifelsfall das gesamte Gebäude) bestimmt.

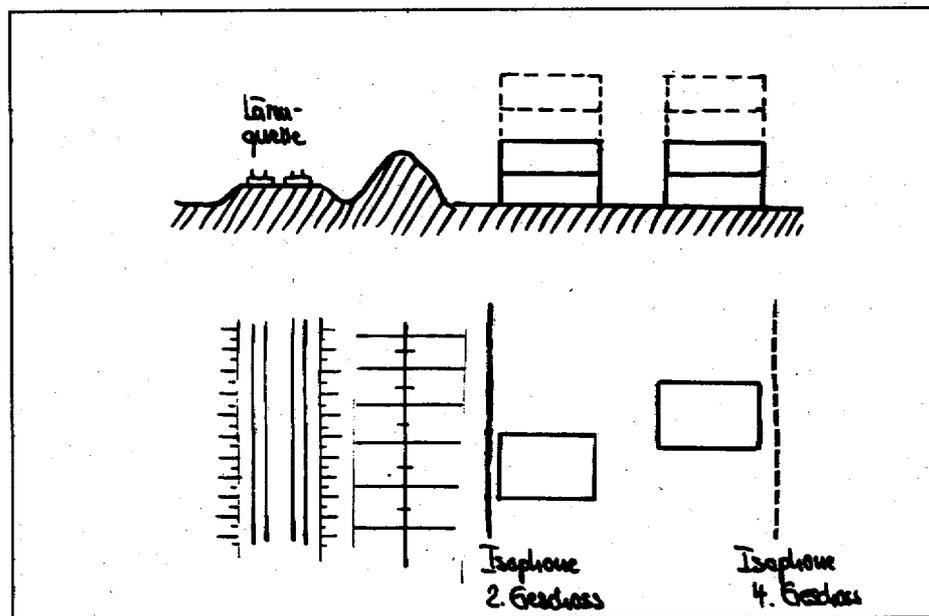


Abbildung 8-2: Grenzwertüberschreitungen ausserhalb der GW-Isophonen

A.2 Berechnen der Nutzungszonenflächen pro Lärmklasse

Prinzip

Die Modellrechnung berücksichtigt Nutzungszonenflächen, auf denen die geltenden Belastungsgrenzwerte überschritten werden. Diese umfassen bebaute und unbebaute Gebiete.

- Bei *bestehenden und geänderten Anlagen* ist die Fläche der bebauten Bauzone sowie die Fläche der unbebauten, aber erschlossenen Bauzone massgebend.
- Bei *Neuanlagen* ist die Fläche der gesamten Bauzone inklusive der unbebauten, nicht erschlossenen Bauzone massgebend.

Fläche mit Grenzwertüberschreitungen pro Nutzungszone und Lärmklasse (erschlossene Bauzone)
X
Ausnützungsziffer (baurechtlich festgelegte AZ)
=
Bruttogeschossfläche (BGF) mit Grenzwertüberschreitungen (Annahme: Ausbaugrad = 100 %)

Das im folgenden beschriebene Vorgehen kann am Beispiel in *Anhang 2, Schritt A* (Sanierungsprojekt Kantonsstrasse Aarwangen) nachvollzogen werden.

Für jede Nutzungszonenfläche wird die Anzahl übermässig belärmter m² aus Schritt A.2 (Kolonne 3) übernommen und mit der nach Baureglement massgebenden Ausnützungsziffer (Kolonne 4) multipliziert. Daraus ergibt sich die gesamte über dem IGW (resp. PW) belastete Bruttogeschossfläche bei maximalem Ausbau (Kolonne 5).

Aufteilung dieser Flächen auf die Lärmklassen 1 und 2: Die Bruttogeschossflächen über dem AW (Lärmklasse 1) sind in Schritt A.1 (Kolonne 6) gesondert berechnet worden. Die Fläche von Lärmklasse 2 mit einer Lärmbelastung zwischen IGW und AW (Kolonne 7) ergibt sich damit als Differenz zwischen Kolonne 5 und 6. Das noch nicht realisierte Ausbaupotential ist damit (für Lärmbelastungen über dem IGW) rechnerisch in der Lärmklasse 2 konzentriert.

Datengrundlage

Für die m² Nutzungszonenfläche (bzw. die Gebäudeflächen bei AW-Überschreitungen von Linienquellen): Schritt A.2.

Für die Ausnützungsziffern: Baureglement der betreffenden Gemeinde; sind daraus die notwendigen Ausnützungsziffern nicht erkennbar, kann mit Standardwerten gerechnet werden.

Standardwerte

Für den Fall nicht verfügbarer Daten sind folgende Ausnützungsziffern einzusetzen:

AZ für Wohn- und gemischte Zonen (W und WG):

1geschossig	0,3
2geschossig	0,5
3geschossig	0,7
4geschossig	0,8

AZ für Arbeitsplatzzonen:

G	0,1
I	0,05

In den Ausnützungsziffern für Gewerbe- und Industriezonen ist berücksichtigt, dass nur ein geringer Anteil dieser Zonen für lärmempfindliche

Nutzungen vorgesehen ist (Annahmen: G-Zone 20 %, I-Zone 10 % der baurechtlich zulässigen BGF).

*Schwierigkeiten/
Bemerkungen*

Effektiv und potentiell belärmte Flächen

Unbebaute Bauzonen werden in Schritt A gleich behandelt wie bebaute. Die Annahme eines Ausbaugrades von 100% zur Berechnung der BGF ist aus Sicht der Lärmgesetzgebung deshalb angebracht, weil die Belastungsgrenzwerte für die erschlossene Bauzone (Sanierung bestehender Anlagen) resp. für die gesamte Bauzone (Neuanlagen) gelten. Ausbaureserven stellen ein volkswirtschaftliches Potential dar, das ebenfalls Anspruch auf Lärmschutz hat.

Linien- und Punktquellen

Für die Bestimmung der über dem Alarmwert belärmten BGF (LK1) müssen in Schritt A zwei Fälle unterschieden werden:

- *Linienquellen* (Strasse und Bahn) weisen oft nur in einem sehr eng begrenzten Korridor Alarmwertüberschreitungen auf, entsprechend häufig sind davon nur die exponiertesten Fassaden der ersten Gebäudereihe betroffen. Eine Grenzwertisophone würde hier lediglich einen schmalen Nutzungszonenstreifen mit Alarmwertüberschreitungen definieren. Einerseits hätten relativ geringe Fehler beim Definieren der Isophone einen unverhältnismässig grossen Fehler bei der Ermittlung der belasteten Nutzungszonenfläche zur Folge, andererseits bestünde die Gefahr einer Unterschätzung der BGF mit Alarmwertüberschreitungen, weil bei der Umrechnung der ermittelten Nutzungszonenfläche in potentielle BGF nur ein sehr kleiner Teil der betroffenen Gebäude in die Auswertung miteinbezogen würde. Deshalb wird in Schritt A die BGF mit Alarmwertüberschreitungen bei Linienquellen direkt über die bestehende Bebauung ermittelt. Folglich kann bei Linienquellen über dem AW nur die effektive, nicht aber die potentielle BGF (bei Ausbaugrad 100 %) ermittelt werden.
- Im Gegensatz dazu sind bei *Punktquellen* (Schiessanlagen, Industrie- und Gewerbeanlagen) in der Regel nicht schmale Streifen von Nutzungszonenflächen, sondern grössere, in engerem Raum zusammenhängende Flächen über dem Alarmwert belärmt. Hier kann die potentielle BGF problemlos über die innerhalb der Alarmwertisophone liegende Nutzungszonenfläche ermittelt werden.

A.4 Berechnen der akustischen Belastung

Prinzip

Die akustische Belastung wird mit dem Produkt mittlere Überschreitung der Untergrenze (dBA) mal Bruttogeschossfläche (m² BGF) ausgewiesen. Ihr Mass ist dBA*m² BGF.

Für jede Lärmklasse ist die mittlere Überschreitung der Untergrenze (Sanierungen IGW-5, Neuanlagen PW-5) massgebend.

Tag

Empfindlichkeitsstufe (Belastungsgrenzwerte tags)	Mittlere Überschreitung von IGW-5 (Sanierungen) resp. PW-5 (Neuanlagen) in dBA (Tag)							
	Lärmklasse 1 > AW		Lärmklasse 2 IGW – AW		Lärmklasse 3 IGW-5 - IGW resp. PW - IGW		Lärmklasse 4 PW-5 - PW	
	Neuanlage ab PW-5	Sanierung ab IGW-5	Neuanlage ab PW-5	Sanierung ab IGW-5	Neuanlage ab PW-5	Sanierung ab IGW-5	Neuanlage ab PW-5	Sanierung ab IGW-5
I Erholungszonen (PW: 50, IGW: 55, AW 65)	25	20	15	10	7,5	2,5	2,5	-
II Wohnzonen (PW: 55, IGW: 60, AW 70)	22,5	17,5	15	10	7,5	2,5	2,5	-
III Wohn-/Gewerbezone (PW: 60, IGW: 65, AW 70)	17,5	12,5	12,5	7,5	7,5	2,5	2,5	-
IV Industriezone (PW: 65, IGW: 70, AW 75)	20	10	12,5	7,5	7,5	2,5	2,5	-

Nacht

Empfindlichkeitsstufe (Belastungsgrenzwerte nachts)	Mittlere Überschreitung von IGW-5 (Sanierungen) resp. PW-5 (Neuanlagen) in dBA (Nacht)							
	Lärmklasse 1 > AW		Lärmklasse 2 IGW – AW		Lärmklasse 3 IGW-5 - IGW resp. PW - IGW		Lärmklasse 4 PW-5 - PW	
	Neuanlage ab PW-5	Sanierung ab IGW-5	Neuanlage ab PW-5	Sanierung ab IGW-5	Neuanlage ab PW-5	Sanierung ab IGW-5	Neuanlage ab PW-5	Sanierung ab IGW-5
I Erholungszonen (PW: 40, IGW: 45, AW 60)	30	25	17,5	12,5	7,5	2,5	2,5	-
II Wohnzonen (PW: 45, IGW: 50, AW 65)	27,5	22,5	17,5	12,5	7,5	2,5	2,5	-
III Wohn-/Gewerbezone (PW: 50, IGW: 55, AW 65)	22,5	17,5	15	10	7,5	2,5	2,5	-
IV Industriezone (PW: 55, IGW: 60, AW 70)	20	15	15	10	7,5	2,5	2,5	-

Tabelle 8-2: Mittlere Überschreitungen der definierten Untergrenze (IGW-5, PW-5) in dBA tags (oben) und nachts (unten)

Detailliertes Vorgehen Für jede Nutzungszone wird die Zuordnung zur Empfindlichkeitsstufe und Lärmklasse aus Schritt A.3 übernommen. Die ausgewiesenen m^2 BGF je Lärmklasse und Empfindlichkeitsstufe (Anhang 2: Kolonne 6 und 7) werden mit der entsprechenden mittleren Überschreitung der Untergrenze (vgl. Tabelle 8-2) multipliziert. Resultat: Akustische Belastung in Anzahl $dB A \cdot m^2$ BGF je Lärmklasse (Kolonne 8 und 9).

Die mittlere Überschreitung der Untergrenze (IGW-5, PW-5) wird pro Lärmklasse als Differenz zum arithmetischen Mittel zwischen Ober- und Untergrenze der Lärmklasse bestimmt (Annahme: lärmempfindliche Gebäude sind innerhalb der Lärmklasse gleichmässig verteilt).

Da für die Lärmklasse 1 (AW-Überschreitungen) die obere Klassengrenze nicht bestimmt ist (maximal möglicher Wert = Quellenwert der Lärmemission), nehmen wir vereinfachend und aufgrund von Erfahrungsdaten³⁰ eine Obergrenze von generell 75 $dB A$ tags und 70 $dB A$ nachts an. Die für die mittlere Lärmbelastung ergibt sich somit als arithmetisches Mittel von Alarmwert und 75 $dB A$ resp. 70 $dB A$.

Berechnungsbeispiel für Wohnzone:

Massgebende Beurteilungsperiode:	Tag
Empfindlichkeitsstufe:	II
Lärmbelastung:	Lärmklasse LK 2 (IGW - AW)
mittlere Lärmbelastung LK 2:	65 $dB A$ (arithm. Mittel IGW - AW)
Untergrenze (für Sanierung: IGW-5):	55 $dB A$
mittlere Überschreitung der Untergrenze:	10 $dB A$

Datengrundlage Massgebende Belastungsgrenzwerte: PW, IGW und AW gemäss LSV, Anhang 3, 4, 5, 6, 7, 8.

A.5 Berechnen der volkswirtschaftlichen Kosten des Lärms

Prinzip Ausgangspunkt ist ein mittlerer Mietpreis pro m^2 BGF und Jahr; pro Dezibel mittlere Überschreitung der Untergrenze wird ein Wertverlust in Prozent des Mietpreises (abgestuft nach Lärmklasse) in Rechnung gestellt (Mietpreisfaktor).

Detailliertes Vorgehen Die akustische Belastung ($dB A \cdot m^2$ BGF) aus Schritt A.4 wird mit dem Mietpreisfaktor (pro $dB A$ über IGW-5, PW-5) und mit dem Jahresmietpreis (pro m^2 BGF) multipliziert. Die Summe dieser Kosten über alle Lärmklassen entspricht den alljährlich anfallenden volkswirtschaftlichen Kosten des Lärms für das betrachtete Gebiet.

Datengrundlage Für die Lärmbelastung ($dB A \cdot m^2$ BGF): Schritt A.4

³⁰ Der Anteil der Wohnungen mit Lärmbelastungen über 75 $dB A$ ist relativ unbedeutend. Er macht in der Schweiz beim Schienen- und Strassenverkehr weniger als 1 % der Gesamtzahl an Wohnungen mit Lärmbelastungen über 55 $dB A$ aus. Vgl. Infraconsult AG 1992: Soziale Kosten des Verkehrslärms, EVED, Bern 1992, S. IV/IV.

Standardwerte

Mietpreisfaktor, differenziert nach Lärmklassen:

Lärmklasse	Mietpreisfaktor in % pro dBA
LK 1	1 %
LK 2	0.9 %
LK 3	0.8 %
LK 4	0,8 %

Aus Praktikabilitätsgründen wird darauf verzichtet, den Mietpreisfaktor **innerhalb** einer Lärmklasse zusätzlich nach unterschiedlichem Lärmniveau zu differenzieren (Anzahl dBA über PW, über IGW und über AW). Das bedeutet, dass z.B. für Gebiete mit Alarmwertüberschreitungen (Lärmklasse 1) alle dBA über dem Planungswert mit dem gleichen Mietpreisfaktor von 1% bewertet werden.

Mittlerer Jahresmietpreis pro m², differenziert nach den fünf schweizerischen Regionstypen (Preisbasis Mai 1995)³¹:

Region	Jahresmietpreis in Fr. / m ² (1995)	Vergleich zu Durchschnitt CH
Umland von Grosszentren	155.40	122 %
Grosszentren	146.10	115 %
Mittelzentren	122.30	96 %
Kleinzentren	112.10	88 %
Peripherie	104.50	82 %
Schweiz	127.40	100 %

*Tabelle 8-3: Durchschnittliche Jahresmietpreise pro m²
(Preisstand 1995)*

³¹ Bundesamt für Statistik: Wohnen in der Schweiz, Bern 1996

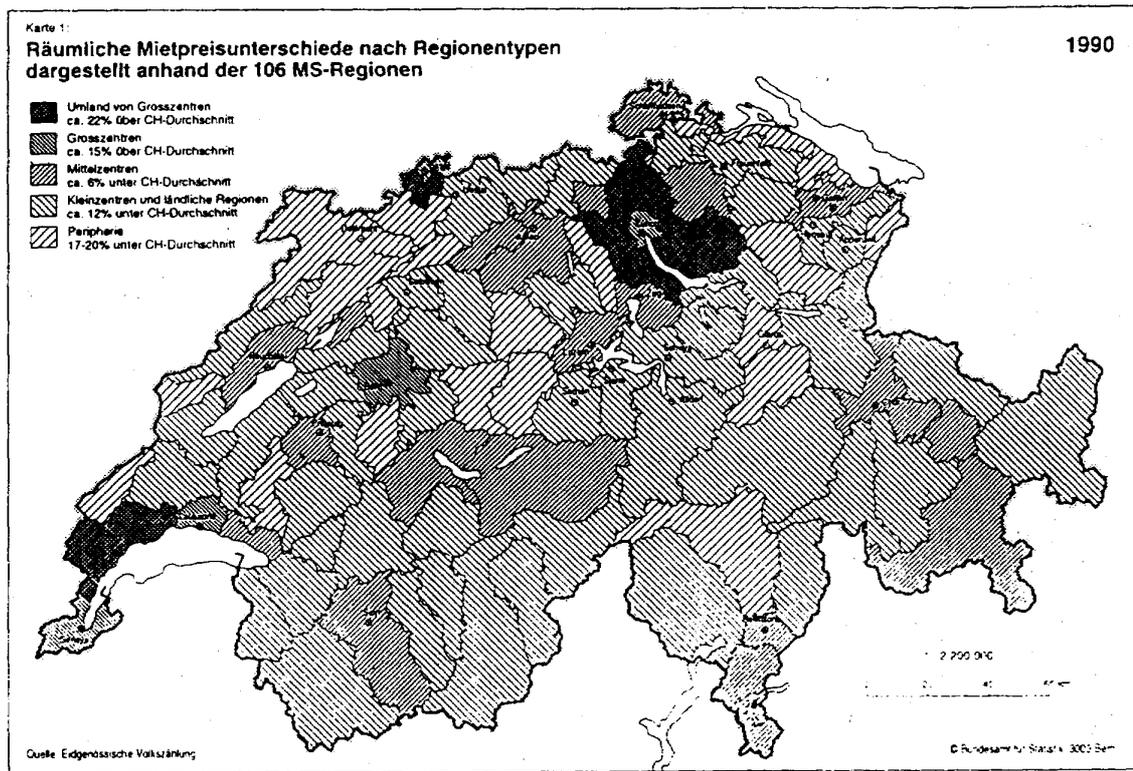


Abbildung 8-3: Karte der Regionstypen

**Schwierigkeiten/
Bemerkungen**

Der durchschnittliche Jahresmietpreis ist auf den gleichen Zeitpunkt hin zu indexieren wie die im Modell einbezogenen Kosten von Lärmschutzmassnahmen (Index der Konsumentenpreise).

Aus ökonomischer Sicht müsste das Wertgerüst auf dem tatsächlichen Mietpreisniveau im Projektgebiet aufbauen, was jedoch aus Gründen des Erhebungsaufwandes nicht machbar ist.

8.2.3 Interpretation der Ergebnisse

Die Resultate aus Schritt A entsprechen den volkswirtschaftlichen Kosten des Lärms im Projektgebiet und geben damit einen Hinweis auf den maximal möglichen Nutzen, den Lärmschutzmassnahmen stiften können.

Werden die ermittelten Jahresbeträge mit 5 % (s. Seite 81) kapitalisiert, ergibt sich eine Summe, die als Obergrenze der volkswirtschaftlichen Tragbarkeit definiert werden kann:

Für die Lärmschutzmassnahmen in den drei Fallbeispielen in Anhang 2, 3, und 4 ergeben sich folgende Obergrenzen der volkswirtschaftlichen Tragbarkeit:

- Kantonsstrasse Aarwangen: 5,1 Mio. Franken
- SBB-Linie Rheinfelden: 45,1 Mio. Franken
- Schiessanlage: 3,4 Mio. Franken

Für alle Beispiele ist der maximal mögliche Nutzen höher als die Kosten für die vorgesehenen Massnahmen (Aarwangen: 2,8 Mio.; Rheinfelden: 7,6 Mio.; Hilterfingen: 0,3 Mio. Franken).

8.3 Schritt B: Interessenabwägung

8.3.1 Übersicht: Teilschritte B.1 - B.7

Teilschritt und Tätigkeit	Datengrundlage	Aufwand in Tagen*	Probleme, Bemerkungen
Kosten von LSM			
B.1	Ermitteln der Projektkosten und umrechnen in Jahreskosten	Projektunterlagen	kein zusätzlicher Aufwand
B.2	Bewerten der möglichen Konflikte mit anderen Interessen (volkswirtschaftliche Kosten)	Nutzungszonenplan, Baureglement, spezielle Inventare, Richtplanung	Projektkosten, wenn möglich aufgrund von Konkurrenzofferten Beurteilung der ästhetischen, raumplanerischen und ökologischen Beeinträchtigung von LSM durch Fachleute (Natur-/Heimatschutz, Denkmalpflege etc.); Ausscheiden von nicht tolerierbaren LSM
Nutzen von LSM			
B.3	Berechnen der über den Belastungsgrenzwerten liegenden Bruttogeschossfläche (BGF) <u>ohne</u> Massnahmen (heutiger Ausbaugrad)	Situationsplan, Nutzungszonenplan, Plan der ES, Lärmbelastungskataster	ca. 2-4 Tage
B.4	Berechnen der über den Belastungsgrenzwerten liegenden Bruttogeschossfläche (BGF) <u>mit</u> Massnahmen (Restbelastung ab IGW-5, PW-5)	Sanierungsprogramme, Projektstudien bei Neuanlagen	Massgebender Belastungsgrenzwert: - Sanierungen: IGW - Neuanlagen: PW Berechnung der BGF aufgrund der Gebäudegrundfläche und der Stockwerkzahl
B.5	Ermitteln des volkswirtschaftlichen Nutzens	B.3, B.4, Schritt A	BGF gemäss Schritt B.3, aber unter Berücksichtigung der Lärmschutzmassnahmen. Zusätzliche Berücksichtigung von Flächen, die durch Massnahmen in die LK3 (IGW-5 - IGW) resp. LK4 (PW-5 - PW) fallen.
B.6	Abschätzen des Zusatznutzens für lärmgeschützte Ausbaureserven	Nutzungszonenplan, Baureglement, Lärmstudien	Berechnungsformel analog Schritt A: Mittlere Überschreitung der Untergrenze (IGW-5, PW-5) in dBA; Mietpreisfaktor differenziert nach Lärmklassen Schätzung der zusätzlich geschützten BGF bei maximal möglichem Ausbaugrad
Interessenabwägung			
B.7	Beurteilen der Effizienz und der Effektivität	Teilschritte B.1, B.3-B.6 Teilschritte B.3 und B.4	1 Tag
			Effizienz: Vergleich der volksw. Kosten und Nutzen Effektivität (Zielerreichungsgrad): Anteil der BGF, die dank LSM unter die Belastungsgrenzwerte nach LSV (IGW, PW) fallen

Tabelle 8-4: Schritt B: Teilschritte zur Erfassung der Kosten und Nutzen und zur Interessenabwägung von Lärmschutzmassnahmen

* zusätzlicher Bearbeitungsaufwand: Schätzung für ein Strassensanierungsprojekt von rund 1 km Länge. Der Zeitaufwand kann je nach Projekt und verfügbaren Daten stark variieren.

8.3.2 Vorgehensschritte im einzelnen

B.1 Ermitteln der Projektkosten und umrechnen in Jahreskosten

<i>Prinzip</i>	<p>Die Projektkosten (betriebswirtschaftliche Kosten) umfassen die einmalig anfallenden Investitionskosten und die jährlich wiederkehrenden Betriebs- und Unterhaltskosten für die Infrastruktur.</p> <p>Die Investitionskosten sind unter Berücksichtigung von Abschreibung und Kapitalverzinsung in Jahreskosten umzurechnen.</p>
<i>Detalliertes Vorgehen</i>	<p>Ein Bearbeitungsblatt zur Berechnung der Jahreskosten ist in den Fallbeispielen in Anhang 2,3 und 4.</p> <p>In das Modell werden die Kostenberechnungen der Projektgenieure übernommen, soweit sie auf Vollständigkeit und Plausibilität hin überprüft worden sind. Die Bau- und Installationskosten sind, wenn immer möglich, auf der Basis von Konkurrenzofferten auszuweisen. Abweichungen gegenüber den üblichen Standardkosten sind offenzulegen und zu begründen.</p> <p>Erfüllt ein Projekt ausser dem Lärmschutz noch andere Ziele oder Funktionen (Verkehrssicherheit, Umweltschutz etc.), sind die Investitions- sowie die Betriebs- und Unterhaltskosten der Anlage entsprechend aufzuteilen (z.B. durch beteiligte Fachpersonen wie Behörden, Projektgenieure etc.). Als Projektkosten sind nur jene Kosten zu berücksichtigen, die effektiv dem Lärmschutz zurechenbar sind.</p> <p>Die Kosten sind auf den gleichen Zeitpunkt hin zu indexieren wie die Basisdaten der Nutzenberechnung (Jahresmietpreis).</p>
<i>Datengrundlage</i>	Projektunterlagen/ergänzende Schätzungen des Projektgenieurs.
<i>Standardwerte</i>	<p>Falls keine projektspezifischen Kosten vorliegen (Konkurrenzofferten):</p> <p>Bau- und Installationskosten (ohne Landerwerb):</p> <ul style="list-style-type: none">- Wände: Fr. 500.--/m2 *- Fenster: Fr. 1'400.--/m2 * <p>Planungs- und Projektierungskosten: 20 % der Baukosten</p> <p>Verfahrenskosten: 1 % der Baukosten</p> <p>Landerwerbskosten: effektive Kosten</p> <p>Abschreibungskosten: 2,5 % der Investitionskosten</p> <p>(Schallschutzfenster: keine Abschreibungen) ³²</p>

* Preisstand 1996, nach Baukostenindex SIA anzupassen

Für bauliche Massnahmen wie Lärmschutzwände wird von einer durchschnittlichen Lebensdauer von 40 Jahren ausgegangen³³. Für Schallschutzfenster erfolgt *keine* Abschreibung, da es sich um eine einmalige Sanierungsaufwendung handelt. Unterhalt und Erneuerung der Fenster sind gemäss Art. 16 Abs. 4 LSV Sache des Gebäudeeigentümers. Zudem wird davon ausgegangen, dass bei einer späteren Erneuerung die Mehrkosten von Schallschutzfenstern gegenüber normalen Fenstern kaum ins Gewicht fallen.

- *Kapitalverzinsung:* jährlich 2,5 % der Investitionskosten
(= 5 % auf der Hälfte des invest. Kapitals)
Schallschutzfenster: 5 % auf den vollen Investitionskosten

Die Kapitalkosten sind abhängig von den während der Lebensdauer einer Investition zu berücksichtigenden Abschreibungen: Bei Lärmschutzmassnahmen mit Abschreibungen (z.B. Lärmschutzwände) ist lediglich die Hälfte des investierten Kapitals zu verzinsen, da durch die Rückstellungen das zu verzinsende Kapital während der Lebensdauer der Lärmschutzmassnahmen laufend verkleinert wird. Bei Massnahmen *ohne* Abschreibung (Schallschutzfenster) ist das gesamte investierte Kapital zu verzinsen.

Die Verzinsung entspricht dem Zinssatz für erste Hypotheken von Wohnbauten (Annahme: 5 %).

- *Betriebs- und Unterhaltskosten:* 1 % der Investitionskosten
Für *Schallschutzfenster* werden keine Betriebs- und Unterhaltskosten berücksichtigt.

*Schwierigkeiten/
Bemerkungen*

Die Genauigkeit der vom Projektgenieur zu berechnenden Projektkosten ist abhängig vom Stand des Projekts. Wo konkrete Kostenangaben fehlen, hat der Ingenieur auf Standardwerte (vgl. oben) zurückzugreifen oder eine Kostenschätzung vorzunehmen.

Die Investitionskosten lassen sich erst zum Zeitpunkt der Einholung von Offerten genau bestimmen, der Entscheid über die wirtschaftliche Tragbarkeit einer Massnahme ist dagegen vor der Ausschreibung zu fällen. Die Angaben dieses Schrittes können also nicht genauer sein als die verfügbaren Kostenberechnungen.

³³ Erfahrungen über die durchschnittliche Lebensdauer von Lärmschutzmassnahmen fehlen. Annahme beruht auf einer Schätzung von Praktikern.

B.2 Bewerten der möglichen Konflikte mit anderen Interessen (volkswirtschaftliche Kosten)

Prinzip

Die vorgeschlagenen Lärmschutzmassnahmen werden in diesem Schritt qualitativ auf ihre Beeinträchtigungen hinsichtlich Ortsbild- und Landschaftsschutz, Ökologie, Wohnqualität und Verkehrssicherheit hin beurteilt. Das Ziel ist, Konflikte, welche die Machbarkeit der Massnahme grundsätzlich in Frage stellen, frühzeitig zu erkennen und das betreffende Projekt anzupassen.

Detailliertes Vorgehen

In einem ersten Schritt wird das Projekt auf mögliche Konflikte mit den oben angesprochenen Fachbereichen hin untersucht. In einem zweiten Schritt werden die betroffenen Fachstellen mit dem Projekt dokumentiert und zu einer Stellungnahme aufgefordert. Sie haben dabei zu beurteilen, ob gegenüber den Lärmschutzmassnahmen aus der Sicht ihres Fachbereiches grundsätzlich Vorbehalte anzubringen oder welche Änderungen bei einer Realisierung am Projekt noch anzubringen sind.

Als Hilfestellung zur Beurteilung kann die folgende Checkliste dienen:

Kriterien	Mass der Beeinträchtigung		
	gering	mittel	Stark
Auswirkungen auf das Ortsbild			
Beurteilung des Landschaftseingriffes			
Ökologische Auswirkungen (Trennwirkung für Tiere, Wasserhaushalt u.a.)			
Auswirkungen auf die Wohnqualität von Anwohner/innen (Lichteinfall, Sichtverhältnisse u.a.)			
Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit			
Andere Auswirkungen			

Tabelle 8-5: Checkliste Beurteilung von Beeinträchtigungen durch LSM

Geringe Beeinträchtigung:

Es ist keine Opposition gegen das Projekt zu erwarten. Die Eingriffe durch die LSM sind problemlos, deren Folgen brauchen im weiteren Verlauf der Planung nicht weiter behandelt zu werden.

Mittlere Beeinträchtigung:

Den LSM kann Opposition erwachsen, welche aber das Projekt als Ganzes nicht in Frage stellt, weil die Priorität des Lärmschutz-Anliegens anerkannt ist. Die möglichen Konflikte sind mit den Betroffenen und/oder Fachexperten zu diskutieren und - wenn möglich - durch Projektanpassungen zu entschärfen.

Starke Beeinträchtigung:

Die Beeinträchtigung durch die Massnahmen ist in einem oder mehreren Bereichen so gravierend, dass sie aufgrund der Beurteilung von Fachexperten nicht tolerierbar ist. Die negativen Folgen des Projekts werden als

gewichtiger beurteilt als die Anliegen des Lärmschutzes. Starke Beeinträchtigungen führen dazu, dass das Projekt in der geplanten Form nicht realisiert werden kann. Mit Betroffenen und Fachexperten ist nach Alternativen zu suchen.

<i>Datengrundlage</i>	Allgemeinwissen des Bearbeiters über mögliche Konflikte mit den oben angesprochenen Fachbereichen und Fachwissen von beigezogenen Experten (Denkmalpfleger, Ökologe u.a.).
<i>Standardwerte</i>	Praxiserfahrung betreffend Landschaftsschutz: Lärmschutzwände bis 2 Meter Höhe in der Regel problemlos, ab 4 Meter Höhe fallweise abzuklären.
<i>Schwierigkeiten/ Bemerkungen</i>	Der Entscheid, ob Beeinträchtigungen durch Massnahmen die Realisierung von LSM verunmöglichen, ist letztlich Sache der Behörden.

B.3 Berechnen der über den Belastungsgrenzwerten liegenden Bruttogeschossfläche ohne Massnahmen (heutiger Ausbaugrad)

<i>Prinzip</i>	<p>Berücksichtigt werden hier nur die bestehenden Liegenschaften mit Grenzwertüberschreitungen (heutiger Ausbaugrad). Im Gegensatz zum Schritt A werden die Bruttogeschossflächen deshalb nicht über die Nutzungszonenfläche, sondern über die Gebäudeflächen bestimmt. Basis ist die Lärmsituation <u>ohne</u> Lärmschutzmassnahmen.</p> <p>Ein allfälliger Zusatznutzen für unbebaute Bauzonen oder für ungenutzte Ausbaureserven innerhalb des Baugebietes wird mit einem Zuschlag in Teilschritt B.6 berücksichtigt.</p>
<i>Detailliertes Vorgehen</i>	<p>Die Ermittlung der BGF mit Grenzwertüberschreitungen und deren Zuordnung in die Lärmklassen 1 und 2 kann unterschiedlich angegangen werden. Nachfolgend ist ein praktikabler Weg beschrieben:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Kennzeichnung der Liegenschaften mit Grenzwertüberschreitungen unterschieden nach Nutzungszone und Empfindlichkeitsstufe ■ Ermittlung der Gebäudegrundfläche ■ Ermittlung und Angabe der Anzahl Stockwerke pro Lärmklasse. Dies bedingt auch stockwerksbezogene Angaben der Lärmbelastung ■ Tabellarische Auswertung der Daten, unterschieden nach Nutzungszone, Empfindlichkeitsstufe und Lärmklasse

Das Vorgehen für die Nutzenbestimmung wird für die folgenden Teilschritte B.3 bis B.6 am Fallbeispiel Aarwangen (Anhang 2) erläutert: Die ermittelten Bruttogeschossflächen in den Lärmklassen 1 und 2 werden dort in den Kolonnen 3 und 4 ausgewiesen.

Datengrundlage

Situationsplan Massstab 1:1'000 oder 1:2'000 evtl. 1:5'000 mit Angabe der Haus- oder Parzellennummern
Nutzungszonenplan und Zuordnung der Empfindlichkeitsstufen
Lärmbelastungskataster
Stockwerkbezogene Angaben der Lärmbelastung sind vorteilhaft.

*Schwierigkeiten/
Bemerkungen*

Wird als Grundlage der Lärmbelastungskataster verwendet, sind hier häufig nur die Immissionen des exponiertesten Punktes angegeben. Oft kann davon ausgegangen werden, dass das gesamte Gebäude (bzw. die exponierteste Fassade) eine ähnliche Lärmbelastung aufweist. Bei hohen Gebäuden (> ca. 6 Stockwerke) oder bei einer Abschattung des Gebäudes (durch andere Häuser oder topographische Hindernisse) gilt es, eine Abschätzung der unterschiedlichen Lärmbelastung für die verschiedenen Stockwerke zwecks Einteilung in Lärmklassen vorzunehmen.

Im Fallbeispiel Lärmsanierung an der Kantonsstrasse Aarwangen werden nur Bruttogeschossflächen mit einer Überschreitung des Immissionsgrenzwertes (Lärmklasse 1 und 2) berücksichtigt.

Es ist vorteilhaft, Schritt B.3 gleichzeitig mit Schritt B.4 - gleiches Prozedere jedoch unter Berücksichtigung der Massnahmen - vorzunehmen.

B.4 Berechnen der über den Belastungsgrenzwerten liegenden Bruttogeschossfläche mit Massnahmen (Restbelastung ab IGW-5, PW-5)

Prinzip

Dieser Teilschritt umfasst die gleiche Berechnung wie Teilschritt B.3, allerdings für die Situation mit Lärmschutzmassnahmen. Ermittelt wird jener Teil der Bruttogeschossflächen mit Grenzwertüberschreitungen, die nach Realisierung der LSM noch immer über IGW-5 resp. PW-5 belärmt werden.

Detailliertes Vorgehen

Analog dem Schritt B.3. Die Bruttogeschossflächen werden je nach verbleibender Lärmbelastung den Lärmklassen 1, 2 bzw. 3 zugeordnet (Kolonnen 6, 7, 9 im Anhang 2).

Es ist zweckmässig, die Schritte B.3 und B.4 in einem Arbeitsgang zu erledigen.

Datengrundlage

Gleiche Datenbasis wie Schritt B.3, zusätzlich: Lärmbelastungsdaten für die Situation mit Massnahmen. Sanierungsprogramme und Projektstudien bei Neuanlagen.

*Schwierigkeiten/
Bemerkungen*

Siehe Schritt B.3.

Für die Lärmsituation mit Massnahmen ist die Lärmpegelangabe pro Stockwerk - insbesondere bei Schallhindernissen wie Lärmschutzwänden, -dämmen, Schutzbauten etc. - unerlässlich.

Bruttogeschossflächen, die im Schritt B.3 erfasst wurden und im Schritt B.4 infolge der Lärmentlastung weder in Lärmklasse 1 noch 2 fallen, werden der Lärmklasse 3 zugeordnet (Kolonne 9).

B.5 Ermitteln des volkswirtschaftlichen Nutzens

Prinzip

Eine Differenz zwischen der lärmbelasteten BGF je Lärmklasse ohne und mit Massnahmen ergibt die akustisch entlastete BGF.

Die Lärmreduktion wird durch die Multiplikation der entlasteten BGF mit der mittleren Überschreitung der Untergrenze ermittelt.

Der volkswirtschaftliche Nutzen ergibt sich durch die Multiplikation mit dem Mietpreis je m² BGF und dem Mietpreisfaktor je Lärmklasse.

Detailliertes Vorgehen

Von den ausgewiesenen Bruttogeschossflächen der Lärmklassen 1 und 2 *ohne* Massnahme (Kolonne 3 und 4, Anhang 2) werden die BGF der Lärmklassen 1, 2 und 3 *mit* Massnahmen (Kolonne 6, 7 und 9) abgezogen. Das Resultat (Kolonne 10, 11 und 12) entspricht den durch die Lärmschutzmassnahmen entlasteten BGF (Hinweis: die Flächen der Lärmklasse 3 sind immer negativ, d. h. sie zeigen die infolge Massnahmen neu in diese Lärmklasse gefallenen Flächen auf; sie entsprechen der Flächensumme der akustisch entlasteten Flächen der Lärmklasse 1 und 2).

Zur Bestimmung der Lärmreduktion wird für jede Lärmklasse in Abhängigkeit der Empfindlichkeitsstufe die mittlere Überschreitung der Untergrenze bestimmt (Kolonne 13, 14 und 15) und mit der lärmmentlasteten BGF der Lärmklasse multipliziert (Kolonne 16, 17 und 18).

Die Lärmreduktion (dBA* m² BGF) wird anschliessend mit dem Jahresmietpreis pro m² BGF (differenziert nach den fünf Regionstypen, vgl. Schritt A.5) und mit dem Mietpreisfaktor je dBA mittlere Überschreitung der Untergrenze (vgl. Schritt A.5) multipliziert (Kolonne 19, 20 und 21). Die Summe dieser Nutzen über alle Lärmklassen und Nutzungszonen entspricht dem jährlich anfallenden volkswirtschaftlichen Nutzen des Lärmschutzes für das betrachtete Gebiet.

Spezialfall Schallschutzfenster:

- Beim Einbau von Schallschutzfenstern wird nur die *Hälfte des Nutzens* berücksichtigt, indem der Mietpreisfaktor halbiert wird. Damit wird dem fehlenden Lärmschutz im Aussenraum Rechnung getragen: Schallschutzfenster sind nur in geschlossenem Zustand wirksam. Der

Nutzen konzentriert sich daher vorab auf das Winterhalbjahr (mehrheitlich geschlossene Fenster), während im Sommerhalbjahr der Nutzen von Schallschutzfenstern gering ist (offene Fenster, nicht geschützter Balkon).

- Werden *unterhalb des AW* freiwillig³⁴ Schallschutzfenster eingebaut (z.B. ab 68-70 dBA), so wird zusätzlich ein Teil der Lärmklasse 2 geschützt. Die mittlere Lärmbelastung dieser Teillärmklasse beträgt in diesem Beispiel 69 dBA, was in den Empfindlichkeitsstufen II und III eine mittlere Überschreitung der Untergrenze von 14 bzw. 9 dBA ausmacht (Differenz zum IGW-5); für andere Fälle gelten analog berechnete Mittelwerte.

Datengrundlage

Teilschritte B.3, B.4, A.4.

Standardwerte

Mittlere Überschreitung der Untergrenze gemäss Tabelle in Teilschritt A.4.

*Schwierigkeiten/
Bemerkungen*

Die entlastete Fläche kann in den Lärmklassen 2 und 3 negativ werden, wenn durch die Massnahme mehr Flächen von der Lärmklasse 1 (bzw. 2) in die Lärmklasse 2 (bzw.3) fallen als aus der Lärmklasse 2 (bzw. 3) verschwinden.

B.6 Abschätzen des Zusatznutzens für lärmgeschützte Ausbaureserven

Prinzip

Abhängig vom Ausbaugrad der geschützten Nutzungszonen entsteht bei der Realisierung von Lärmschutzmassnahmen an der Quelle oder im Ausbreitungsbereich (z.B. Lärmschutzwände) ein zusätzlicher Nutzen für Ausbaureserven, die mitgeschützt werden. Dieser **Zusatznutzen** bildet die Ergänzung des in den vorangehenden Teilschritten B.3-B.5 ermittelten Nutzens für die bestehende Bebauung.

Die Bestimmung dieses Zusatznutzens erfordert zwei Abschätzungen:

- **Ausbaureserve:**
Abschätzen des gegenwärtigen Ausbaugrades bzw. der noch vorhandenen Ausbaureserve in den lärmgeschützten Zonenflächen (Ergänzung auf 100% der baurechtlich möglichen BGF).
- **Schutzanteil:**
Bestimmen des Anteils der Ausbaureserve, die mit den vorgesehenen Massnahmen ebenfalls geschützt wird (z.B. 50%, falls bei einer W2 nur das Erdgeschoss geschützt wird) und zuordnen zu einer Lärmklasse dieses Anteils.

³⁴ Vgl. "Mitteilungen zur Lärmschutz-Verordnung" Nr. 2, BUWAL 1990

Im allgemeinen wird von der Annahme ausgegangen, dass die möglichen Ausbaureserven in den Zonen gleich verteilt sind wie die bestehenden Gebäude; der Zusatznutzen der Massnahme kann sodann mit dem Produkt von Ausbaureserve mal Schutzanteil bestimmt werden. Grössere, noch nicht überbaute, aber erschlossene Zonenflächen sind gesondert zu bestimmen und in die Rechnung aufzunehmen.

Der so ermittelte Zusatznutzen der Lärmschutzmassnahmen ist eine grobe Schätzung, da der Zeitpunkt und die konkrete Form des Ausbaus heute nicht bekannt ist; ein Nutzen kann daher nur in Analogie zur bestehenden Bebauung ermittelt werden. Er gibt nicht mehr als einen Hinweis auf eine mögliche Grössenordnung des später realisierbaren Nutzens.

Detailliertes Vorgehen

Das Vorgehen für die Bestimmung des Zusatznutzens kann am Fallbeispiel Aarwangen in Anhang 2 (Tabelle der Teilschritte B.3-B.6), nachvollzogen werden.

- a) Ermitteln der lärmgeschützten Ausbaureserve in % je Zonenfläche (Kolonne 22)
- b) Schutzanteil je Lärmklasse (Kolonne 23 und 24): Verhältnis akustische Entlastung (Kolonne 10 und 11) zu „über GW belastete BGF ohne Massnahmen“ (Kolonne 3 und 4)
- c) Die Ausbaureserve in m² BGF errechnet sich aus der "über dem GW belasteten BGF ohne Massnahmen" (Kolonne 3 und 4), dividiert durch den heutigen Ausbaugrad (100 % minus Ausbaureserve), multipliziert mit der Ausbaureserve (in %).
- d) Zusätzlich mitgeschützte Ausbaureserve: Ausbaureserve in m² BGF mal Schutzanteil je Lärmklasse
- e) Der volkswirtschaftliche Nutzen (Kolonne 25, 26 und 27) errechnet sich anschliessend analog zu Teilschritt B.5 durch Multiplikation der zusätzlich geschützten BGF je Lärmklasse mit der mittleren Grenzwert-Überschreitung und dem Mietpreisfaktor je Lärmklasse sowie dem massgebenden Mietzins je m² und Jahr.

Hinweis:

Besonders zu behandeln ist im *Fallbeispiel Aarwangen* der Zusatznutzen in der WG3, deren heute bestehende Bebauung nicht geschützt ist, deren Ausbaureserven aber von den Massnahmen in der WG2 profitieren: Die entsprechende BGF von 250 m² ist je zur Hälfte in LK1 und LK2 gelegen und zu 100 % geschützt. Der so ausgewiesene Nutzen wird in Kolonne 25 und 26 eingefügt.

Zusatznutzen entsteht nur durch Massnahmen an der Quelle oder im Ausbreitungsbereich des Lärms, nicht aber durch Schallschutzfenster. Weil im Fallbeispiel Aarwangen vorwiegend Schallschutzfenster vorgesehen sind, ist der Anteil des Zusatznutzens relativ gering (ca. 3%).

Datengrundlage Geschätzte Ausbaureserve der Nutzungszonen; geschätzter Schutzanteil in % der BGF der Ausbaureserven infolge der projektierten Lärmschutzmassnahmen, Teilschritte B.3, B.5.

Schwierigkeiten/ Bemerkungen Die gleichmässige Verteilung der Baureserven über den ganzen Untersuchungsperimeter ist eine vereinfachende Annahme, die nur eine grobe Abschätzung zulässt. Bei grossen, unüberbauten, erschlossenen Bauzonen ist soweit möglich eine detailliertere Abschätzung vorzunehmen.

B.7 Beurteilen der Effizienz und Effektivität (Interessenabwägung)

Prinzip In diesem letzten Teilschritt erfolgt die eigentliche Interessenabwägung. Aufgrund der vorangehenden Teilschritte werden die Effizienz (Quotient Nutzen/Kosten) und die Effektivität (Zielerreichung in Prozenten des nach Gesetz vorgeschriebenen Schutzes) ermittelt.

Detailliertes Vorgehen Ermitteln der *Effizienz*:
Die Effizienz entspricht dem Verhältnis von Nutzen (B.6) zu Kosten (B.1) und wird zugleich als Kriterium der volkswirtschaftlichen Tragbarkeit beigezogen. Angesichts der Sensitivität der Ausgangsdaten ist ein starrer Schwellenwert für die Beurteilung der volkswirtschaftlichen Tragbarkeit nicht angezeigt. So können auch Massnahmen mit einem Nutzen-/Kosten-Verhältnis von weniger als 1 als volkswirtschaftlich tragbar bezeichnet werden, da der Nutzen im Modell tendenziell unterschätzt wird (Nutzen nur für Flächen mit Grenzwertüberschreitungen). Es werden deshalb drei Effizienz-Stufen festgelegt:

Stufe	Verhältniszahl Nutzen/Kosten	Effizienz der LSM
1	> 1.25	hohe Effizienz (N > K)
2	0.75 - 1.25	Effizienz im Schwellenbereich (N = K)
3	< 0.75	tiefe Effizienz (N < K)

Ermitteln der *Effektivität*:
Die Berechnung der Effektivität erfolgt durch den Vergleich der nach Gesetz zu sanierenden Lärmbelastung ohne und mit Massnahmen: Summe der m² BGF akustische Entlastung in Lärmklasse 1 und 2 (Kolonnen 10 und 11, Anhang 2) mal mittlere Überschreitung des Belastungsgrenzwertes (hier: IGW) dividiert durch Summe der m² BGF über Belastungsgrenzwert ohne Massnahmen in Lärmklasse 1 und 2 (Kolonnen 3 und 4) mal mittlere Überschreitung des Belastungsgrenzwertes (IGW, d. h. Kolonnen 13 und 14 weniger 5 dBA) in Prozenten.

Das Ziel ist die Einhaltung der Belastungsgrenzwerte gemäss LSV. Werden dank der Massnahmen alle Grenzwerte eingehalten, entspricht dies einer Effektivität (oder Zielerreichung) von 100 %. Auch bei der Effektivität werden drei Stufen unterschieden:

Stufe	Zielerreichung in % der gesetzlichen Vorgaben	Effektivität der LSM
1	67 - 100 %	hohe Effektivität
2	33 - 67 %	mittlere Effektivität
3	0 - 33 %	tiefe Effektivität

Zur abschliessenden Interessenabwägung:
vgl. Kapitel 8.3.3, Abb. 8-4 (Effizienz/Effektivitäts-Diagramm).

Datengrundlage

Teilschritte B.1 und B.5

8.3.3 Interpretation der Ergebnisse (Interessenabwägung)

8.3.3.1 Effizienz/Effektivitäts-Diagramm

Die Gesamtbeurteilung eines Projektes im Sinne der rechtlich geforderten Interessenabwägung erfolgt anhand des Effizienz/Effektivitäts-Diagramms (Abbildung 8-4).

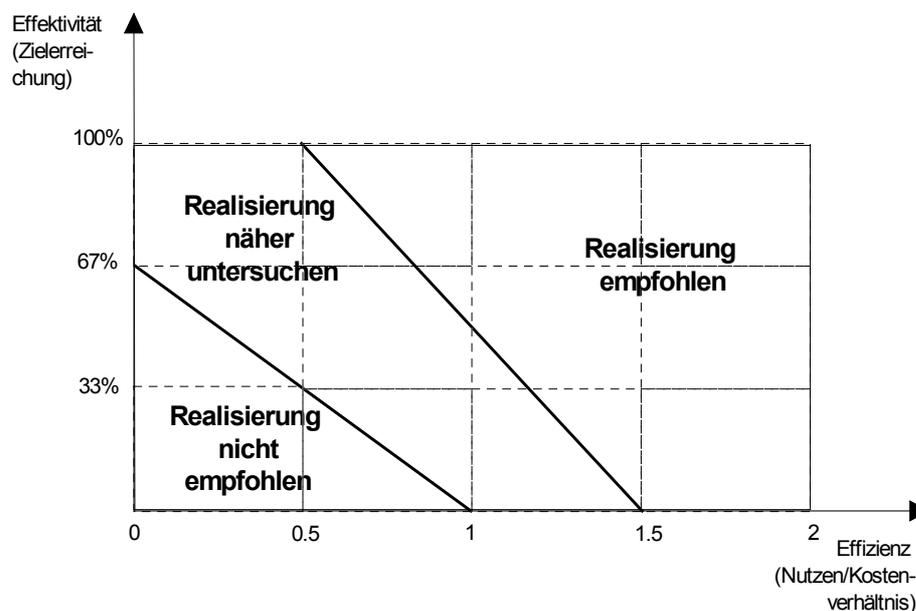


Abbildung 8-4 Effizienz/Effektivitäts-Diagramm: Klassierung der Massnahmen in 3 Kategorien

Das Effizienz/Effektivitäts-Diagramms erlaubt eine Klassierung der Massnahmen nach folgenden Kategorien:

Kategorie 1: Realisierung empfohlen

Das Gesamtprojekt kann ohne weitere Einschränkung realisiert werden.

Kategorie 2: Realisierung näher untersuchen

Das Gesamtprojekt ist zu überprüfen. Einzelne Teile mit sehr schlechter Effizienz und/oder einem tiefen Zielerreichungsgrad sind nach Möglichkeit zu eliminieren.

Kategorie 3: Realisierung nicht empfohlen

Das Gesamtprojekt ist so nicht zu realisieren. Bevor das Projekt aufgegeben wird, ist zu kontrollieren, ob nicht Teilprojekte die geforderten minimalen Effizienz- bzw. Effektivitätsziele erfüllen und einzeln realisiert werden können.

8.3.3.2 Situierung der Fallbeispiele

Die Resultate der 3 Fallbeispiele sind im Effizienz/Effektivitäts-Diagramm (Abbildung 8-5) eingetragen.

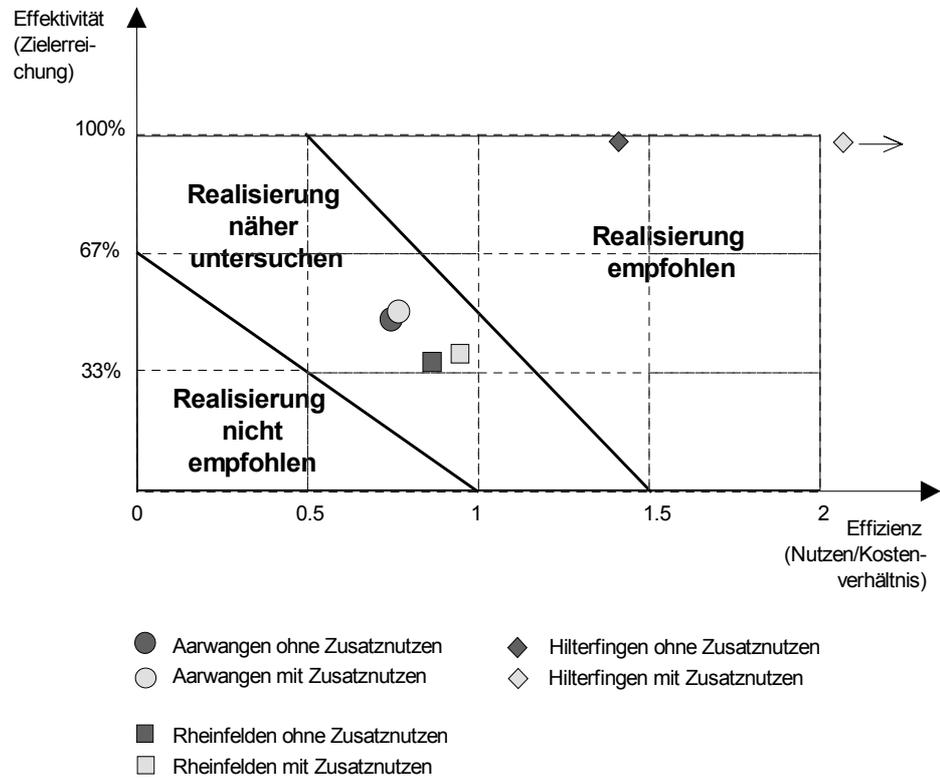


Abbildung 8-5 Situierung der drei Fallbeispiele

Das Projekt für die Schiessanlage *Hilterfingen* liegt in Kategorie 1, die Sanierung ist uneingeschränkt zu empfehlen.

Die Projekt der SBB-Linie *Rheinfelden* und der Kantonsstrasse *Aarwangen* liegen in Kategorie 2. Die Massnahmen sind näher zu untersuchen. In den Sanierungsprojekten sind möglicherweise Teilabschnitte zu eliminieren, deren Effizienz und/oder Effektivität sehr schlecht ist.

Literaturverzeichnis

- Borjans R. 1983: Immobilienpreise als Indikatoren der Umweltbelastung durch den städtischen Kraftverkehr, Buchreihe Institut für Verkehrswissenschaften, Universität Köln, Seite 240; Düsseldorf
- Buechel S. 1993: La méthode hédoniste: Une application au cas des logements à Genève, mémoire de diplôme en économie et finance, Université de Genève (?)
- Bundesamt für Statistik 1996: Wohnen in der Schweiz, Eidg. Volkszählung 1990, Bern
- BUWAL 1993: Lärmschutz in der Schweiz, 7 Fragen - 7 Antworten, Umweltmaterialien Nr. 5
- Dienst für Gesamtverkehrsfragen 1993: Wie genau ist genau genug?, GVF-Auftrag Nr. 231, Bern
- Ecoplan 1992: Internalisierung der externen Kosten im Agglomerationsverkehr, Fallbeispiel Region Bern, NFP 25, Bericht 15, Zürich
- Eidg. Kommission für die Beurteilung von Lärm-Immissionsgrenzwerten 1981: Belastungsgrenzwerte für den Lärm der Kleinaviatik, 3. Teilbericht
- Fahrländer K.L. 1995: Wirtschaftliche Tragbarkeit und Verhältnismässigkeit von Lärmschutzmassnahmen; Rechtlicher Teil, Bern
- Frey R.L. 1994: Wirtschaft, Staat und Wohlfahrt, Basel/Frankfurt a.M.
- GS EVED/ Dienst für Gesamtverkehrsfragen 1996: Monetarisierung der verkehrsbedingten externen Gesundheitskosten, Synthesebericht (Ecoplan Bern), GVF-Auftrag Nr. 272, Bern
- Infraconsult AG 1992: Soziale Kosten des Verkehrslärms in der Schweiz, Studie im Auftrag des Dienstes für Gesamtverkehrsfragen, EVED, Bern 1992
- Infras 1992: Internalisierung der externen Kosten des Verkehrs, NFP 25, Bericht 33, Zürich
- Iten R. 1990: Die mikroökonomische Bewertung von Veränderungen der Umweltqualität, Beispiel der Stadt Zürich, Institut für empirische Wirtschaftsforschung, Uni Zürich
- Naegeli W./ Wenger H. 1997: Der Liegenschaftenschätzer (Handbuch), 4. Auflage; Zürich
- Oliva C. 1993: Lärm zwischen Duldung und Widerspruch, in: NZZ vom 28.4.93, Zürich
- Oliva C. 1993: Lärmstudie 90, Flug- und Strassenlärm, soziologische und akustische Feldstudie in der Umgebung der Flughäfen Cointrin und Kloten, NFP 26, Kurzbericht, Zürich
- Pommerehne W.W. 1987: Präferenzen öffentlicher Güter, Tübingen
- Schedler K. 1993: Anreizsysteme in der öffentlichen Verwaltung, Schriftenreihe Finanzwirtschaft und Finanzrecht, Bd. 68, Bern
- Schelbert H./ Maggi R. u.a. 1988: Wertvolle Umwelt, Schriftenreihe Wirtschaft und Gesellschaft der Zürcher Kantonalbank, Nr.3, Zürich
- Schrade A. 1987: Kommentar zum Umweltschutzgesetz, Band 2

- Soguel N. 1994: Evaluation monétaire des atteintes à l'environnement: une étude hédoniste et contingente sur l'impact des transports, EDES, Neuchâtel
- Stadler Th. 1986: Die wirtschaftliche Tragbarkeit im Umweltschutzgesetz - Ein Beitrag zur Klärung des Begriffs aus ökonomischer Sicht, Bundesamt für Umweltschutz (heute: BUWAL), Dienst für Umweltplanung und -ökonomie, 12. November 1986 (internes Papier)
- Weinberger M. 1991: Die Messung sozialer Kosten des Lärms in der Bundesrepublik Deutschland, Köln
- Wicke L. 1986: Die ökologischen Milliarden, München
- Willecke R. u.a. 1990: Kosten des Lärms in der Bundesrepublik Deutschland, Umweltbundesamt, Berlin
- Zürcher A. 1996: Die vorsorgliche Emissionsbegrenzung nach dem Umweltschutzgesetz, Schriftenreihe zum Umweltrecht, Band 11, Schulthess Polygraphischer Verlag AG, Zürich

Anhang

Anhang 1: Vergleich von Studien zum Mietpreisfaktor

Anhang 2: Fallbeispiel Strassenlärm Aarwangen

Anhang 3: Fallbeispiel Schienenlärm Rheinfelden

Anhang 4: Fallbeispiel Schiesslärm Hilterfingen

Anhang 5: Juristisches Gutachten

Anhang 1: Vergleich von Studien zum Mietpreisfaktor

Wirkung des Strassenlärms auf die Häuser- resp. Mietpreise: prozentuale Wertminderung bei einer Zunahme des Strassenlärms um 1 dB (A)

Land	Stadt	Jahr	prozentuale Wertminderung bei Zunahme des Strassenverkehrs um 1 dB (A)
Kanada	Toronto	1977	1,05
Schweiz	Basel	1982	1,25
	Zürich ³⁵	1987	0,90
	Neuenburg ³⁶	1991	0,91
Vereinigte Staaten	North-Springfield	1974/1980	0.18 - 0.50
	Spokane	1980	0.08
	Tidewater	1980	0.14
	Northern Virginia	1980	0.15
	Northern King County	1977	0.30
	Kingsgate	1980	0.48
	Towson	1974/1977	0.54
	Chicago	1975	0.65
	Washington	1978	0.88

Quelle: Zusammengestellt anhand von Pommerehne/Römer, 1991, S. 14,

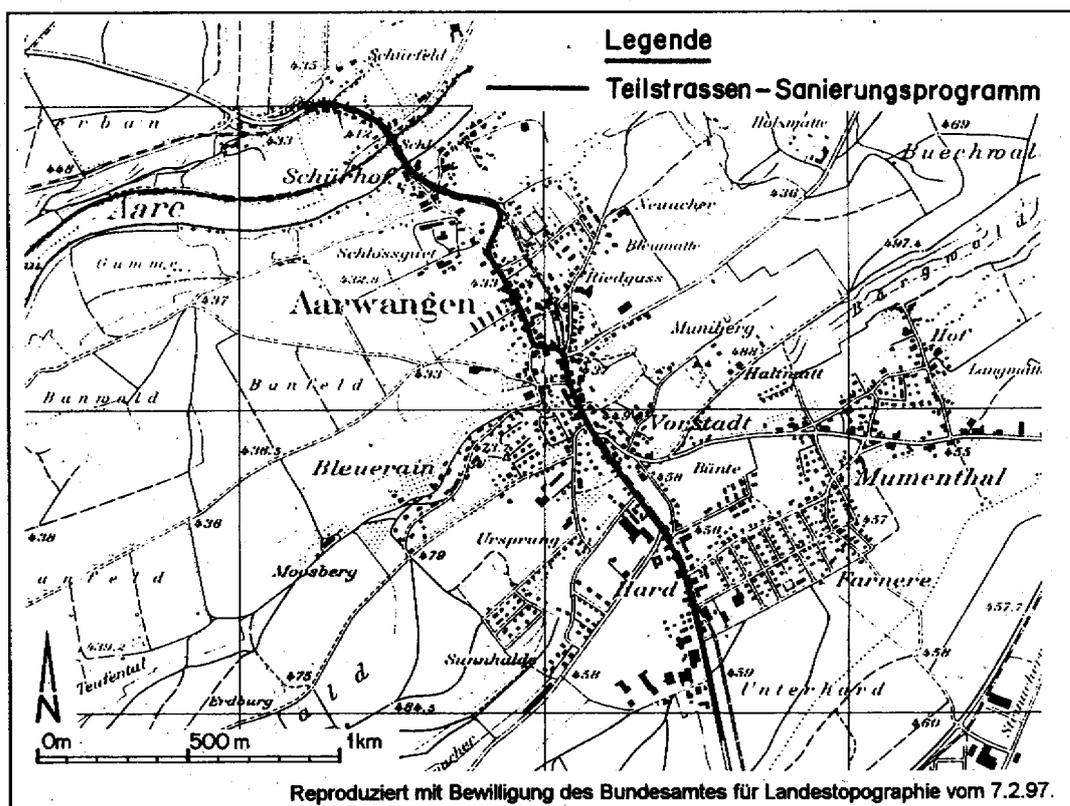
³⁵ Iten, 1990, S. 114

³⁶ Soguel, 1991, S. 23

Anhang 2: Fallbeispiel Strassenlärm Aarwangen

Allgemeine Angaben:

Gemeinde:	Aarwangen
Untersuchungsperimeter:	Teilstrassen-Sanierungsprogramm (TSSP) Kantonsstrasse; ca. 2 km
Klassierung nach USG und LSV:	Sanierung
Massgebendes Recht:	Art. 16ff USG, Art. 13ff LSV



Situationsplan Kantonsstrasse Aarwangen

Schritt A: Monetarisierung des maximal möglichen Nutzens

Kantonsstrasse Aarwangen: Lärmsanierung

Zonen	Teilschritte										
	A.2		A.3			A.4			A.5		
	Über IGW belastete Nutzungs-zonenfläche (LK1+LK2)	mittl. Ausn. ziffer AZ ¹⁾	Über IGW belastete BGF (Annahme: Ausbaugrad 100%)	Über IGW belastete BGF (m ² BGF über AW, IGW)	Akustische Belastung: mittlere Überschreitung der Untergrenze ³⁾ * Anzahl m ² BGF (Basis IGW-5)	Volkswirtschaftliche Kosten ⁴⁾ des Lärms pro Jahr (Basis IGW-5)	[m ² BGF über AW, IGW]		[m ² BGF über AW, IGW]		(Mietzins: 112.10 Fr./m ² Jahr)
(LK1+LK2)		(LK1+2)	Total (LK1+2)	LK1	LK2	LK1: Mietpreisfaktor 1.0%	LK2: Mietpreisfaktor 0.9%	LK1: Mietpreisfaktor 1.0%	LK2: Mietpreisfaktor 0.9%		
ES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
W2 Wohnzone 2-geschossig	2'112	0.50	1'056	0	1'056	0	10'560	0	10'560	0	10'654
WG2 Wohn- und Gewerbezone 2-geschossig	21'207	0.50	10'604	1'296	9'308	16'200	69'806	18'160	70'427	18'160	70'427
WG3 Wohn- und Gewerbezone 3-geschossig	13'352	0.70	9'346	1'605	7'741	20'063	58'061	22'491	58'578	22'491	58'578
K Kernzone	4'196	0.90	3'776	1'626	2'150	20'325	16'128	22'784	16'272	22'784	16'272
I Industriezone	1'417	0.05	71	0	71	0	531	0	536	0	536
G Gewerbezone	1'058	0.10	106	0	106	0	794	0	801	0	801
LWZ Landwirtschaftszone			997	0	997	0	7'478	0	7'545	0	7'545
ZöN Zone für öff. Nutzung	4'266	0.60	2'560	0	2'560	0	19'197	0	19'368	0	19'368
USP Wirkungsbereich Uferschutzpl.	2'393		762	0	762	0	5'715	0	5'766	0	5'766
Total			29'278	4'527	24'751						
Total Franken pro Jahr										63'435	189'947
Kapitalisiert zu 5% (Franken)										1'268'700	3'798'940

Kapitalisierte volkswirtsch. Kosten des Lärms (= max. möglicher Nutzen von LSM) in Fr.

Berechnungsformel:

$$VK_{Lärm} = \text{Summe} (BGF_i \cdot g_i \cdot f_i) \cdot m$$

$$VK_{Lärm} = \text{Kol.10} + \text{Kol.11} = [(Kol.6 \cdot g \cdot \text{Mietpreisfaktor}) + (Kol.7 \cdot g \cdot \text{Mietpreisfaktor})] \cdot \text{Mietzins}$$

Legende:

¹⁾ z. T. aus Baureglement interpretiert

²⁾ gemäss Gebäudflächen mit AW-Überschreitung

³⁾ mittl. Überschreitung Untergrenze (g) in dBA:

Basis IGW-5	LK1	LK2
ES II	17.5	10
ES III	12.5	7.5
ES IV	10	7.5

⁴⁾ Annahmen für Wertgerüst:

Mietpreisfaktor: LK1 = 1%, LK2 = 0.9%

Mietzins (Kleinrenten): 112.10 Fr./m² BGF und Jahr

Sensitivitätsüberlegungen:

Fehlerabschätzung:

g(LK1): ±20, g(LK2): ±50%, Mietpreisfaktor: ±20%, Jahreskosten: ±25%

Projektkarakteristik:

Sanierungsprojekt TBA, Länge ca. 2 km

Total: 2.840 Mio. Fr. Investitionskosten (0.145 Mio.Fr./Jahr)

(bzw. 2.347 Mio. Fr. Bau- und Installationskosten netto); davon:

- LS-Wände: 497 m² 0.301 Mio Franken

- Schallschutzfenster: 1'173 m² Schallschutzfenster,

281 Schalldämmlüfter, 77 Rolladenkästen 2.639 Mio. Franken

Schritt B: Interessenabwägung

a) Jahreskosten der Lärmschutzmassnahmen (Teilschritt B.1)

Art der Massnahmen:	
■ Investitionen <u>mit</u> Abschreibungen:	500 m ² Lärmschutzwände
■ Investitionen <u>ohne</u> Abschreibungen:	1'173 m ² Schallschutzfenster, 291 Schalldämmlüfter, 77 Rollladenkasten

Investitionskosten	Berechnungsbasis	Betrag in TFr.	
		Investitionen <u>mit</u> Abschreibungen	Investitionen <u>ohne</u> Abschreibungen
Bau- und Installationskosten:			
- Lärmschutzwände: 497 m ²	Angaben Bauherr	249	2'098
- Schallschutzfenster: 1'173 m ²			
- andere:			
Zwischentotal 1		249	2'098
Planungs- und Projektierungs- kosten	20 % der Baukosten	50	420
Verfahrenskosten	1 % der Baukosten	2	21
Zwischentotal 2		301	2'539
Landerwerbskosten			-
Investitionskosten total		301	2'539
Anteil Lärmschutz in %		100 %	100 %
Investitionskosten für Lärmschutz, Preisbasis Dez. 1995		301	2'539
Investitionskosten für Lärmschutz, indexiert auf Dez. 1995		2'840	

Umrechnung in Jahreskosten

Abschreibungskosten	2,5 % der Investitionskosten	7.5	
Kapitalkosten:			
- Invest. mit Abschreibungen	2,5 % der Investitionskosten	7.5	
- Invest. ohne Abschreibungen	5 % der Investitionskosten		127
Betriebs- und Unterhaltskosten (für Invest. mit Abschreibungen)	1 % der Investitionskosten	3	
		18	127
Jahreskosten total (in TFr.)		145	

b) Quantitative Beurteilung (Teilschritt B.2)

Die nachfolgende Beurteilung weist nach, dass die vorgesehenen Massnahmen nur zu einer geringen Beeinträchtigung führen. Die Lärmschutzmassnahmen sind aus Sicht der nicht quantifizierbaren Kosten uneingeschränkt realisierbar.

Kriterien	Mass der Beeinträchtigung		
	Gering	mittel	stark
■ Auswirkungen auf das Ortsbild	X		
■ Beurteilung des Landschaftseingriffes	X		
■ Ökologische Auswirkungen (Trennwirkung für Tiere, Wasserhaushalt u.a.)	X		
■ Auswirkungen auf die Wohnqualität von Anwohner/innen (Lichteinfall, Sichtverhältnisse u.a.)	X		
■ Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit	x		
■ Andere Auswirkungen			

c) Ermittlung des Jahresnutzens der LSM mit Tabelle (Teilschritte B.3 bis B.6)

vgl. Tabellen auf den folgenden Seiten.

Teilschritte B.3 - B.6: Volkswirtschaftlicher Nutzen der LSM (Teil Schallschutzfenster)
Kantonstrasse Aarwangen: Lärmsanierung

Zonen	Teilschritte												LK2: Mietpreisfaktor 0,45%				
	B.3			B.4			B.5			B.5							
	Über IGW belastete BGF ohne Massnahmen (heutiger Ausbaugrad)			Über IGW-5 belastete BGF mit Massnahmen Schallschutzfenster (heutiger Ausbaugrad)			Akustische Entlastung infolge Schallschutzfenster			Mittlere Überschreitung von IGW -5 (je Lärmklasse und Zone in dBA)				Nutzen der LSM in Franken pro Jahr für heutigen Ausbaugrad			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
	LK1	LK2	IGW-AW	Total: LK2+LK1	LK1	LK2	Total: LK2+LK1	LK1	LK2 ab 66 dBA IGW-AW	LK1	LK2 ab 66 dBA IGW-AW	LK1	LK2 ab 66 dBA	LK1: Mietpreisfaktor 0,50%	LK2: Mietpreisfaktor 0,45%		
W2 Wohnzone 2-geschossig	0	364	0	364	0	364	364	0	0	17,5	14,0	0	0	0	0		
WG2 Wohn- und Gewerbezone 2-geschossig	1'680	6'236	162	7'916	162	2'430	2'592	1'518	3'806	12,5	9,0	18'975	34'254	10'635	17'279		
WG3 Wohn- und Gewerbezone 3-geschossig	1'611	6'777	0	8'388	0	969	969	1'611	5'808	12,5	9,0	20'138	52'272	11'287	26'369		
K Kernzone	1'626	2'489	0	4'115	0	672	672	1'626	1'817	12,5	9,0	20'325	16'353	11'392	8'249		
G Gewerbezone	0	1'569	0	1'569	0	0	0	0	1'569	12,5	9,0	0	14'121	0	7'123		
LWZ Landwirtschaftszone	146	778	0	924	0	0	0	146	778	12,5	9,0	1'825	7'002	1'023	3'532		
Z&N Zone für öff. Nutzung	860	749	430	1'609	430	266	696	430	483	12,5	9,0	5'375	4'347	3'013	2'193		
USP Wirkungsbereich Uferschutzpl.	0	750	0	750	0	0	0	0	750	12,5	9,0	0	6'750	0	3'405		
Total	5'923	19'712	592	25'635	592	4'701	5'293	5'331	15'011			66'638	135'099				
Effektivität (Zielerreichung)																	
BGF-dBA (ohne Zusatznutzung)				44'423	50'190	94'613	4'440	7'962	12'402	m2 BGF-dBA (mittl. IGW-Überschreitung)							
Zielerreichung (mit halberm Nutzen für Schallschutzfenster)																	
Nutzen																	
Nutzen je Lärmklasse (in Fr. pro Jahr)																	
Gesamtnutzen (in Fr. pro Jahr infolge Schallschutzfenster)																	
Legende:																	
¹⁾ gemäss Gebäudeflächen mit AW- oder IGW-Überschreitung																	
²⁾ Annahmen für Wertgerüst: Mietpreisfaktor LK1 = 0,5%, LK2 = 0,45% (Halber Nutzen: nur Innenraum geschützt)																	
Sensitivitätsüberlegungen:																	
Fehlerabschätzung:																	
Isophonien (LK-Zuordnung): ±25%, AZ: ±20%, g(LK1): ±20, g(LK2): ±50%, Mietpreisfaktor: ±20%, Jahreskosten: ±25%																	
Projektspezifische Charakteristika:																	
Sanierungsprojekt TBA, Länge ca. 2 km																	
Total: 2.840 Mio. Fr. Investitionskosten (0,145 Mio. Fr./Jahr und bzw. 2.347 Mio. Fr. Bau- und Installationskosten netto); davon:																	
- LS-Wände: 497 m ² ; 0.301 Mio Franken																	
- Schallschutzfenster: 1'173 m ² Schallschutzfenster, 291 Schalldämmhüllen, 77 Rolllädenkasten; 2.539 Mio. Franken																	
Heutiger Ausbaugrad:																	
															37'350	68'150	
Gesamtnutzen (in Fr. pro Jahr infolge Schallschutzfenster)																	
															106'500		

d) Interessenabwägung (Teilschritt B.7)Zusammenstellung der Resultate

Jahreskosten		Fr. 145'000
Jahresnutzen:		
■ ohne Zusatznutzen		Fr. 109'777
■ mit Zusatznutzen		Fr. 113'229
Effizienz (Jahresnutzen/Jahreskosten)		
■ ohne Zusatznutzen		0.76
■ mit Zusatznutzen		0.78
Effektivität (Zielerreichung)		
■ ohne Zusatznutzen		46%
■ mit Zusatznutzen		48%

Beurteilung

Das Sanierungsprojekt der Kantonsstrasse Aarwangen weist pro Jahr Nutzen von Fr. 110'000.- und Kosten von Fr. 145'000.- aus.

Die Effizienz des Projekts fällt mit 0,76 gerade in den Schwellenbereich, die Effektivität des Projekts ist jedoch mit einem Zielerreichungsgrad von 46 % gering. Das Resultat liegt insgesamt im zentralen Bereich unseres Bewertungsschemas.

Unter Berücksichtigung des zusätzlichen Nutzens infolge eines baurechtlich möglichen zukünftigen Ausbaus in den mit den Massnahmen geschützten Zonen, erhöht sich der Nutzen geringfügig auf Fr. 113'000.- pro Jahr, die Effizienz auf 0.78 und die Effektivität bleibt mit 48 % hier ebenfalls gering. Auch dieses Resultat ist im zentralen Bereich unseres Bewertungsschemas gelegen.

Das Effizienz- und Effektivitätsresultat situiert das Fallbeispiel im Effizienz/Effektivitäts-Diagramm in der Kategorie 2: die Realisierung des Projektes muss näher untersucht werden.

Interpretation der Projektkosten

Die Kosten für Planung und Projektierung, den Verfahrensaufwand und die Betriebs- und Unterhaltskosten sind in den Anlagekosten üblicherweise nicht ausgewiesen. Ihr Einbezug führt dazu, dass die Kosten des Projekts (im Vergleich zu den reinen Bau- und Installationskosten) um rund 20 % höher werden und damit die ausgewiesene Effizienz schmälern.

Der Kostenvoranschlag für das TSSP Aarwangen basiert auf Offerten von 1994/95. In der Zwischenzeit ist der Baukostenindex infolge der Rezession gefallen, und es ist damit zu rechnen, dass die Realisierung des Projektes mit geringeren Kosten verbunden sein wird. Tiefere Baukosten bewirken eine verbesserte Effizienz des Projekts.

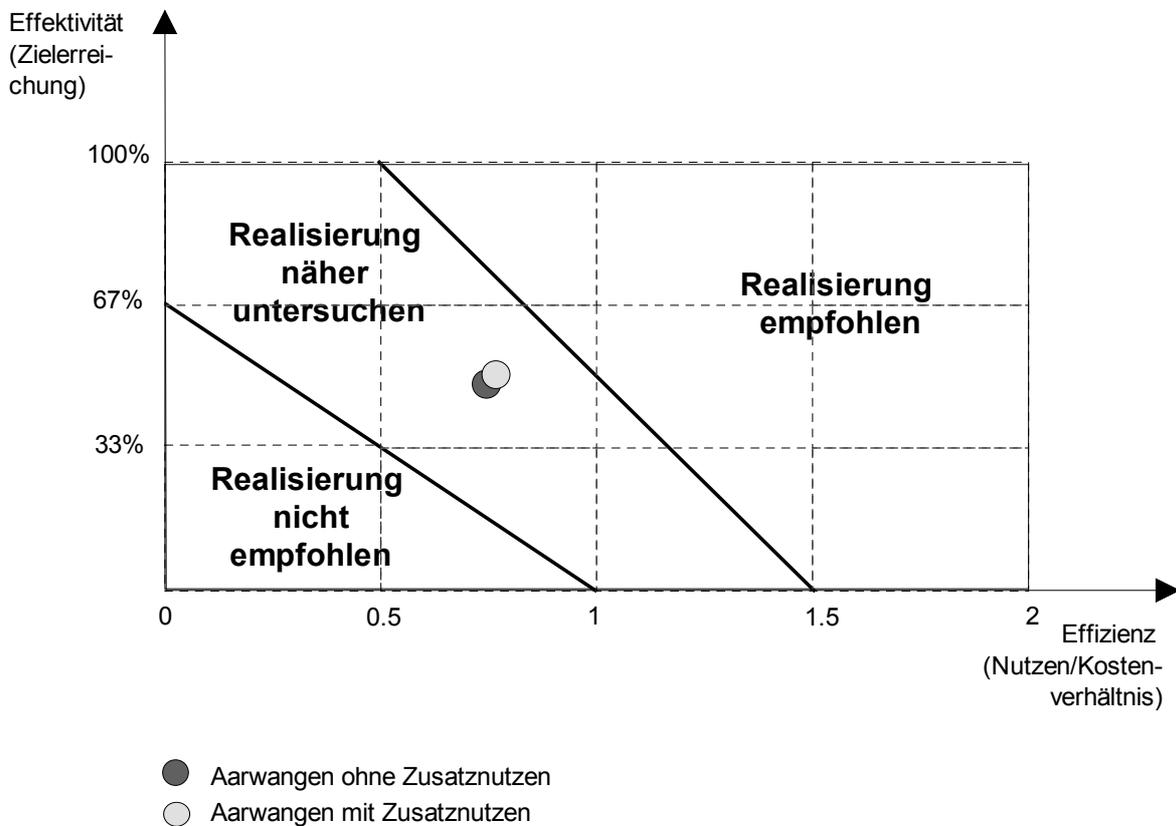
Interpretation des Projektnutzens

Das Schwergewicht bei den Sanierungsmassnahmen in Aarwangen liegt auf den Schallschutzfenstern, die rund 96 % des Projektnutzens ausmachen. Der restliche Anteil des Nutzens entfällt auf die Wirkung der Lärmschutzwände.

Der hohe Anteil an Schallschutzfenstern beeinflusst sowohl die Effizienz wie auch die Effektivität negativ, weil die Kosten relativ hoch sind, der Nutzen von Schallschutzfenstern im Modell aber nur halb so stark gewichtet wird wie der Nutzen von Lärmschutzwänden (Fenster schützen nur den Innenraum!). Anders ausgedrückt: Die Halbierung des Nutzens hat zur Folge, dass in unserem Modell die maximale Effektivität von Schallschutzfenstern (= Einhaltung aller Belastungsgrenzwerte nach LSV) im Gegensatz zu Lärmschutzwänden lediglich bei 50 % liegen kann.

Ein weiterer Grund für den relativ geringen Nutzen, den das Projekt ausweist, liegt in der Regionalisierung des Mietpreinsniveaus: Der Ansatz für ländliche Regionen liegt 12 % unter dem schweizerischen Mietpreinsniveau, was zu einer Nutzenreduktion in der gleichen Gröszenordnung führt.

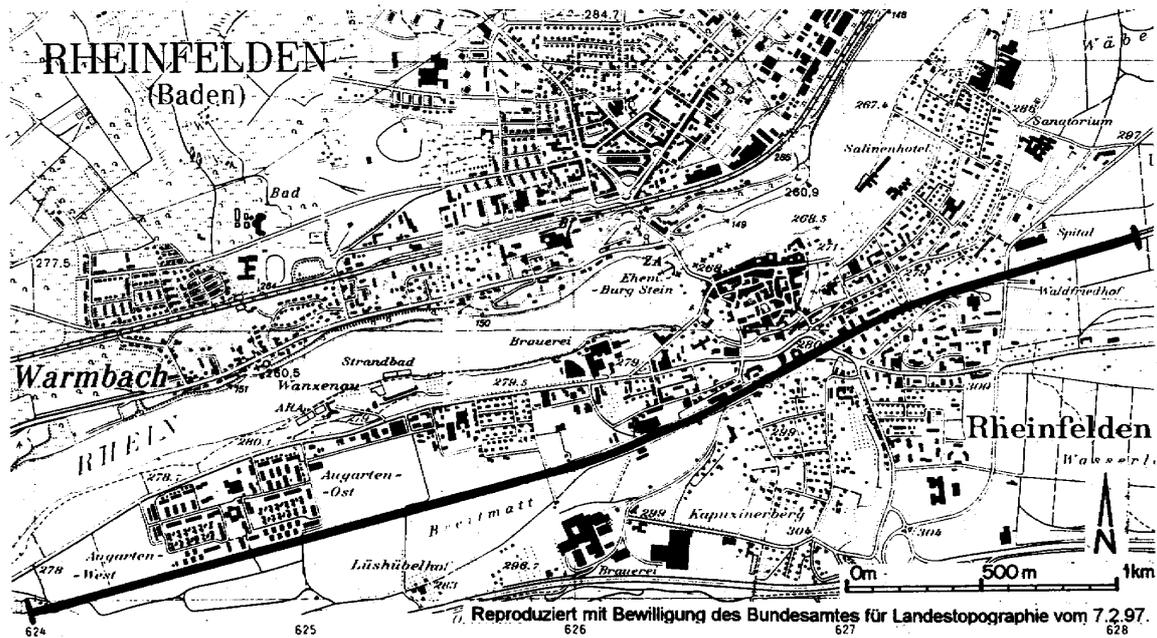
Aus den errechneten Werten für das TSSP Aarwangen lässt sich schliessen, dass der Nutzen ungefähr dann den Kosten entsprechen würde (Effizienz = 1), wenn das Projekt bei gleichen Kosten den Grenzwert bei drei von fünf Gebäuden einzuhalten im Stande wäre (Effektivität = 60 %).



Anhang 3: Fallbeispiel Schienenlärm: Rheinfelden

Allgemeine Angaben:

Gemeinde:	Rheinfelden AG
Untersuchungsperimeter:	Lärmsanierung SBB-Linie Stein/Säckingen-Pratteln, ca. 6 km
Klassierung nach USG und LSV:	Sanierung
Massgebendes Recht:	Art. 16ff USG, Art. 13ff LSV



Situationsplan SBB-Linie Rheinfelden

Schritt A: Monetarisierung des maximal möglichen Nutzens

SBB-Linie Rheinfelden AG: Lärmsanierung

Zonen	Teilschritte										
	A.2		A.3			A.4			A.5		
	Über IGW belastete Nutzungen-zonenfläche (LK1+LK2)	mittl. Ausn. ziffer AZ ¹⁾	Über IGW belastete BGF (Annahme: Ausbaugrad 100%)	AKustische Belastung: mittlere Überschreitung der Untergrenze ³⁾ * Anzahl m ² BGF (Basis IGW-5)	Volkswirtschaftliche Kosten ⁴⁾ des Lärms pro Jahr (Basis IGW-5)	[m ² BGF über AW, IGW]		[Mietzins: 112.10 Fr./m ² Jahr]			
[m ² über IGW+AW]		Total (LK1+2)	LK1	LK2	LK1: Mietpreisfaktor 1.0%	LK2: Mietpreisfaktor 0.9%	LK1: Mietpreisfaktor 1.0%	LK2: Mietpreisfaktor 0.9%			
ES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
B Brauerzone	III		3'420	0.05	171	0	171	0	1'283	0	1'294
G Grossgewerbezone	III		86'720	0.10	8'672	0	8'672	0	65'040	0	65'619
K Kurzone	II		8'900	0.45	4'005	0	4'005	0	40'050	0	40'406
W2 Wohnzone 2-geschossig	II		80'058	0.40	32'023	1'246	30'777	21'805	307'772	24'443	310'511
W4 Wohnzone 4-geschossig ⁴⁾	II		134'600	0.60	89'010	8'867	80'143	155'173	801'430	173'949	808'563
WG2A Wohnen-Kleingewerbe 2A	III		17'640	0.50	8'820	0	8'820	0	66'150	0	66'739
WG2B Wohnen-Kleingewerbe 2B	III		6'000	0.60	3'600	800	2'800	10'000	21'000	11'210	21'187
WG4A Wohnen-Kleingewerbe 4A	III		66'020	0.80	52'816	0	52'816	0	396'120	0	399'645
WG4B Wohnen-Kleingewerbe 4B	III		35'200	1.00	35'200	9'863	25'337	123'288	190'028	138'206	191'719
Landwirtschaftsgebiet	III		0		166	166	0	2'075	0	2'326	0
Total					234'483	20'942	213'541			350'134	1'905'683
Total Franken pro Jahr										7'002'680	38'113'660
Kapitalisiert zu 5% (Franken)											45'116'340

Kapitalisierte volkswirtsch. Kosten des Lärms (= max. möglicher Nutzen von LSM) in Fr.

Berechnungsformel:

$$VK_{Lärm} = \text{Summe } (BGF_i \cdot g_i \cdot f_i) \cdot m$$

$$VK_{Lärm} = \text{Kol.10} + \text{Kol.11} = [(\text{Kol.6} \cdot g \cdot \text{Mietpreisfaktor}) + (\text{Kol.7} \cdot g \cdot \text{Mietpreisfaktor})] \cdot \text{Mietzins}$$

Legende:

¹⁾ gemäss Gebäudeflächen mit AW-Überschreitung

²⁾ mittl. Überschreitung Untergrenze (g) in dBA:

Zonen	Basis IGW-5	
	LK1	LK2
ES II	17.5	10
ES III	12.5	7.5
ES IV	10	7.5

³⁾ Annahmen für Wertgerüst:

Mietpreisfaktor: LK1 = 1%, LK2 = 0.9%

Mietzins (Kleinrenten): 112.10 Fr./m² BGF und Jahr

⁴⁾ BGF in LK2 inkl. 8250 m² in obersten Geschossen von Hochhäusern ausserhalb der IGW-Isophone

Sensitivitätsüberlegungen:

Fehlerabschätzung: Isophonen (LK-Zuordnung): ±25%, AZ: ±20%, g(LK1): ±20, g(LK2): ±50%, Mietpreisfaktor: ±20%, Jahreskosten: ±25%

Projektkarakteristik:

Sanierungsprojekt SBB, Länge ca. 6 km, Erstellung von 2'970 m² LS-Wand:

7.667 Mio. Fr. Investitionskosten (0.437 Mio. Fr./Jahr)

oder 6.1 Mio. Fr. Bau- und Installationskosten

Schritt B: Interessenabwägung

a) Jahreskosten der Lärmschutzmassnahmen (Teilschritt B.1)

Art der Massnahmen:	
■ Investitionen <u>mit</u> Abschreibungen:	ca. 2'970 m ² Lärmschutzwände
■ Investitionen <u>ohne</u> Abschreibungen:	Landerwerbskosten

Investitionskosten	Berechnungsbasis	Betrag in TFr.	
		Investitionen <u>mit</u> Abschreibungen	Investitionen <u>ohne</u> Abschreibungen
Bau- und Installationskosten:			
- Lärmschutzwände: ca. 2'970 m ²	Angaben Bauherr	4'877	
- Sicherheitsdienst		286	
- Transportdienst		477	
- Langsamfahrstellen		490	
Zwischentotal 1		6'130	
Planungs- und Projektierungskosten	20 % der Baukosten	1'226	
Verfahrenskosten	1 % der Baukosten	61	
Zwischentotal 2		7'417	
Landerwerbskosten			150
Investitionskosten total		7'417	150
Anteil Lärmschutz in %		100%	100%
Investitionskosten für Lärmschutz, Preisbasis Mitte 1993		7'417	150
Investitionskosten für Lärmschutz, indiziert auf Dez. 1995		7'567	

Umrechnung in Jahreskosten

Abschreibungskosten	2,5 % der Investitionskosten	185	
Kapitalkosten:			
- Invest. mit Abschreibungen	2,5 % der Investitionskosten	185	
- Invest. ohne Abschreibungen	5 % der Investitionskosten		
Betriebs- und Unterhaltskosten (für Invest. mit Abschreibungen)	1 % der Investitionskosten	59	
		430	7
Jahreskosten total (in TFr.)		437	

b) Quantitative Beurteilung (Teilschritt B.2)

Die nachfolgende Beurteilungs-Checkliste weist nach, dass die vorgesehenen Massnahmen zu keiner starken Beeinträchtigung führen. Dagegen ist erkennbar, dass das Ortsbild und die Ökologie mittelmässig beeinträchtigt werden, was nur akzeptiert werden kann, weil die Anliegen des Lärmschutzes überwiegen.

Kriterien	Mass der Beeinträchtigung		
	gering	mittel	stark
■ Auswirkungen auf das Ortsbild		x	
■ Beurteilung des Landschaftseingriffes	x		
■ Ökologische Auswirkungen (Trennwirkung für Tiere, Wasserhaushalt u.a.)		x	
■ Auswirkungen auf die Wohnqualität von Anwohner/innen (Lichteinfall, Sichtverhältnisse u.a.)	x		
■ Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit	x		
■ Andere Auswirkungen			

c) Ermittlung des Jahresnutzens der LSM mit Tabelle für Teilschritte B.3 bis B.6
vgl. Tabelle auf folgender Seite

d) Interessenabwägung (Teilschritt B.7)Zusammenstellung der Resultate

Jahreskosten		Fr. 437'000
Jahresnutzen:		
■ ohne Zusatznutzen		Fr. 351'212
■ mit Zusatznutzen		Fr. 398'751
Effizienz (Jahresnutzen/Jahreskosten)		
■ ohne Zusatznutzen		0.80
■ mit Zusatznutzen		0.91
Effektivität (Zielerreichung)		
■ ohne Zusatznutzen		35%
■ mit Zusatznutzen		37%

Beurteilung

Das Sanierungsprojekt der SBB-Linie Rheinfelden weist pro Jahr Nutzen von Fr. 351'000.- und Kosten von Fr. 437'000.- aus.

Die Effizienz des Projekts ist mit 0,80 (bzw. mit dem Zusatznutzen 0.91) gut und liegt damit nahe dem Wert 1 (ausgeglichenes Kosten-/Nutzen-Verhältnis), während die Effektivität des Projekts mit einem Zielerreichungsgrad von 35% (bzw. 37%) im unteren Bereich der gewünschten Zielerreichung steht.

Das Effizienz- und Effektivitätsresultat situiert das Fallbeispiel im Effizienz/Effektivitäts-Diagramm in der Kategorie 2: die Realisierung des Projektes muss näher untersucht werden.

Interpretation der Projektkosten

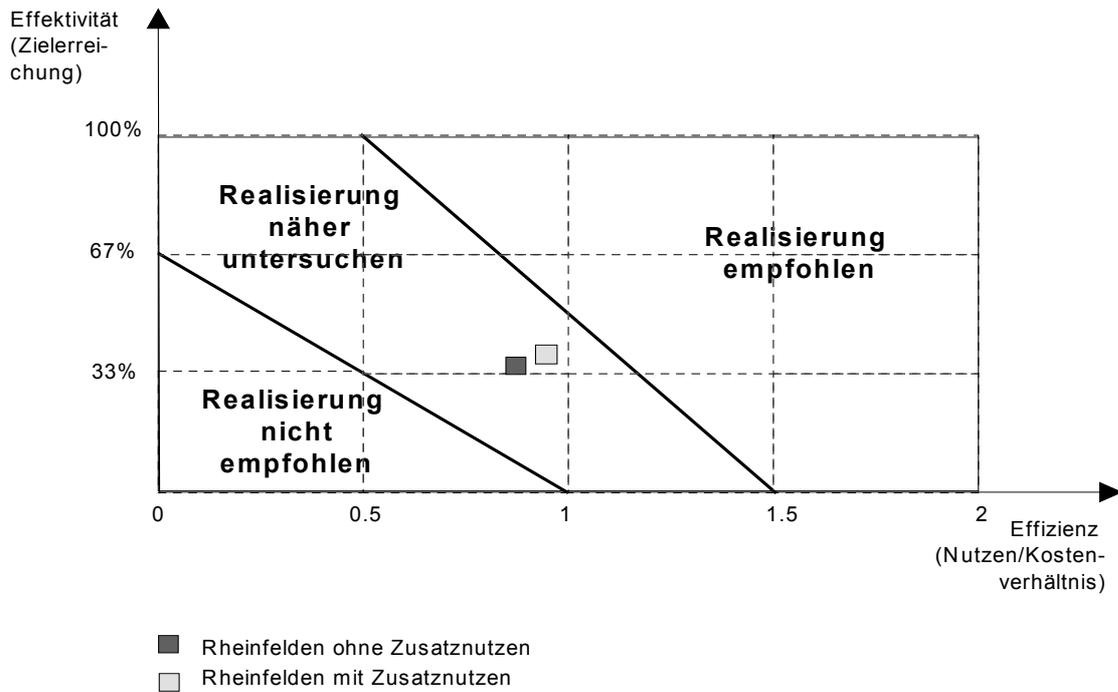
Zu hinterfragen sind die relativ hohen Erstellungskosten. Die von der SBB angegebenen Kosten für Sicherheits-, Transportdienst und Langsamfahrstelle betragen 20% der Gesamtkosten. Wird z.B. nur ein Viertel dieser Kosten in Rechnung gestellt, so erhöht sich die Effizienz des Projekts auf 0.84.

Die Kosten für Planung und Projektierung, für den Verfahrensaufwand und die Betriebs- und Unterhaltskosten sind in den Projektkosten üblicherweise nicht ausgewiesen. Ihr Einbezug führt auch hier dazu, dass die Kosten des Projekts (im Vergleich zu den reinen Bau- und Installationskosten) um rund 20 % höher werden und damit die ausgewiesene Effizienz schmälern.

Der Kostenvoranschlag für die SBB-Linie Rheinfelden basiert auf Preisen von 1993. In der Zwischenzeit blieben die Kosten eher stabil oder sanken zum Teil sogar. Falls die Massnahmen heute realisiert würden, dürfte mit tieferen Erstellungskosten gerechnet werden, was zu einer Verbesserung der Effizienz führen würde.

Interpretation des Projektnutzens

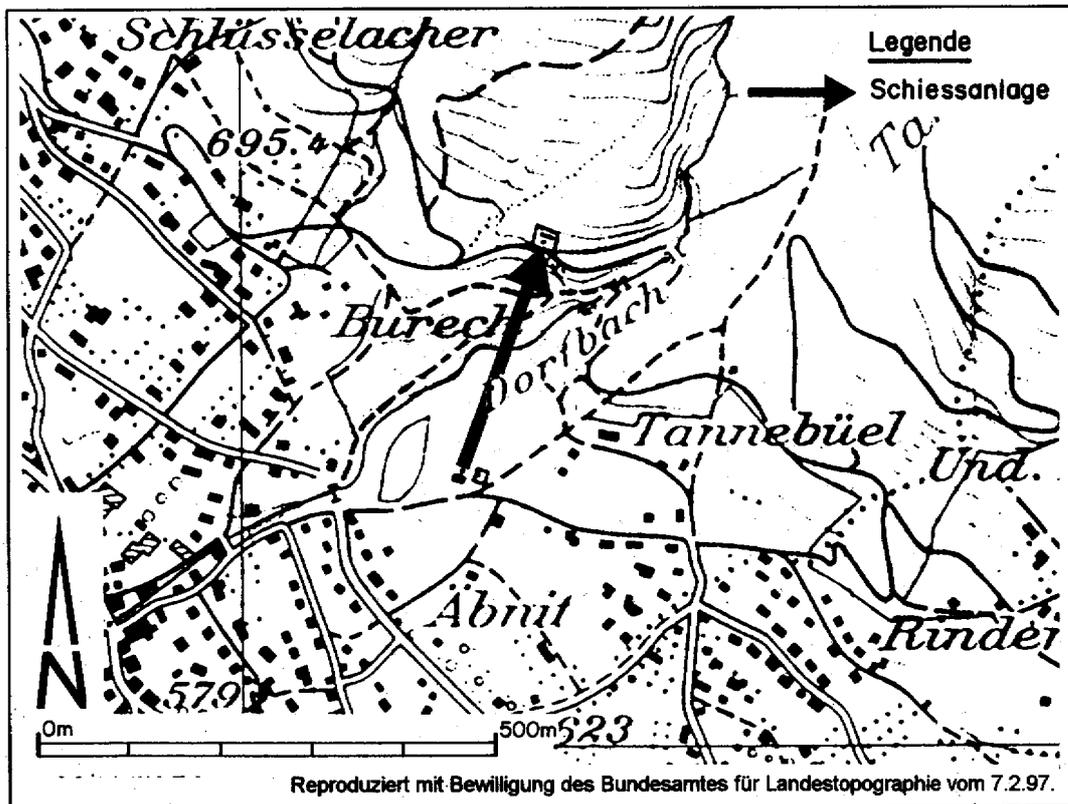
Das Schwergewicht bei den Sanierungsmassnahmen in Rheinfelden liegt auf Lärmschutzwänden. Die damit geschützte Ausbaureserve ergibt einen Zusatznutzen von 14 %. Damit wird fast das ausgeglichene Nutzen/Kostenverhältnis von 1 erreicht.



Anhang 4: Fallbeispiel Schiesslärm: Hilterfingen

Allgemeine Angaben:

Gemeinde:	Hilterfingen
Untersuchungsperimeter:	300m-Schiessanlage Tannenbüel und angrenzende Nutzungszonen E1 und E2
Klassierung nach USG und LSV:	Sanierung
Massgebendes Recht:	Art. 16ff USG, Art. 13ff LSV



Situationsplan der Schiessanlage Tannenbüel in Hilterfingen

Schritt A: Monetarisierung des maximal möglichen Nutzens

Schiessanlage Hilterfingen: Lärmsanierung

Zonen	Teilschritte										
	A.2		A.3		A.4		A.5		A.5		
ES	Über IGW belastete Nutzungs-zonenfläche	mittl. Ausn. ziffer AZ	Über IGW belastete BGF (Annahme: Ausbaugrad 100%)	Akustische Belastung: mittlere Überschreitung der Untergrenze ¹⁾ * Anzahl m ² BGF (Basis IGW-5)	Volkswirtschaftliche Kosten ²⁾ des Lärms pro Jahr (Basis IGW-5)	[m ² ZF über AW, IGW]		[m ² BGF über AW, IGW]		[dB(A) m ² BGF]	
	LK1	LK2	LK1	LK2	LK1	LK2	LK1	LK2	LK1	LK2	LK2: Mietpreisfaktor 0.9%
	>AW	IGW-AW	>AW	IGW-AW	>AW	IGW-AW	>AW	IGW-AW	>AW	IGW-AW	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
W1 Wohnzone 1-geschossig	10'667	6'114	0.30	3'200	1'834	40'001	13'757	48'921	15'142		
W1 Wohnzone 1-geschossig	0	18'539	0.30	0	5'562	0	55'617	0	61'218		
W2 Wohnzone 2-geschossig	0	10'268	0.40	0	4'107	0	41'072	0	45'208		
Total											
Total Franken pro Jahr Kapitalisiert zu 5% (Franken)									48'921	121'568	
Kapitalisierte volkswirtsch. Kosten des Lärms (= max. möglicher Nutzen von LSM) in Fr.									978'420	2'431'360	
Berechnungsformel:	$VK_{Lärm} = \text{Summe } (BGF_i \cdot g_i) \cdot m$ $VK_{Lärm} = \text{Kol.10} + \text{Kol.11} = [(\text{Kol.6} \cdot g \cdot \text{Mietpreisfaktor}) + (\text{Kol.7} \cdot g \cdot \text{Mietpreisfaktor})] \cdot \text{Mietzins}$										

Sensitivitätsüberlegungen:
 Fehlerabschätzung: Isophonen (LK-Zuordnung): ±25%, AZ: ±20%, g(LK1): ±20, g(LK2): ±50%, Mietpreisfaktor: ±20%, Jahreskosten: ±25%

Projektkarakteristik:
 Investitionskosten: 490'000 Fr., davon 55% oder ca. 272'000 Fr. lärmrelevant (ca. 0.0163 Mio.Fr./Jahr), entspricht ca. 225'000 Fr. Bau- und Installationskosten netto; die vorgesehene Sanierung betrifft das Schützenhaus, 6 Schiessstunnsels sowie, nur zu einem Viertel angerechnet, 6 elektronische Trefferanzeigeanlagen (TAA) und elektrische Installationen

Basis IGW-5	LK1	LK2
ES II	17.5	10
ES III	12.5	7.5
ES IV	10	7.5

²⁾ Zahlen für Wertgerüst:
 Mietpreisfaktor LK1 = 1%, LK2 = 0.9%;
 Mietpreis (Mittelzentren): 122.30 Fr./m² BGF und Jahr

Schritt B: Interessenabwägung

a) Jahreskosten der Lärmschutzmassnahmen (Teilschritt B.1)

Art der Massnahmen:	
■ Investitionen <u>mit</u> Abschreibungen:	Isolation und schallabsorbierende Innenraumverkleidung des Schützenhauses 6 Schiesstunnels 6 elektronische Trefferanzeigen
■ Investitionen <u>ohne</u> Abschreibungen:	Keine

Investitionskosten	Berechnungsbasis	Betrag in TFr.	
		Investitionen <u>mit</u> Abschreibungen	Investitionen <u>ohne</u> Abschreibungen
Bau- und Installationskosten:			
- Schützenhaus	Angaben Bauherr	130	
- Schiesstunnels		35	
- Elektronische Trefferanzeigen (25% als Kosten im Sinne von Schallschutzmassnahmen angerechnet)		60	
Zwischentotal 1		225	
Planungs- und Projektierungskosten	20 % der Baukosten	45	
Verfahrenskosten	1 % der Baukosten	2	
Zwischentotal 2		272	
Landerwerbskosten			-
Investitionskosten total		272	
Anteil Lärmschutz in %		100%	
Investitionskosten für Lärmschutz, Preisbasis Dez. 1995		272	
Investitionskosten für Lärmschutz, indexiert auf Dez. 1995		272	

Umrechnung in Jahreskosten

Abschreibungskosten	2,5 % der Investitionskosten	6.8	
Kapitalkosten:			
- Invest. mit Abschreibungen	2,5 % der Investitionskosten	6.8	
- Invest. ohne Abschreibungen	5 % der Investitionskosten		
Betriebs- und Unterhaltskosten (für Invest. mit Abschreibungen)	1 % der Investitionskosten	2.7	
		16.3	0
Jahreskosten total (in TFr.)		16.3	

b) Quantitative Beurteilung (Teilschritt B.2)

Die nachfolgende Beurteilungs-Checkliste weist nach, dass die vorgesehenen Massnahmen nur zu geringen Beeinträchtigungen führen. Die Lärmschutzmassnahmen sind aus Sicht der nicht quantifizierbaren Kosten uneingeschränkt realisierbar.

Kriterien	Mass der Beeinträchtigung		
	gering	mittel	stark
■ Auswirkungen auf das Ortsbild	x		
■ Beurteilung des Landschaftseingriffes	x		
■ Ökologische Auswirkungen (Trennwirkung für Tiere, Wasserhaushalt u.a.)	x		
■ Auswirkungen auf die Wohnqualität von Anwohner/innen (Lichteinfall, Sichtverhältnisse u.a.)	x		
■ Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit	x		
■ Andere Auswirkungen			

c) Ermittlung des Jahresnutzens der LSM mit Tabelle (Teilschritte B.3 bis B.6)

vgl. Tabelle auf folgender Seite.

Teilschritte B.3 - B.6: Volkswirtschaftlicher Nutzen der LSM
Schliessanlage Hilterfingen: Lärmsanierung

Zonen	Teilschritte												B.6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
	B.3			B.4			B.5			B.5			B.6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
	Über IGW belastete BGF ohne Massnahmen (heutiger Ausbaugrad)			Über IGW-5 belastete BGF mit Massnahmen (heutiger Ausbaugrad)			Akustische Erlastung infolge Massnahmen (m2 BGF ober AW, IGW, IGW-5 ¹⁾)			Mittlere Überschreitung von IGW -5 (je Lärmklasse und Zone in dBA)			Nutzen der LSM in Franken pro Jahr (für heutigen Ausbaugrad)			Nutzen der LSM in Franken pro Jahr (für Ausbaureserve (Zusatznutzen))																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
	LK1	LK2	Total LK2+LK1	LK1	LK2	Total LK2+LK1	LK1	LK2	LK3	LK1	LK2	LK3	LK1	LK2	LK3	LK1: Mietpreisfaktor 1.0%	LK2: Mietpreisfaktor 0.9%	LK3: Mietpreisfaktor 0.8%	LK1: Mietpreisfaktor 1.0%	LK2: Mietpreisfaktor 0.9%	LK3: Mietpreisfaktor 0.8%	LK1: Mietpreisfaktor 1.0%	LK2: Mietpreisfaktor 0.9%	LK3: Mietpreisfaktor 0.8%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
W1 Wohnzone 1-geschossig	190	569	759	41	0	41	718	149	569	-718	125	7.5	2.5	1863	4268	-1795	4688	-1756	2278	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	1012	1013	1014	1015	1016	1017	1018	1019	1020	1021	1022	1023	1024	1025	1026	1027	1028	1029	1030	1031	1032	1033	1034	1035	1036	1037	1038	1039	1040	1041	1042	1043	1044	1045	1046	1047	1048	1049	1050	1051	1052	1053	1054	1055	1056	1057	1058	1059	1060	1061	1062	1063	1064	1065	1066	1067	1068	1069	1070	1071	1072	1073	1074	1075	1076	1077	1078	1079	1080	1081	1082	1083	1084	1085	1086	1087	1088	1089	1090	1091	1092	1093	1094	1095	1096	1097	1098	1099	1100	1101	1102	1103	1104	1105	1106	1107	1108	1109	1110	1111	1112	1113	1114	1115	1116	1117	1118	1119	1120	1121	1122	1123	1124	1125	1126	1127	1128	1129	1130	1131	1132	1133	1134	1135	1136	1137	1138	1139	1140	1141	1142	1143	1144	1145	1146	1147	1148	1149	1150	1151	1152	1153	1154	1155	1156	1157	1158	1159	1160	1161	1162	1163	1164	1165	1166	1167	1168	1169	1170	1171	1172	1173	1174	1175	1176	1177	1178	1179	1180	1181	1182	1183	1184	1185	1186	1187	1188	1189	1190	1191	1192	1193	1194	1195	1196	1197	1198	1199	1200	1201	1202	1203	1204	1205	1206	1207	1208	1209	1210	1211	1212	1213	1214	1215	1216	1217	1218	1219	1220	1221	1222	1223	1224	1225	1226	1227	1228	1229	1230	1231	1232	1233	1234	1235	1236	1237	1238	1239	1240	1241	1242	1243	1244	1245	1246	1247	1248	1249	1250	1251	1252	1253	1254	1255	1256	1257	1258	1259	1260	1261	1262	1263	1264	1265	1266	1267	1268

d) Interessenabwägung (Teilschritt B.7)Zusammenstellung der Resultate

Jahreskosten (vgl. oben)		Fr. 16'300
Jahresnutzen:		
■ ohne Zusatznutzen		Fr. 22'332
■ mit Zusatznutzen		Fr. 117'537
Effizienz (Jahresnutzen/Jahreskosten)		
■ ohne Zusatznutzen		1.37
■ mit Zusatznutzen		7.21
Effektivität (Zielerreichung)		
■ ohne Zusatznutzen		98%
■ mit Zusatznutzen		99%

Beurteilung

Das Sanierungsprojekt der Schiessanlage Hilterfingen weist pro Jahr Nutzen von Fr. 22'000.- und Kosten von Fr. 16'000.- aus.

Die Effizienz des Projekts ist mit 1.37 (bzw. mit dem Zusatznutzen 7.21) gut bis sehr gut und auch die Effektivität des Projekts liegt mit einem Zielerreichungsgrad von 98% (bzw. 99%) im maximalen Bereich des Bewertungsschemas.

Das Effizienz- und Effektivitätsresultat situiert das Fallbeispiel im Effizienz/Effektivitäts-Diagramm in der Kategorie 1: Das Projekt kann in dieser Art uneingeschränkt realisiert werden.

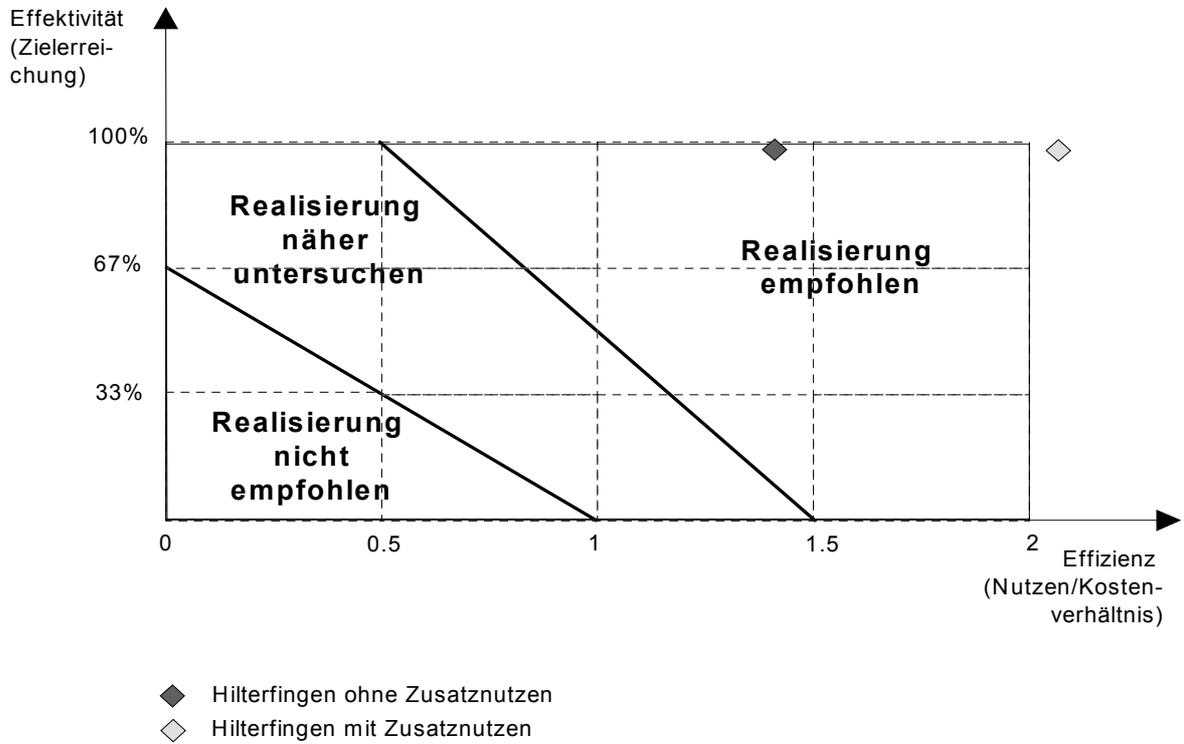
Interpretation der Projektkosten

Die Jahreskosten hängen in hohem Masse davon ab, welcher Kostenanteil der elektronischen Trefferanzeige dem Lärmschutz angerechnet werden. Würde dieser mit 50% statt mit 25% angerechnet, so erhöhten sich die Kosten um ca. 25 % und die Effizienz würde auch um etwa diesen Prozentsatz sinken.

Interpretation des Projektnutzens

Der Nutzen ist bei dieser Sanierung verhältnismässig hoch, weil Hilterfingen (als Mittelzentrum gemäss Einteilung BFS, vgl. Kap. 7.3.6) ein Mietpreisniveau aufweist, das etwa 10% höher liegt als in Rheinfelden oder Aarwangen.

Ein überwiegender Teil der Sanierungsmassnahmen in Hilterfingen betrifft Massnahmen an der Quelle. Damit wird der Aussenraum geschützt, was für die Ausbaureserve in den geschützten Zonen einen grossen Zusatznutzen ermöglicht. In Hilterfingen führt der Zusatznutzen denn auch zu einer Verfünfachung der Effizienz.



**Wirtschaftliche Tragbarkeit
und Verhältnismässigkeit
von Lärmschutzmassnahmen**

Rechtsgutachten

erstattet dem BUWAL

Dr. Karl Ludwig Fahrländer, Fürsprecher

Inhaltsverzeichnis:

I.	Einleitung	125
1.	Problemstellung	125
2.	Auftrag	125
3.	Vorgehen	126
II.	Beurteilungsgrundlagen	127
4.	Gesetzliche Grundlagen	127
5.	Vollzug und Rechtsprechung	129
6.	Die Grundsätze des Lärmschutzkonzeptes	130
6.1	Dreistufigkeit	130
6.2	Zumutbarkeit	131
7.	Teilaspekte des Lärmschutzkonzeptes	131
7.1	Belastungsgrenzwerte	131
7.2	Das Mass der Vorsorge	132
7.3	Grundregel	132
7.4	Erleichterungen	133
7.5	Der Einzelfall	134
8.	Das KN-Modell der SBB	135
III.	Beurteilung	136
9.	Unbestimmte Rechtsbegriffe	136
10.	Wirtschaftliche Tragbarkeit	136
11.	Das Prinzip der Verhältnismässigkeit	138

11.1	Der Verfassungsgrundsatz	138
11.2	Die Teilinhalte	138
11.3	Öffentliche Anlagen	139
11.4	Private Anlagen	139
12.	Interessenabwägung	140
12.1	Einordnung	140
12.2	Vorgehen	141
12.3	Keine abstrakte Interessenabwägung	141
12.4	Zielsetzung	142
12.5	Private Anlagen	142
12.6	Öffentliche Anlagen	143
IV.	Ergebnis	143
13.	Unterscheidungen zwischen öffentlichen und privaten Anlagen	143
14.	Vorsorge	144
14.1	Neuanlagen	144
14.2	Sanierungen	145
15.	Verschärfte Emissionsbegrenzungen	145
16.	Erleichterungen	145
16.1	Private Neuanlagen	145
16.2	Öffentliche Neuanlagen	146
16.3	Sanierung privater Anlagen	146
16.4	Sanierung öffentlicher Anlagen	146
17.	Möglichkeiten und Grenzen von Modellen	147
18.	Folgerungen und Vorgaben zu Handen der Machbarkeitsstudie	148

I. Einleitung

1. Problemstellung

Am 01.01.1985 ist - gestützt auf Art. 24 septies BV - das Bundesgesetz über den Umweltschutz vom 07.10.1983 (USG) in Kraft getreten und seit dem 01.04.1987 gilt die durch den Bundesrat erlassene eidg. Lärmschutz-Verordnung (LSV).

Diese Erlasse haben den Lärmschutz in entscheidender Weise verändert. Neue Bauten und Anlagen, Geräte, Maschinen und Fahrzeuge haben den (strengen) Lärmschutzvorschriften des eidg. Rechts zu entsprechen, bestehende als feste Anlagen sind innerhalb der festgelegten Fristen zu sanieren.

Dabei haben Emissionsbegrenzungen bei neuen und bestehenden Anlagen nach Massgabe von Art. 11 Abs. 2 USG „wirtschaftlich tragbar“ zu sein. Sanierungen dürfen sich im „Einzelfall“ nicht als „unverhältnismässig“ erweisen (Art. 17 Abs. 1 USG). Zudem gewährt Art. 25 Abs. 2 USG auch für neue, ortsfeste Anlagen „Erleichterungen“, wenn ihre Errichtung im „überwiegenden öffentlichen Interesse“ liegt und andernfalls mit „einer unverhältnismässigen Belastung für das Projekt“ gerechnet werden müsste (vgl. auch Art. 25 Abs. 3 USG).

Obwohl Art. 17 Abs. 3 LSV dafür eine am 31.03.2002 auslaufende Frist gesetzt hat, sind insbesondere die vorgeschriebenen Sanierungsmassnahmen - jedenfalls bei Verkehrsträgern - noch wenig vorangekommen. Abgesehen davon, dass zunächst die erforderlichen Beurteilungsgrundlagen erarbeitet werden mussten (Festlegung der Empfindlichkeitsstufen nach Art. 43 LSV) oder erst noch festzulegen sein werden, stehen auch die Betreiber öffentlicher oder konzessionierter Anlagen unter einem stark gestiegenen Kostendruck. Damit hat die Frage nach der „wirtschaftlichen Tragbarkeit“ und „Verhältnismässigkeit“ von Lärmschutzmassnahmen an Bedeutung gewonnen.

2. Auftrag

Gemäss erteiltem Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) „sollen die Parameter festgelegt werden, die beim Entscheid über die wirtschaftliche Tragbarkeit und Verhältnismässigkeit (von Lärmschutzmassnahmen) berücksichtigt werden müssen. Zudem soll ein Verfahren entwickelt werden, welches den Vollzug der entsprechenden Gesetzesartikel hinsichtlich der wirtschaftlichen Tragbarkeit (und der Verhältnismässigkeit) projektspezifisch objektiviert“.

Diese Zielsetzungen sollen in mehreren, gestaffelten Arbeitsschritten erreicht werden. Zunächst soll das Thema - aus rechtlicher Sicht - ausgeleuchtet und - gestützt darauf - eine Machbarkeitsstudie für ein zu entwickelndes Modell erstellt werden. Dieses soll seinerseits Grundlage für eine in einem zweiten Schritt abzuliefernde Arbeitshilfe bieten.

Der erste, rechtliche Teil der Arbeit hat insbesondere folgende Fragen zu beantworten:

- Nach welchen Kriterien bemisst sich die wirtschaftliche Tragbarkeit von Lärmschutzmassnahmen?
- Können dabei ausschliesslich betriebswirtschaftliche oder müssen auch volkswirtschaftliche Aspekte eine Rolle spielen?
- Nach welchen Kriterien bemisst sich die Verhältnismässigkeit von Lärmschutzmassnahmen ?
- Ist es zulässig, die wirtschaftliche Tragbarkeit, bzw. die Verhältnismässigkeit von Lärmschutzmassnahmen mit einer Kosten Nutzen-Betrachtung zu beurteilen ?
- Welche Unterschiede bestehen zwischen privaten und öffentlichen Anlagen ?
- Welche Unterschiede bestehen zwischen der Errichtung, der Änderung und der Sanierung einer Anlage?
- Welcher Stellenwert kommt dabei der wirtschaftlichen Tragbarkeit, welcher der Verhältnismässigkeit zu?

3. Vorgehen

Der rechtliche Teil der Arbeit gibt zunächst einen Überblick über die für die Bearbeitung des Auftrages massgebenden Bestimmungen des Bundesrechts (Ziff. 4 f hienach) und über das diesen Vorschriften zugrunde liegende Lärmschutzkonzept (Ziff. 6 hienach). Sodann werden die für diese Arbeit benötigten rechtlichen Beurteilungsgrundlagen vorgestellt und erörtert (Ziff. 7 f).

Auf diese - durch die vorgegebenen Zielsetzungen - beschränkten Ausführungen baut die Beurteilung (III. hienach) als dogmatischer Teil der Arbeit auf. Diese soll zur Beantwortung der gemäss Auftrag gestellten Fragen (Ziff. 13 - 17 hienach) und zu den Grundlagen für die Erarbeitung der Machbarkeitsstudie (vgl. Ziff. 18 hienach) führen (IV. hienach, Ergebnis).

Sofern eine schematisierte, modellhafte Festlegung der wirtschaftlichen Tragbarkeit und der Verhältnismässigkeit von Lärmschutzmassnahmen aus rechtlicher Sicht nicht grundsätzlich zu verwerfen ist, steckt der rechtliche Teil des Auftrags den für die Machbarkeitsstudie, ein allfälliges Modell und die Erarbeitung der Vollzugshilfe massgebenden Rahmen ab. Dieser Rahmen ist gleichzeitig Massstab für die Beurteilung der Machbarkeitsstudie und eines allfälligen Modells. Das angestrebte Modell und die daraus zu entwickelnde Arbeitshilfe erweisen sich nur als tauglich, wenn sie im einzelnen Anwendungsfalle Ergebnisse zeitigen, wel-

che den Bestimmungen der Umweltschutzgesetzgebung entsprechen und sich als sachgerecht erweisen (Qualitätskontrolle).

Der rechtliche Teil der Arbeit wird als Anhang vollständig dem zu erstattenden Zwischenbericht (Machbarkeitsstudie) beigelegt. Die Zusammenfassung (Folgerungen und Vorgaben zu Handen der Machbarkeitsstudie, vgl. Ziff. 18 hienach) wird überdies in den Zwischenbericht aufgenommen.

Die schliesslich vorgesehene Arbeitshilfe ist gemäss erteiltem Auftrag „in einer sprachlich allgemein verständlichen Form“ abzufassen. Dieser rechtliche Teil dient seinerseits einem Team von Nichtjuristen (Ökonom, Akustiker, Planer, etc.) als „Arbeitshilfe“. Der Bericht versucht deshalb, die gefundenen Ergebnisse - ohne auf die erforderliche juristische Präzision zu verzichten - in einer möglichst leicht lesbaren Sprache darzustellen.

II. Beurteilungsgrundlagen

4. Gesetzliche Grundlagen

Art. 24 septies Abs. 1 BV, welcher am 06.06.1971 beschlossen wurde, verpflichtet den Bund, „Vorschriften über den Schutz des Menschen und seiner natürlichen Umwelt gegen schädliche oder lästige Einwirkungen zu erlassen“ und „insbesondere die Luftverunreinigung und den Lärm“ zu bekämpfen.

Das gestützt darauf nach fast 15 Jahren in Kraft getretene Bundesgesetz über den Umweltschutz (USG) bezweckt, die Bevölkerung gegen „schädliche und lästige Einwirkungen zu schützen“ (Art. 1 Abs. 1 USG) und solche „im Sinne der Vorsorge“ frühzeitig zu begrenzen (Art. 1 Abs. 2 USG). Lärm ist dabei - wie bestimmte andere Einwirkungen auch - „durch Massnahmen bei der Quelle (Emissionsbegrenzungen)“ einzudämmen (Art. 11 Abs. 1 USG). Deshalb sind „unabhängig von der bestehenden Umweltbelastung Emissionen im Rahmen der Vorsorge so weit zu begrenzen, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist“ (Art. 11 Abs. 2 USG).

„Die Emissionsbegrenzungen werden (sodann) verschärft“, wenn „die Einwirkungen unter Berücksichtigung der bestehenden Umweltbelastung schädlich oder lästig werden“ (Art. 11 Abs. 3 USG). Dies ist in der Regel der Fall, wenn die durch den Bundesrat gestützt auf Art. 13 Abs. 1 USG festgelegten Immissionsgrenzwerte überstiegen werden. Dabei sind die Immissionsgrenzwerte für den Lärm so festzusetzen, „dass nach dem Stand der Wissenschaft

oder der Erfahrung Immissionen unterhalb dieser Werte die Bevölkerung in ihrem Wohlbefinden nicht erheblich stören“ (Art. 15 USG).

Bestehende Anlagen, die den Umweltvorschriften der Bundesgesetzgebung „nicht genügen, müssen saniert“ und damit dem heute geltenden Recht angepasst werden (Art. 16 Abs. 1 USG). „Wäre eine Sanierung im Einzelfall“ aber „unverhältnismässig, gewähren die Behörden Erleichterungen“. Die Alarmwerte für Lärmimmissionen dürfen aber nicht überschritten werden (Art. 17 USG).

Anders als es die Überschrift des 4. Abschnittes des dritten Kapitels des Gesetzes (Zusätzliche Vorschriften für den Schutz von Lärm und Erschütterungen) an sich vermuten liesse, stellt dieser Abschnitt für den Lärm verschiedene Vorschriften auf, welche die allgemeinen Bestimmungen zur Emissionsbegrenzung speziell regeln und teilweise abändern (Schrade, Kommentar zum USG, Vorbemerkungen zu Art. 11 - 25, N. 2):

- Art. 20 Abs. 1 USG lässt bei Sanierungen von bestehenden öffentlichen oder konzessionierten ortsfesten Anlagen Schallschutz an Gebäuden und damit immissionsbegrenzende Massnahmen zu, wenn sich die Immissionen „durch Massnahmen bei der Quelle nicht unter den Alarmwert herabsetzen“ lassen.
- Art. 25 Abs. 1 USG schreibt grundsätzlich vor, dass neue ortsfeste Anlagen nur errichtet werden dürfen, „wenn die durch diese Anlagen allein erzeugten Lärmimmissionen die Planungswerte in der Umgebung nicht überschreiten“.
- Besteht ein überwiegendes öffentliches Interesse an der Anlage und würde die Einhaltung der Planungswerte zu einer unverhältnismässigen Belastung für das Projekt führen, so können Erleichterungen gewährt werden (Art. 25 Abs. 2 USG). Dabei dürfen die Immissionsgrenzwerte jedoch nur bei „öffentlichen oder konzessionierten ortsfesten Anlagen“ überschritten werden, wenn durch „Massnahmen bei der Quelle die Immissionsgrenzwerte nicht eingehalten werden“ können. Diesfalls verlangt Art. 25 Abs. 3 USG allerdings, dass „auf Kosten des Eigentümers der Anlage die vom Lärm betroffenen Gebäude durch Schallschutzfenster oder ähnliche bauliche Massnahmen geschützt werden“.

Diese Lärmschutzvorschriften des Bundesgesetzes werden in Anwendung von Art. 13 Abs. 1 USG, Art. 16 Abs. 2 USG, Art. 21 Abs. 2 USG und Art. 23 USG insbesondere durch Art. 7 - 10 LSV und Art. 13 ff LSV näher ausgeführt:

- Dabei bestätigt Art. 7 Abs. 1 a LSV für neue ortsfeste Anlagen und wiederholt - für geänderte ortsfeste Anlagen - Art. 8 Abs. 1 LSV das Vorsorgeprinzip, wonach die Emissionen neuer oder geänderter Anlagen soweit zu begrenzen sind, als dies technisch und betrieblich möglich sowie wirtschaftlich tragbar ist.

- Sodann übernimmt Art. 7 Abs. 2 LSV den Grundsatz von Art. 25 Abs. 2 USG, wonach Erleichterungen nur zulässig sind, wenn an der zu errichtenden privaten oder öffentlichen Anlage ein überwiegendes öffentliches Interesse besteht.
- Zudem dehnt Art. 10 Abs. 3 LSV den Ausnahmetatbestand von Art. 25 Abs. 3 USG insofern aus, als auch auf Schallschutzmassnahmen verzichtet werden kann, „wenn (dadurch) keine wahrnehmbare Verringerung des Lärms“ zu erwarten ist, „überwiegende Interessen des Ortsbildschutzes oder der Denkmalpflege entgegenstehen“ oder „das Gebäude innerhalb von drei Jahren abgebrochen“ oder „einer lärmunempfindlichen Nutzung zugeführt“ wird.
- Schliesslich führen die Art. 8 ff LSV die im Gesetz nicht ausdrücklich geregelte Kategorie der „geänderten ortsfesten Anlage“ ein (vgl. dazu Walker, Änderung von lärmigen Anlagen - Errichtung oder Sanierung?, URP 1994, S. 432 ff, insbes. S. 437 ff).

Bei den Sanierungen (Art. 13 ff LSV) bestätigt Art. 13 Abs. 2 Bst. a LSV zunächst das Vorsorgeprinzip. Zudem werden die Voraussetzungen für Erleichterungen (vgl. Art. 17 Abs. 1 USG) näher umschrieben. Erleichterungen sind zu gewähren, wenn die „Sanierung unverhältnismässige Betriebseinschränkungen oder Kosten verursachen würde“ oder „überwiegende Interessen namentlich des Ortsbild-, Natur- und Landschaftsschutzes, der Verkehrs- und Betriebssicherheit sowie der Gesamtverteidigung“ entgegenstehen (Art. 14 Abs. 1 LSV). Auch bei Sanierungen kommt eine Überschreitung der Alarmwerte aber nur für öffentliche oder konzessionierte ortsfeste Anlagen in Frage, wobei der insofern Regel machende Art. 15 LSV inhaltlich dem für Neuanlagen geltenden Art. 10 LSV entspricht.

5. Vollzug und Rechtsprechung

Obwohl die in Frage stehenden Lärmschutzvorschriften seit 1985 gelten, besteht - soweit ersichtlich - noch kaum eine Rechtsprechung zur Frage der wirtschaftlichen Tragbarkeit und der (kostenmässigen) Verhältnismässigkeit von Lärmschutzmassnahmen.

Dies ist hauptsächlich darauf zurückzuführen, dass die Sanierung der vorab problembehafteten öffentlichen Verkehrsanlagen (Strasse, Schiene) noch wenig fortgeschritten ist. Zwar sind die betroffenen Gebiete zum grössten Teil der für die Beurteilung der Lärmbelastung massgebenden Empfindlichkeitsstufe (vgl. Art. 43 LSV) zugeordnet worden. In Anwendung von Art. 19 USG wurden aber bisher vorab dringliche Sanierungen ausgeführt, welche auch unter dem Aspekt der wirtschaftlichen Tragbarkeit und der (kostenmässigen) Verhältnismässigkeit kaum zu beanstanden waren.

Auch wenn der Bundesrat nunmehr eine 5-jährige Verlängerung der in Art. 17 Abs. 3 LSV verankerten 15-jährigen Frist zur Verwirklichung der Sanierungsmassnahmen vorschlägt, haben insbesondere die SBB ihren "drohenden" Sanierungsaufwand erkannt (vgl. Vollzug

der Lärmschutzverordnung im Bereich der Eisenbahnen, Bericht der interdepartementalen Arbeitsgruppe vom 06.09.1993) und ein eigenes Modell für die bauliche Lärmsanierung des SBB-Netzes vorgestellt (vgl. Ziff. 8 hienach). Die rechtsanwendenden Behörden sind damit gefordert, ohne dass sie sich vorerst auf eine gefestigte Praxis oder Rechtsprechung abstützen vermöchten.

6. Die Grundsätze des Lärmschutzkonzeptes

6.1 Deistufigkeit

Die wiedergegebenen Bestimmungen der eidg. Umweltschutzgesetzgebung (vgl. Ziff. 4 hievord) sind Ausdruck eines dreistufigen Lärmbekämpfungskonzeptes.

In einer ersten Stufe (vorsorgliche Emissionsbegrenzungen) sind die Emissionen an der Quelle vorsorglich und unabhängig von ihrem Ausmass und der bestehenden übrigen Belastung soweit zu begrenzen, wie dies technisch und betrieblich möglich sowie wirtschaftlich tragbar ist. Dies gilt für neue, bestehende und geänderte Anlagen (vgl. Art. 1 Abs. 2 USG, Art. 11 Abs. 2 USG, Art. 16 Abs. 1 USG und Art. 8 Abs. 1 LSV).

Genügen vorsorgliche Emissionsbegrenzungen nicht, um schädliche oder lästige Einwirkungen zu vermeiden (vgl. Art. 13 Abs. 1 USG), verpflichtet Art. 11 Abs. 3 USG in der zweiten Stufe zu verschärften Emissionsbegrenzungen und damit - an sich unabhängig von den Kosten und den technischen und betrieblichen Möglichkeiten - zu Massnahmen an der Quelle, welche die Einhaltung der Immissionsgrenzwerte gewährleisten. Neue ortsfeste Anlagen unterliegen bereits verschärften Emissionsbegrenzungen, wenn der Betrieb der Anlage allein eine Überschreitung der Planungswerte zur Folge hätte und dafür keine überwiegenden öffentlichen Interessen vorliegen (Art. 25 USG).

Passive Schallschutzmassnahmen an bestehenden Gebäuden sieht die Umweltschutzgesetzgebung nur vor, wenn der Lärm von öffentlichen oder konzessionierten Anlagen herrührt, deren Errichtung oder Weiterbestand in einem den Anliegen des Lärmschutzes (teilweise) vorgehenden öffentlichen Interesse liegt (Art. 20 Abs. 1 USG und Art. 25 Abs. 3 USG).

6.2 Zumutbarkeit

Die in der Umweltschutzgesetzgebung verwendete Terminologie zur Beantwortung der Frage nach der wirtschaftlichen Tragbarkeit und Verhältnismässigkeit von Lärmschutzmassnahmen knüpft an dieses Prinzip der Dreistufigkeit an.

Im Rahmen der Vorsorge misst sich - aus der Sicht des Betreibers der Anlage - die Zumutbarkeit der Massnahme in der Regel an ihrer „wirtschaftlichen Tragbarkeit“ (Art. 11 Abs. 2 USG, Art. 7 Abs. 1 a LSV, Art. 13 Abs. 2 a LSV). Ausserhalb der Vorsorge wird der Begriff der „wirtschaftlichen Tragbarkeit“ dagegen nicht verwendet.

Bei den verschärften Emissionsbegrenzungen (zweite Stufe des Lärmschutzkonzeptes), muss die Schutzmassnahme für den Betreiber der Anlage „verhältnismässig“ sein. Erleichterungen für Neuanlagen (Art. 25 Abs. 2 USG, Art. 7 Abs. 2 LSV) oder bei Sanierungen (Art. 17 Abs. 1 USG, Art. 14 Abs. 1 a LSV) können gewährt werden, wenn die verschärften Emissionsbegrenzungen eine „unverhältnismässige Belastung für das Projekt“ (Art. 25 Abs. 2 USG, Neuanlagen) zur Folge hätten oder sich im „Einzelfall“ als „unverhältnismässig“ erwiesen (Art. 17 Abs. 1 USG, Sanierungen).

Passiver Schallschutz (dritte und letzte Stufe des Lärmschutzkonzeptes) oder gar ein Verzicht auf Schutzmassnahmen ist ausnahmsweise zulässig, wenn „überwiegende Interessen“ (Art. 25 Abs. 3 i.V. mit Art. 25 Abs. 2 USG, Art. 7 Abs. 2 LSV, Art. 10 Abs. 3 b LSV, Neuanlagen, Art. 14 Abs. 1 b LSV, Art. 15 Abs. 3 b LSV, Sanierungen) dies rechtfertigen.

Damit findet die Dreistufigkeit des Lärmschutzkonzeptes - was die Frage der Zumutbarkeit der Schutzmassnahmen für den Betreiber der Anlage betrifft - zumindest terminologisch im Dreigestirn „wirtschaftliche Tragbarkeit“, „Verhältnismässigkeit“, „überwiegende Interessen“ ihre Bestätigung.

7. Teilaspekte des Lärmschutzkonzeptes

7.1 Belastungsgrenzwerte

Das Mass verschärfter Emissionsbegrenzungen sowie des passiven Schallschutzes wird vorab anhand der durch den Bundesrat für die einzelnen Empfindlichkeitsstufen (vgl. Art. 43 LSV) festgelegten Belastungsgrenzwerte (Art. 2 Abs. 5 LSV) beurteilt (vgl. Art. 40 Abs. 1 LSV). Dabei bezeichnen die Immissionsgrenzwerte (vgl. Art. 13 Abs. 1 USG i.V. mit Art. 15

USG) den Schwellenwert für die Schädlichkeit und Lästigkeit von Einwirkungen. Die Alarmwerte dienen gemäss Art. 19 USG der „Beurteilung der Dringlichkeit von Sanierungen“ und die Planungswerte (Art. 23 USG) legen die von neuen, lärmigen Anlagen allein einzuhaltenen Aussenlärmimmissionen fest.

In der Praxis haben die Belastungsgrenzwerte teilweise noch weitergehende „Aufgaben“ übernommen. Die Planungswerte sind faktisch auch zu einem Beurteilungskriterium für das Mass der Vorsorge (vgl. Ziff. 7.2 hienach sowie URP 1993, S. 190 ff, E.3 d) geworden und die Alarmwerte werden auch bei der Beurteilung von Begehren um Gewährung von Erleichterungen (vgl. Ziff. 7.4 hienach) beigezogen.

7.2 Das Mass der Vorsorge

Auch wenn in der Praxis die Einhaltung der Planungswerte das Mass der Vorsorge mitbeeinflusst, bestimmt Art. 11 Abs. 2 USG (vgl. auch Art. 1 Abs. 2 USG), dass Emissionen - unabhängig von der Umweltbelastung - soweit zu begrenzen sind, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist.

Technisch und betrieblich möglich ist eine Massnahme dann, wenn der jeweilige Stand der Technik die einwandfreie Integration der zu treffenden emissionsbegrenzenden Massnahme in den Betriebsablauf zulässt (vgl. dazu ausführlich Schrade, Kommentar zum USG, N. 26 ff zu Art. 11 USG). Angestrebt wird mit dieser Umschreibung vorab eine Dynamisierung des Immissionsschutzes, indem künftige technische Entwicklungen ohne aufwendige Rechtsetzungsverfahren nutzbar gemacht werden können (vgl. Art. 12 Abs. 2 USG), solange der frühere Stand der Technik nicht in Ausführungsvorschriften normiert worden ist (vgl. Art. 12 Abs. 1 USG).

Auf die wirtschaftliche Tragbarkeit (vorsorglicher) emissionsbegrenzender Massnahmen wird noch ausführlich einzugehen sein (vgl. III. und Ziff. 10 hienach). Unbestritten bleibt aber, dass das Element der „wirtschaftlichen Tragbarkeit“ unter mehreren, technisch und betrieblich möglichen Vorkehren, die jeweils gebotene „ermittelt“.

7.3 Grundregel

Neue ortsfeste Anlagen dürfen gemäss Art. 25 Abs. 1 USG grundsätzlich „nur errichtet werden, wenn die durch diese Anlagen allein erzeugten Lärmimmissionen die Planungswerte in der Umgebung nicht überschreiten“. Die Frage nach der wirtschaftlichen Tragbarkeit oder Verhältnismässigkeit stellt sich beim Bau von Neuanlagen damit erst, wenn Erleichterungen (vgl. Ziff. 7.4 hienach) beantragt werden.

Dasselbe gilt auch für Sanierungen (Art. 16 USG und Art. 13 LSV), soweit Ausnahmen von der Einhaltung der Immissionsgrenzwerte verlangt werden.

Damit statuiert die Umweltschutzgesetzgebung die Grundregel, dass die Vorgaben der verschärften Emissionsbegrenzung gemäss Art. 11 Abs. 3 USG (Einhaltung der Immissionsgrenzwerte bzw. der Planungswerte bei neuen ortsfesten Anlagen: vgl. Art. 13 USG und Art. 25 Abs. 1 USG), grundsätzlich unabhängig von der wirtschaftlichen Tragbarkeit oder der Verhältnismässigkeit der emissionsbegrenzenden Massnahmen zu erfüllen sind. Anders verhält es sich nur und erst, wenn die betroffenen Inhaber der Anlagen mit einem Ausnahmebegehren (vgl. dazu, Schrade, Kommentar zum USG, N. 16 zu Art. 17 USG) Erleichterungen beantragen.

Damit ist gesagt, dass sich diese Arbeit - was die verschärften Emissionsbegrenzungen betrifft - mit Ausnahmesituationen und nicht mit dem Regelfall befasst. Dies ergibt sich auch aus Art. 17 USG, welcher ausdrücklich von Erleichterungen „im Einzelfalle“ (vgl. dazu Ziff. 7.5 hienach) spricht.

7.4 Erleichterungen

Anders als im Regelfalle (vgl. Ziff. 7.3 hievore), hängen das Mass der zulässigen Erleichterung und die für ihre Gewährung erforderlichen Voraussetzungen davon ab, ob es sich um eine neue, geänderte oder zu sanierende Anlage handelt.

Dabei fragt es sich allerdings, ob die „geänderten Anlagen“ (Art. 8 LSV) eine selbständige Fallgruppe abgeben. Abgesehen davon, dass auch untergeordnete Aenderungen in jedem Falle Vorsorgemassnahmen auslösen (Art. 8 Abs. 1 LSV), bestimmt Art. 8 Abs. 2 LSV einzig, dass wesentlich geänderte Anlagen (vgl. dazu Art. 8 Abs. 3 LSV sowie zur Abgrenzung gegenüber neuen und bestehenden Anlagen, Walker, a.a.O., S. 437 ff) insgesamt mindestens die Immissionsgrenzwerte einzuhalten haben. Unabhängig davon, ob sich die Bestimmung auf Art. 18 USG oder auf Art. 25 USG abstützt (Walker, a.a.O., S. 439, sowie Aemisegger, Aktuelle Fragen des Lärmschutzrechts in der Rechtsprechung des Bundesgerichts, URP 1994, S. 452 ff), legt Art. 8 Abs. 2 LSV ausdrücklich fest, dass wesentlich geänderte Anlagen - anders als Neuanlagen - auch dann einzig die Immissionsgrenzwerte einzuhalten haben, wenn keine „überwiegenden öffentlichen Interessen an der Anlage“ und keine „unverhältnismässigen Belastungen“ (Art. 25 Abs. 2 USG) ausnahmsweise ein Überschreiten der Planungswerte zu rechtfertigen vermögen. Anderweitige besondere Regelungen für wesentlich geänderte Anlagen sind im hier interessierenden Zusammenhang nicht ersichtlich. Es rechtfertigt sich deshalb, die wesentlich geänderten Anlagen im weitern nicht mehr gesondert zu behandeln und einzig zwischen Neuanlagen und Sanierungen zu unterscheiden.

Ob und - wenn ja - welche Erleichterungen gewährt werden, hängt bei Neuanlagen von unbestimmten Rechtsbegriffen („überwiegendes öffentliches Interesse an der Anlage“, „unverhältnismässige Belastung“, vgl. Art. 25 Abs. 2 USG sowie Ziff. 9 hienach) ab. Zudem ist zwischen privaten und öffentlichen oder konzessionierten Anlagen zu unterscheiden. Schall-

schutzmassnahmen an Gebäuden sind als Lärmschutz bei privaten, ortsfesten Anlagen nicht vorgesehen. Öffentlichen oder konzessionierten Anlagen können - immer unter den in Art. 25 Abs. 2 USG umschriebenen Voraussetzungen - weitergehende Erleichterungen gewährt werden. Haben diese zur Folge, dass die Immissionsgrenzwerte nicht eingehalten werden können, müssen aber zumindest passive Schallschutzmassnahmen an den Gebäuden getroffen werden.

Bei Sanierungen werden Erleichterungen (Überschreiten der Immissionsgrenzwerte, vgl. Art. 13 Abs. 2 b LSV) gewährt, wenn „die Sanierung unverhältnismässige Betriebseinschränkungen oder Kosten verursachen würde“ (Art. 14 Abs. 1 a LSV) oder (andere) überwiegende Interessen entgegenstehen (Art. 14 Abs. 1 b LSV). Bei privaten Anlagen dürfen die Alarmwerte in keinem Falle überschritten werden und müssen stets emissionsbegrenzende Massnahmen getroffen werden. Öffentlichen oder konzessionierten Anlagen können weitergehende Erleichterungen, Schallschutzmassnahmen an Gebäuden und - unter denselben Voraussetzungen wie bei Neuanlagen (vgl. Art. 15 Abs. 3 LSV und Art. 10 Abs. 3 LSV) - der Verzicht auf Schutzvorkehrungen zugestanden werden. Schallschutzmassnahmen bei bestehenden Gebäuden müssen bei Sanierungen - anders als bei Neuanlagen (vgl. Art. 10 Abs. 1 LSV) - erst getroffen werden, wenn die Alarmwerte überschritten werden (Art. 20 USG und Art. 15 Abs. 1 LSV). Im übrigen konkretisiert Art. 14 Abs. 1 b LSV die Erleichterungen rechtfertigenden überwiegenden Interessen (Ortsbild-, Natur- und Landschaftsschutz, Verkehrs- und Betriebssicherheit, Gesamtverteidigung) gegenüber den für Neuanlagen geltenden Vorschriften (Art. 25 Abs. 2 USG, Art. 7 Abs. 2 LSV) zusätzlich. Ohne gegenüber dem Neuanlagenrecht neue Elemente einzuführen, wird damit dem Umstand Rechnung getragen, dass auch öffentliche Anlagen der Sanierungspflicht unterliegen, deren uneingeschränkte Weiterführung im öffentlichen Interesse liegen kann.

7.5 Der Einzelfall

Art. 17 USG spricht - bereits in der Überschrift und auch im Text (Abs. 1) - von Erleichterungen im Einzelfall. Dabei fehlen im Gesetz und in den Ausführungsvorschriften (vgl. etwa Art. 2 LSV) Hinweise darauf, was als Einzelfall zu gelten hat. Auch die Literatur und Rechtsprechung haben sich - soweit ersichtlich - zu dieser Frage bisher kaum geäussert (vgl. immerhin Schrader, Kommentar zum USG, N. 15 zu Art. 17 USG). In Übereinstimmung mit dem Kommentar ist aber davon auszugehen, dass Art. 17 USG eine Ausnahmeklausel darstellt (vgl. dazu auch Botschaft zum USG vom 31.10.1979, BBl. 1979, III. 749 ff, insbes. S. 797 sowie Separatdruck S. 48). Andernfalls hätte der „Einzelfall“ aus der Gesetzesbestimmung ohne weiteres ersatzlos gestrichen werden können. Im übrigen ergibt sich aus Art. 17 Abs. 1 USG, dass Erleichterungen - als Anordnungen im „Einzelfall“ - stets verfügt werden müssen.

Eine andere Frage ist, ob die einzelne, ortsfeste Anlage oder das einzelne lärmbelastete, von der Anlage betroffene Gebäude als „Einzelfall“ anzusehen sind. Für die Anlage als Einzelfall spricht, dass auch bei Sanierungen die Gewährung von Erleichterungen vorab anhand der Auswirkungen beurteilt wird, welche die Einhaltung der Vorgaben der verschärften Emissionsbegrenzung auf die Anlage hätte. Solange die Anlage eine einzige, örtlich eng begrenzte Lärmquelle (Fabrikareal, etc.) darstellt und nicht verschiedene voneinander unab-

hängige Lärmschutzvorkehrungen getroffen werden können, ist deshalb die Anlage als Einzelfall anzusehen.

Bei Strassen, Bahnlinien oder anderen, sich über längere Strecken ausdehnenden Anlagen, wäre es allerdings nicht mehr gerechtfertigt, die Gesamtanlage als Einzelfall zu bezeichnen und dafür - unabhängig von den jeweiligen örtlichen Verhältnissen - in genereller Weise Erleichterungen zu gewähren. Solche müssen vielmehr für die verschiedenen betroffenen Gebiete einzeln festgelegt werden. Andernfalls werden zu generelle Anordnungen getroffen, welche sich mit der für die Gewährung von Erleichterungen erforderlichen Auslegung unbestimmter Rechtsbegriffe (vgl. Ziff. 9 hienach) kaum vereinbaren liessen.

8. Das KN-Modell der SBB

Die SBB haben aufgrund erster Erfahrungen mit Sanierungen oder teilweise geänderten Anlagen (Teilstrecken des Huckepack-Korridors Gotthard) sowie aufgrund von Hochrechnungen für ihr gesamtes Streckennetz Sanierungskosten von drei bis sieben Mia. Franken ermittelt. Zudem gehen sie - ohne (lückenlos) nachvollziehbare Begründung - davon aus, dass die für die Sanierung des Streckennetzes der Bundesbahnen schliesslich zur Verfügung stehenden Mittel zwischen 0.5 und 1.0 Mia. Franken liegen werden. Damit ist gesagt, dass die SBB beabsichtigen, in erheblichem Ausmass Erleichterungen zu beantragen.

Vor diesem Hintergrund haben die SBB ein Modell zur Nutzungsoptimierung von Lärmschutzmassnahmen entwickelt (Planungsvorgaben für bauliche Lärmsanierungen des SBB-Netzes, Weisungen der Baudirektion SBB vom 01.12.1994). Kern des Modells ist das Kosten-Nutzen-Verhältnis zwischen dem in Jahreskosten umgerechneten Aufwand einerseits und dem Ausmass der Lärmreduktion sowie der Anzahl der von emissionsbegrenzenden Massnahmen erfassten Personen andererseits. Je tiefer der derart ermittelte Kosten-Nutzen-Index liegt, desto angezeigt erweist sich die Errichtung der Lärmschutzwand. Bei einem Kosten-Nutzen-Index von mehr als 80 wollen die SBB in keinem Falle mehr Lärmschutzmassnahmen treffen.

Der Kosten-Nutzen-Index wird durch weitere, weniger stark gewichtete Beurteilungskriterien ergänzt. Zunächst wird geprüft, bei wievielen der von den Schutzmassnahmen erfassten Personen die Lärmbelastung unter den Immissionsgrenzwert und damit unter das Mass der Schädlichkeit und Lästigkeit herabgesetzt werden könnte. Sodann werden die Orts- und Raumverträglichkeit der allfälligen Schutzwand und schliesslich ihre ökologischen Auswirkungen beurteilt.

Daraus resultiert für die auf dem Gebiet einer Gemeinde grundsätzlich sanierungspflichtigen Abschnitte eine „Rangliste“. Aufgrund eines pro Gemeinde vom Ausmass der Lärmbelastung abhängigen Investitionsplafonds wollen die SBB sodann festlegen, welche Sanierungsprojekte tatsächlich ausgeführt werden.

III. Beurteilung

9. Unbestimmte Rechtsbegriffe

Die Umweltschutzgesetzgebung umschreibt das Mass der Vorsorge sowie die Voraussetzungen für die Gewährung von Erleichterungen und damit das Thema dieser Arbeit mit unbestimmten Rechtsbegriffen (vgl. dazu Schrade, Kommentar zum USG, N. 19 zu Art. 17 USG, mit Hinweisen).

Die dabei getroffene Begriffswahl ist auf die Dreistufigkeit des geltenden Lärmschutzkonzeptes ausgerichtet (vgl. Ziff. 6, insbesondere Ziff. 6.2 hievov).

Eine andere Frage ist, welche Bedeutung diesen unbestimmten Rechtsbegriffen („wirtschaftliche Tragbarkeit“, „Verhältnismässigkeit“, „überwiegende Interessen“) beizumessen ist. Dabei interessiert insbesondere, ob sie bei privaten Anlagen anders auszulegen sind als bei öffentlichen oder konzessionierten Anlagen. Ausgangspunkt der anzustellenden Überlegungen hat deshalb eine (dogmatische) Auseinandersetzung mit den in Frage stehenden Rechtsbegriffen zu sein.

10. Wirtschaftliche Tragbarkeit

Bei der Vorsorge (vgl. Art. 1 Abs. 2 USG) als erste Stufe des geltenden Lärmschutzkonzeptes wird die Zumutbarkeit der Schutzmassnahmen für den Betreiber der Anlage am Begriff der „wirtschaftlichen Tragbarkeit“ gemessen (Art. 11 Abs. 2 USG, Art. 7 Abs. 1 a LSV, Art. 13 Abs. 2 a LSV).

Wie bereits ausgeführt wurde (vgl. Ziff. 7.2 hievov), hat das Element der „wirtschaftlichen Tragbarkeit“ im Rahmen der Vorsorge unter mehreren, technisch und betrieblich möglichen, emissionsbegrenzenden Massnahmen die jeweils gebotene zu ermitteln. Offen gelassen haben der Gesetz- und Verordnungsgeber aber, woran die „wirtschaftliche Tragbarkeit“ - aus der Sicht des jeweiligen Inhabers der Anlage - zu messen ist.

In der Lehre wird - mit überzeugender Begründung (Schrade, Kommentar zum USG, N. 31 ff zu Art. 11 USG; Stadler, Die wirtschaftliche Tragbarkeit im Umweltschutzgesetz - Ein Beitrag

zur Klärung des Begriffs aus ökonomischer Sicht, Mitteilungsblatt für Konjunkturfragen, 4/1986, S. 56 ff) - die Ansicht vertreten, der Begriff der wirtschaftlichen Tragbarkeit im Sinne von Art. 11 Abs. 2 USG (vgl. auch Art. 7 a Abs. 1 a LSV, Art. 13 Abs. 2 a LSV) sei weder volkswirtschaftlich oder betriebswirtschaftlich zu verstehen. Es sei vielmehr auf eine teilobjektivierte, rechtliche Betrachtungsweise abzustellen, wonach die „wirtschaftliche Tragbarkeit“ und damit die Zumutbarkeit von Lärmschutzmassnahmen im Rahmen der Vorsorge an einem gesunden Standardunternehmen der Branche zu messen sei.

Dieser einleuchtenden Auslegung bleibt für private Anlagen nichts beizufügen.

Wird eine lärmige Anlage dagegen im öffentlichen Interesse (Strasse, Bahnanlagen, Landesverteidigung, etc.) erstellt und betrieben, hinkt der Vergleich mit dem „Standardbetrieb“ schon deshalb, weil ein solcher in der Regel gar nicht besteht. Auch wenn öffentliche Betriebe möglichst unternehmerisch zu denken versuchen, erfüllen sie vorab öffentliche Aufgaben. Dadurch verliert der Begriff der wirtschaftlichen Tragbarkeit (Art. 11 Abs. 2 USG, Art. 7 Abs. 1 a LSV, Art. 13 Abs. 2 a LSV) bei öffentlichen oder konzessionierten Unternehmen aber weitgehend seine Eigenständigkeit zu Gunsten eines „Vergleichs“ zwischen verschiedenen öffentlichen Interessen. Öffentliche Anlagen können nicht oder höchstens unter besonderen Voraussetzungen nach unternehmerischen Grundsätzen geführt werden. Für ihr Leistungsangebot besteht kein oder jedenfalls kein frei zugänglicher Markt. Öffentliche Anlagen dienen in der Regel Gesamtinteressen und haben auf unterschiedliche, sich allenfalls widersprechende öffentliche Interessen Rücksicht zu nehmen. Damit gewinnt der Begriff aber eine volkswirtschaftliche Komponente (volkswirtschaftliche Tragbarkeit, vgl. dazu Ziff. 12.4 hienach) sowie eine enge Verwandtschaft zum Rechtsgrundsatz der Verhältnismässigkeit (Ziff. 11 hienach) und - wie noch zu zeigen sein wird - zur Interessenabwägung (vgl. Ziff. 12 hienach). Wird die „wirtschaftliche Tragbarkeit“ von Lärmschutzmassnahmen an unterschiedlichen öffentlichen und damit in der Regel am Gesamtinteressen gemessen, hat auch eine gesamtwirtschaftliche und damit eine volkswirtschaftliche Betrachtungsweise ihre Berechtigung (vgl. dazu auch Schrade, Kommentar zum USG, N. 31 zu Art. 11 USG).

11. Das Prinzip der Verhältnismässigkeit

11.1 Der Verfassungsgrundsatz

Der in der Umweltschutzgesetzgebung für Lärmschutzmassnahmen der zweiten Stufe (vgl. Ziff. 6, insbesondere Ziff. 6.2 hievor; verschärfte Emissionsbegrenzungen; Art. 25 Abs. 2 USG, Art. 7 Abs. 2 LSV, Art. 17 Abs. 1 USG, Art. 14 Abs. 1 a LSV) in verschiedener Schattierung verwendete Begriff der „Verhältnismässigkeit“ führt unweigerlich zum ungeschriebenen Verfassungsprinzip der Verhältnismässigkeit.

Dieser Verfassungsgrundsatz bezweckt vorab, „das zulässige Mass hoheitlicher Eingriffe in verfassungsmässig gewährleistete Freiheitsrechte zu umschreiben. Ausserhalb des Schutzbereiches dieser Grundrechte konkretisiert es das in Art. 4 BV enthaltene 'Willkürverbot' (Zimmerli, Der Grundsatz der Verhältnismässigkeit im öffentlichen Recht, ZSR 97/1978, II., S. 121) und setzt dem staatlichen Verhalten zugunsten des Einzelnen im Bereiche der Rechtssetzung und der Rechtsanwendung damit Schranken (vgl. auch Schrade, Kommentar zum USG, N. 8 zu Art. 17).

11.2 Die Teilinhalte

Staatliche, im öffentliche Interesse liegende Vorkehren sind mit dem Prinzip der Verhältnismässigkeit zu vereinbaren, wenn sie den Geboten der Eignung, der Erforderlichkeit und der Verhältnismässigkeit im engern Sinne oder der Subsidiarität (so Knapp, Grundlagen des Verwaltungsrechts, Basel 1992, S. 115 f) entsprechen (vgl. zum Ganzen, Zimmerli, a.a.O., S. 13 ff sowie Schrade, Kommentar zum USG, N. 9 ff zu Art. 17).

Eine Massnahme erweist sich als geeignet, wenn damit der gewünschte Erfolg überhaupt erzielt werden kann (Zielkonformität, Zwecktauglichkeit) und sie ist erforderlich, wenn sich der angestrebte Zweck nicht auch in einer den Betroffenen weniger beeinträchtigenden Weise erreichen lässt (Übermassverbot).

Soweit nicht bereits die Lärmerzeugung verhindert werden kann (vgl. dazu auch Art. 13 Abs. 3 LSV), sind Lärmschutzvorkehren (Schallschutzwände, Erdwälle, bauliche und technische Massnahmen, etc.) in aller Regel zum Schutz vor Lärm geeignet sowie erforderlich. Der Grundsatz der Verhältnismässigkeit dient der Beschränkung des staatlichen Handelns im Interesse des Einzelnen. Zumindest die Kriterien der Eignung und der Erforderlichkeit vermögen deshalb bei der Festlegung des Schutzanspruchs des Einzelnen vor dem Lärm wenig beizutragen.

Unter dem Aspekt der Verhältnismässigkeit im engeren Sinne ist - aus der subjektiven Sicht des Betroffenen - zu prüfen, ob sich der Eingriff angesichts seiner Schwere und des damit erreichbaren Nutzens lohnt. Wenn ein Missverhältnis zwischen dem Eingriffszweck und der Eingriffswirkung vorliegt, erweist sich die Massnahme als unverhältnismässig (im engeren Sinne). Damit bezieht sich auch dieser Teilbereich des Grundsatzes der Verhältnismässigkeit vorab auf eine Abwägung zwischen unterschiedlichen privaten und öffentlichen Interessen.

11.3 Öffentliche Anlagen

Auch wenn Art. 25 Abs. 2 USG („unverhältnismässige Belastung für das Projekt“) nach der Systematik des Gesetzes auch öffentliche und konzessionierte Anlagen erfasst, ist ausschliesslich bei privaten Anlagen zwischen unterschiedlichen öffentlichen und privaten Interessen abzuwägen und damit eine Verhältnismässigkeitsprüfung (im engeren Sinne) vorzunehmen. Bei öffentlichen oder konzessionierten Anlagen sind dagegen unterschiedliche öffentliche Interessen einander gegenüber zu stellen. Mit einer derartigen Abwägung würde das Verhältnismässigkeitsprinzip (im engeren Sinne) aber in unzulässiger Weise überdehnt (Zimmerli, a.a.O., S. 56 f; zustimmend Schrade, Kommentar zum USG, N. 10 zu Art. 17).

Obwohl die Zumutbarkeit von Lärmschutzmassnahmen der zweiten Stufe (verschärfte Emissionsbegrenzungen) nach dem Wortlaut der Umweltschutzgesetzgebung für private, öffentliche und konzessionierte Anlagen sowie bei Neuanlagen und Sanierungen an ihrer „Verhältnismässigkeit“ gemessen wird, bleibt der Verfassungsgrundsatz der Verhältnismässigkeit für öffentliche oder konzessionierte Anlagen als dogmatische Beurteilungsgrundlage damit weitgehend bedeutungslos. Eine den Rahmen der Verhältnismässigkeitsprüfung (im engeren Sinne) nicht sprengende Gegenüberstellung unterschiedlicher öffentlicher und privater Interessen findet bloss in Einzelfällen und in untergeordnetem Masse statt. Entscheidend ist in aller Regel eine Gewichtung unterschiedlicher öffentlicher Interessen und damit nicht eine Verhältnismässigkeitsprüfung, sondern eine Interessenabwägung (vgl. Ziff. 12 hienach).

11.4 Private Anlagen

Damit beschränkt sich die Bedeutung des Verfassungsprinzips der Verhältnismässigkeit auf neue oder zu sanierende private Anlagen und meistens allein auf die Verhältnismässigkeit im engeren Sinne. Verschärfte Emissionsbegrenzungen sind bei Neuanlagen oder Sanierungen in aller Regel geeignet oder erforderlich, um zu erwartende oder auftretende schädliche und lästige Lärmeinwirkungen zu vermeiden.

Demnach verbleiben dem Prinzip der Verhältnismässigkeit (im engeren Sinne) bei der Beurteilung der „wirtschaftlichen Tragbarkeit und Verhältnismässigkeit von Lärmschutzmassnahmen“ bei privaten Anlagen folgende Anwendungsbereiche:

- Festlegung der Erleichterungen im Rahmen von Art. 17 USG und Art. 14 Abs. 1 a und Abs. 2 LSV (Sanierungen).
- Festlegung der „unverhältnismässigen Belastung“ bei der Gewährung von Erleichterungen für Neuanlagen gemäss Art. 25 Abs. 2 USG.

Beizufügen bleibt, dass Erleichterungen nach Art. 14 Abs. 1 b LSV auch bei privaten Anlagen insofern keiner Verhältnismässigkeitsprüfung im engeren Sinne unterliegen, als diesfalls unterschiedliche öffentliche Interessen einander entgegengestellt werden. Dieser unterschiedliche dogmatische Ansatz (Interessenabwägung anstelle einer Verhältnismässigkeitsprüfung im engeren Sinne) ändert freilich nichts daran, dass Erleichterungen im Sinne von Art. 14 Abs. 1 b LSV für private sowie öffentliche und konzessionierte Anlagen nach ähnlichen Kriterien zu gewähren sind.

12. Interessenabwägung

12.1 Einordnung

In der Lehre bestehen unterschiedliche Meinungen darüber, wie die Interessenabwägung methodologisch einzuordnen ist. Handelt es sich - wie beim Grundsatz der Verhältnismässigkeit, aber ohne Verfassungsrang - um ein Prinzip, um eine Methode, um die Auslegung unbestimmter Rechtsbegriffe oder bloss um „ein beliebiges Urteil nach Billigkeit“ (Jean Nicolas Druey, Interessenabwägung - Eine Methode?, in: St. Galler Festgabe zum Schweizerischen Juristentag, 1981, S. 148).

Die Frage kann hier dann offen bleiben, wenn davon ausgegangen wird, dass die im öffentlichen Recht geübte Interessenabwägung „nicht das zwischen zwei Rechtssubjekten bestehende Rechtsverhältnis genauer bestimmen, sondern den Wirkungsbereich von Rechtsgütern und Rechtsnormen“ festlegen will. Dabei gewichtet die Interessenabwägung nicht nur „faktische Interessen, sondern ideelle, normative Grössen“. "Die Interessenabwägung, in dieser Ausgestaltung verstanden, ist Güterabwägung“ (Ulrich Häfelin, Wertung und Interessenabwägung in der richterlichen Rechtsfindung, in: Festschrift für Dietrich Schindler, Frankfurt 1989, S. 594).

12.2 Vorgehen

In die Interessenabwägung sind nicht nur unterschiedliche öffentliche Interessen miteinzubeziehen, sondern auch private und öffentliche Interessen einander gegenüber zu stellen und zu gewichten. Dabei hat zunächst - ausgehend von allfälligen Vorgaben der Verfassung und des Gesetzgebers - eine Bestandesaufnahme aller in Frage stehender öffentlichen und privaten Interessen zu erfolgen. Diese sind zueinander in Beziehung zu setzen, gegeneinander abzuwägen. Sodann „sind Entscheidungshypothesen und -alternativen zu entwickeln und auf ihre Folgen hin zu diskutieren, um schliesslich zur Entscheidung zu gelangen“ (Stefan Wullschleger, Interessenabwägung im Umweltrecht, URP 1995, S. 80 f; vgl. auch, mit einem etwas anderen Ansatz, Helen Keller, Umwelt und Verfassung, Diss. ZH, 1993, S. 242 f).

12.3 Keine abstrakte Interessenabwägung

Wird Interessenabwägung auch als Rechtsgüterabwägung verstanden, ist damit auch gesagt - was in der Lehre, soweit ersichtlich, unbestritten ist - dass eine abstrakte Interessenabwägung nicht denkbar ist, weil die jeweils betroffenen Rechtsgüter nicht in eine feste Hierarchie gestellt werden können. Andernfalls würde die Verwendung unbestimmter Rechtsbegriffe weitgehend entbehrlich.

Abzustellen ist damit auf die konkrete Interessenlage des zu beurteilenden Einzelfalls. Diese lässt sich aber mit Hilfe unterschiedlicher methodischer Ansätze (vgl. dazu die Aufstellung bei Wullschleger, a.a.O., S. 82 ff) sowie durch die Erarbeitung von Handlungsalternativen (vgl. BGE 118 I b 23, E. 3 b) strukturieren. Wegleitend haben dabei vorab die Vorgaben der Verfassung und der Gesetzgebung zu sein. Jede Interessenabwägung bei der Anordnung von Lärmschutzmassnahmen hat deshalb davon auszugehen, dass Art. 24 septies Abs. 1 BV dazu verpflichtet, den Lärm zu bekämpfen. Sodann haben die Inhaber lärmiger Anlagen die wirtschaftlich tragbare Vorsorge (Art. 11 Abs. 2 USG, Art. 7 Abs. 1 a LSV, Art. 8 Abs. 1 LSV, Art. 13 Abs. 2 a LSV, vgl. Ziff. 7.2 hievon) zu treffen und im Rahmen der zweiten Stufe des Lärmschutzkonzeptes grundsätzlich die Vorgaben der verschärften Emissionsbegrenzung einzuhalten (Art. 11 Abs. 3 USG, Art. 25 USG, Art. 7 Abs. 1 b LSV, Art. 8 Abs. 2 LSV, Art. 13 Abs. 2 b LSV). Die Interessenabwägung erfasst damit einzig die Erleichterungen (Art. 25 Abs. 2 USG, Art. 17 USG, Art. 7 Abs. 2 LSV, Art. 14 LSV) und damit die Frage nach der Erteilung von Ausnahmen.

Auch die Interessenabwägung für die Gewährung von Erleichterungen hat von den geltenden Gesetzes- und Verordnungsbestimmungen (vgl. dazu auch Art. 10 LSV) und den dort genannten Beurteilungskriterien (Ausmass der Überschreitungen, Möglichkeiten der Lärmverringerung, Verhältnis von Kosten und Nutzen, Anliegen des Ortsbildschutzes und der Denkmalpflege, geltende Nutzungsvorschriften für das lärmbelastete Gebiet, Anzahl der vom Lärm betroffenen Personen, Bedeutung sowie Verkehrs- und Betriebssicherheit der lärmigen Anlage, Gesamtverteidigung, etc.) auszugehen. Diese unterschiedlichen Interessen sind im Einzelfall zu gewichten und gegeneinander abzuwägen.

12.4 Zielsetzung

Methodisches Ziel der Interessenabwägung muss eine gewichtete Optimierung der sich widersprechenden öffentlichen und privaten Interessen sein. Dabei ist unbestritten, dass die Interessenabwägung auch eine starke Komponente demokratischer Willensbildung beinhaltet und häufig eine Klärung durch politische Entscheide erfordert oder erfordern würde (Keller, a.a.O., S. 341). So gesehen ist die Interessenabwägung des Richters oder der Behörde nichts anderes als die „Fortsetzung und Ergänzung der abwägenden Wertung des Gesetzgebers“ (Häfelin, a.a.O., S. 595, mit weiteren Hinweisen).

Optimierung kann gut modellhaft erfolgen, sobald die Gewichtung der einzelnen Interessen hinreichend geklärt oder - beispielsweise durch Variablen - in das Modell eingebaut werden kann. Die Interessenabwägung bildet damit gute Voraussetzungen, um die gemäss erteiltem Auftrag „für den Entscheid über die ‘Wirtschaftliche Tragbarkeit und Verhältnismässigkeit von Lärmschutzmassnahmen’“ gesuchten Parameter zu erarbeiten. Dabei beinhaltet der Optimierungsprozess - jedenfalls bei öffentlichen Anlagen (vgl. Ziff. 10 hiev, am Ende) - auch eine wesentliche volkswirtschaftliche Komponente (Schrade, Kommentar zum USG, N. 31 zu Art. 11, am Ende; Wullschleger a.a.O., S. 85).

Diese Zielsetzungen der Optimierung unterschiedlicher Interessen nähern sich „der Volkswirtschaftslehre und ihrem Kriterium des sogenannten Pareto-Optimums zur Bestimmung der ökonomischen Effizienz von Handlungsalternativen an“. „Gesucht wird damit die optimale Schnittstelle von Grenznutzen und Grenzkosten“. Immer unter der Voraussetzung, dass ein politischer Entscheid oder ein ausreichender Mechanismus für die Gewichtung der beteiligten Interessen vorliegt, steht damit eine „theoretische Grundlage für den Vergleich von Handlungsalternativen“ im Rahmen von Interessenabwägungen zur Verfügung (Wullschleger, a.a.O., S. 85).

12.5 Private Anlagen

Bei privaten Anlagen orientiert sich die Auslegung der für die Festsetzung der Lärmschutzmassnahmen in der Gesetzgebung enthaltenen unbestimmten Rechtsbegriffe vorab an dem zu Vergleichszwecken heranzuziehenden Standardunternehmen (wirtschaftliche Tragbarkeit im Rahmen der Vorsorge; Art. 11 Abs. 2 USG, Art. 7 Abs. 1 a LSV, Art. 13 Abs. 2 a LSV, vgl. Ziff. 10 hiev) und am Grundsatz der Verhältnismässigkeit (im engeren Sinne, Art. 25 Abs. 2 USG, Art. 17 USG, Art. 7 Abs. 2 LSV, Art. 14 Abs. 1 a LSV, vgl. Ziff. 11 hiev).

Eine Interessenabwägung zwischen privaten und unterschiedlichen öffentlichen Interessen hat hauptsächlich beim Begehren um Gewährung von Erleichterungen gemäss Art. 25 Abs. 2 USG (überwiegendes öffentliches Interesse an der Anlage) stattzufinden. Dabei ist allerdings zu beachten, dass die Gewährung von Erleichterungen zusätzlich auch eine Verhältnismässigkeitsprüfung erfordert (unverhältnismässige Belastung für das Projekt, vgl. Ziff.

11.4 hievor) und Erleichterungen nur zulässig sind, wenn die beiden Voraussetzungen kumulativ erfüllt sind (Ettler, Kommentar zum USG, N. 41 zu Art. 25 USG).

Auch einer Interessenabwägung unterliegt - im Rahmen von Sanierungen - die Gewährung von Erleichterungen im Sinne von Art. 14 Abs. 2 b LSV gegenüber privaten Anlagen. Dabei ist allerdings bereits darauf aufmerksam gemacht worden (vgl. Ziff. 11.4 hievor), dass diese Interessenabwägung - abgesehen vom unterschiedlichen dogmatischen Ansatz - einer Verhältnismässigkeitsprüfung im engeren Sinne ähnlich ist.

Anderweitige Interessenabwägungen sind bei der Festsetzung von Lärmschutzmassnahmen gegenüber privaten Betreibern von Anlagen nicht vorzunehmen.

12.6 Öffentliche Anlagen

Bei öffentlichen Anlagen sind die Lärmschutzmassnahmen dagegen häufig anhand einer Interessenabwägung festzulegen.

Dies gilt für die Vorsorge, wo das „wirtschaftlich tragbare“ Mass (Art. 11 Abs. 2 USG, vgl. auch Art. 11 Abs. 2 LSV) aufgrund einer Interessenabwägung festgelegt wird (vgl. Ziff. 10 hievor). Eine Interessenabwägung ist auch bei der Gewährung von Erleichterungen für Neuanlagen vorzunehmen (Art. 25 Abs. 2 USG, Art. 25 Abs. 3 USG, Art. 7 Abs. 2 LSV) und schliesslich werden auch Erleichterungen im Sinne von Art. 17 Abs. 1 USG (Sanierungen, vgl. auch Art. 14 LSV) aufgrund einer Interessenabwägung gewährt.

IV. Ergebnis

13. Unterscheidungen zwischen öffentlichen und privaten Anlagen

Die (dogmatischen) Ausführungen über die Auslegung der durch den Gesetz- und Verordnungsgeber verwendeten unbestimmten Rechtsbegriffe (vgl. Ziff. 9 - 12 hievor) belegen, **dass die Lärmschutzmassnahmen für öffentliche Anlagen immer aufgrund einer Interessenabwägung festzulegen sind, während der Schutz vor privaten Anlagen im wesentlichen anhand eines Vergleichs mit Standardbetrieben (Vorsorge) oder im Rahmen einer Verhältnismässigkeitsprüfung (im engeren Sinne) erfolgt.**

Ohne dass darauf in den nachfolgenden Ausführungen zu den einzelnen Kategorien von Lärmschutzmassnahmen (Ziff. 14 - 16 hienach) jeweils zurückgekommen wird, ist damit gesagt, dass ein wesentlicher Unterschied zwischen privaten und öffentlichen oder konzessionierten ortsfesten Anlagen besteht. Anders als bei privaten Anlagen, enthält die Festlegung des Lärmschutzes gegenüber öffentlichen oder konzessionierten Anlagen eine gewichtige, volkswirtschaftliche Komponente. Weil die Mittel für den Bau und Betrieb der Anlagen und den erforderlichen Lärmschutz im wesentlichen aus öffentlichen Geldern stammen, öffnet sich bei öffentlichen Anlagen ein volkswirtschaftlich grösserer Spielraum für die Optimierung von Lärmschutzmassnahmen als bei privaten Anlagen. Während es nicht gerechtfertigt wäre, dem Eigentümer einer Privatanlage volkswirtschaftliche Überlegungen entgegen zu halten, ermöglicht diese Betrachtungsweise für öffentliche Anlagen einen Erfolg versprechenden Ansatz für die Abwägung zwischen einander entgegenstehenden öffentlichen Interessen (Lärmschutz/Mobilität, etc.).

Wie sich diese aus den massgebenden Bestimmungen des Umweltschutzgesetzes und der eidg. Lärmschutzverordnung nicht direkt ersichtliche Differenzierung zwischen privaten sowie öffentlichen und konzessionierten Anlagen auf die einzelnen Stufen des Lärmschutzkonzeptes auswirkt, wird in den nachfolgenden Ausführungen (Ziff. 14 - 16 hienach) näher darzustellen sein.

14. Vorsorge

14.1 Neuanlagen

Das Mass der Vorsorge bestimmt bei privaten Neuanlagen der Vergleich mit einem branchenüblichen Standardbetrieb (vgl. Ziff. 10 hievor, Art. 11 Abs. 2 USG, Art. 7 Abs. 1 a LSV) im Rahmen einer Verhältnismässigkeitsprüfung im engeren Sinne (vgl. Ziff. 11.2 hievor). Bei öffentlichen oder konzessionierten Neuanlagen wird das Mass der Vorsorge dagegen aufgrund einer Interessenabwägung festgelegt (vgl. Ziff. 12 hievor, Art. 11 Abs. 2 USG, Art. 7 Abs. 1 a LSV). Dieselben gesetzlichen Grundlagen und der dort verankerte Begriff der „wirtschaftlichen Tragbarkeit“ sind demnach für private sowie öffentliche und konzessionierte Anlagen unterschiedlich auszulegen.

Beizufügen bleibt, dass sich in der Praxis als Richtschnur für das Mass der Vorsorge faktisch die Einhaltung der Planungswerte durchgesetzt hat (URP 1993, S. 190 ff). Werden diese eingehalten, können höchstens ausnahmsweise weitergehende Vorsorgemassnahmen verlangt werden. Sind die Planungswerte überschritten, kann kaum mehr als ihre Einhaltung gefordert werden. Dadurch werden die (dogmatischen) Unterschiede zwischen privaten sowie öffentlichen und konzessionierten Anlagen in der Praxis abgeschwächt.

14.2 Sanierungen

Was soeben für Neuanlagen (vgl. Ziff. 14.1 hievov) gesagt wurde, gilt weitgehend auch für die Vorsorge bei Sanierungen.

Zu ergänzen bleibt einerseits, dass zwischen der Vorsorge im Rahmen von Sanierungen (Art. 11 Abs. 2 LSV) und derjenigen bei Neuanlagen (Art. 11 Abs. 2 USG) wohl insofern eine Nuance besteht, als vorsorgliche Sanierungsmassnahmen - jedenfalls bei privaten Anlagen - zusätzlich auch mit dem aus Art. 17 Abs. 1 USG hergeleiteten Grundsatz der Verhältnismässigkeit (im engeren Sinne) vereinbar sein müssen (Schrade, Kommentar zum USG, N. 2 zu Art. 17). Praktische Richtschnur für das Mass der Vorsorge bei Sanierungen sind zudem die Immissionsgrenzwerte (vgl. Art. 13 Abs. 2 b LSV) und nicht die Planungswerte.

15. Verschärfte Emissionsbegrenzungen

Die Einhaltung der Vorgaben einer verschärften Emissionsbegrenzung (Grundregel, vgl. Ziff. 7.3 hievov) ist nicht an die Auslegung unbestimmter Rechtsbegriffe geknüpft. Nach der Grundregel sind im Rahmen der zweiten Stufe des Lärmschutzkonzepts die Planungswerte (Art. 25 Abs. 1 USG, Art. 7 Abs. 1 LSV) und bei Sanierungen die Immissionsgrenzwerte (Art. 17 USG, Art. 13 Abs. 1 LSV) einzuhalten. Solange der Betreiber der Anlage keine Erleichterungen beantragt, hat die Festlegung der Lärmschutzmassnahmen unabhängig von ihrer wirtschaftlichen Tragbarkeit und Verhältnismässigkeit zu erfolgen.

Beizufügen bleibt, dass von dem in der Grundregel verankerten Grundsatz (Ziff. 7.3 hievov) nicht leichthin und nur unter begründeten Umständen abgewichen werden darf.

16. Erleichterungen

16.1 Private Neuanlagen

Private Neuanlagen haben auch bei der Gewährung von Erleichterungen die Immissionsgrenzwerte einzuhalten (Art. 25 Abs. 2 USG, Art. 7 Abs. 2 LSV). Andernfalls bleibt ihre Erstellung ausgeschlossen. Ob die Voraussetzungen für Erleichterungen erfüllt sind, ist im Rahmen einer Interessenabwägung (überwiegende öffentliche Interessen) und einer Verhältnismässigkeitsprüfung (im engeren Sinne) zu beurteilen und nur zu bejahen, wenn beide Voraussetzungen kumulativ erfüllt sind (Art. 25 Abs. 2 USG).

16.2 Öffentliche Neuanlagen

Grundlage für die Gewährung von Erleichterungen bei öffentlichen oder konzessionierten Neuanlagen bildet in jedem Falle eine Interessenabwägung (Art. 25 Abs. 2 USG, Art. 25 Abs. 3 USG, Art. 7 LSV, Art. 10 LSV).

Öffentlichen oder konzessionierten Anlagen können weitreichende Erleichterungen gewährt werden. Auch passiver Schallschutz an Gebäuden kann genügen (Art. 10 Abs. 1 LSV). In aussergewöhnlichen Fällen kann gar ein vollständiger Verzicht auf Lärmschutzvorkehren zulässig sein (Art. 10 Abs. 3 LSV).

16.3 Sanierung privater Anlagen

Erleichterungen für zu sanierende private Anlagen sind - abgesehen von denjenigen gemäss Art. 14 Abs. 1 b LSV (vgl. Ziff. 11.4 hievore) - aufgrund einer Verhältnismässigkeitsprüfung (im engeren Sinne) zu beurteilen (Art. 17 Abs. 1 USG, Art. 14 Abs. 1 LSV).

Auch bei der Gewährung von Erleichterungen haben sanierte Privatanlagen die Alarmwerte durch emissionsbegrenzende Massnahmen einzuhalten (Art. 17 Abs. 2 USG, Art. 14 Abs. 2 LSV).

16.4 Sanierung öffentlicher Anlagen

Grundlage für die Gewährung von Erleichterungen bei der Sanierung öffentlicher Anlagen bildet in jedem Falle eine Interessenabwägung. Dabei steht mit Rücksicht auf das öffentliche Interesse am ordnungsgemässen Betrieb bestehender Anlagen ein weitreichendes Instrumentarium an Erleichterungen zur Verfügung (Art. 14 f LSV). Bei der Sanierung öffentlicher Anlagen können die Erleichterungen - ohne dass zwingend aufgrund des kantonalen Bau- und Planungsrechts Massnahmen zu treffen wären (vgl. Art. 13 Abs. 4 b LSV) - bis zum vollständigen Verzicht von Lärmschutzmassnahmen führen (Art. 15 Abs. 3 LSV).

„Die vom Gesetzgeber nach langem Ringen getroffene Entscheidung, wonach Schallschutzmassnahmen“ bei einem Verzicht auf verschärfte emissionsbegrenzende Vorkehren „erst bei einer Überschreitung der Alarmwerte zu treffen sind, schafft eine (gesundheitsschädliche) Lücke, in welcher der Lärmbetroffene sehr lästigen und mitunter auch sehr schädlichen Immissionen ohne jegliche Schutzmassnahme ausgesetzt ist“ (Zäch, Kommentar zum USG, N. 25 zu Art. 20 USG).

17. Möglichkeiten und Grenzen von Modellen

Wie bereits ausgeführt wurde, bestehen gute Voraussetzungen, um die mit der Interessenabwägung angestrebte Optimierung in einem Modell zu erfassen (vgl. Ziff. 12.4 hievov). Dabei bietet Art. 17 Abs. 2 LSV eine der Interessenabwägung dienende Hilfestellung, indem er die zu treffenden Lärmschutzmassnahmen - freilich in anderem Zusammenhang (Dringlichkeit) - bewertet. Diese Bewertung nimmt das KN-Modell der SBB (vgl. Ziff. 8 hievov) auf und ergänzt sie durch zusätzliche, in der eidg. Lärmschutz Verordnung enthaltene Vorgaben (vgl. insbesondere Art. 14 Abs. 1 b LSV).

Dieses Vorgehen ist aus rechtlicher Sicht bei einer auf Optimierung ausgerichteten Interessenabwägung durchaus angezeigt, im Rahmen der bevorstehenden Machbarkeitsstudie und der allfälligen Erarbeitung des Modelles aber zu überprüfen sowie gegebenenfalls zu ergänzen und zu verbessern.

Was dem KN-Modell der SBB aber fehlt, sind der bei einer Optimierung einander entgegenstehender öffentlicher Interessen gebotene Einbezug volkswirtschaftlicher Überlegungen sowie die damit verbundene Gewichtung der beteiligten Interessen auch aufgrund bestehender gesetzlicher Vorgaben (Grundregel, vgl. Ziff. 7.3 hievov). Das KN-Modell geht - ohne nähere Begründung - von einer für den Lärmschutz zur Verfügung stehenden Summe aus und unterteilt diese möglichst zweckmässig. Dies wäre zulässig, wenn das Mass der Erleichterungen nicht mit unbestimmten Rechtsbegriffen umschrieben, sondern der bei öffentlichen Anlagen für Lärmschutzvorkehrungen der Anlage zu erbringende Aufwand beispielsweise zu den Investitionskosten in einen prozentualen Bezug gebracht worden wäre. Bei den heute geltenden Rechtsgrundlagen ist das KN-Modell aber insofern zu beanstanden.

Auch wenn ein ausgereifteres, volkswirtschaftliche Überlegungen miteinbeziehendes Modell bessere Beurteilungsgrundlagen für die durch die Umweltschutzgesetzgebung gebotene Optimierung von Erleichterungen bieten kann, darf seine Bedeutung auch nicht überschätzt werden. Bei der Gewichtung der beteiligten Interessen dürfte in jedem Falle ein nicht zu unterschätzender Beurteilungsspielraum verbleiben, der durch die Grundregel (vgl. Ziff. 7.3 hievov) und die darin enthaltenen gesetzlichen Vorgaben (vgl. dazu Ziff. 12.3 hievov) oder aber durch finanzpolitische Entscheide (Politik des knappen Geldes) gefüllt werden könnte. Richterliche oder behördliche Interessenabwägung ist auch Güterabwägung und bleibt damit in jedem Falle auch eine politische Entscheidungsfindung.

Bei öffentlichen und konzessionierten Anlagen bestimmt eine Interessenabwägung sowohl das Mass der Vorsorge als auch dasjenige von Erleichterungen (Neuanlagen und Sanierungen). In all diesen Fällen ist deshalb aus rechtlichen Gründen eine modellhafte Optimierung der jeweils in Frage stehenden öffentlichen Interessen denkbar. Ob dies auch aus volkswirtschaftlicher und akustischer Sicht möglich und zweckmässig ist, wird die bevorstehende Machbarkeitsstudie zeigen müssen.

Dort wird auch zu prüfen sein, ob und - wenn ja - inwiefern modellhafte Aussagen über das aufgrund einer Verhältnismässigkeitsprüfung (im engeren Sinne) festzulegende Mass des Lärmschutzes gegenüber privaten Anlagen möglich sind. Dabei ist aber zu beachten, dass insofern nicht eine volkswirtschaftliche Betrachtungsweise Platz greifen dürfte, sondern ein

modellhafter Vergleich mit einem „branchenüblichen Standardunternehmen“ anzustellen wäre.

18. Folgerungen und Vorgaben zu Handen der Machbarkeitsstudie

Die gemäss erteiltem Auftrag zu Handen der Machbarkeitsstudie für eine modellhafte Festlegung von Parametern rechtlich zu bearbeitende „wirtschaftliche Tragbarkeit und Verhältnismässigkeit“ von Lärmschutzmassnahmen wird im geltenden Recht fast ausschliesslich durch unbestimmte Rechtsbegriffe (wirtschaftliche Tragbarkeit, unverhältnismässig, überwiegende öffentliche Interessen, unverhältnismässige Belastung, unverhältnismässige Betriebseinschränkung oder Kosten) umschrieben (vgl. Art. 11 Abs. 2 USG, Art. 17 Abs. 1 USG, Art. 25 Abs. 2 USG, Art. 7 LSV, Art. 8 LSV, Art. 13 LSV, Art. 14 LSV).

Die Umweltschutzgesetzgebung beruht auf einem dreistufigen Lärmschutzkonzept. In Anwendung des im Umweltschutzrecht allgemein gültigen Vorsorgeprinzips (Art. 1 Abs. 2 USG) sind Emissionen zunächst vorsorglich und unabhängig von ihrem Ausmass an der Quelle soweit zu begrenzen, wie dies technisch und betrieblich möglich sowie wirtschaftlich tragbar ist (Art. 11 Abs. 2 USG). Genügt dies nicht, um schädliche oder lästige Einwirkungen zu vermeiden, sind mit verschärften Emissionsbegrenzungen (zweite Stufe) grundsätzlich die Immissionsgrenzwerte einzuhalten (Art. 11 Abs. 3 USG, Grundregel). Passive Schallschutzmassnahmen an Gebäuden (dritte Stufe) kommen einzig für öffentliche sowie konzessionierte Anlagen und nur in Frage, wenn von der Grundregel abgewichen wird und Erleichterungen gewährt werden (Art. 17 USG, Art. 25 Abs. 2 USG, Art. 7 - 10 LSV, Art. 13 - 15 LSV). Die im Umweltschutzrecht enthaltenen unbestimmten Rechtsbegriffe erfassen an sich alle drei Stufen. Die Durchsetzung der verschärften Emissionsbegrenzungen (zweite Stufe) kommt allerdings solange ohne unbestimmte Rechtsbegriffe aus, bis Erleichterungen gewährt werden. Die zu untersuchenden unbestimmten Rechtsbegriffe betreffen damit die Vorsorge und Erleichterungen. Dabei gelten sie für Neuanlagen (Art. 25 USG), geänderte Anlagen (Art. 8 LSV) und Sanierungen (Art. 16 ff USG). Weil für (wesentlich) geänderte Anlagen im hier interessierenden Zusammenhang einzig eine Spezialvorschrift besteht (Art. 8 Abs. 2 LSV, vgl. Ziff. 7.4 hievon) wird in dieser Arbeit - soweit überhaupt erforderlich - einzig zwischen Neuanlagen und Sanierungen unterschieden. Die in der Umweltschutzgesetzgebung verwendete Terminologie zur Festlegung des Masses und der Zumutbarkeit von Lärmschutzmassnahmen knüpft an dieses Prinzip der Dreistufigkeit an (erste Stufe, wirtschaftliche Tragbarkeit; zweite Stufe, Verhältnismässigkeit; dritte Stufe, überwiegende Interessen).

Der Begriff der wirtschaftlichen Tragbarkeit dient im Rahmen der Vorsorge dazu, um unter mehreren, technisch und betrieblich möglichen, emissionsbegrenzenden Massnahmen die jeweils gebotene zu ermitteln. Bei öffentlichen und konzessionierten Anlagen ist dabei das Mass der Vorsorge im Rahmen einer Interessenabwägung festzulegen, während bei privaten Anlagen - aufgrund eines Vergleichs mit einem gesunden Standardunternehmen der Branche - eine Verhältnismässigkeitsprüfung (im engeren Sinne) durchzuführen ist.

Die im Lärmschutzrecht in verschiedenen Schattierungen erwähnte Verhältnismässigkeit ist ein atypisches Beispiel für den ungeschriebenen Verfassungsgrundsatz der Verhältnismässigkeit. Die Teilinhalte der Eignung und Erforderlichkeit dieses Prinzips erweisen sich deshalb weitgehend als bedeutungslos, weil Lärmschutzvorkehrungen zur Durchsetzung des Schutzanspruches der Bevölkerung in aller Regel geeignet und auch erforderlich sind. Damit bleibt bei privaten Anlagen die Verhältnismässigkeit im engeren Sinne und damit die Frage, ob für den Eigentümer der zum Lärmschutz verpflichteten Anlage ein Missverhältnis zwischen dem Eingriffszweck (Lärmschutz) und der Eingriffswirkung (erreichbare Emissionsbegrenzung) vorliegt. Die bei öffentlichen oder konzessionierten Anlagen erforderliche Gegenüberstellung unterschiedlicher öffentlicher Interessen würde die Verhältnismässigkeitsprüfung im engeren Sinne dagegen in unzulässiger Weise überdehnen und hat deshalb im Rahmen einer Interessenabwägung zu erfolgen. Die Bedeutung des Verfassungsprinzips der Verhältnismässigkeit beschränkt sich deshalb zur Hauptsache auf eine Verhältnismässigkeitsprüfung im engeren Sinne bei privaten Anlagen.

Für die Festlegung der „wirtschaftlichen Tragbarkeit und Verhältnismässigkeit von Lärmschutzmassnahmen“ wird damit - jedenfalls bei öffentlichen Anlagen - vorab die Interessenabwägung zwischen verschiedenen, unterschiedlichen öffentlichen und privaten Interessen ausschlaggebend. Die richterliche oder behördliche Interessenabwägung hat den Wirkungsbereich von Rechtsnormen und Rechtsgütern in dem durch die Rechtsetzung vorgegebenen Rahmen zu konkretisieren. Dabei sind nicht (nur) faktische Interessen Beteiligter, sondern (vorab) ideelle, normative Grössen gegeneinander abzuwägen. Die Interessenabwägung ist deshalb auch eine Güterabwägung. Sie kann nicht abstrakt erfolgen, weil sich Rechtsgüter nicht in eine feste Werthierarchie stellen lassen. Aufgrund einer Bestandesaufnahme der sich widersprechenden Interessen und unter Einbezug von Handlungsalternativen ist deshalb zu versuchen, die beteiligten Interessen zu gewichten und zu optimieren. Bei öffentlichen Anlagen erhält dieser Optimierungsprozess eine wesentliche volkswirtschaftliche Komponente und nähert sich damit einem Verfahren zur Bestimmung der ökonomischen Effizienz von Handlungsalternativen. Gesucht wird auch im Rahmen der Interessenabwägung die optimale Schnittstelle von Grenznutzen und Grenzkosten. Zu beachten ist dabei aber, dass die beteiligten Interessen - vorab aufgrund der Vorgaben der Verfassung und der Rechtsetzung (Grundregel) - zu gewichten sind und der Optimierungsprozess insofern (aufgrund politischer Entscheide) beeinflussbar ist.

Die dogmatische Herleitung der im Umweltschutzrecht für die Festlegung der „wirtschaftlichen Tragbarkeit und Verhältnismässigkeit von Lärmschutzmassnahmen“ enthaltenen unbestimmten Rechtsbegriffe belegt, dass dabei in einer aus der Rechtsetzung nicht direkt ersichtlichen Weise zwischen **privaten und öffentlichen Anlagen** zu unterscheiden ist. Bei privaten Anlagen sind die Vorsorge - soweit nicht ohnehin auf die Planungswerte abgestellt wird - an einem branchenüblichen Standardunternehmen zu messen und die Erleichterungen aufgrund einer Verhältnismässigkeitsprüfung im engeren Sinne und - bei privaten Neuanlagen (Art. 25 Abs. 1 USG) - aufgrund einer Interessenabwägung festzulegen. Bei öffentlichen Anlagen hat stets eine Interessenabwägung stattzufinden.

Die modellhafte Erarbeitung von Parametern für die Festlegung der Erleichterungen gegenüber lärmigen, ortsfesten **öffentlichen oder konzessionierten Anlagen** ist aus rechtlicher Sicht nicht nur zulässig, sondern zur Optimierung der dafür erforderlichen Interessenabwägung geboten. Rechtlich wegleitend haben dabei die in diesem Bericht erarbeiteten Kriterien

der Interessenabwägung zu sein, welche sich - unter dem Vorbehalt einer Gewichtung der beteiligten Interessen - **der volkswirtschaftlichen Ermittlung der Schnittstelle von Grenzkosten und Grenznutzen** nähern. Überdies sind die in Art. 17 Abs. 2 LSV enthaltene „Rangordnung“ für Lärmschutzmassnahmen sowie die Vorgaben von Art. 10 Abs. 2 b LSV, Art. 14 Abs. 1 b LSV, sowie Art. 15 Abs. 3 b LSV (Ortsbild-, Natur- und Landschaftsschutz, Verkehrs- und Betriebssicherheit, Gesamtverteidigung) in die Machbarkeitsstudie und eine allfällige spätere, modellhafte Erarbeitung der gesuchten Parameter einzubeziehen.

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie bleibt zu prüfen, ob und - wenn ja - wie sich auch eine modellhafte Erarbeitung von Parametern für die von privaten Anlagen ausgehenden Emissionen als möglich und sinnvoll erweist.

Schriftenreihe Umwelt (Lärm) – Cahier de l'environnement (Bruit)

Bezugsquelle BUWAL / Commande OFEFP

- Nr. 15: Strassenlärmmodell für überbaute Gebiete. 3. Auflage. April 1991. 76 S.
Modèle de bruit du trafic routier dans les zones habitées. 2ème édition.
- Nr. 35: Berechnungsverfahren für Schiesslärm von 300m-Anlagen. 1985. 76 S.
Modèle de calcul du bruit des installations de tir à 300m.
- Nr. 57: Anleitung zur Ermittlung und Beurteilung von Lärmimmissionen an Strassen.
Januar 1987. 18 S.
Instructions pour la détermination et l'évaluation des immissions de bruit aux abords des routes.
- Nr. 58: Anleitung zur Ermittlung und Beurteilung von Lärmimmissionen bei 300m-Schiessanlagen. Januar 1987. 19 S.
Instructions pour la détermination et l'évaluation des immissions de bruit à proximité des installations de tir à 300m.
- Nr. 77: Anleitung zur Erstellung von Lärmbelastungskatastern und zur Planung von Massnahmen. Dezember 1988. 44 S.
Instructions pour l'établissement des cadastres de bruit et pour la planification de mesures.
- Nr. 103: Belastungsgrenzwerte für den Lärm von Militärflugplätzen. 5. Teilbericht der Eidg. Kommission für die Beurteilung von Lärm-Immissionsgrenzwerten. April 1989. 33 S.
Valeurs limites d'exposition au bruit des aérodromes militaires. 5ème rapport de la Commission fédérale pour l'évaluation des valeurs limites d'immissions pour le bruit.
- Nr. 114: Grobverfahren zur Bestimmung von Eisenbahnlärm. November 1989. 38 S.
Procédé approximatif pour la détermination du bruit des chemins de fer.
- Nr. 116: SEMIBEL. Schweizerisches Emissions- und Immissionsmodell für die Berechnung von Eisenbahnlärm. Version 1. Programmdokumentation. März 1990. 78 S.
SEMIBEL. Modèle suisse des émissions et des immissions pour le calcul du bruit des chemins de fer. Version 1. Manuel d'utilisation du logiciel.
- Nr. 130: Computermodell SL-90 zur Berechnung von Schiesslärm von 300m-Anlagen. 1991. 39 S.
Modèle de calcul SL-90 pour le bruit des installations de tir à 300m.
- Nr. 205: Lärmschutz: Die Festlegung von Empfindlichkeitsstufen. Rechtsgutachten. Juli 1993. 132 S.
- Nr. 296: Belastungsgrenzwerte für den Lärm der Landesflughäfen. 6. Teilbericht der Eidg. Kommission für die Beurteilung von Lärm-Immissionsgrenzwerten. 1997. 117 S.
Valeurs limites d'exposition au bruit des aéroports nationaux. 6ème rapport partiel de la Commission fédérale pour l'évaluation des valeurs limites d'immissions pour le bruit.
