



EIDG. KOMMISSION  
FÜR DIE BEURTEILUNG VON  
LÄRM - IMMISSIONSGRENZWERTEN

4. Teilbericht

BELASTUNGSGRENZWERTE FÜR EISENBAHNLÄRM

September 1982



# I N H A L T

	Seite
1 EINLEITUNG	1
11 Auftrag der Kommission	1
12 Ausgangslage	2
13 Durchführung des Auftrages	3
14 Zusammensetzung der Kommission	4
2 EISENBAHNLAERM ALS UMWELTSCHUTZPROBLEM	6
3 LAERMBEKAEMPFUNGSKONZEPT	9
31 Allgemeines Konzept	9
32 Bedeutung des Konzeptes für den Eisenbahnlärm	11
4 AKUSTISCHE GRUNDLAGEN	13
41 Grundbegriffe	13
42 Besonderheiten des Eisenbahnlärms	16
43 Messgrößen und Lärmbelastungsmasse	18
5 WIRKUNGEN VON EISENBAHNLAERM	21
51 Allgemeine Erkenntnisse	21
52 Spezielle Erkenntnisse aus Eisenbahn- lärmuntersuchungen	24
6 LAERMBELASTUNGSGRENZWERTE	29
61 Grenzwertstufen und ihre Funktionen	29
62 Lärmschutzmassnahmen längs Eisenbahnstrecken	32
63 Differenzierung der Belastungsgrenzwerte	34
64 Grenzwertschema	36
7 PRAKTISCHE AUSWIRKUNGEN DER BELASTUNGSGRENZWERTE	39
71 Vergleich mit den Grenzrichtwerten 1963	39
72 Kosten passiver Schallschutzmassnahmen	40
8 RECHTSLAGE	42
81 Bestehende Rechtslage	42
82 Vorgesehene Rechtsergänzungen	45

Die in diesem Bericht vorgeschlagenen Belastungsgrenzwerte dienen zur Beurteilung der üblichen Fahrgeräusche entlang von Bahnstrecken und im Bereiche von Personenbahnhöfen. Weitere Betriebsgeräusche in der Umgebung der Bahnhöfe wie z.B. Brems- und Schlaggeräusche, Lautsprecherdurchsagen etc. müssen separat beurteilt werden.

Die Belastungsgrenzwerte sind grundsätzlich für alle Normal- und Schmalspurbahnen anwendbar, nicht jedoch für Strassenbahnen und Standseilbahnen.

Der Lärm von Strassenbahnen ist anhand der Belastungsgrenzwerte für den Strassenverkehrslärm<sup>1)</sup> zu beurteilen. Zur Beurteilung von Rangierlärm werden einstweilen besondere Richtlinien<sup>2)</sup> verwendet.

---

1) Belastungsgrenzwerte für den Strassenverkehrslärm; 1. Teilbericht der Eidg. Kommission für die Beurteilung von Lärm-Immissionsgrenzwerten, Bern (Juni 1979).

2) Lärmschutz an Rangierbahnhöfen; Bericht der Eidg. Arbeitsgruppe "Lärmbelastung durch Rangierbahnhöfe", Bern (Juni 1978).

## 1 EINLEITUNG

### 11 Auftrag der Kommission

In der künftigen, auf Artikel 24 septies der Bundesverfassung abgestützten Umweltschutzgesetzgebung soll im Teilbereich Lärmbekämpfung nebst den Vorschriften zur Reduktion des Lärms an der Quelle auch den Belastungsgrenzwerten zur Begrenzung der Immissionen eine grosse Bedeutung zukommen. Solche Belastungsgrenzwerte stellen ausserdem einen Beitrag zur Verdeutlichung der Planungsgrundsätze (Artikel 3, Absatz 3, lit b) des Bundesgesetzes über die Raumplanung dar.

Im Hinblick auf eine rechtliche Verankerung der Belastungsgrenzwerte drängte sich eine kritische Ueberprüfung und Ueberarbeitung der bestehenden Grundlagen für sämtliche Lärmarten auf. Es galt zudem auch gewisse Lücken zu schliessen.

Im Jahre 1975 setzte das EDI deshalb eine "Expertenkommission für die Beurteilung von Lärmimmissionsgrenzwerten" ein und betraute diese mit der Aufgabe, die bisherigen Grundlagen auf den neuesten Stand des Wissens hin zu überarbeiten und nötigenfalls durch gezielte Untersuchungen zu ergänzen.

Die Kommission veröffentlichte bisher drei Teilberichte:

Der erste Teilbericht (1979) enthält Grenzwertvorschläge für den Bereich "Strassenverkehrslärm", der zweite (1980) solche für den Bereich "Lärm ziviler Schiessanlagen" und der dritte (1981) solche für den Bereich "Lärm der Kleinaviatik". Im vorliegenden 4. Teilbericht wird das Thema "Eisenbahnlärm" behandelt. (Geltungsbereich siehe nebenstehender Kasten.)

12      Ausgangslage

Massnahmen zur Bekämpfung des Eisenbahnlärms lassen sich auf das Eisenbahngesetz (EBG) vom 20. Dezember 1957 abstützen. Allerdings enthält weder das EBG noch die Nebenbahnverordnung konkrete Lärmschutzvorschriften. Auch in der vorgesehenen neuen Eisenbahnverordnung sind keine solchen Vorschriften vorgesehen.

In Ermangelung konkreter Normen werden die Lärmschutzmassnahmen im Rahmen des Plangenehmigungsverfahrens oder aufgrund einzelner Verfügungen durch die Aufsichtsbehörde (Bundesamt für Verkehr) nach eigenem Ermessen festgelegt. Zur Beurteilung der Notwendigkeit solcher Massnahmen standen bisher nur die im Bericht "Lärmbekämpfung in der Schweiz"<sup>1)</sup> enthaltenen Grenzwerte zur Verfügung. Die Erfahrungen haben jedoch gezeigt, dass diese Grenzwerte für die Beurteilung von Eisenbahnlärm im allgemeinen nicht geeignet sind (siehe Ziffer 71). Die Bereitstellung zweckmässiger Beurteilungskriterien in Form neuer Belastungsgrenzwerte für den Eisenbahnlärm ist deshalb notwendig.

Die Belastungsgrenzwerte werden dazu beitragen, den bisherigen Ermessensspielraum in der Beurteilung einzelner Eisenbahnlärmprobleme einzugrenzen und eine einheitliche Beurteilungspraxis zu schaffen. Sie werden insbesondere im Rahmen des künftigen Bundesgesetzes über den Umweltschutz<sup>2)</sup> besondere Bedeutung erlangen. Nach dem Gesetzesentwurf soll die Umweltverträglichkeit von neuen Eisenbahnlinien und die Notwendigkeit von technischen, baulichen und ortspanerischen Lärmschutzmassnahmen bei neuen oder bestehenden Eisenbahnanlagen anhand solcher Belastungsgrenzwerte beurteilt werden.

---

1) Lärmbekämpfung in der Schweiz; Bericht der Eidg. Expertenkommission an den Bundesrat, Bern (1963) (vergriffen).

2) Botschaft zu einem Bundesgesetz über den Umweltschutz (vom 31.10.1979)

13      Durchführung des Auftrages

Da in der Schweiz systematische Untersuchungen über die Störwirkung von Eisenbahnlärm fehlten, veranlassten die interessierten Bundesstellen 1978 die Durchführung einer entsprechenden umfassenden Studie. In die Untersuchung einbezogen wurden die Bewohner an dreissig verschiedenen stark belasteten Streckenabschnitten und drei Rangieranlagen. Das Ergebnis der Studie liegt in einem Schlussbericht<sup>1)</sup> vor. Die Ergebnisse der Streckenlärmuntersuchung können für die Reaktion der Betroffenen als repräsentativ bezeichnet werden. Sie sind eine gute Grundlage zur Festlegung der Belastungsgrenzwerte. Für den Rangierlärm hingegen konnte bisher noch kein eindeutiges Mass zur Beschreibung der Lärmbelastung gefunden werden (siehe auch Ziffer 42).

Die Untersuchungen wurden durch eine spezielle Arbeitsgruppe der Kommission unterstützt und begleitet. Nach Abschluss der Untersuchungen legte die Arbeitsgruppe der Kommission auch erste Grenzwertvorschläge vor.

Das Bundesamt für Umweltschutz veranlasste zudem eine Studie zur Abschätzung der Grössenordnung der Gesamtlänge aller kritisch belasteter Strecken und der Kosten für passive Schallschutzmassnahmen<sup>2)</sup> (Ergebnisse siehe Ziffer 72).

Gestützt auf die vorerwähnten Grundlagen hat die Kommission die nun vorliegenden Vorschläge für Belastungsgrenzwerte erarbeitet. Sie empfiehlt deren Einführung und Anwendung.

---

1) Soziologisches Institut der Universität Zürich, "Zur Begrenzung der Lärmbelastung"; Sozio-psychologische Untersuchung der Störwirkungen von Eisenbahn- und Strassenlärm unter konstanten Bedingungen. Zusammenfassender Schlussbericht, Zürich (November 1980).

2) - P. Winkelmann, Abschätzung der Kosten von Lärmschutzmassnahmen längs dem schweizerischen Schienennetz, Herausgeber: Bundesamt für Umweltschutz, Bern (März 1980)

- Zusatzauswertung (Juni 1982), unveröffentlicht.

14      Zusammensetzung der Kommission

Die Expertenkommission ist wie folgt zusammengesetzt:

Vorsitzender:    - PD Dr. B. Böhlen, stellvertretender Direktor  
des Bundesamtes für Umweltschutz, Bern

Mitglieder:      - Frau RA Susanne Casetti, Schweizerische Ge-  
sellschaft für Umweltschutz, Zürich

                     - Dr. R. Hofmann, Physiker, Abteilung für Akus-  
tik und Lärmbekämpfung der EMPA, Dübendorf

                     - Prof. A. Lauber, Dipl. Ing., Vorsteher der  
Abteilung für Akustik und Lärmbekämpfung der  
EMPA, Dübendorf

                     - Dr. R. Müller, Soziologe, Lausanne

                     - Dr. R. Probst, ORL-Spezialarzt bei der Gruppe  
Arbeitsmedizin der SUVA, Luzern

                     - Prof. Dr. E.J. Rathe, beratender Ingenieur,  
Russikon

                     - RA Dr. O. Schenker-Sprüngli, Geschäftsführer  
der schweizerischen Liga gegen den Lärm,  
Küsnacht (ZH)

                     - Dr. R. Stüdeli, Direktor der Schweizerischen  
Vereinigung für Landesplanung, Bern

                     - Dr. G. Verdan, Chef der Abteilung Lärmbekämp-  
fung, Bundesamt für Umweltschutz, Bern

                     - Prof. Dr. H.U. Wanner, Institut für Hygiene  
und Arbeitsphysiologie der ETH, Zürich

Ständiger  
Experte:

- G. Iselin, Vizedirektor, Bundesamt für Bil-  
dung und Wissenschaft, Bern

Sekretariat:

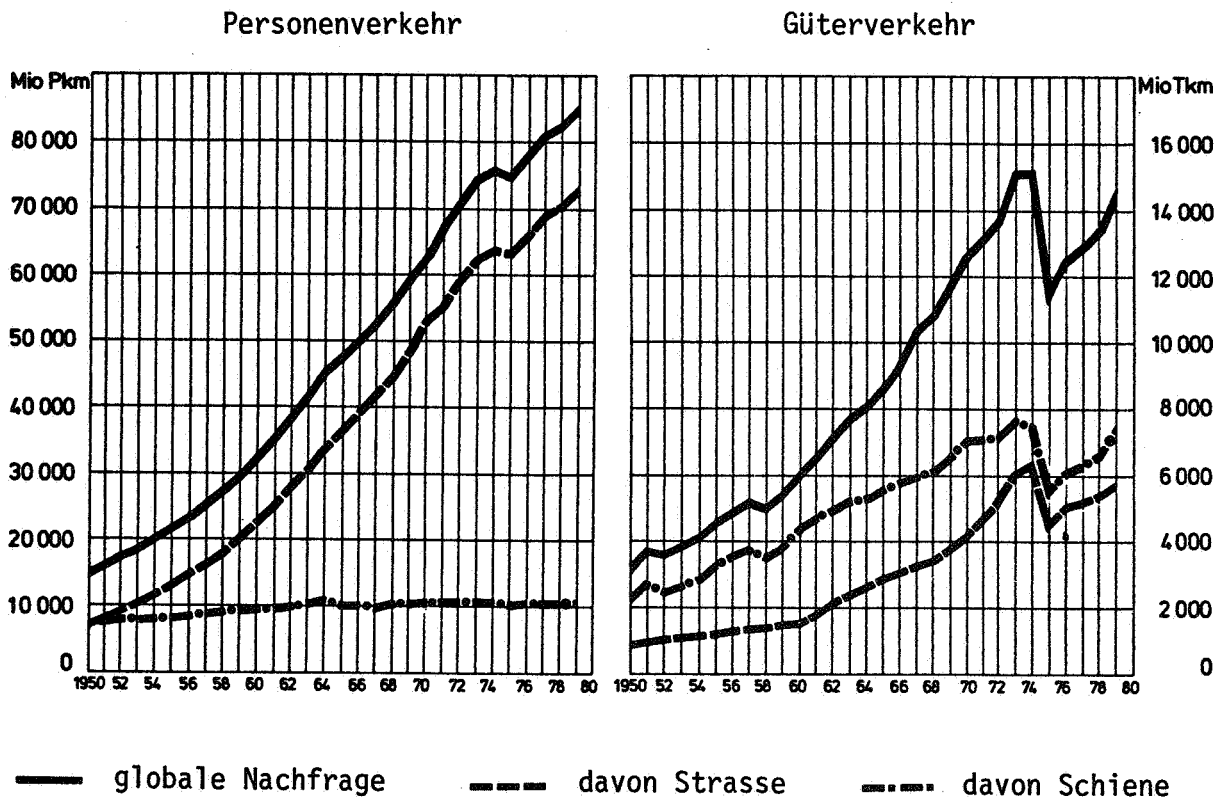
- R. Clerc, Ing. HTL, Abteilung Lärmbekämpfung,  
Bundesamt für Umweltschutz, Bern



Die Arbeitsgruppe zur Begleitung und Koordination der Untersuchungen hatte folgende Zusammensetzung:

- S. Bargetzi, Sektionschef, Bundesamt für Umweltschutz (Vorsitz; bis Ende Sept.1981)
- F. Gusset, Sektionschef, Bundesamt für Umweltschutz
- J. Fäh, Sektionschef, Bundesamt für Verkehr
- W. Borter, Fürsprecher; Bundesamt für Raumplanung (bis Ende Juni 1978)
- Dr. W. Zeh, Experte; Bundesamt für Raumplanung (ab Sept 1978)
- P. Küpfer, Leiter der Zentralstelle für Lärmfragen, GD SBB
- Dr. R. Hofmann, Wissensch. Adjunkt, EMPA Dübendorf
- M. Krähenbühl, Architekt, EMPA, Dübendorf, (bis Ende Juli 1980)
- A. Rosenheck, Wissensch. Experte, EMPA, Dübendorf
- A. Meyer, Soziologe, Soziologisches Institut der Universität Zürich
- R. Ortega, Soziologe, Soziologisches Institut der Universität Zürich

Die technischen Fortschritte der letzten Jahrzehnte schufen die Voraussetzungen, um das Angebot und die Nachfrage nach erhöhten Verkehrsleistungen in allen Bereichen des Transportwesens erheblich zu steigern. Die grössten Zuwachsraten weisen der Flugverkehr und der Strassenverkehr auf. Vergleichsweise kleiner sind die Zuwachsraten beim Eisenbahnverkehr.



Figur 1 Entwicklung der Transportnachfrage in der Schweiz

Die Erhöhung der Mobilität hatte aber auch seine negativen Seiten. So haben heute die durch den Verkehr erzeugten Umweltbelastungen vielerorts ein kritisches Ausmass erreicht.

Verglichen mit dem Strassen- oder Luftverkehr erzeugt der Schienenverkehr gesamthaft gesehen zwar weniger grosse Umweltprobleme, der Eisenbahnlärm als eine der Umwelt-Belastungskomponenten ist aber nicht zu vernachlässigen: Nach einer

groben Abschätzung<sup>1)</sup> werden in der Schweiz heute tagsüber etwa 4% aller Einwohner einer Eisenbahnlärmbelastung von mehr als 60 dB (A)<sup>2)</sup> und 1% sogar einer solchen von mehr als 65 dB(A) ausgesetzt. Diese Zahlen mögen im Vergleich zum Strassenlärm<sup>3)</sup> (25 - 30% über 60 dB(A) bzw. 8 - 12% über 65 dB(A)) relativ klein erscheinen, für die Betroffenen stellen die Belastungen jedoch vielfach trotzdem ein Problem dar. Die Gesamtlänge der "Innerorts"-Eisenbahnstrecken welche im angrenzenden Wohngebiet extreme Lärmbelastungen von über 70 dB(A) tags oder von über 65 dB(A) nachts erzeugen, beträgt doch immerhin etwas über 100 km.

Ein grösseres Zugsangebot, höhere Geschwindigkeiten und längere Zugseinheiten führten in den letzten Jahrzehnten tendenziell zu einer Belastungszunahme. Diese konnte durch Massnahmen am Fahrzeug (Wagen und Lokomotiven) bisher nur teilweise aufgefangen werden. Um schnellere und häufigere Verbindungen herzustellen, wurden in letzter Zeit zudem zusätzliche Linien oder Ausbauten realisiert. Weitere Projekte, namentlich der Bau neuer Hochleistungsstrecken und Alpentransversalen werden zur Zeit diskutiert.

Die Bahnverwaltungen sind deshalb verpflichtet, die Lärmbekämpfung weiter zu verstärken. Um dabei nicht nur örtlich durch passive Massnahmen die Immissionen zu senken, werden vor allem Massnahmen an der Quelle (Fahrzeuge und Fahrbahn) zu treffen sein.

Die bisherigen Bemühungen haben zu ersten Teilerfolgen geführt; namentlich der Motorenlärm der elektrifizierten Triebfahrzeuge konnte weitgehend eingedämmt werden. Als Haupt-

---

1) Abschätzung aufgrund der Modelle zur Ermittlung der Luft- und Lärmbelastung durch den Verkehr, GVK-CH, Arbeitsunterlage Nr. 29, Bern (1978)

2) Lärmbelastung in  $L_r$ ; Definition  $L_r$  siehe Ziffer 64

3) Siehe 1. Teilbericht Kapitel 2.

schallquelle des Fahrlärms bleiben jedoch die Laufwerke der Einzelachsen und Drehgestelle und - in geringerem Masse - die Metallaufbauten der Güterwagen bestehen. Das Rollgeräusch, das bei der Stahl-Stahl-Berührung zwischen Rad und Schiene entsteht, wird wohl nie ganz vermieden werden können (siehe auch Ziffer 42). Es wird vor allem stark durch die Oberflächenqualität der Lauffläche von Rad und Schiene beeinflusst. Seit wenigen Jahren weiss man, dass die an die Räder angepressten Bremsklötze die Radlaufflächen nicht glatt schleifen, sondern vielmehr - bereits nach wenigen Bremsungen - derart verriffeln, dass die Geräuschentwicklung sich mehr als verdoppelt. Die neuen Einheitswagen der SBB (EW IV) werden deshalb nur noch mit Scheibenbremsen versehen. Durch sukzessives Ersetzen des vorhandenen Rollmaterials durch neue Wagen wird langfristig, in etwa 30 - 40 Jahren eine Reduktion der Lärmentwicklung bei den Personenzügen um mehr als 10 dB(A) zu erwarten sein. Auf stark befahrenen Strecken wird der Austauschprozess etwas rascher stattfinden.

Die Verkehrsbedürfnisse werden voraussichtlich in Zukunft - wenn auch langsamer als bisher - weiter zunehmen. Beim Betrieb des bestehenden Schienennetzes, sowie bei der Planung neuer Schienenwege wird es daher eine dauernde Verpflichtung der Bahnverwaltungen und Behörden sein, durch entsprechende Lärmschutzmassnahmen am Fahrzeug und längs der Bahnstrecken die Lärmimmissionen auf ein für die Anwohner tragbares Niveau zu beschränken.

3      LAERMBEKAEMPfungSKONZEPT

31      Allgemeines Konzept

Dem Entwurf zu einem Bundesgesetz über den Umweltschutz liegt ein allgemein gültiges Lärmbekämpfungskonzept zugrunde, das sich nach Ansicht der Kommission grundsätzlich auch zur Bekämpfung des Eisenbahnlärms eignet.

In seiner allgemeinen Formulierung lautet das Konzept wie folgt:

- Der Lärm ist in erster Linie an der Quelle zu reduzieren. Dabei ist die bestmögliche Lärmschutztechnik zu fordern. Mit anderen Worten sind die Lärmemissionen – unabhängig von der bestehenden Umweltbelastung – so weit zu begrenzen, wie dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist.
- Wo dies nicht genügt, um den Lärm im konkreten Einzelfall auf das erträgliche Mass zu beschränken, sind weitere Massnahmen zur Lärmreduktion zu treffen. Denkbar sind insbesondere bautechnische Massnahmen zur Eindämmung der Schallausbreitung, Betriebsvorschriften sowie ortsplanerische Anordnungen.
- Wo keine geeigneten Massnahmen zur Reduktion des Lärms bzw zur Eindämmung seiner Ausbreitung zur Verfügung stehen und es im überwiegenden öffentlichen Interesse ist, die Anlage trotz übermässigen Lärmbelastungen zu errichten oder weiterhin zu betreiben, sind ausnahmsweise als Ersatzlösung Schutzmassnahmen beim Betroffenen (z.B. erhöhte Schallisolationen der Gebäude) anzuordnen.

Die weiteren Massnahmen und besonders die Schutzmassnahmen beim Betroffenen sollen mehr als Ausnahme denn als Regel gelten. Das bedeutet aber, dass dem Prinzip der bestmöglichen Lärmschutztechnik an oder bei der Quelle grösste Beachtung geschenkt werden muss.

Die drei genannten Massnahmengruppen dürfen nicht erst im Falle einer Beanstandung zur Anwendung gelangen. Im Sinne des Vorsorgeprinzips muss bereits in der Entwicklungs- und Konstruktionsphase neuer Geräte, Maschinen und Fahrzeuge, und in der Planungsphase neuer lärmemittierender Anlagen, entsprechend gehandelt werden.

Die wesentlichen Rechtsinstrumente zur Verwirklichung dieses Konzepts sind Vorschriften zur Emissionsbegrenzung einerseits und Belastungsgrenzwerte andererseits.

Die Emissionsbegrenzungsvorschriften können als Emissionsgrenzwerte, als technische Bau- und Ausrüstungsvorschriften oder als Betriebsvorschriften erlassen werden. Sie sollen dazu dienen, der bestmöglichen Lärmschutztechnik zum Durchbruch zu verhelfen.

Die Lärmbelastungsgrenzwerte stellen Beurteilungskriterien für die Schädlichkeit oder Lästigkeit von Lärmeinwirkungen dar. Die Notwendigkeit und Dringlichkeit weiterer Massnahmen (einschliesslich Schallschutzmassnahmen) wird sich deshalb in erster Linie am Vergleich mit solchen Belastungsgrenzwerten ausrichten.

32      Bedeutung des Konzeptes für den Eisenbahnlärm

Die Forderungen nach der bestmöglichen Lärmschutztechnik stehen auch beim Schienenverkehr im Vordergrund.

Die Schweiz kennt zur Zeit zwar noch keine rechtsverbindlichen Emissionsgrenzwerte für Schienenfahrzeuge. In letzter Zeit setzen sich aber viele Bahnunternehmen eigene Ziele, die sie bei der Beschaffung neuer Fahrzeuge (Lokomotiven und Wagen) zu erfüllen trachten. Auf internationaler Ebene beabsichtigen vor allem die Europäischen Gemeinschaften (EG) demnächst entsprechende Richtlinien zu erlassen. Die Grundlagen für solche Emissionsnormen werden zur Zeit von der Kommission der EG unter Mitwirkung der "Union internationale des chemins de fer" (UIC) vorbereitet. In der Schweiz werden diese Arbeiten verfolgt und bei der Fahrzeugbeschaffung bereits laufend berücksichtigt.

Die lange Lebensdauer der Schienenfahrzeuge (30-40 Jahre) führt allerdings dazu, dass der Erneuerungsprozess und somit der lärmschutztechnische Fortschritt sich nur langsam auswirkt. Es ist deshalb zu empfehlen die neuen leiseren Fahrzeuge in erster Priorität auf den stark befahrenen, lärminintensiven Hauptstrecken einzusetzen.

Für den Schienenverkehr sind aber auch die bautechnischen Massnahmen zur Eindämmung der Schallausbreitung von Bedeutung. Bei Neubaustrecken wird es künftig üblich sein, in der Nähe von Siedlungen einen gewissen baulichen Mindestlärmschutz z.B. durch geeignete Linienführung oder Lärmschutzbauten zu betreiben. Ein solcher Lärmschutz ist teilweise aber auch längs kritischer bestehender Teilstrecken möglich.

Der Spielraum für betriebliche Massnahmen zur Reduktion des Lärms ist bei Bahnanlagen klein. Die Anforderungen an die Gestaltung des Fahrplanes lassen diesbezüglich kaum wirksame betriebliche Lärmschutzmassnahmen zu.

Bedeutungsvoll hingegen sind die planerischen Massnahmen.

Die Bedürfnisse nach neuen Bahnlinien sind einerseits gegenüber den Grundsätzen der Raumplanung abzuwägen und andererseits muss längs bestehender Bahnlinien sichergestellt werden, dass neue Wohngebiete nicht zu nahe an die Bahnlinien heranwachsen. Allenfalls sind Umzonungen und Rückzonungen zu prüfen und soweit möglich durchzuführen.

Eine gewisse Bedeutung haben schliesslich auch Schutzmassnahmen beim Lärmbetroffenen.

Unter diesen Voraussetzungen kommt beim Schienenverkehrslärm den Belastungsgrenzwerten eine grosse Bedeutung zu, sei es

- als Planungsinstrument im Sinne der Vorsorge
- als Beurteilungskriterium für die Schädlichkeit und Lästigkeit von Bahnlärm und für die Beurteilung der Notwendigkeit und Dringlichkeit von weiteren Massnahmen, insbesondere von bautechnischen und planerischen Massnahmen.



## 4 AKUSTISCHE GRUNDLAGEN

### 41 Grundbegriffe

Unser Gehör nimmt bereits kleine Druckschwankungen der Atmosphäre wahr, sofern die Zahl der Schwingungen pro Sekunde (Frequenz) im Bereich von 16 bis etwa 16'000 liegt. Solche Druckschwankungen, welche zum Beispiel von mechanisch schwingenden Gegenständen erzeugt werden, breiten sich in der Luft wellenförmig aus. Sie werden als Schall bezeichnet.

Der zeitliche Verlauf des Schalldruckes kann im Detail sehr kompliziert sein. Das Gehör verarbeitet den Schall aber zu zwei zusammenfassenden Eindrücken: zur Lautheit und zur tonalen Zusammensetzung. Diese beiden Eindrücke entsprechen weitgehend den Grössen, mit denen die Physik ein Geräusch beschreibt. Mit der Lautstärke ist eng die Intensität verbunden (definiert als die Schallenergie, welche pro Sekunde durch eine senkrecht zur Ausbreitungsrichtung gedachte Fläche von  $\text{lm}^2$  strömt). Das Spektrum dagegen gibt die tonale Zusammensetzung eines Geräusches an, sagt also, welche Töne (Frequenzen) im Geräusch enthalten sind, und wie gross die Anteile der einzelnen Frequenzen an der Gesamtintensität sind.

Die Bestimmung von Intensität und Spektrum erfordert eine gewisse Mindestzeit. Beide Grössen sind dadurch also bereits zeitliche Mittelwerte. Auch das Gehör führt eine solche Mittelwertbildung durch. In Schallmessgeräten wird dies durch elektronische Bauelemente erreicht, welche durch eine "Zeitkonstante" charakterisiert werden. Viele Messinstrumente gestatten die Wahl zwischen mehreren Zeitkonstanten, welche mit den englischen Worten SLOW, FAST und IMPULSE bezeichnet

werden. Je länger die Mittelungszeit gewählt wird, umso stärker werden kurzzeitige Pegelausschläge ausgeglättet. Die Ablesung der Schallpegelmesswerte wird dadurch erleichtert. Als Nachteil ist jedoch ein gewisser Informationsverlust über kurzzeitige Intensitätsspitzen in Kauf zu nehmen.

Die Bewertung eines Geräusches hängt unter anderem von Intensität und Spektrum der Geräuschquelle ab. Da das Gehör ganz hohe (über 8'000 Schwingungen pro Sekunde) und ganz tiefe (unter 200 Schwingungen pro Sekunde) Frequenzen bei gleicher Intensität weniger laut empfindet als mittlere Tonhöhen, müssen bei einer empfindungsgerechten Bestimmung der Gesamtintensität eines Geräusches die einzelnen Frequenzanteile mit verschiedenen Gewichten aufaddiert werden. Diese Höreigenschaft lässt sich in Instrumenten durch elektrische Filter nachahmen. Es stehen mehrere Filterkurven zur Wahl, welche mit den Buchstaben A, B, C, D bezeichnet werden. Heute wird weltweit für die meisten Lärmarten die Filterkurve A verwendet.

Die Lärmmessung ist demzufolge eine gehörangelegene Schall-Intensitätsmessung. Da in unserer Umwelt hörbare Geräusche in einem riesigen Intensitätsbereich vorkommen, (die Extreme zwischen dem leisesten und lautesten Geräusch verhalten sich wie 1:1 Billion) ist zur Angabe der Intensität ein logarithmisches Mass angezeigt. Der Intensitätsbereich wird dadurch auf etwas mehr als hundert Einheiten zusammengedrängt. Dieses Relativmass, Schallpegel genannt, wird in der Einheit "Dezibel" (dB) ausgedrückt<sup>1)</sup>.

Wird die Intensität unter Einschalten eines A-Filters gemessen, so muss dies angegeben werden. Man spricht dann vom "A-bewerteten Schallpegel", bezeichnet mit dem Symbol  $L_A$ .

---

<sup>1)</sup> siehe Fussnote Seite 15

Die Bewertungsart wird oft nur nach der Einheit in Klammern angegeben: dB(A).

Ein Geräusch wird im Mittel dann etwa als doppelt so laut empfunden, wenn sein Pegel um 10 dB(A) erhöht wird. Diese Erfahrung beruht auf Untersuchungen an vielen Versuchspersonen. Die individuelle Empfindung kann jedoch um diesen Mittelwert erheblich streuen. Der Lautstärkeumfang des menschlichen Gehörs geht von ca. 0 dB (Hörschwelle) bis gegen 130 dB (Schmerzgrenze).

- 
- 1) Die Angabe des Schallpegels  $L$  mit der Intensität  $I$  ( $\text{W/m}^2$ ) erhält man in dB nach folgender Vorschrift:

$$L = 10 \cdot \log_{10} (I/I_0) \quad (\text{dB}) \quad \text{"Schallintensitätspegel"}$$
$$I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2 \quad \text{Bezugsintensität,}$$

entsprechend der Hörschwelle

Fast den gleichen Zahlenwert erhält man, indem man vom Schalldruck  $p$  ausgeht. Dies entspricht dem Vorgang im Schallpegelmessers. Als Bezugsschalldruck wird  $p_0 = 20 \cdot 10^{-6}$  Pascal gewählt, was ebenfalls der Hörschwelle entspricht.

$$L = 10 \cdot \log_{10} (p/p_0)^2 \quad (\text{dB}) \quad \text{Schalldruckpegel}$$

Der Unterschied von ca. 1/10 dB zwischen den beiden Definitionen kann in der praktischen Lärmbekämpfung vernachlässigt werden.

Der von Zügen auf offener Strecke erzeugte Lärm ist gekennzeichnet durch hohe Lärmspitzen von 10 bis 30 Sekunden Dauer, gefolgt von längeren Ruhepausen. Die einzelnen Durchfahrten weisen einen Pegelverlauf gemäss Fig. 2 auf: einem steilen Anstieg in der Annäherungsphase folgt ein Plateau, dessen mittlere Höhe man als "Vorbeifahrtspiegel" bezeichnet. Nach der Durchfahrt klingt das Geräusch schnell ab. Der Vorgang lässt sich daher durch seine Dauer und den Vorbeifahrtspiegel  $L_v$  gut beschreiben. Das Spektrum ist breitbandig (vgl. Fig. 3), mit einer Konzentration der Energie im Bereich der mittleren Frequenzen, bei denen auch die Ohrempfindlichkeit am grössten ist.

Erzeugt werden diese Geräusche hauptsächlich durch Schwingungen der Räder. Beim seitlich geführten Abrollen des Rades auf der Schiene treten rasch veränderliche Reibungskräfte auf, welche zusammen mit kleinen Oberflächenfehlern der Schiene oder der Lauffläche das Rad zu mannigfachen Schwingungen anregen. Dabei entsteht Luftschall, der besonders wirkungsvoll seitlich in Achsenrichtung abgestrahlt wird. In geringem Masse sind daneben auch Radaufhängungen, Drehgestelle, Wagenaufbauten und Schiene beteiligt.

Die Unrundheit der Räder ist offenbar im wesentlichen auf die Wirkung der bisher üblichen Klotzbremsen zurückzuführen. Beim direkten Anpressen der Bremsklötze auf die Laufflächen entstehen Riffel durch aufgesintertes Bremsklotzmaterial. Bei Scheibenbremsen geschieht dies nicht, und erwiesenermassen fahren so ausgerüstete Wagen erheblich leiser als solche mit Klotzbremsen. Eine neue Generation von Rollmaterial verspricht eine spürbare Senkung des Schienenlärms, selbst bei den vorgesehenen höheren Fahrgeschwindigkeiten.

Der Bahnbetrieb verursacht aber nicht nur Fahrgeräusche auf der offenen Strecke oder im Bereiche der Bahnhöfe, sondern auch weitere spezielle Betriebsgeräusche wie z.B. Bremskrei-

schen, Schlaggeräusche beim Ueberfahren von Weichen, Pfeifsignale und Lautsprecherdurchsagen. Diese Geräusche treten vor allem im Bereiche der Bahnhöfe auf. Besonders störend kann sich in einzelnen Fällen der Rangierbetrieb auswirken, da hier Kreischöne von Balkenbremsen und Impulsgeräusche beim Aufeinanderprallen von Wagen aus bahnbetrieblichen Gründen oft in der Nacht auftreten. All diese Lärmerscheinungen sind aber derart unterschiedlich, dass sie sich kaum in schematischer Form anhand des vorliegenden Grenzwertschemas beurteilen lassen. Der vorliegende Bericht beschränkt sich daher auf die Fahrgeräusche.

Von den üblichen Bahnfahrgeräuschen auf offener Strecke unterscheidet sich ebenfalls der Strassenbahnlärm: Einerseits liegen die Emissionspegel als Folge der kleineren Fahrgeschwindigkeiten und der speziellen Bauart der Fahrzeuge tiefer als bei den Bahnen mit separater Linienführung, andererseits summiert sich der Strassenbahnlärm und der Motorfahrzeuglärm zu einer Gesamtbelastung, die hinsichtlich der Störwirkung besser anhand des Grenzwertschemas für Strassenverkehrslärm beurteilt wird. (Siehe Kasten auf Seite II.)

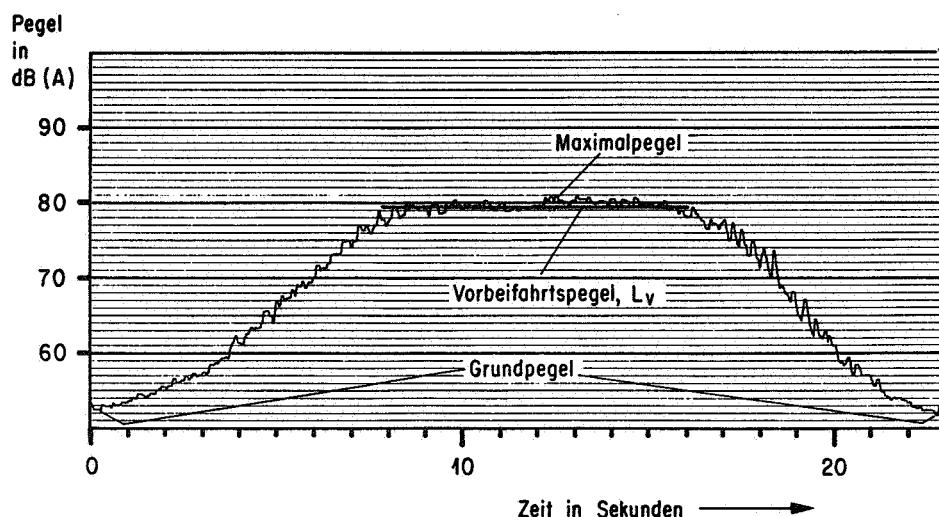
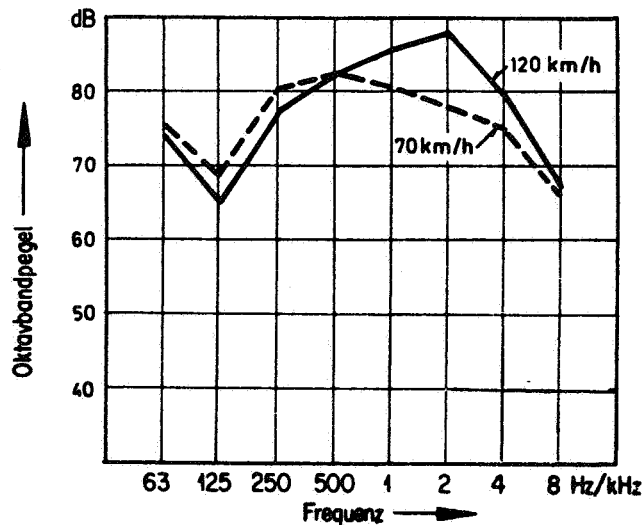


Fig. 2: Zeitlicher Verlauf des Pegels bei einer Zugsdurchfahrt



**Fig. 3:** Typisches Frequenzspektrum von Eisenbahnlärm in 25 m Abstand

#### 43 Messgrößen und Lärmbelastungsmasse

Die Messung von Eisenbahnlärm erfolgt mit der Geräteeinstellung FAST (Zeitkonstante) unter Verwendung des A-Filters. Nach Möglichkeit soll der zeitliche Pegelverlauf mit einem Registrierinstrument während eines typischen Tages festgehalten werden. Als Lärmbelastungsmasse wird wie beim Strassenlärm der "Mittelungspegel"  $L_{eq}$  verwendet. Dies ist der Schallpegel der mittleren Intensität<sup>1)</sup>. Es gibt heute Messinstrumente, welche  $L_{eq}$  direkt anzeigen.

1) Exakter wird der Mittelungspegel als Schalldruckpegel definiert, ausgehend vom A-bewerteten Schalldruckquadrat. Gemäss Vorschrift der internationalen Normenorganisation ISO wird er mit dem Symbol  $L_{A,eq}$  bezeichnet. Es gilt

$$L_{A,eq} = 10 \cdot \log_{10} \left[ \frac{1}{T} \int_0^T (p_A/p_o)^2 dt \right]$$

$p_A$  = A bewerteter Schalldruck  
 $p_o$  =  $20 \cdot 10^{-6}$  Pa (Bezugsschalldruck)  
 $T$  = Messzeit  
 (vergl. auch Definition auf Seite 15)

Der Vorteil des Mittelungspegels ist seine einfache physikalische Bedeutung, abgeleitet von der durchschnittlichen Intensität. Eine grosse Zahl von Untersuchungen über die Störwirkung von Lärm hat zudem gezeigt, dass der  $L_{eq}$  bei verschiedenen Lärmarten regelmässig zur Gruppe der geeigneten Lärmbelastungsmasse gehört. In der Schweiz sind bisher die "statistischen Schallpegel"  $L_{50}$  und  $L_1$  verwendet worden, das sind die Pegelwerte, die während 50% resp. 1% der Messzeit überschritten werden. Diese statistischen Schallpegel eignen sich allerdings, wie in Ziffer 71 dargelegt wird, nicht gut zur Charakterisierung von Eisenbahnlärm. Der Uebergang zum Mittelungspegel bringt schliesslich auch eine messtechnische und rechnerische Vereinfachung und entspricht der Entwicklung der internationalen Normung. Besonderheiten einer bestimmten Lärmart lassen sich durch Korrekturen berücksichtigen (Uebergang zum sogenannten "Beurteilungspegel"  $L_r$ ).

Da der gesuchte  $L_{eq}$ -Wert lediglich den Bahnlärm ( $L_{eq,e}$ ), nicht aber andere Lärmquellen umfassen soll, wird man mit Vorteil die Messung auf die Zugsdurchfahrten beschränken und in den Pausen zwischen zwei Durchfahrten das Messgerät abschalten. Der so erhaltene  $L_{eq}$  muss dann auf jenen Wert umgerechnet werden, den man beim massgebenden Verkehr während der Beurteilungszeit erhalten würde<sup>1)</sup>. Als Beurteilungszeit tags gilt das Zeitintervall von 6 bis 22 Uhr, nachts von 22 bis 6 Uhr. Der massgebende Verkehr ist der Durchschnittsverkehr im Jahresmittel, getrennt für Tag und Nacht.

---


$$1) L_{eq,e} = 10 \cdot \log \left[ \frac{1}{T_B} \sum_{i=1}^N t_i \cdot 10^{0.1 \cdot L_{eq,i}} \right]$$

wobei

$L_{eq,i}$  = der über die Messzeit  $t_i$  (in sec) gemittelte  $L_{eq}$ -Wert  
des i-ten Zuges

$T_B$  = Beurteilungszeit: tags = 57'600 sec / nachts = 28'800 sec

$N$  = Massgebender Verkehr (Anzahl Züge tags bzw. nachts)

Der Zugslärm variiert nach Geschwindigkeit, Zugslänge und Rollmaterial. Systematische Untersuchungen haben gezeigt, dass eine Unterteilung in drei Kategorien - Schnell-, Regional- und Güterzüge - für die Zwecke der Lärmerfassung genügt. Die Zahl der zu messenden Durchfahrten pro Kategorie ist derart zu wählen, dass eine statistisch gesicherte  $L_{eq}$ -Bestimmung möglich ist (d.h. der Standardfehler sollte nicht wesentlich grösser als 1 dB(A) sein).



5      WIRKUNGEN VON EISENBAHNLAERM

51     Allgemeine Erkenntnisse

Als wichtigste unerwünschte Wirkungen des Lärms gelten Störungen der Kommunikation im allgemeinen und der Sprachverständlichkeit im besonderen, Schlafstörungen, Beeinträchtigungen von Ruhe, Erholung, Wohnzufriedenheit und der Konzentration bei geistigen Arbeiten.

- Schlafstörungen

Aus medizinischer Sicht muss den Schlafstörungen eine besondere Bedeutung für die Gesundheit beigemessen werden:

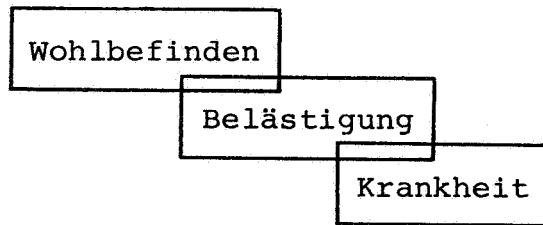
Die Aufeinanderfolge von Beanspruchung am Tag und Wiederherstellung der Kräfte während der Nacht ist eine für die Erhaltung des Lebens notwendige Voraussetzung. Während im Schlaf optische Reize durch den Lidschluss weitgehend ausgeschlossen werden können, wird das Gehör nur wenig eingeschränkt; es behält im Schlaf seine Funktion als Alarmanlage.

Man unterscheidet einen tiefen und einen leichten Schlaf; Geräusche wecken den Menschen entweder ganz oder verwandeln den tiefen Schlaf in einen leichten. Durch übermässigen Lärm wird somit der Schlaf sowohl quantitativ als auch qualitativ eingeschränkt.

- Lärm und Gesundheit

Die erwähnten unerwünschten Lärmeinwirkungen sind als Beeinträchtigungen des Wohlbefindens und - wegen fliessender Grenzen - schliesslich als Gefährdung der Gesundheit zu

bezeichnen (siehe Figur 4). Diese Folgerung gilt auch dann, wenn vorübergehende oder bleibende Gehörbeeinträchtigungen bei der betroffenen Bevölkerung nicht zu erwarten sind.



Figur 4:

Die Belästigung liegt zwischen den Zuständen von "Wohlbefinden" und "Krankheit"; sie tritt im Vorfeld von Krankheit auf und kann als Warnsignal aufgefasst werden.

Einzelne "Alarmierungen" des Gehirns durch Lärm, die vereinzelte Weckwirkungen oder Ruhestörungen verursachen, sind als normale physiologische Vorgänge zu bezeichnen. Die Alarmreaktion ist an und für sich eine physiologische Reaktion, die letzten Endes eine Schutzfunktion zur Erhaltung des Lebens hat. Nimmt die Häufigkeit der "Alarmierungen" jedoch so stark zu, dass die lebensnotwendigen Erholungsvorgänge beeinträchtigt werden, dann wird das physiologische Gleichgewicht des Organismus gestört, und ein allmähliches Auftreten chronischer Ermüdungszustände ist zu erwarten. Diese Zustände sind gekennzeichnet durch häufige Ermüdungsempfindungen, Nervosität und Reizbarkeit sowie durch eine ganz allgemeine Abnahme an Vitalität, verbunden mit verschiedenen Unlustgefühlen.

#### - Störungen und Belästigungen

Die aufgezählten Lärmwirkungen werden vielfach nicht als einzelne Beeinträchtigungen wahrgenommen, sondern vielmehr ganz allgemein als Störung oder Belästigung erlebt. Diese

Störungsempfindung ist eine Summation bewusster und unbewusster Lärmwirkungen. Es ist deshalb gerechtfertigt, Angaben über die Störung als Grundlage zur Festsetzung von Belastungsgrenzwerten zu berücksichtigen. Dies umsomehr, als sich nach dem heutigen Stand der Kenntnisse, im hier interessierenden Bereich mittlerer Lärmbelastungen, eine eindeutige Grenze der Zumutbarkeit von Lärmeinwirkungen nach rein medizinischen Kriterien nicht festlegen lässt.

Für das Ausmass der subjektiven Empfindung von Störung und Belästigung sind folgende Faktoren entscheidend:

- Die Höhe des Schallpegels.
- Der Charakter des Lärms: Unerwartete Geräusche stören mehr als voraussehbare.
- Die Frequenzzusammensetzung: Hohe Töne stören mehr als tiefe.
- Die aktuellen und beabsichtigten Tätigkeiten des Exponierten: Beim Ruhen, in der Freizeit, beim Schlafen oder bei geistigen Arbeiten stört der Lärm am meisten. Dementsprechend ist auch die Tageszeit der Lärmeinwirkung von Bedeutung.
- Die persönliche Einstellung zur Lärmquelle: Negative Einstellungen zur Lärmquelle (zum Beispiel unbeliebte Nachbarn) erhöhen das Ausmass der Störung, während eine positive Einstellung (zum Beispiel zu selbsterzeugten Geräuschen) oft keinerlei Störung aufkommen lässt.
- Die Art der Erfahrung, die ein Mensch mit einem bestimmten Geräusch vorgängig gemacht hat: Ein Geräusch, das oft den Schlaf gestört, oft Angst gemacht oder die Tätigkeit behindert hat, wird besonders stark als Belästigung empfunden.

Der Eisenbahnlärm an Strecken unterscheidet sich hinsichtlich seiner Störwirkung von anderen Lärmimmissionen wie Strassenverkehrslärm, Fluglärm, Industrie- und Gewerbelärm, aber auch vom Lärm in der Umgebung von Rangierbahnhöfen oder vom Strassenbahnlärm. Nach der Erfahrung und nach Ergebnissen von wissenschaftlichen Untersuchungen sind diese Wirkungsunterschiede aufgrund der Zusammenhänge zwischen der physikalischen Charakteristik der Geräusche und der menschlichen Reaktionen auf Lärm teilweise erklärbar.

## 52      Spezielle Erkenntnisse aus Eisenbahnlärmuntersuchungen

Zur Abklärung der Zusammenhänge zwischen Lärmbelastungen und subjektiven Störungen und der obgenannten Wirkungsunterschiede sind die in Ziffer 13 erwähnten Eisenbahnlärmerhebungen durchgeführt worden. Zur Quantifizierung der Störung wurden die bei solchen Erhebungen üblichen Methoden der direkten Messung (Selbsteinstufung der Störung anhand eines sog. Skalometers) und der indirekten Messung (Konstruktion von Störskalen durch Gewichtung einzelner Störanzeichen) angewendet. Schliesslich wurden mit Hilfe statistischer Methoden und üblicher Definitionen für den Grad der Störung die gesuchten Zusammenhänge ermittelt.

Um die Vergleichbarkeit der Störwirkung mit anderen Lärmarten zu gewährleisten, wurde das Skalometer unverändert von anderen Lärmuntersuchungen übernommen. Als Lärmbelastungsmass wurde vorerst nur der Mittelungspegel  $L_{eq,e}$  verwendet<sup>1)</sup>. Im Laufe der Zusatzauswertungen wurde allerdings festgestellt, dass der  $L_{eq,e}$  die Verkehrsmenge zuwenig stark gewichtet. Bei konstantem  $L_{eq,e}$  wurde ein mit der Verkehrsmenge wachsender Anteil gestörter Personen festgestellt. Durch die Einführung des Eisenbahnlärm-Beurteilungspegels  $L_r = L_{eq,e} + K$  (mit  $K$  = verkehrsmengenabhängiger Korrekturfaktor<sup>2)</sup>) konnte ein Belas-

---

<sup>1)</sup> Der  $L_{eq,e}$  ist der für den massgebenden Verkehr (nach Ziff. 43) bestimmte Eisenbahnlärm-Mittelungspegel.

<sup>2)</sup> Bestimmung des Korrekturfaktors siehe Ziffer 64

tungsmass gefunden werden, das die Störwirkung etwas besser abbildet als der  $L_{eq,e}$  allein (vgl. Figuren 5 bis 8).

Der Zusammenhang zwischen der Störung und der Lärmbelastung lässt sich in anschaulicher Form durch sogenannte Anteils-kurven darstellen. Die in den Figuren 5 und 6 enthaltenen Anteilskurven geben zum Beispiel an, wieviel Prozente der befragten Anwohner an Bahnstrecken eine bestimmte Eisenbahn-lärmbelastung tagsüber als mittelstark bis stark störend (Skalometer  $>4$ ) empfinden.

In der Figur 5 sind die Ergebnisse in Abhängigkeit des Mittelungspegels  $L_{eq,e}$ , in der Figur 6 in Abhängigkeit des Eisenbahnlärm-Beurteilungspegels  $L_r$  dargestellt. Zur Untersuchung des Einflusses der Verkehrsmenge auf die Störwirkung wurde die gesamte Stichprobe in 6 Teilstichproben eingeteilt, wobei in einer Teilstichprobe jene Streckenabschnitte zusammengefasst wurden, die in etwa die gleiche Verkehrsmenge aufweisen. Die Ergebnisse der Teilstichproben liegen innerhalb des schraffierten Bereiches. Die ausgezogenen Anteilskurven stellen die Ergebnisse der gesamten Stichprobe dar. In der Darstellung mit dem Beurteilungspegel  $L_r$  (Figur 6) ist der schraffierte Bereich etwas enger, was darauf hinweist, dass der  $L_r$  etwas besser geeignet ist als der Mittelungspegel  $L_{eq,e}$ .

Figur 6 zeigt zudem, dass der kritische Belastungsbereich ab etwa 55 dB(A) beginnt, wo die Kurve stark steigt.

Bedeutungsvoll ist auch der Vergleich der Eisenbahnlärmstörung mit den Störwirkungen anderer Verkehrslärmarten. In Figur 7 sind die Anteilskurven für den Eisenbahnlärm und den Strassenverkehrslärm in einem Diagramm zusammen darge-

stellt<sup>1)</sup>. Die Verschiebung oberhalb  $L_{eq} = 60 \text{ dB(A)}$  ist auf die unterschiedliche Beurteilung der Lästigkeit dieser beiden Lärmarten durch die Befragten zurückzuführen. Wenn man den Grundsatz "gleicher Massstab für Schiene und Strasse" anerkennt, sollten die Belastungsgrenzwerte für Eisenbahnlärm in  $L_{eq}$  ausgedrückt etwas höher festgelegt werden als für Strassenverkehrslärm. Aufgrund der Figur 7 beträgt der Unterschied in der Störwirkung z.B. bei  $L_{eq,e} = 65 \text{ dB(A)}$  etwa  $6 \text{ dB(A)}$ , d.h. eine Eisenbahnlärmbelastung von  $65 \text{ dB(A)}$  stört etwa gleich stark wie eine Strassenlärmbelastung von  $59 \text{ dB(A)}$ .

Es muss angenommen werden, dass insbesondere die in Ziffer 42 erwähnten Besonderheiten des Eisenbahnlärms dessen kleinere Störwirkung erklären: Regelmässige, voraussehbare und zeitlich begrenzte Lärmereignisse sind erfahrungsgemäss weniger störend als gleich starke, unregelmässige Dauergeräusche.

Anstelle einer unterschiedlichen Grenzwertfestlegung in  $L_{eq}$ , lassen sich die Störwirkungsunterschiede der einzelnen Lärmarten nun allerdings auch durch die Einführung des Beurteilungspegels  $L_r = L_{eq} + K$  berücksichtigen. Wählt man den Strassenverkehrslärm als Referenzlärmart ( $K$  definitionsgemäss gleich Null) und führt man für den Eisenbahnlärm den auf Seite 37 definierten Korrekturfaktor  $K$  ein, so lassen sich die Anteilskurven der beiden Lärmarten in der  $L_r$ -Darstellung soweit in Uebereinstimmung bringen, dass die  $L_r$ -Grenzwerte für beide Lärmarten zahlenmässig gleich festgelegt werden können. Wie Figur 8 zeigt, liegen die beiden Anteilskurven für Strassenverkehrslärm ( $K = 0$ ) und Eisenbahnlärm in der  $L_r$ -Darstellung im kritischen Bereich um  $L_r = 60 \text{ dB(A)}$  nahe beieinander.

---

<sup>1)</sup> Die Anteilskurven beruhen auf Untersuchungen in Gebieten mit Strassen- und Eisenbahnlärm. Die Befragten mussten die Störungen beider Lärmarten beurteilen; die direkte Vergleichbarkeit der beiden Anteilskurven ist somit gewährleistet. Aus methodischen und statistischen Gründen ist die Strassenlärmkurve, namentlich im Bereich höherer Belastungswerte, allerdings weniger genau als die Eisenbahnlärmkurve. Zwischen  $57$  und  $65 \text{ dB(A)}$  entspricht die Strassenlärmkurve jedoch gut dem im 1. Teilbericht verwendeten Datenmaterial reiner Strassenlärmuntersuchungen.

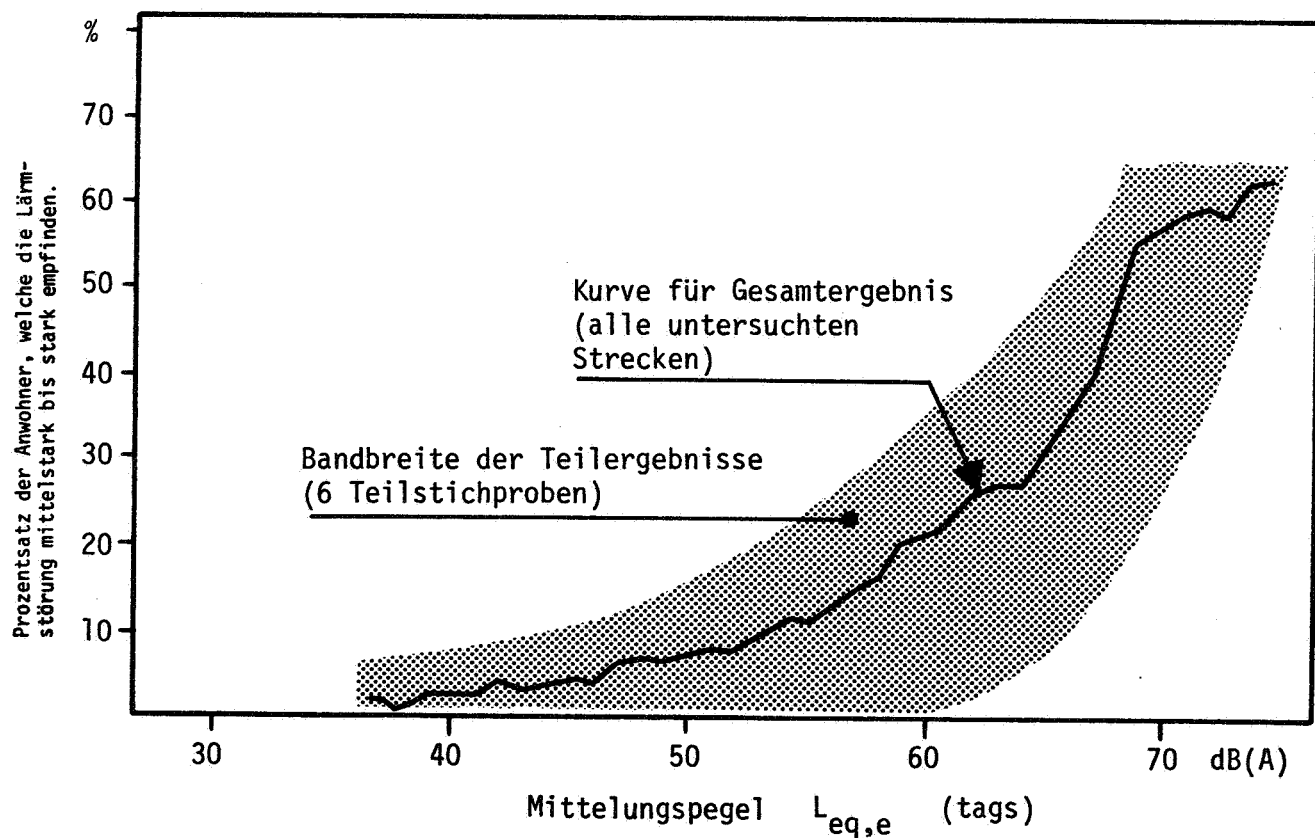


Fig. 5: Anteil lärmgestörter Personen in Abhängigkeit vom Mittelungspegel  $L_{eq,e}$

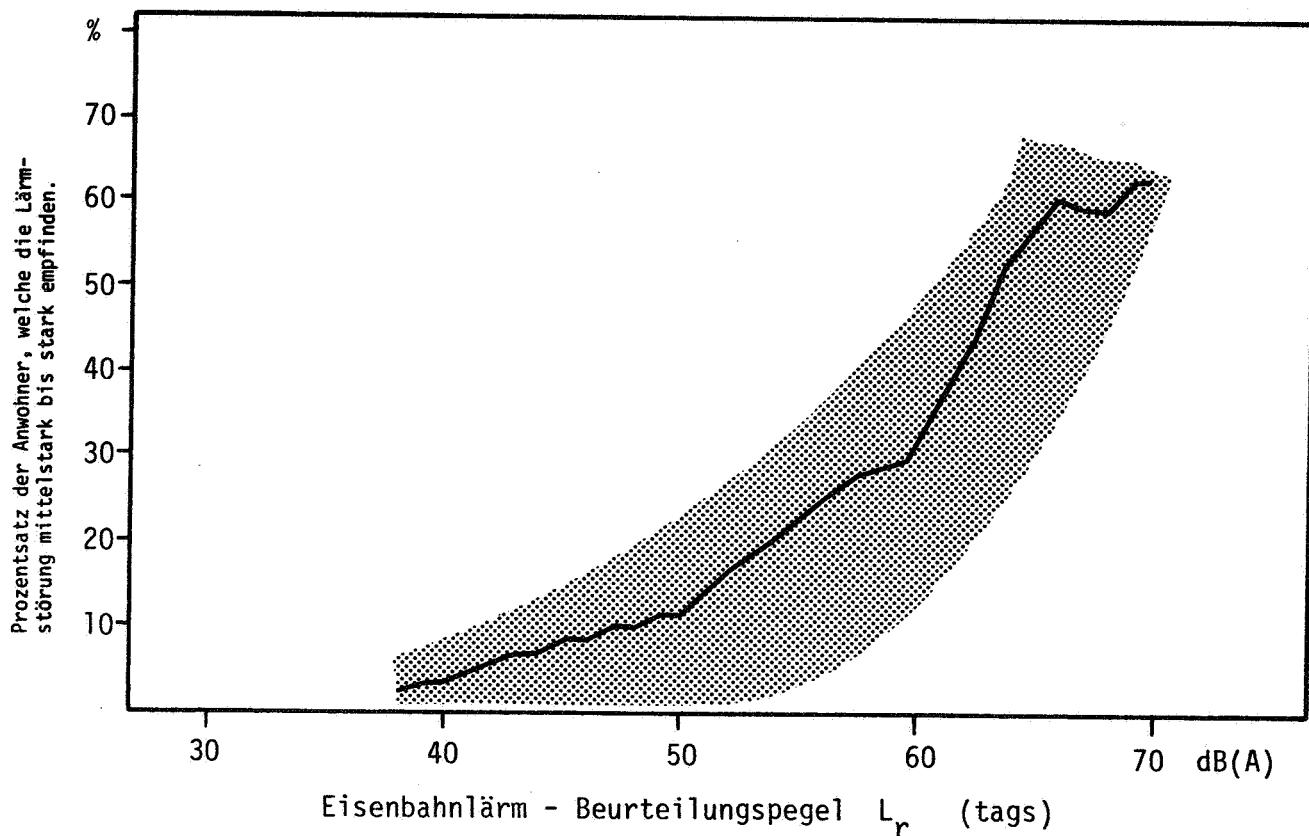


Fig. 6: Anteil lärmgestörter Personen in Abhängigkeit vom Beurteilungspegel  $L_r$

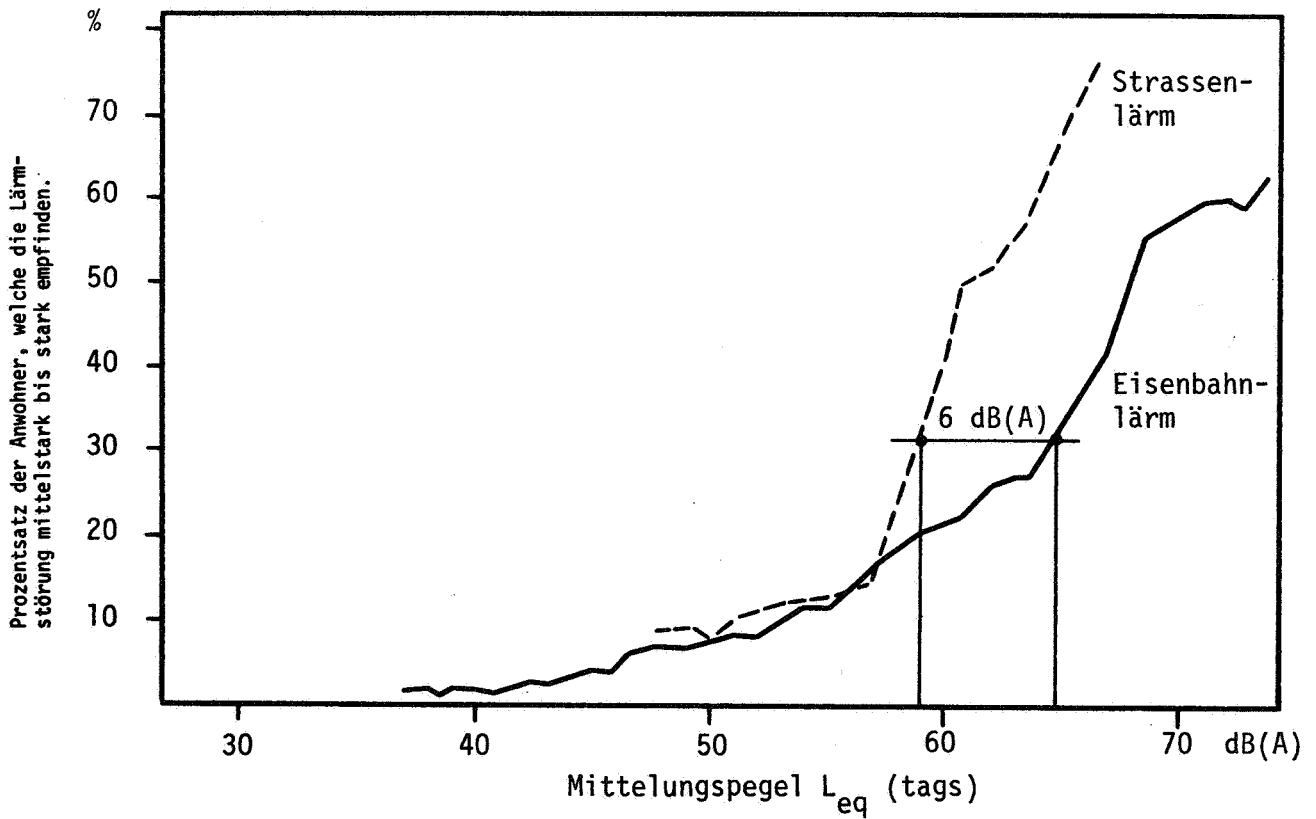


Fig. 7: Vergleich der Anteile lärmgestörter Personen für Eisenbahn- und Strassenverkehrslärm in Abhängigkeit vom Mittelungspegel  $L_{eq}$

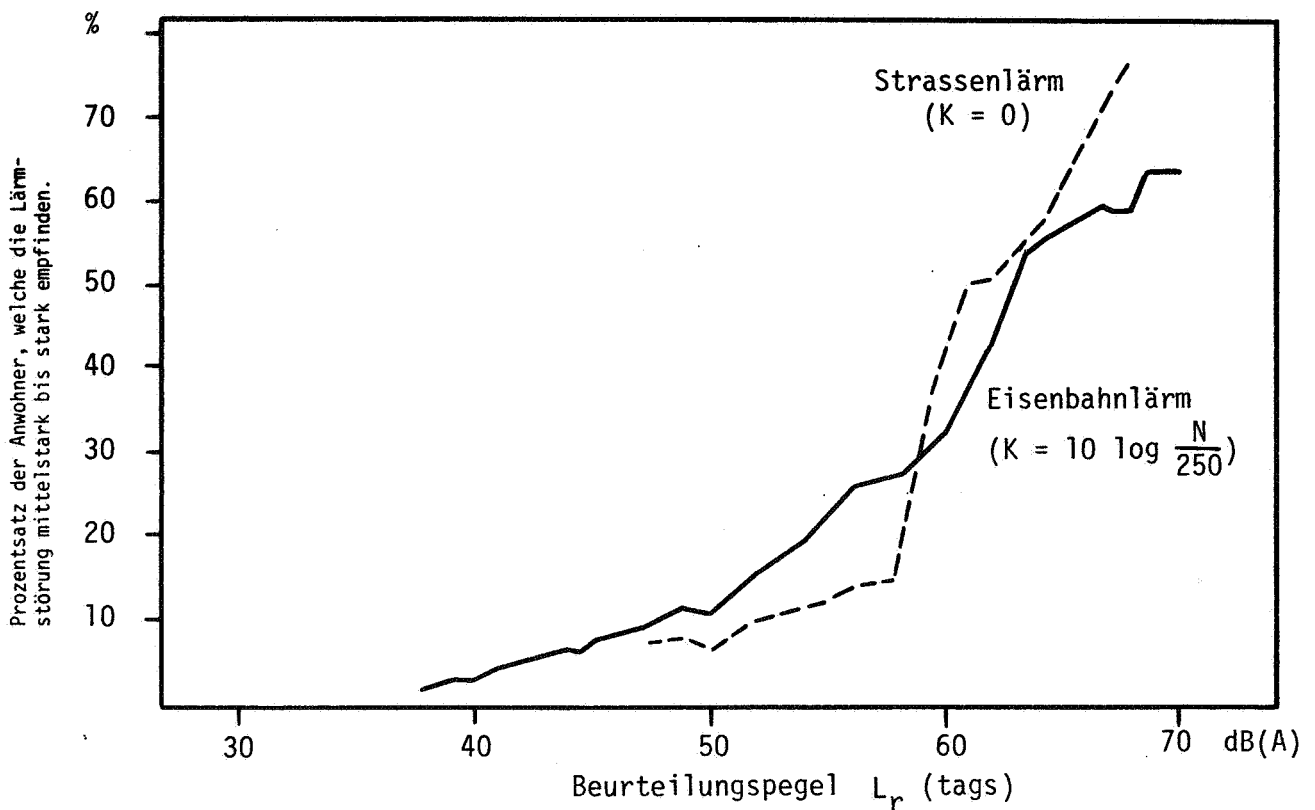


Fig. 8: Vergleich der Anteile lärmgestörter Personen für Eisenbahn- und Strassenverkehrslärm in Abhängigkeit vom Beurteilungspegel  $L_r$



## 6 LAERMBELASTUNGSGRENZWERTE

### 61 Grenzwertstufen und ihre Funktionen

Im Rahmen der Vorbereitungsarbeiten zum Umweltschutzgesetz wurde ein Belastungsgrenzwertsystem entwickelt, das sowohl dem berechtigten Schutzbedürfnis der Bevölkerung als auch der notwendigen Flexibilität bei der praktischen Anwendung gerecht werden kann.

Das System wurde bereits in den drei ersten Teilberichten der Kommission, für die Bereiche Strassenverkehrslärm, Lärm ziviler Schiessanlagen und Lärm der Kleinaviatik erläutert. Die Kommission ist der Auffassung, dass sich das gleiche System auch für den Bereich Schienenverkehrslärm eignet.

Das System umfasst drei Grenzwertstufen:

Nebst den zentralen Immissionsgrenzwerten werden als ergänzende Hilfswerte noch Alarmwerte und Planungswerte festgelegt.

Folgende Ueberlegungen haben zu diesem System geführt:

Einerseits sollten Belastungsgrenzen so tief festgelegt werden, dass Immissionen unterhalb dieser Werte nicht als lästig empfunden werden; andererseits müssen verbindliche Belastungsgrenzen in der Praxis durchsetzbar sein, was allzutiefe Grenzwerte verunmöglicht.

Die Grenzwerte können zudem nicht streng wissenschaftlich festgelegt werden, sondern es bleibt vor allem aus zwei Gründen ein gewisser Ermessensspielraum:

- Jedes Lärmbelastungsmass, so auch der Beurteilungspegel  $L_r$  ist rein akustisch-physikalisch umschrieben. Wenn auch versucht wird, durch die Wahl eines geeigneten Lärmbelastungs-

masses die akustisch-physikalische Charakteristika des Lärms so zu erfassen und zu kombinieren, dass sie dem menschlichen Empfinden der Lärmstörung möglichst gut entsprechen, können sie diese immer nur zu einem Teil widerspiegeln. Das Ausmass der individuellen Störwirkung lässt sich erfahrungsgemäss nur zum Teil durch akustisch-physikalische Kennwerte erklären.

- Von Bedeutung für die Störwirkung sind auch die Persönlichkeitseigenschaften der einzelnen Menschen und deren Umweltbedingungen. Dies bedeutet, dass keine völlige Einmütigkeit im Urteil über die Störwirkung eines bestimmten Geräusches besteht. Selbst in Gebieten mit sehr geringem "Lärm" finden sich Menschen, die sich dadurch stark gestört fühlen; umgekehrt empfinden gewisse Menschen auch bei starkem Lärm keine Störung. Grenzwerte, die in technisch mess- und berechenbaren Belastungsmassen ausgedrückt werden müssen, können naturgemäss nicht alle Persönlichkeitseigenschaften und besonderen Umweltbedingungen einbeziehen. Sie müssen zwangsläufig entsprechend einer Durchschnittsreaktion festgelegt werden. Aus diesem Grund ist es unvermeidlich, dass mit jedem so festgelegten, praktisch durchsetzbaren Grenzwert einem bestimmten Anteil der Bevölkerung eine von diesem als zu hoch empfundene Lärmbelastung zugemutet wird.

Die Einführung der drei vorgenannten Grenzwertstufen erlaubt jedoch in der Praxis eine differenzierte Lösung. Die Funktionen der drei Grenzwertstufen lassen sich in allgemeiner Form wie folgt darstellen:

- Immissionsgrenzwerte

Die Immissionsgrenzwerte bilden die zentrale Stufe. Bestehende Immissionen über diesem Wert sind im Rahmen der technischen und betrieblichen Möglichkeiten (Verhältnismässigkeitsprinzip) zu vermindern. Erfahrungsgemäss genügt in der

Regel die Anwendung der bestmöglichen Lärmbekämpfungstechnik an der Quelle nicht, um die Immissionen innert nützlicher Frist ausreichend zu reduzieren. Die Anwendung weiterer Massnahmen ist zu prüfen und, wo zweckmässig, auch anzuordnen. In der Nähe bestehender lärmverursachender Anlagen sollten zudem neue Wohnbauten nur bewilligt werden, wenn dort die Immissionsgrenzwerte nicht überschritten werden.

Für neue Anlagen gelten diese Grenzwerte als Höchstwerte, die grundsätzlich nicht überschritten werden dürfen.

- Planungswerte

Die Planungswerte sind tiefer als die Immissionsgrenzwerte. Sie dienen vor allem als Projektierungshilfe beim Bau neuer Anlagen, d.h. beispielsweise zur Festlegung der Linienführung von neuen Eisenbahnstrecken. Sie dienen aber auch den lokalen Baubehörden zur lärmschutzgerechten Planung und Gestaltung neuer Wohnbauzonen.

Die Anforderungen an neue Anlagen sind so festzulegen, dass nach Möglichkeit die durch diese Anlage allein erzeugten Immissionen nicht über den Planungswerten liegen. Abweichungen von diesem Grundsatz sollten nur dann zugelassen werden, wenn ein überwiegendes öffentliches Interesse an der Anlage besteht und die Einhaltung der Planungswerte zu einer unverhältnismässigen Belastung des Projektes führen würde.

Andererseits sind neue Bauzonen zur Erstellung von Wohngebäuden (oder anderen schutzbedürftigen Gebäuden) grundsätzlich nur in Gebieten vorzusehen, in denen die bestehenden oder zu erwartenden Lärmimmissionen diese Planungswerte nicht überschreiten.

- Alarmwerte

Da heute die Immissionsgrenzwerte an einzelnen Orten - insbesondere in der Nähe stark frequentierter Eisenbahnstrecken - überschritten werden und diese Zustände in einigen Fällen nicht ohne weiteres kurzfristig saniert werden können, muss aus dem Zwang der Verhältnisse zusätzlich noch die Schaffung einer dritten Stufe in Erwägung gezogen werden.

Die dieser Stufe zugrunde gelegten sogenannten Alarmwerte wären dann in erster Linie ein Kriterium für die Dringlichkeit von Sanierung. Die Festlegung solcher Alarmwerte wird wahrscheinlich nicht nur für den Strassenlärm sondern auch für den Eisenbahnlärm erforderlich sein. Alarmwerte sollten jedoch nicht mehr als 10 dB(A) über den Immissionsgrenzwerten liegen.

Immissionen über dem Alarmwert gelten als extrem. Sanierungen müssen innerhalb möglichst kurzer Frist zwingend getroffen werden. Denkbar sind neben baulichen Massnahmen auch ortsplanerische Vorkehren. Genügen solche Massnahmen nicht, oder sind sie unverhältnismässig, so sind Schallschutzmassnahmen an den betroffenen Gebäuden anzuordnen.

62      Lärmschutzmassnahmen längs Eisenbahnstrecken

Aufgrund der Bedeutungen und Funktionen der drei Grenzwertstufen lassen sich die Lärmschutzanforderungen bei bestehenden und projektierten Eisenbahnstrecken wie folgt konkretisieren:

- Anforderungen bei bestehenden Strecken

Falls in Wohngebieten oder speziell bezeichneten Ruhezeiten die Alarmwerte überschritten sind, müssen möglichst rasch Sanierungen durchgeführt werden. In Frage kommen Massnahmen an der Quelle und Massnahmen zur Verhinderung der Schallausbreitung. Sind diese Massnahmen unverhältnismässig, so werden ersatzweise Massnahmen bei den betroffenen Gebäuden (Schallschutzfenster) notwendig.

- Wo der Lärmpegel zwischen Immissionsgrenzwert und Alarmwert liegt, müssen die Lärmbelastungen ebenfalls mittels Massnahmen an der Quelle und solchen auf dem Wege der Schallausbreitung reduziert werden. Ziel, Art, Umfang und zeitliche Durchführung der Massnahmen bestimmen sich nach dem Kriterium der Verhältnismässigkeit.

Baubewilligungen sind nur ausnahmsweise und nur mit besonderen Auflagen (zweckmässige Anordnung bestimmter Räume lärmabseits, erhöhte Anforderungen an die Schalldämmung der Gebäudehülle) zu erteilen.

- In Gebieten mit einer Lärmbelastung über den Alarmwerten dürfen Gebäude für den längeren Aufenthalt von Personen nicht bewilligt werden.
- Neue Bauzonen für Wohn- oder andere schutzbedürftige Gebäude sowie speziell bezeichnete Ruhezonen sind nur dort auszuscheiden, wo die Planungswerte nicht überschritten sind.
- Bestehende aber noch nicht erschlossene Bauzonen, in denen die Planungswerte überschritten werden, sind nach Möglichkeit einer weniger lärmempfindlichen Nutzungsart zuzuführen sofern nicht durch planerische, gestalterische oder bauliche Massnahmen im überwiegenden Teil dieser Zonen die Planungswerte eingehalten werden können.

- Anforderungen bei neuen Strecken

(gelten auch für Ausbauten bestehender Strecken)

- Durch geeignete Linienführung, bautechnische und planerische Massnahmen ist anzustreben, dass in den Bauzonen und speziell bezeichneten Ruhezonen in der Umgebung von Eisenbahnstrecken die Planungswerte nicht überschritten werden.

- Besteht ein überwiegendes öffentliches Interesse am Neubau oder Ausbau einer Strecke und würden die zur Einhaltung des Planungswertes notwendigen Massnahmen zu einer unverhältnismässigen Belastung für das Projekt führen, dürfen einzelne erschlossene Bauzonen bis höchstens zum Immissionsgrenzwert belastet werden.
- Die Belastung einzelner bestehender Wohngebäude mit Lärm über dem Immissionsgrenzwert ist grundsätzlich zu vermeiden. Ist dies aus Gründen der Verhältnismässigkeit nicht möglich, müssen solche Gebäude auf Kosten des Bahnunternehmens mit Schallschutzfenstern versehen werden.
- Hinsichtlich Baubewilligungen für neue Gebäude und Anpassungsmassnahmen für neue oder bestehende Bauzonen gelten nach der Projektgenehmigung dieselben Anforderungen wie für bestehende Eisenbahnstrecken.

Den in diesem Abschnitt umschriebenen Lärmschutzanforderungen soll bei der Anwendung geltender und bei der Vorbereitung neuer Rechtsnormen soweit als möglich Rechnung getragen werden.

### 63      Differenzierung der Belastungsgrenzwerte

Zur Berücksichtigung der unterschiedlichen Ruhe- und Erholungsbedürfnisse sind die Belastungsgrenzwerte grundsätzlich für den Tag und die Nacht sowie nach der vorherrschenden Nutzung der betroffenen Gebiete zu differenzieren.

Die Empfindlichkeit gegenüber Lärm ist aber auch je nach den verschiedenen menschlichen Tätigkeiten unterschiedlich. Von den Bewohnern eines Erholungsheimes werden andere Ansprüche gestellt als von Menschen, die Büroarbeiten ver-

richten. Bei Büroarbeiten wiederum können Geräusche störender wirken als beispielsweise bei lärmigen Bau- oder Industriearbeiten.

Um diesen Unterschieden Rechnung zu tragen, werden die Belastungsgrenzwerte nach vier Empfindlichkeitsstufen I - IV differenziert. Die Zuordnung des Siedlungsgebietes oder einzelner bewohnter Gebäude ausserhalb des Siedlungsgebietes zu den Lärmempfindlichkeitsstufen ist grundsätzlich Aufgabe der lokalen Behörden. Diese Zuordnung sollte soweit möglich der Bauzoneneinteilung entsprechen. Die im Grenzwertschema enthaltene Zuordnung der Empfindlichkeitsstufen zu den typischen Nutzungen der lärm betroffenen Gebiete dient dabei als Richtlinie für eine sachgerechte Zuordnung. Dabei können allenfalls auch Erholungsgebiete mit besonders lärmempfindlichen Nutzungsarten als "speziell bezeichnete Ruhezonen" der Empfindlichkeitsstufe I zugeordnet werden.

## 64 Grenzwertschema

Im Einklang mit dem Lärmbekämpfungskonzept (Kapitel 3) und aufgrund der in den Kapiteln 4 und 5 dargestellten Erkenntnisse empfiehlt die Kommission die Einführung der in der Tabelle 2 enthaltenen Belastungsgrenzwerte für den Schienenverkehrslärm. Sie entsprechen zahlenmässig den Belastungsgrenzwerten für den Strassenverkehrslärm, mit Ausnahme der Alarmwerte für die Empfindlichkeitsstufe I<sup>1)</sup>.

Bei der Bestimmung der Lärmbelastung sind folgende Regeln zu beachten:

- $L_r = L_{eq,e} + K$

- Der  $L_{eq,e}$  ist der Eisenbahnlärm-Mittelungspegel, berechnet für den massgebenden Verkehr und den entsprechenden Beurteilungszeitraum. Als massgebender Verkehr gilt der Durchschnittsverkehr im Jahresmittel, getrennt für die Beurteilungszeiträume Tag und Nacht (siehe auch Ziffer 43).

---

<sup>1)</sup> Die Kommission empfiehlt die Alarmwerte der Empfindlichkeitsstufe I auch für den Strassenverkehrslärm dem vorliegenden Grenzwertschema anzupassen.



• Bestimmen des Korrekturfaktors K

$$K = 10 \cdot \log \frac{N}{250} \quad \text{für} \quad 8 < N < 80$$

$$K = -5 \quad \text{für} \quad N \geq 80$$

$$K = -15 \quad \text{für} \quad N \leq 8$$

N: Züge pro Beurteilungszeitraum  
(Als Züge gelten sämtliche Schnell-, Regional- und Güterzüge. Fahrten einzelner Lokomotiven werden nicht mitgezählt)

Der Beurteilungszeitraum beträgt tags 16 Stunden (06.00-22.00 Uhr) und nachts 8 Stunden (22.00-06.00 Uhr).

Der auf ganze dB gerundete Korrekturfaktor lässt sich auch in tabellarischer Form darstellen:

Tabelle 1: Bereiche des Korrekturfaktors in Abhängigkeit der Anzahl Zugsbewegungen pro Beurteilungszeitraum

Jahresmittel der Zugsbewegungen N pro Beurteilungszeitraum (auf 0.1 gerundet)	Korrekturfaktor K (auf 1 dB gerundet)
bis 8.8	- 15
8.9 - 11.1	- 14
11.2 - 14.0	- 13
14.1 - 17.6	- 12
17.7 - 22.2	- 11
22.3 - 28.0	- 10
28.1 - 35.3	- 9
35.4 - 44.4	- 8
44.5 - 55.9	- 7
56.0 - 70.4	- 6
ab 70.5	- 5

Tabelle 2: Belastungsgrenzwerte für Eisenbahnlärm, Beurteilungspegel  $L_r = L_{eq,e} + K$

Zuordnung der Empfindlichkeitsstufen I-IV zu den typischen Nutzungen		Immissions-grenzwerte		Planungs-werte		Alarmwerte	
Empfindlich-keitsstufe	Typische Nutzung der lärmbeeinträchtigten Gebiete	[L <sub>r</sub> in dB (A)]					
		Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
I	Speziell bezeichnete Ruhezeiten namentlich mit  - Krankenanstalten - Pflegeheimen - Kurhäusern - Erholungsheimen	55	45	50	40	65	60
II	Gebiete mit vorwiegend Wohncharakter, namentlich mit - Praxis-, Büro- und Wohngebäuden in ruhigen ländlichen oder städtischen Gebieten - Altersheimen - Kinderheimen - Ferienhäusern - Schulhäusern	60	50	55	45	70	65
III	Lärmvorbelastete Wohngebiete, namentlich mit - Praxis-, Büro und Wohngebäuden - Gewerbebetrieben mit Wohnungen - Kaufhäusern usw.	65	55	60	50	70	65
IV	Industriegebiete mit Gebäuden, die dem längeren Aufenthalt von Personen dienen, namentlich mit - Abwärtswohnungen - Büro- und Laborgebäuden	70	60	70	60	75	70

Empfohlener Messort: Mikrofon im offenen Fenster der betroffenen Gebäude  
Beurteilungszeiten: Tag = 06.00 - 22.00, Nachts = 22.00 - 06.00 Uhr

7      PRAKTISCHE AUSWIRKUNGEN DER BELASTUNGSGRENZWERTE

71      Vergleich mit den Grenzrichtwerten 1963

Die Grenzrichtwerte des Expertenberichts 1963 "Lärmbekämpfung in der Schweiz" beruhten zuerst auf den verbal umschriebenen Begriffen "mittlerer Lärm", "häufige Spitzen" und "seltene Spitzen", Häufige Spitzen waren solche, die pro Stunde 7 bis 60 Mal auftraten. Später wurden diese Grössen als Quantile der Pegelhäufigkeitsverteilung definiert, der mittlere Lärm als  $L_{50}$ , die häufigen Spitzen als  $L_1$  und die seltenen Spitzen als  $L_{0.1}$ . Auf diese Weise werden die Pegelwerte bezeichnet, die im Laufe der Messzeit während 50%, 1% resp. 0.1% der Zeit überschritten sind.

Da auch an starkbefahrenen Strecken die Lärmpausen länger sind (>50%) als die Lärmperioden der Durchfahrten, lässt sich der  $L_{50}$  nicht auf Eisenbahnlärm anwenden. Es genügt daher, die neuen  $L_r$ -Grenzwerte mit den  $L_1$ - und den  $L_{0.1}$ -Grenzrichtwerten zu vergleichen. Für eine ruhige Wohnzone (Zone II) wurde 1963 ein dB(A)Wert von 65/70 ( $L_1/L_{0.1}$ ) tags und 55/65 nachts vorgeschlagen. Bei durchschnittlichen Vorbeifahrtszeiten genügen 3-4 Züge pro Stunde, um den  $L_1$  zum Ansprechen zu bringen (also weniger als die ursprünglich definierten 7 bis 60 Spitzen!). Erfahrungsgemäss liegt der  $L_{eq,e}$  bei reinem Bahnlärm ca. 12 bis 16 dB(A) unter dem  $L_1$ . Einem Grenzrichtwert von  $L_1 = 65$  dB(A) tags müsste also ein  $L_{eq,e}$ -Wert von ca. 50 dB(A), d.h. ein  $L_r$ -Wert von etwa 45 dB(A) entsprechen und nachts müsste er auf ca.  $L_{eq,e} = 40$  dB(A), d.h.  $L_r \approx 35$  dB(A), sinken.

Der Vergleich mit den Grenzwerten zeigt, dass solche Zahlen offenbar zu tief liegen. Dies erstaunt nicht, denn die Erfahrungen mit dem Schema 1963 haben längst gezeigt, dass sich dieser generelle Vorschlag nicht ohne weiteres auf Eisenbahn-

lärm anwenden lässt. Ein Schnellzug erzeugt noch auf 200 m Abstand einen Vorbeifahrtspegel von 75 dB(A), ein Regionalzug je nach Geschwindigkeit einen solchen um 70 dB(A). Die alten Grenzrichtwerte waren für Bahnlärm zu tief und in der Praxis kaum anwendbar.

Die vorgeschlagenen  $L_r$  -Grenzwerte bedeuten demgegenüber eine erhebliche Erhöhung um etwa 15 dB(A), welche sich aber durch drei Argumente begründen lässt:

- Die neuen Grenzwerte stützen sich, im Gegensatz zu den alten, auf eine breitgefächerte Befragung in 30 Gebieten. Sie entsprechen daher mindestens näherungsweise der Bevölkerungsreaktion auf den Schienenlärm.
- Die alten Richtwerte waren für Bahnlärm zu tief und in der Praxis kaum anwendbar. Die neuen Grenzwerte haben verbindlichen Charakter, müssen also im Rahmen des Realisierbaren liegen.
- Die neuen Grenzwerte für Bahnlärm sind vergleichbar mit denen des Strassenlärms, wobei der höheren Toleranz der Bevölkerung gegenüber dem Lärm des öffentlichen Bahnverkehrs durch eine Korrektur im Beurteilungspegel Rechnung getragen wird.

Wird der Alarmwert überschritten und lassen sich die Lärmmissionen durch aktive Schallschutzmassnahmen (Massnahmen an den Fahrzeugen und der Anlage selbst) nicht verhindern oder reduzieren, sieht das Bundesgesetz über den Umweltschutz die verpflichtende Sanierung durch Schallschutzfenster und andere passive bauliche Massnahmen vor.

Da die durch solche Massnahmen entstehenden Kosten entlang dem schweizerischen Schienennetz noch nicht bekannt waren, wurde, wie in Ziffer 13 bereits erwähnt, eine Studie<sup>1)</sup> zur Abschätzung der Kosten passiver Schallschutzmassnahmen längs dem schweizerischen Eisenbahnnetz durchgeführt.

Ausgehend von den Tages- und Nachtfrequenzen der Schnell-, Regional- und Güterzüge<sup>2)</sup> wurden anhand eines Lärmmodelles die Lärmimmissionswerte für das schweizerische Schienennetz berechnet.

Mittels verschiedener möglicher Alarmwerte für den Tages- und Nachtlärm wurde hierauf die Gesamtlänge der zu sanierenden Streckenabschnitte sowie unter Zugrundelegung der durchschnittlichen Sanierungskosten pro Streckeneinheit die gesamthaft anfallenden Sanierungskosten abgeschätzt.

Je nachdem, wie streng die einen obligatorischen Schallschutz gebietenden Alarmwerte festgelegt werden, sind die zu erwartenden Sanierungskosten stark verschieden (siehe Tabelle 3).

Dabei handelt es sich um Sanierungskosten die sicher aus praktischen und finanziellen Gründen über mehrere Jahre erstreckt werden müssen.

Tabelle 3: Schätzung der Sanierungskosten in Funktion möglicher Alarmwerte

Alarmwert $L_r$ in dB(A) Tag / Nacht	Kosten in Mio Franken	Zu sanierende Strecken (km)
70 / 65 <sup>3)</sup>	65	107
75 / 70	-	-
65 / 60	250	325

(Sanierungen mittels Schallschutzfenster)

---

1) Siehe Fussnote 2) Seite 3

2) Die den Berechnungen zugrunde gelegten Verkehrsmengen entsprechen der Variante Z<sub>0</sub> (1974) der GVK-CH

3) Entspricht dem Kommissionsvorschlag

Der Abschnitt 6 "Lärmbelastungsgrenzwerte" liefert die Elemente für die Schaffung der Begrenzungsvorschriften, Beurteilungskriterien, Verfahrensvorschriften zur Ausscheidung und lärmschutzgerechten Nutzung von Bau- und Erholungsgebieten und Schallschutzvorschriften. Solche Vorschriften können sich derzeit nur teilweise auf bestehendes Recht stützen.

81 Bestehende Rechtslage

- Eisenbahngesetz (EBG) vom 20.12.1957

Das EBG, gestützt insbesondere auf Artikel 26 der Bundesverfassung, regelt im vierten Abschnitt die Bau und Betrieb betreffenden Belange der Eisenbahnen einschliesslich der Schweizerischen Bundesbahnen. Auch technische und betriebliche Lärmschutzvorschriften für Eisenbahnen finden hier ihre gesetzliche Basis.

Eine Grundsatzbestimmung über den Bau und Betrieb von Eisenbahnen enthält Art. 17 Abs. 1:

"Die Bahnanlagen und Fahrzeuge sind nach den Anforderungen des Verkehrs und gemäss dem Stande der Technik zu erstellen, zu unterhalten und zu erneuern. Die Unternehmungen haben die für einen sicheren Betrieb erforderlichen Vorschriften aufzustellen und von der Aufsichtsbehörde genehmigen zu lassen. Die Bahnen sind soweit als möglich nach einheitlichen Grundsätzen zu betreiben und zu verwalten".

Konkreter äussert sich das EBG nicht. Gemäss Art. 17,

Abs. 2 kann der Bundesrat aber weitere Vorschriften erlassen, die den Bau und Betrieb der Eisenbahnen ordnen. Diese Möglichkeit ist nicht voll ausgeschöpft worden. Die Verordnung vom 1. Februar 1875 und die Nebenbahnverordnung vom 19. März 1929 genügen nicht mehr den modernen Ansprüchen an die Bahnen; über Lärmschutz enthalten sie überhaupt keine Bestimmungen. Gegenwärtig wird eine neue Eisenbahnverordnung für die SBB und die Privatbahnen geschaffen; diese wird aber auch keine konkreten Lärmschutzvorschriften enthalten. Rechtsbasis des Eisenbahngesetzes für Lärmschutzmassnahmen bildet nebst Art. 17 somit einzig noch Art. 18 Abs. 1, 1. Satz des EBG:

"Die Pläne für die Erstellung und Aenderung der dem Bahnbetrieb dienenden Anlagen und Fahrzeuge sind, soweit der Bundesrat nichts anderes bestimmt, vor ihrer Ausführung von der Aufsichtsbehörde zu genehmigen."

Die Plangenehmigung kann von der Einhaltung lärmbekämpfender Auflagen und Bedingungen abhängig gemacht werden. Durch das der Plangenehmigung vorausgehende Vernehmlassungsverfahren (ein Behördenverfahren) gemäss Art. 18, Abs. 2 EBG ist Gewähr geboten, dass auch Interessen von Behörden, die sich gegen Lärmimmissionen wehren, berücksichtigt werden.

Auch in den Fällen, in denen die SBB aufgrund der geltenden Rechtsordnung kleinere Projekte (bis 5 Millionen Franken) selbst genehmigen, wacht die Aufsichtsbehörde darüber, dass die SBB die Belange der Lärmbekämpfung respektieren. Die SBB nehmen gewöhnlich die Lärmschutzbegehren selber wahr. Kommt es wegen Immissionen mit Dritten (Behörden und Privaten zu nicht gütlich geregelten Anständen, entscheidet das Bundesamt für Verkehr (BAV) mittels einer Verwaltungsverfügung; diese kann mit Beschwerde bis an den Bundesrat gezogen werden.

Wird eine Eisenbahnkonzession erneuert (früher wurden sie in der Regel für 80 Jahre erteilt und nunmehr für 50 Jahre

erneuert), können auch Lärmschutzvorschriften in die neue Konzession aufgenommen werden.

Bis heute legen mangels konkreter Vorschriften die Plangenehmigungsbehörden (Bundesamt für Verkehr bzw. SBB) Lärmschutzmassnahmen nach eigenem Ermessen fest. Die entsprechenden Auflagen können wegen Ungenügen oder als zu streng mit Verwaltungsbeschwerde angefochten werden.

- Nachbarrecht / Enteignungsrecht

Die nachbarrechtlichen Bestimmungen des Schweizerischen Zivilgesetzbuches (ZGB) sind gegen Bahnbetriebsgebiet und Bahnbetrieb nicht anwendbar (ZGB SchlT Art. 60 Abs. 3). Die öffentlich-rechtlichen Körperschaften (Kantone, Gemeinden, öffentliche Unternehmen) und die Privaten werden im Falle übermässiger Immissionen nach Enteignungsrecht des Bundes entschädigt (EBG Art. 20). Sofern sich übermässige Lärmbelastungen mit technischen und betrieblichen Massnahmen nicht auf ein tragbares Mass herabsetzen lassen, müssen die Bahnen betroffene Liegenschaften u.U enteignen oder zumindest Entschädigungen ausrichten. Nach bisheriger Rechtssprechung des Bundesgerichtes besteht aber ein Anspruch auf Entschädigung oder Enteignung nur dann, wenn folgende drei Kriterien kumulativ erfüllt sind: Unvorhersehbarkeit, Spezialisierung und besondere Schwere des Eingriffs (siehe z.B. BGE 102.I.b.273; 101.I.b.407; 100.I.b.201 und 98.I.b.331).

- Kantonales und kommunales Bau- und Planungsrecht

Normen für die Nutzungsordnung und den baupolizeilichen Immissionsschutz finden sich im kantonalen und kommunalen Bau- und Planungsrecht. Dieses hat sich in den letzten Jahren teilweise beträchtlich entwickelt und verfeinert, so dass hier kein Ueberblick gegeben werden kann. Es ist deshalb notwendig, jeweils die aktuellen kantonalen und örtlichen Verhältnisse zu berücksichtigen. Dabei ist stets



zu beachten, dass nach Art. 22quater, Abs. 3 BV, den Regiebetrieben des Bundes in ihren Sachplanungen Rücksichtnahme auf das kantonale und kommunale Baupolizeirecht geboten ist.

## 82      Vorgesehene Rechtsergänzungen

### - Eisenbahngesetz

Art. 18 des EBG ist zurzeit in Ueberarbeitung und soll ergänzt werden. Im speziellen wird analog der Nationalstrassen-Gesetzgebung das Instrument der "Freihaltung von Grundstücken für künftige Bahnbauten und -anlagen" geschaffen werden. Es werden dabei Projektierungszonen und Baulinien ausgeschieden. Damit soll künftig u.a. vermieden werden, dass neue Wohngebiete zu nahe an künftige Bahnanlagen gebaut werden können.

### - Umweltschutzgesetz

Die wichtigsten Lücken des geltenden Rechts sollen durch das Bundesgesetz über den Umweltschutz geschlossen werden.

Der Entwurf (in der Fassung des Nationalrates) enthält alle Vorschriften die notwendig sind, um das im Kapitel 3 enthaltene Lärmbekämpfungskonzept zu realisieren und die in Ziffer 62 skizzierten "Lärmschutzmassnahmen längs Eisenbahnstrecken" durchzusetzen.

Die Artikel 9 und 10 des Entwurfs bilden die Grundlage für den Erlass von Emissionsbegrenzungsvorschriften.

Aufgrund der Artikel 11, 13, 17a und 20 kann der Bundesrat

die Belastungsgrenzwerte in einer Verordnung rechtsverbindlich festlegen. Das Gesetz konkretisiert zudem die Bedeutung der Grenzwerte für den Bau neuer und den Betrieb bestehender Bahnanlagen (Art. 22 bzw. Art. 14, 16, 17 und 17b).

In Artikel 19 und 21 wird die Bedeutung der Belastungsgrenzwerte für die Ortsplanung und Baubewilligungspraxis der Gemeinden konkretisiert.

