

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Band: 108 (1990)
Heft: 14

Artikel: Ermittlung von Industrie- und Gewerbelärmimmissionen
Autor: Stalder, Werner
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-77399>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 24.11.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Ermittlung von Industrie- und Gewerbelärmimmissionen

Ermittlung und Beurteilung von Industrie- und Gewerbelärmimmissionen nach den Bestimmungen der Umweltschutzgesetzgebung, erläutert anhand eines etwas komplexeren Beispiels aus der Praxis.

Problemstellung

Die Bewohner eines Wohnquartiers beklagen sich betreffend die Lärmimmissionen von einer etwa 750 m entfernten

VON WERNER STALDER,
LUZERN

liegenden Fabrikationshalle einer grösseren industriellen Anlage mit 24-Stunden-Betrieb (Bild 1). Aufgrund von Befragungen und Gesprächen mit Vertretern des Betriebes und der Klägerschaft geht klar hervor, dass primär die Lärmimmissionen, die in der Nacht störend in Erscheinung treten, zu den Klagen Anlass geben.

Bei den relevanten Industrielärmimmissionen handelt es sich einerseits um stark schwankende, zum Teil impulsartige, produktionsabhängige Geräuschentwicklungen im Halleninnern sowie andererseits ebenfalls um inkonstante Umschlag- und Verkehrsgeräusche auf dem umliegenden offenen Betriebsareal.

Das Gebiet der Fabrikationshalle ist rechtsgültig als Industriezone eingezont, das betroffene Quartier liegt innerhalb einer reinen Wohnzone, und das unbebaute Gebiet zwischen den beiden Bauzonen ist gemäss der Nutzungsplanung der betreffenden Gemeinde als Landwirtschaftszone ausgedehnt.

Anhand messtechnischer Untersuchungen soll abgeklärt werden,

- wie hoch die vorhandene Industrielärmbelastung ist, und
- ob von seiten des Betriebes eine Sanierungspflicht im Sinne der öffentlich-rechtlichen Bestimmungen der Umweltschutzgesetzgebung (Bundesgesetz über den Umweltschutz USG vom 7. Oktober 1983 und Lärmschutz-Verordnung LSV vom 15. Dezember 1986) besteht.

Ermittlungskonzept

Mehrjährige Erfahrungen weisen darauf hin, dass die Behandlung von Nach-

barschaftsklagen der vorliegenden Art bzw. die Ermittlung und Beurteilung von komplizierteren Industrie- und Gewerbelärmsituationen nur in den seltensten Fällen anhand von messtechnischen Stichprobenuntersuchungen oder anhand von Kurzzeitlärmmessungen von einigen Stunden Dauer vorgenommen werden kann. Selbst wenn im Einzelfall ein solches Ermittlungskonzept vertretbar ist, werden die diesbezüglichen Abklärungen angezweifelt, je nach Ergebnis entweder von seiten der Klägerschaft oder von seiten der Lärmverursacher. Begründet wird dies jeweils damit, dass die während den Messungen angetroffene Lärmsituation zufällig sei und nicht der repräsentativen Belastung entspreche.

Beim vorliegend gewählten Ermittlungskonzept wurden daher vorsorglicherweise eine unbegleitete, über zahlreiche Tage durchgeführte Langzeitlärmmessung, eine personell begleitete Kurzzeitlärmmessung über eine mehrstündige Betriebsphase sowie drei weitere, jeweils einstündige Stichprobenmessungen zugrunde gelegt.

Verwendete Mess- und Auswertegeräte

- Präzisionshandschallpegelmesser Brüel & Kjaer (B & K), Typ 2231, mit Kurzzeit-Leq-Modul BZ7106 und serieller Schnittstelle ZI9100 (RS-232)
- PSION-Organiser II, Modell XP, 32-kB-Rampack, 64-kB-Datapack
- PSION-COMMS-LINK-Schnittstelle
- B & K-Messdatenerfassungssystem mit Software BZLINK und BZTOOLS
- Pegelschreiber B & K Typ 2317
- Personal-Computer (PC) mit Betriebssystem DOS 3.0 und Tabellenkalkulationsprogramm LOTUS 123, Version 2.0
- diverses Zubehör

Ergebnisse der unbegleiteten Langzeitlärmmessungen

Die Langzeitlärmmessungen wurden ununterbrochen während insgesamt 12 Wochen (Juli bis September) durchgeführt. Hierbei wurden nicht nur die jeweiligen Betriebsphasen, zwischen Montag 06.00 und Samstag 18.00 Uhr (24-Stunden-Betrieb), erfasst, sondern auch die dazwischenliegenden, dreiwöchigen Betriebsferien sowie die betriebsfreien Wochenenden.

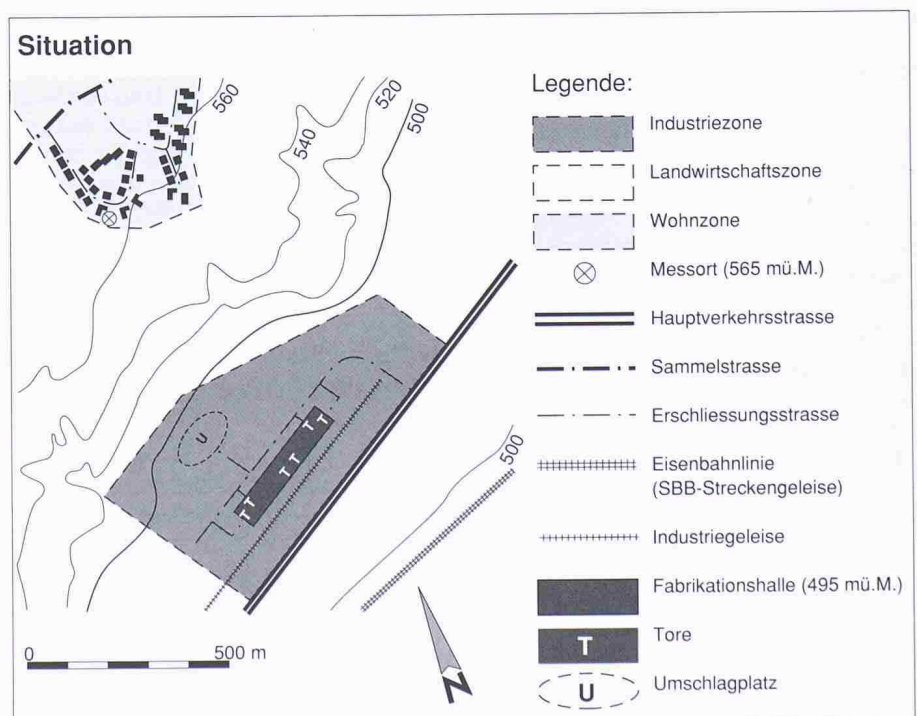


Bild 1.

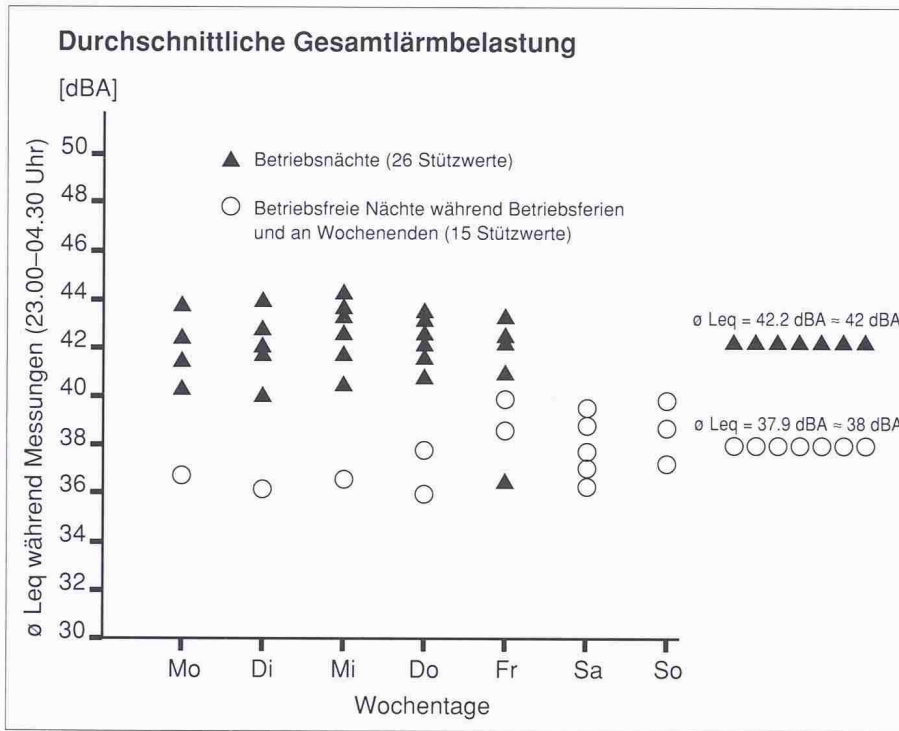


Bild 2.

Aufgrund der Klagen, die sich primär auf die nächtlichen Immissionen bezogen, sowie der relevanten, industrieunabhängigen Fremdgeräuscheinwirkungen am Immissionsort (Fluglärm, Quartier- und Bewohnerlärm, Baustellenimmissionen, frühmorgendliches Vogelgezwitscher usw.) wurden jeweils nur die am wenigsten fremdbeeinflussten Messdaten aus den Zeiträumen zwischen 23.00 und 04.30 Uhr einer näheren Auswertung unterzogen. Im weiteren wurden die meteorologisch ungünstigen, z.B. von Gewittern, von Niederschlägen (Tropfgeräusche, Geräusche von Dachentwässerungen usw.), oder die offensichtlich vom Wind beeinträchtigten Messdaten, welche anhand einfacher Wetterbeobachtungen sowie anhand von Daten aus einer in der Nähe stationierten Luftmessstation erkannt werden konnten, ohne weitere Sichtung verworfen. Schliesslich konnten somit 5½stündige Phasen von insgesamt 26 Betriebsnächten sowie von 15 betriebsfreien Nächten lärmtechnisch ausgewertet werden.

Die zusammenfassenden Ergebnisse der durchgeführten Langzeitlärmmessungen können aus Bild 2 entnommen werden. Die Grafik zeigt auf, dass die während den Betriebsnächten am Immissionsaufpunkt ermittelte, durchschnittliche Gesamtlärmbelastung, ausgedrückt mit dem energieäquivalenten Dauerschallpegel Leq, etwa 42 dBA (42,2 dBA) betrug. Die Leq-Werte der einzelnen Betriebsnächte schwankten dabei zwischen 36 dBA (letzte Arbeitsnacht vor den Betriebsferien) bzw. zwischen 40 und 44 dBA.

Während den betriebsfreien Nächten betrug die durchschnittliche, industrieunabhängige Gesamtlärmbelastung 38 dBA (37,9 dBA), wobei die einzelnen Leq-Werte zwischen 36 und 40 dBA schwankten.

Anhand von Bild 3 und 4 können zwei Beispiele von typisch einzustufenden Gesamtlärmbelastungen ersehen werden. Einerseits handelt es sich um die grafische Aufzeichnung der Gesamtlärmsituation während einer typischen Betriebsnacht (Leq ≈ 42 dBA), andererseits um die Darstellung der Lärmsituation während einer verhältnismässig ruhigen, betriebsfreien Nacht (Leq ≈ 37 dBA).

Aus den durchgeführten Untersuchungen geht hervor, dass während einigen Betriebsnächten kurzzeitige Ereignisse zu verzeichnen waren, deren maximale Pegelwerte (Lmax, Fast) bis zu 72 dBA betragen. Daraus resultierten 60-Sekunden-Mittelungspegel-Leq bis zu 55 dBA. Aus Bild 4 kann ein solches Einzelereignis (Lmax ≈ 72 dBA, 60-Sekunden-Leq ≈ 54 dBA) um etwa 00.10 Uhr festgestellt werden.

Beurteilung anhand der Lärmschutz-Verordnung (LSV)

Gemäss den Bestimmungen von Anhang 6 der Lärmschutz-Verordnung (LSV) gilt es vorerst, die von der(n) industriellen Anlage(n) allein verursachten Lärmimmissionen zu ermitteln und diese hernach in einen Beurteilungspegel Lr' umzurechnen. Schliesslich kön-

nen die so ermittelten Lr' -Werte mit dem für die Beurteilung massgebenden Belastungsgrenzwert Lr verglichen werden.

Der Beurteilungspegel Lr' ist definitionsgemäss separat für den Tageszeitraum (7.00 bis 19.00 Uhr) sowie für den Nachtzeitraum (19.00 bis 7.00 Uhr) nach folgenden Beziehungen zu berechnen (beachte hierzu Bestimmungen von Anhang 6, Ziffer 3 LSV, Ermittlung des Beurteilungspegels):

$$Lr' = 10 \cdot \log(\sum_i 10^{0.1 \cdot Lr', i})$$

$$Lr', i =$$

$$Leq, i + K1, i + K2, i + 10 \log(t_i/t_0)$$

Legende:

Lr' Beurteilungspegel [dBA]

Lr', i Teilbeurteilungspegel während der Lärmphase i [dBA]

Leq, i A-bewerteter Mittelungspegel während der Lärmphase i

$K_{x, i}$ Pegelkorrekturen für den betreffenden Industrielärm während der Lärmphase i

$K1$: Pegelkorrektur aufgrund der speziellen Art des Industrielärms (0 bis 10 dBA, je nach Art des emittierenden Lärms und je nach Zeitraum der Lärmstörung)

$K2$: Pegelkorrektur aufgrund der Hörbarkeit eines Tongehaltes im immissionsseitigen Störgeräusch

$K3$: Pegelkorrektur aufgrund der Hörbarkeit eines Impulsgehalts im immissionsseitigen Störgeräusch

t_i Durchschnittliche Dauer der Lärmphase i in Minuten während Bezugszeitraum

t_0 Bezugszeitraum von 720 Minuten (7 bis 19 bzw. 19 bis 7 Uhr \triangleq 12 Stunden \triangleq 720 Minuten)

Massgebender Belastungsgrenzwert Lr

In Tabelle 1 wird das für die Beurteilung von Industrie- und Gewerbelärm massgebende Belastungsgrenzwertschema gemäss Anhang 6 LSV ausgewiesen. Bei der entsprechenden Anwendung dieser Belastungsgrenzwerte gilt zu berücksichtigen, dass hinsichtlich der Forderung einer Sanierungsverpflichtung von seiten der vorliegenden industriellen Anlage nur der Immissionsgrenzwert sowie für Dringlichkeitsüberlegungen allenfalls der Alarmwert, nicht aber der Planungswert, herangezogen werden kann (beachte hierzu Bestimmungen von Art. 13ff. LSV). Schliesslich kommt im vorliegenden Fall die Empfindlichkeitsstufe II zum Tragen, liegt doch das betroffene Quartier in-

nerhalb einer reinen Wohnzone, wo nach den geltenden Bestimmungen von Art. 43, Abs. 1, Lit. b LSV die Empfindlichkeitsstufe II zur Anwendung gelangen soll. Eine gemäss Art. 43, Abs. 2 LSV an sich mögliche Aufstufung in die nächst höhere Empfindlichkeitsstufe III liesse sich im vorliegenden Fall weder mit dem im Umweltschutzgesetz postulierten Vorsorgeprinzip, noch mit der bisherigen Vollzugspraxis im involvierten Kanton als zweckmässige Zuordnung vertreten.

Der vorliegend massgebende Belastungsgrenzwert L_r ; der Immissionsgrenzwert der Empfindlichkeitsstufe II, beträgt demnach für den kritischen Nacht-Beurteilungszeitraum 50 dBA.

Ermittlung der Beurteilungspegel

Der vorliegend massgebende Beurteilungspegel L_r' bzw. die einzelnen Teilbeurteilungspegel L_r', i lassen sich aufgrund der bisher beschriebenen, personell unbegleiteten Langzeitlärmessungen nicht direkt bestimmen. Einerseits wurde bei den Langzeitlärmessungen die vor Ort herrschende Gesamtlärmbelastung ermittelt (inklusive industrieeinwirkender Fremdgeräusche), andererseits setzt die Berechnung der Beurteilungspegel die Aufspaltung der Lärmsituation in verschiedene, messtechnisch und subjektiv zu beurteilende Lärmphasen voraus. Als Lärmphasen werden Zeitabschnitte verstanden, bei denen nach subjektivem Eindruck am Immissionsaufpunkt ein nach Schallpegel sowie nach Ton- und Impulshaltigkeit einheitlicher Lärm einwirkt.

Im vorliegenden Fallbeispiel konnte nun die Lärmsituation am Immissionsaufpunkt *nicht in typische, einzeln auswertbare Lärmphasen aufgeteilt werden*, weil die betrieblichen Anlageverhältnisse dies nicht zulassen. Emissionsseitig wechseln sich dort die verschiedensten Produktionsarten, mit stark unterschiedlichen Emissionsverhältnissen, ab. Es kumuliert sich dort der Lärm Dutzender verschiedener Einzelquellen, mit stark unterschiedlichen Schallpegelwerten, Schallpegelverläufen und Schallspektren. Auch ausserhalb der Fabrikationshalle sind die verschiedensten Geräuschquellen vorhanden, so von stationären Anlageanteilen, Güterumschlagplätzen oder von mobilen Transporteinrichtungen. Zudem sind die Öffnungszustände von Toren, Türen und Fenstern (insbesondere während der Sommerzeit), im Sinne eines durchschnittlichen Betriebszustandes, kaum eruierbar.

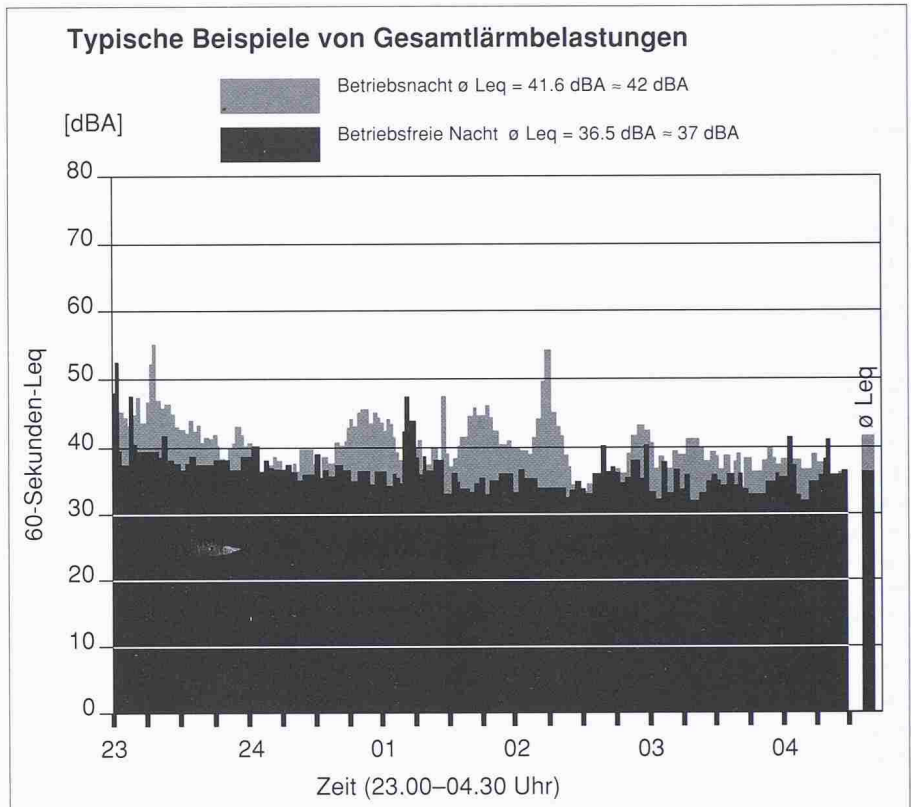


Bild 3.

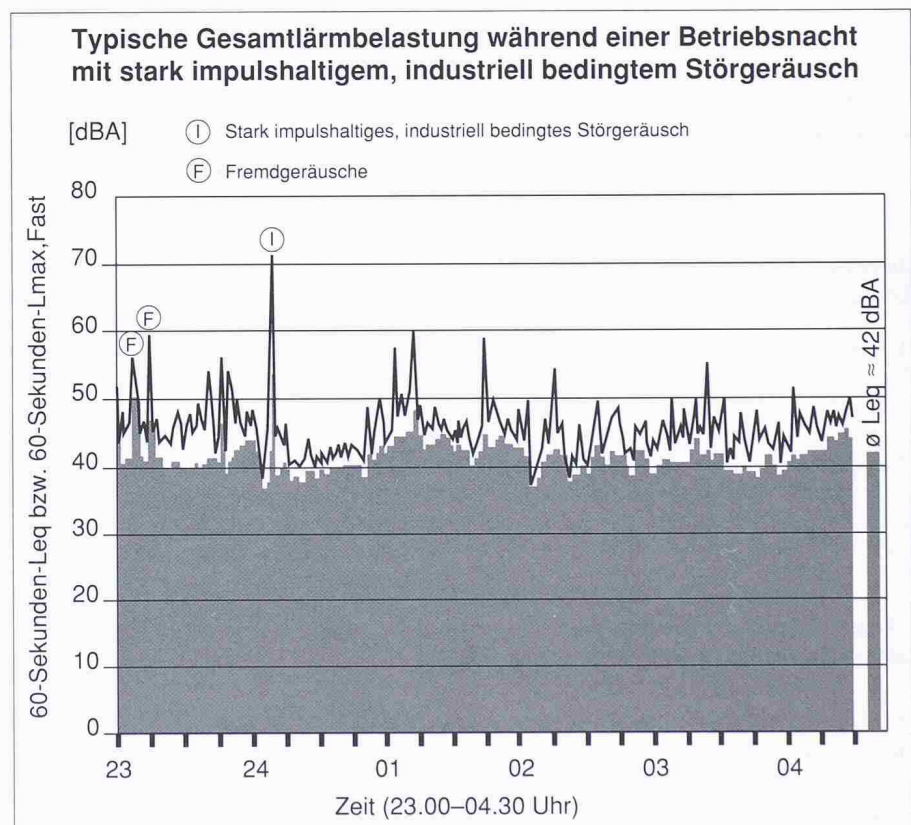


Bild 4.

Die Ermittlung des Beurteilungspegels L_r' bzw. der einzelnen Teilbeurteilungspegel L_r', i ist demnach im vorliegenden Fall sinnvollerweise nicht für verschiedene Lärmphasen, sondern für verschiedene, als *repräsentativ anzusehende Zeiträume* zu bestimmen. Aufgrund durchgeführter Befragungen

und eigener Beobachtungen vor Ort konnte die Pegelkorrektur K_1 gemäss den Bestimmungen von Anhang 6, Ziffer 1 und Ziffer 33 LSV festgesetzt werden ($K_1=5$ dBA). Im weiteren konnte aufgrund derselben Grundlageabklärungen eine relevante Tonhaltigkeit im Störgeräusch ausgeschlossen werden

Empfindlichkeitsstufe (Art. 43 LSV)	Planungswert <i>L_r</i> in dB(A)		Immissionsgrenzwert <i>L_r</i> in dB(A)		Alarmwert <i>L_r</i> in dB(A)	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
I	50	40	55	45	65	60
II	55	45	60	50	70	65
III	60	50	65	55	70	65
IV	65	55	70	60	75	70

Tabelle 1

(K2=0 dBA). Zudem handelt es sich im vorliegenden Fall um einen Betrieb, bei dem die durchschnittliche tägliche Dauer des Lärms (Quotient aus der jahresdurchschnittlichen Dauer des Lärms und der Anzahl der jährlichen Betriebs-tage) dem Bezugszeitraum von 720 Minuten gleichgesetzt werden kann ($10 \log (t_i/t_0) = 0$ dBA).

Unter Berücksichtigung der noch nicht festlegbaren Pegelkorrektur K3 lässt sich im vorliegenden Fall die Definition des Teilbeurteilungspegels *L_r'*, i für die verschiedenen, als repräsentativ anzusehenden Zeiträume i wie folgt vereinfachen:

$$L_r', i = Leq, i + K1, i + K2, i + K3, i + 10 \log (t_i/t_0) \text{ [dBA]}$$

$$L_r' i = Leq, i + 5 + 0 + K3, i + 0 \text{ [dBA]}$$

$$L_r', i = Leq, i + 5 + K3, i \text{ [dBA]}$$

Beurteilungspegel *L_r'_{min}* bzw. *L_r'_{max}*

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse der Langzeitlärmmessungen und der oben erwähnten, vereinfachten Definition des Teilbeurteilungspegels *L_r'*, i lässt sich im Sinne einer mathematischen Grenzwertbetrachtung der Beurteilungspegel *L_r'_{min}* bzw. *L_r'_{max}* bestimmen.

Ø *Leq* des Industrielärms aus Langzeitlärmmessungen:

$$\text{Ø}Leq_{ind} = \text{Ø}Leq_{Ges} \ominus \text{Ø}Leq_{bFN} = 10 \cdot \log (10^{\text{Ø}Leq_{Ges}/10} - 10^{\text{Ø}Leq_{bFN}/10})$$

Ø : In Fachkreisen verwendetes Symbol für eine energetische Subtraktion

Durchschnittliche Gesamtlärmbelastung während Betriebsnächte:

$$\text{Ø}Leq_{Ges} = 42,2 \text{ dBA}$$

Durchschnittliche Gesamtlärmbelastung während betriebsfreier Nächte:

$$\text{Ø}Leq_{bFN} = 37,9 \text{ dBA}$$

Durchschnittliche Industrielärmbelastung gemäss obiger Beziehung:

$$\text{Ø}Leq_{ind} = 40,2 \text{ dBA}$$

Zuschläge gemäss LSV bei Impulsgehalt im Störgeräusch:

Bei nicht hörbarem Impulsgehalt:

$$K3_{min} = 0 \text{ dBA}$$

Bei schwach hörbarem Impulsgehalt:

$$K3 = 2 \text{ dBA}$$

Bei deutlich hörbarem Impulsgehalt:

$$K3 = 4 \text{ dBA}$$

Bei stark hörbarem Impulsgehalt:

$$K3_{max} = 6 \text{ dBA}$$

Beurteilungspegel *L_r'* :

$$L_r' \approx L_r, i = Leq_{ind} + 5 + K3$$

$$L_r'_{min} = 40,2 + 5 + K3_{min} = 40,2 + 5 + 0 = 45,2 \approx 45 \text{ dBA}$$

$$L_r'_{max} = 40,2 + 5 + K3_{max} = 40,2 + 5 + 6 = 51,2 \approx 51 \text{ dBA}$$

$$L_r'_{min} \approx 45 \text{ dBA} \leq L_r' \leq L_r'_{max} \approx 51 \text{ dBA}$$

Der aufgrund der Langzeitmessungen ermittelbare, minimale Beurteilungspegel *L_r'_{min}* liegt im Bereich von 45 dBA (nicht hörbarer Impulsgehalt im Störgeräusch, K3 = 0 dBA). Bei stark hörbarem Impulsgehalt (K3 = 6 dBA) ist mit einer *L_r'_{max}*-Belastung von ca. 51 dBA zu rechnen. Eine klare Aussage, der Beurteilungspegel betrage X dBA, lässt sich jedoch aus den durchgeführten Langzeitmessungen nicht ableiten. Hierzu bedarf es personell begleiteter Messungen, die Bestimmung der Lärmbelastung während repräsentativ anzusehenden Zeiträumen sowie eine abschliessende Bewertung der im immisionsseitigen Störgeräusch subjektiv erkennbaren Impulshaltigkeit.

Ergebnisse der personell begleiteten Messungen

In Ergänzung zu den Langzeitlärmmessungen wurden eine personell begleitete Kurzzeitlärmmessung über eine mehrstündige, nächtliche Betriebsphase sowie insgesamt drei weitere, jeweils einstündige Stichprobenmessungen durchgeführt.

In Bild 5 sind Ausschnitte typischer Schallpegelverläufe dargestellt. In den entsprechenden Pegelaufzeichnungen gekennzeichnet sind die während den Messungen klar erkennbaren, indu-

strienunabhängigen Fremdgeräuscheinwirkungen und die typischen, industriell bedingten Störgeräusche, soweit sich diese subjektiv vom allgemeinen Industrie- und Umgebungslärm abheben.

In Tabelle 2 sind die Ergebnisse der durchgeführten, personell begleiteten Lärmmessungen kurz zusammengefasst. Die aufgrund von Vergleichen mit den Langzeitlärmmessungen als nicht repräsentativ einzustufenden Ergebnisse der zwei weiteren Stichprobenmessungen sind dabei nicht weiter ausgewiesen.

Gesamtbeurteilung

1. Aufgrund der durchgeführten Langzeitlärmmessungen kann klar festgestellt werden, dass sich die am Immissionsaufpunkt herrschende Gesamtlärmbelastung während den industriellen Betriebsphasen signifikant gegenüber den betriebsfreien Phasen erhöht.

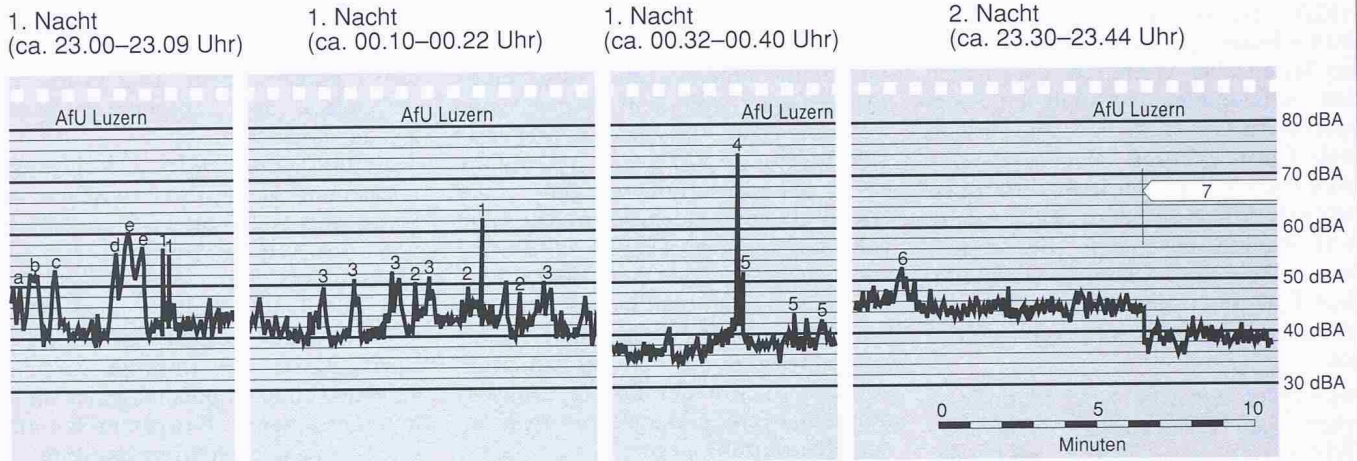
Die Veränderung beim *Leq*-Gesamtschallpegel beträgt ca. 4 dBA. Dies entspricht einer relevanten, subjektiv hörbaren Veränderung und darf keinesfalls bagatellisiert werden.

2. Die im Wohnquartier auftretenden Industrielärmimmissionen liegen zweifelsfrei unter dem massgebenden Immissionsgrenzwert der Empfindlichkeitsstufe II. Der jahresdurchschnittliche Beurteilungspegel während dem kritischen Nachtzeitraum dürfte letztendlich im Bereich von ca. 47 bis 48 dBA liegen und damit den massgebenden Belastungsgrenzwert von 50 dBA unterschreiten. Aus öffentlich-rechtlicher Sicht kann daher bezüglich der heutigen Immissionsverhältnisse keine Sanierungspflicht von seiten des vorliegenden Betriebes abgeleitet werden.

3. Die durchgeführten Messungen belegen weiter, dass während der Nacht vereinzelt Ereignisse auftreten, deren Momentanschallpegelwerte kurzzeitig über 70 dBA betragen. Aufgrund eingehender Studien sämtlicher Messergebnisse und aufgrund der vor Ort gemachten Beobachtungen handelt es sich hierbei zweifelsfrei um industriell bedingte Geräusche. Es ist relativ einfach zu erkennen, dass gerade solche Ereignisse subjektiv stark störend sind und die nächtliche Ruhe im Wohnquartier beeinträchtigen, heben sich diese Geräusche doch schallpegelmässig und spektral deutlich vom Hintergrundgeräusch ab.

In Fachkreisen ist allgemein bekannt, dass solche vereinzelt, impulshaltige

Typische Schallpegelverläufe L während Stichprobenmessungen [dBA, Fast]



Industrieunabhängige Fremdgeräusche:

- a) Glockenschläge (Kirche)
- b) Quartierlärm (Storen schliessen)
- c) Laute Autovorbeifahrt auf Hauptverkehrsstrasse
- d) Quartierlärm (Autozufahrt)
- e) Vorbeifahrten Eisenbahn (SBB-Strecke)

Industriell bedingte Störgeräusche:

- 1) Impulshaltige Geräusche aus Halleninnerem
- 2) Schwach hörbare Schlaggeräusche
- 3) Fabrikations-, Rutsch- und Rollgeräusche aus Halleninnerem
- 4) Stark impulshaltiges Geräusch vom Umschlagplatz
- 5) Scheppernde Geräusche vom Umschlagplatz
- 6) Geräusch von betriebseigenen Transportfahrzeugen
- 7) Produktionsunterbruch im Halleninnern

Bild 5.

Störgeräusche bei der Ermittlung des Beurteilungspegels nach den Bestimmungen der Lärmschutz-Verordnung (LSV) nur unbefriedigend mitberücksichtigt werden. Anhand des nächtlichen Knallereignisses, das zwar sämtliche Bewohner aufweckt, am Morgen aber selbst den strengsten Belastungsgrenzwert am Immissionsort einhält, weil die Schallenergie und die Pegelkorrektur *K3* definitionsgemäss auf einen allzu grossen Zeitraum (720 Minuten) «verdünnt» werden, kann dies eindrücklich aufgezeigt werden.

4. In Kenntnis der Sachlage und unter gebührender Berücksichtigung der ermittelten Lärmbelastungen wurde der betroffenen Anlageeigentümerin behördenseits empfohlen, dennoch lärmindernde Massnahmen näher zu prüfen, obwohl der massgebende Belastungsgrenzwert nicht erreicht bzw. überschritten wird. Eine solche Empfehlung liess sich nicht zuletzt aufgrund des im Umweltschutzgesetz verankerten Vorsorgeprinzipes, wonach Emissionen unabhängig von der Gesamtbelastung soweit zu vermindern sind, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist, rechtfertigen. Zudem dürfte mit einer eingehenden Prüfung von lärmindernden Massnahmen ein wesentlicher Beitrag zur Sicherstellung eines auch inskünftig gut nachbarschaftlichen Verhältnisses geleistet werden können.

Meteorologische Einflüsse

Wie bei der Diskussion um die Ergebnisse der Langzeitlärmmessungen bereits dargelegt, wurden die meteorologisch ungünstigen oder offensichtlich

vom Wind beeinträchtigten Messdaten ohne weitere Sichtung verworfen.

Bei der Auswertung der übrigen Messdaten zeigten sich jedoch Schwankungen beim Verlauf des kurzzeitigen Mittelungspegels *Leq*, die z.B. aufgrund der

Zeitraum <i>i</i>	<i>Leq</i> _{Ges} [dBA]	<i>Leq</i> _{oFG} [dBA]	<i>Leq</i> _{Grundpegel} [dBA]	<i>Leq</i> _{Ind} [dBA]	<i>K1</i> [dBA]	<i>K3</i> [dBA]	<i>Lr'</i> , <i>i</i> [dBA]
1. Nacht, 23.00÷24.00	44,6	43,2	≈38	41,6	5	0	46,6
1. Nacht, 00.00÷01.00	42,2	41,7	≈36	40,3	5	4	49,3
1. Nacht, 01.00÷02.00	42,3	42,2	≈35	41,3	5	2	48,3
1. Nacht, 02.00÷03.00	41,1	41,0	≈35	39,7	5	0	44,7
1. Nacht, 03.00÷04.30	42,8	42,5	≈35	41,6	5	2	48,6
2. Nacht, 23.00÷24.00	44,3	43,7	≈39	41,9	5	0	46,9
	Ø43,0	Ø42,5		Ø41,2			Ø47,7 <i>Lr'</i> ≈ 48 dBA

Tabelle 2

Legende:

- Leq*_{Ges} Immissionsseitig gemessene Gesamtlärmbelastung
- Leq*_{oFG} Immissionsseitig gemessene Gesamtlärmbelastung ohne klar erkennbare Fremdgeräuscheinwirkungen (Eisenbahnvorbeifahrten u.ä., messtechnisch ausgeblendet)
- Leq*_{Grundpegel} Während einzelнем Zeitraum herrschender, industrieunabhängiger Grundschallpegel
- Leq*_{Ind} Rechnerisch ermittelte, fremdgeräuschkorrigierte Industrielärmbelastung ($Leq_{Ind} = Leq_{oFG} - Leq_{Grundpegel}$)
- K1* Pegelkorrektur aufgrund der Art des Industrielärms (vorliegend *K1* = 5 dBA)
- K3* Subjektiv vor Ort bestimmte Pegelkorrektur aufgrund vorhandener Impulshaltigkeit im immissionsseitigen Störgeräusch
- Lr'*, *i* Teilbeurteilungspegel während Zeitraum *i*
- Lr'* Beurteilungspegel
- Ø Energetischer Durchschnitt

betrieblichen Aufzeichnungen (Betriebsprotokolle über die jeweilige Produktionsart, u.ä.) nicht ohne weiteres erklärt werden können. Nähere Studien der vorhandenen meteorologischen Daten lassen aber vermuten, dass neben den individuellen betrieblichen Anlageverhältnissen (ganz oder teilweise offene Fenster, Türen oder Tore, etc.), auch meteorologische bzw. witterungsbedingte Einflüsse bereits eine mitentscheidende Rolle spielen. Dies ist aber letztendlich nicht weiter überraschend, liegt doch im vorliegenden Fall ein insgesamt relativ tiefes Immissionsniveau vor.

Eine offensichtliche Korrelation zwischen den gemessenen Winddaten (Windstärke, Windrichtung und Konstanz der Winde) und den einzelnen Schallpegelverläufen konnte zwar nicht festgestellt werden. Dennoch überrascht, dass einige der höchst gemessenen Leq-Werte bei relativ richtungs- und stärkenkonstanten Winden aus südwestlicher Richtung (tendenzielle «Mitwindsituationen»), mit mässigen Geschwindigkeiten von ca. 0,5 bis 1,4 m/s, entstanden.

Schlussbetrachtungen

Aus der Sicht des Verfassers können abschliessend folgende Feststellungen und Empfehlungen gemacht werden:

1. Lärmmessungen im Sinne von personell begleiteten Kurzzeitlärmmessungen oder Stichprobenuntersuchungen werden im Zusammenhang mit der Ermittlung und Beurteilung komplexer Industrie- und Gewerbelärmsituationen als riskant angesehen. Insbesondere bei stark wechselnden betrieblichen Anlageverhältnissen, bei denen kaum eine durchschnittliche Lärmbelastung angetroffen wird oder die durchschnittliche Belastung nicht simuliert werden kann, empfiehlt es sich, aufschlussreiche Langzeitlärmmessungen durchzuführen.

2. Mit den heute auf dem Markt erhältlichen Instrumenten und Geräten für eine systematische Messdatenerfassung und Auswertung lassen sich in besonderen Fällen auch Langzeitlärmmessungen mit verhältnismässigem finanziellem und personellem Aufwand bewerkstelligen.

3. Langzeitlärmmessungen dürften bei der Behandlung von Nachbarschaftsklagen im Zusammenhang mit Industrie- und Gewerbelärm zunehmend von Bedeutung werden. Die u.a. auf Langzeitlärmmessungen aufgebauten Ermittlungen und Beurteilungen sind wesentlich zuverlässiger und erfahren allseits grössere Akzeptanz, als «zufällige» Kurzzeitlärmmessungen oder Stichprobenuntersuchungen. Aufgrund von Befragungen, der Durchführung von Lärmmessungen über einige Tage und einer relativ einfachen Auswertung lässt sich bereits eine erste, zuverlässige Beurteilung der Lärmsituation vornehmen. Mit der Bestimmung des minimal bzw. maximal zu erwartenden Beurteilungspegels Lr'_{min} bzw. Lr'_{max} kann u.U. bereits eine Sanierungspflicht erkannt oder verneint werden.

4. Die Ermittlung und Beurteilung von Industrielärmimmissionen, die sich nur relativ wenig vom allgemeinen Umgebungslärm abheben, ist äusserst heikel. Vorteilhafterweise werden bei solchen Problemstellungen mehrere, parallel betriebene, u.a. in Quellennähe und am kritischen Immissionsaufpunkt aufgestellte Messketten verwendet, um sicher erkennen zu können, welche Geräusche tatsächlich vom Industriebetrieb herrühren.

5. Bei tiefem Immissionsniveau, bei hohem Fremdgeräuschanteil und/oder bei zu erwartenden kleinen Grenzwertüberschreitungen gilt es, den industrieunabhängigen Fremdgeräuschwirkungen, den industrieunabhängigen Grundpegelverhältnissen sowie den meteorologischen bzw. witterungsbedingten Verhältnissen die gebührende Aufmerksamkeit zu schenken, und zwar sowohl bei Stichproben-, als auch bei Kurzzeit-, und bei Langzeitlärmmessungen. Besonders aufwendig sind Beurteilungen von Industrie- und Gewerbelärmimmissionen auch dann, wenn es um die Frage nach der Einhaltung verhältnismässig tiefer Belastungsgrenzwerte, wie etwa des Immissionsgrenzwertes oder gar des Planungswertes der Empfindlichkeitsstufe II geht.

6. In denjenigen Einzelfällen, wo die Gesamtlärmsituation nicht sinnvoll in Lärmphasen, bei denen nach subjektivem Eindruck am Immissionsaufpunkt ein nach Schallpegel sowie nach Ton-

und Impulshaltigkeit einheitlicher Industrielärm einwirkt, aufgeteilt werden kann, empfiehlt es sich, die Teilbeurteilungspegel Lr',i für repräsentativ anzusehende Zeiträume zu bestimmen und die diesbezüglichen Ergebnisse mit denjenigen der Langzeitlärmmessungen zu vergleichen.

Aufgrund eingehender Überlegungen erscheinen Zeiträume zwischen der Dauer von ca. 0,5 bis 1,5 Stunden sinnvoll zu sein. Eine Aufspaltung in sehr kurze Zeiträume, z.B. von der Dauer einiger Sekunden oder weniger Minuten, ist nach Ansicht des Verfassers nicht zulässig, weil allfällige Zuschläge als Folge einer Impulshaltigkeit im immissionsseitigen Störgeräusch allzu stark energetisch verdünnt würden.

7. Bei der Diskussion um die Zuschläge als Folge der Impulshaltigkeit, wie auch der Tonhaltigkeit im immissionsseitigen Störgeräusch gilt es, nicht ausser Acht zu lassen, dass die spezielle Störcharakteristik des Industrielärms mindestens teilweise in der globalen Pegelkorrektur $K1$ («Industriepenalty») eingeschlossen ist. Um die vom Gesetzgeber angestrebte Rechtsgleichheit letztlich sicherstellen zu können, ist der Festlegung der genannten Zuschläge die gebührende Aufmerksamkeit zu schenken. Ungerechtfertigte, aus einer einseitigen oder einer stark vereinfachten Betrachtungsweise festgelegte Pegelkorrekturen $K2$ und $K3$ gilt es, nicht zuletzt auch aus Gründen der Sorgfaltspflicht und der Eigenverantwortung, zu vermeiden.

Dank

Den zahlreichen Personen, die die vorliegenden Abklärungen mitgetragen, mitbegleitet oder im Rahmen von Diskussionen konstruktiv mitgestaltet haben, wird herzlich gedankt. Es betrifft dies insbesondere *D. Räber* sowie *A. Blum*, *C. Herbst*, *R. Höin*, *R. Keller*, *W. Krämer*, *M. Oetterli*, *M. Ragonesi*, *M. Strobel*, *F. Zünd* und *T. Zünd*.

Adresse des Verfassers: *W. Stalder*, Ingenieur HTL, Obergütschrain 6, 6003 Luzern, Abteilungschef Abt. Lärmschutz und Erschütterungen, Kantonales Amt für Umweltschutz, Luzern.