

Die Belästigung der Anwohner verkehrsreicher Strassen durch Lärm und Luftverunreinigungen

H. U. Wanner, Brigit Wehrli, J. Nemecek und Verena Turrian

Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie der Eidgenössischen Technischen Hochschule, CH-8092 Zürich

1. Einleitung und Fragestellung

Die Umwelthygiene befasst sich heute nicht mehr nur mit dem Nachweis toxischer Wirkungen von Fremdstoffen in Wasser und Luft, sondern vermehrt auch mit den Umweltbedingungen, die nicht direkt einen krankhaften Zustand hervorrufen. Solche Umweltbedingungen wie z. B. Lärm oder Luftverunreinigungen können aber ebenfalls entweder zu *physiologischen Veränderungsprozessen* (wie z. B. biochemischen Veränderungen oder zentralnervösen Reaktionen) führen oder werden *subjektiv als belästigend empfunden*.

Solche Belästigungen durch Umweltimmissionen verschiedenster Art beeinträchtigen allerdings das physische und psychische Wohlbefinden und stellen deshalb – gemäss Gesundheitsdefinition der WHO – ebenfalls eine Beeinträchtigung der Gesundheit dar. Um die durch die Umwelt verursachten gesundheitlichen Schädigungen erfassen zu können, sind deshalb auch Kriterien zur Beurteilung der *Belästigung* erforderlich. Bei der Erfassung der Belästigung ergeben sich eine Reihe messtechnischer Probleme, da man sich nicht einfach auf physiologische Parameter abstützen oder nur direkte Befragungen über einen bestimmten Störfaktor durchführen kann. Vielmehr ist darauf zu achten, dass immer Urteile über verschiedene Störfaktoren miteinander verglichen werden müssen. Wichtige Hinweise liefern neben solchen Urteilen auch Erhebungen über direkte Reaktionen und Verhaltensänderungen, aus denen man Schlüsse ziehen kann, inwieweit ein beabsichtigtes Verhalten beeinträchtigt oder verhindert wird.

Weitere Faktoren, welche Art und Intensität einer Belästigung beeinflussen können, sind die *Gewöhnung* bzw. die *Sensibilisierung*; zu berücksichtigen sind auch Generalisierungs- und Transfereffekte – wie sie durch die Einstellung gegenüber einem bestimmten Störfaktor sowie auch durch dessen generelle soziale Bedeutung verursacht werden können. Diese komplexen Zusammenhänge haben zur Folge, dass zum Beispiel die durch Verkehrslärm verursachte Belästigung nicht für alle Betroffenen gleich sein kann; so ist bei jungen und alten Leuten, oder bei Bewohnern verschiedener Quartiere mit unterschiedlichen Wertungen und Reaktionen zu rechnen. In diesem Zusammenhang stellt sich das Problem der Bildung repräsentativer Gruppen – insbesondere im Hinblick auf die Festlegung zumutbarer Belastungen sowie von Grenzwerten.

In bisherigen Untersuchungen über die Belästigung durch den Strassenverkehrslärm stützte man sich auf

Wie gross ist das Ausmass und die Häufigkeit der Belästigungen durch Lärm und Luftverschmutzung in städtischen Verhältnissen? Die subjektiv empfundenen Belästigungen, die die Grundlagen zur Festlegung von Grenzwerten bilden, wurden in einer Befragung in der Stadt Zürich erfasst.

die Beziehungen zwischen der Anzahl gestörter Personen und den jeweils gemessenen Lärmpegeln. Solche «Dosis-Wirkungs-Beziehungen» liefern wertvolle Grundlagen zur Beurteilung des Ausmasses der Störungen; Schwierigkeiten ergeben sich jedoch immer bei der Frage, für welchen Anteil gestörter Personen ein bestimmter Lärmpegel noch als zumutbar bezeichnet werden kann. Für solche Wertungen müssen zusätzliche Randbedingungen wie die Einstellung zur Störquelle sowie der Einfluss weiterer Störfaktoren berücksichtigt werden. Daneben müsste diese empfundene Belästigung wenn möglich mit andern Methoden (zum Beispiel physiologische Untersuchungen) überprüft werden.

In der vorliegenden Studie sollen die Belästigungen durch zwei der offensichtlich wichtigsten Störfaktoren des Strassenverkehrs – nämlich Lärm und Luftverunreinigung – miteinander verglichen werden, wobei die durch die lokale Situation bedingten Einflüsse soweit möglich berücksichtigt werden. Befragt wurden die Anwohner von Strassen in 4 Quartieren mit unterschiedlicher Verkehrsbelastung und Bebauungsdichte. Die Erhebung erfolgte im Rahmen eines vom Schweizerischen Nationalfonds unterstützten Forschungsprojektes über Luftverunreinigungen an Strassen [8].

2. Beschreibung der Quartiere

Die untersuchten Strassen liegen in älteren, relativ zentral gelegenen Quartieren der Stadt Zürich. In drei Quartieren («Wehntalerstrasse», «Winterthurerstrasse» und «Langstrasse») liegen die Wohnungen im unmittelbaren Bereich stark frequentierter Strassen; das Quartier «Oerlikon» wurde dazu als Vergleichsquartier mit reinem Lokalverkehr gewählt.

In *Abbildung 1* sind die 4 Quartiere mit Angaben über die durchschnittlichen Verkehrsfrequenzen tagsüber und nachts schematisch dargestellt. Sie lassen sich hinsichtlich *Bauweise* und *Nutzung* folgendermassen charakterisieren:

– *Oerlikon (OE)*: Wohnquartier mit Mehrfamilienhäusern sowie kleinern Einfamilienhäusern in Gärten; Alter der Häuser 20–40 Jahre; die gesamthaft

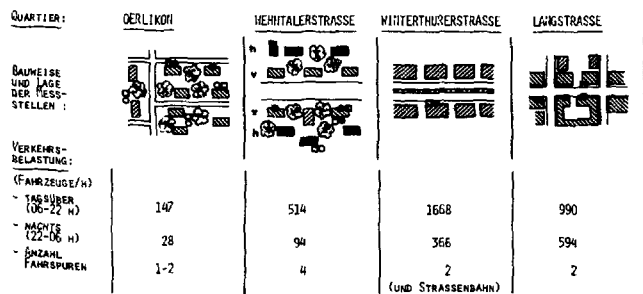


Abbildung 1. Schematische Darstellung der 4 Quartiere Wehntalerstrasse: Bildung von 2 Gruppen:

- v = «vorne» (Häuser an der Strasse)
- h = «hinten» (rückwärtige Häuser)
- = Lärm (kontinuierliche Messung über 24 Stunden)
- = Lärm (30-Minuten-Messungen)
- = gasförmige Luftverunreinigungen (30-Minuten-Messungen)
- = Schwebstaub (Langzeitmessung über 1 Jahr)

lockere Wohnüberbauung mit viel Grün liegt zwischen zwei grossen Ausfallstrassen.

- **Wehntalerstrasse (WE):** Wohnquartier entlang einer Ausfallstrasse; Mehrfamilienhäuser ähnlicher Bauart, alle ca. 40 Jahre alt; lockere Bauweise mit viel Grün. In diesem Quartier lassen sich 2 Gruppen unterscheiden: Wohnhäuser, die direkt an der Strasse liegen, und solche, die etwas zurückgesetzt hinter dieser Häuserreihe liegen; diese beiden Gruppen werden im folgenden immer mit «vorne» (WE_v) bzw. «hinten» (WE_h) bezeichnet.
- **Winterthurerstrasse (WI):** Wohnquartier – teilweise mit Büroräumen durchmischt – an einer Ausfallstrasse mit Strassenbahn; Mehrfamilienhäuser ähnlicher Bauart, alle vor ca. 50–60 Jahren erbaut; dichte Bauweise, kein Grün.
- **Langstrasse (LA):** Wohn- und Geschäftsquartier, mit Büroräumen und Restaurants. Mehrfamilienhäuser meist älterer Bauart, zum Teil schlechter baulicher Zustand; sehr dichte Bebauung, kein Grün.

Die in den 4 Quartieren gemessenen **Lärmbelastungen** sind in **Tabelle 1** zusammengestellt. Die Messungen erfolgten an je 2 Tagen im Sommer und im Winter während je 24 Stunden; in 3 Quartieren erfolgten noch zusätzlich Kurzzeitmessungen über jeweils 30 Minuten, so dass eine mittlere Belastung des ganzen Quartiers ermittelt werden konnte. Die drei Durchgangsstrassen sind typische Beispiele stark befahrener Stadtstrassen mit hohen Lärmpegeln, während Oerlikon als relativ ruhiges, städtisches Wohnquartier bezeichnet werden kann.

Die wichtigsten Angaben über die gemessenen **Luftverunreinigungen** sind in **Tabelle 2** ersichtlich. Für die gasförmigen Komponenten erfolgten in jedem Quartier je 20–25 gleichzeitige Messungen an verschiedenen Messstellen im Sommer und im Winter. Der Schwebstaub wurde während eines Jahres an einer Messstelle in Oerlikon, an der Wehntalerstrasse und an der Langstrasse gemessen. Die Messmethoden, die Ergebnisse weiterer Messungen sowie deren hygienische Beurteilung sind bereits in ausführlicher Form an anderer Stelle publiziert [1, 6].

Tabelle 1. Lärmbelastung in den 4 Quartieren. Durchschnittswerte von je 4 kontinuierlichen Messungen über 24 Stunden. In Klammern Bereich der 30-Minuten-Proben an weiteren Messstellen (vgl. Abbildung 1)

Lärmbelastung	Quartier				
	OE	WE _h	WE _v	WI	LA
Tagüber (06-22 Uhr):					
L ₅₀	55 (53-61)	56 (55-61)	67	73	74
L ₁	74 (67-82)	71 (62-77)	81	86	86
Leq	62 (57-70)	61 (56-67)	70	77	77
Nachts (22-06 Uhr):					
L ₅₀	42	42	48	58	67
L ₁	67	61	73	80	83
Leq	53	50	62	69	73

Tabelle 2. Luftverunreinigungen in den 4 Quartieren. Durchschnittswerte der gasförmigen Komponenten (30-Minuten-Proben, Messstage im Sommer 1975 und im Winter 1976/76) und des Schwebstaubes (Wochenproben vom Oktober 1975 bis September 1976). Lage der Messstellen: vgl. Abbildung 1

Komponente	Quartier				
	OE	WE _h	WE _v	WI	LA
Kohlenmonoxid (ppm)	0.8	1.0	1.6	7.2	13.5
Stickstoffmonoxid (ppb)	33	28	61	-	291
Stickstoffdioxid (ppb)	21	21	29	-	52
Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe (ppm)	0.5	0.3	0.4	-	2.6
Schwefeldioxid (ppb)	11	10	13	-	54
Formaldehyd (ppb)	9	9	10	-	13
Schwebstaub (µg/m ³)	68	-	72	-	96

3. Durchführung der Befragung

Die Befragung erfolgte mit einem Fragebogen auf **schriftlichem Weg**. An der Langstrasse, Wehntalerstrasse und Winterthurerstrasse wurden alle Anwohner auf einem Abschnitt von ca. 1 km erfasst; an der Langstrasse zusätzlich noch die Bewohner der ersten Häuser in den Seitenstrassen. In Oerlikon wurden die Anwohner von 10 Quartierstrassen in die Untersuchung einbezogen. In Haushalten mit mehreren erwachsenen Familienangehörigen wurde jeweils eine bestimmte Person angeschrieben, damit sich die Befragten möglichst gleichmässig auf die Altersgruppen und Geschlechter verteilen.

Von insgesamt 1958 angeschriebenen Personen antworteten total 1297, was einer gesamthaften **Rücklaufquote von 66 %** entspricht. Aufgeteilt nach Quartieren betrug diese in Oerlikon 71 %, an der Wehntalerstrasse 67 %, an der Winterthurerstrasse 75 % und an der Langstrasse 50 %.

4. Vergleichbarkeit der Quartiere in sozialer Hinsicht

Als die wichtigsten sozialen Strukturmerkmale eines Quartiers können Alters- und Sozialstruktur der Bewohner sowie deren durchschnittliche Wohnsitzdauer bezeichnet werden.

Die **Altersstruktur** der vier untersuchten Quartiere ist signifikant verschieden, indem die baulich ältesten

Quartiere «Winterthurerstrasse» und «Langstrasse» auch bevölkerungsmässig stark überaltert sind. Die Anteile der über 60jährigen, die in der Befragung erfasst wurden, sind in den einzelnen Quartieren deshalb unterschiedlich:

- Oerlikon 28 %
- Wehntalerstrasse 21 %
- Winterthurerstrasse 40 %
- Langstrasse 42 %

Dazu als Vergleich: der Anteil der über 60jährigen am Total der erwachsenen Bevölkerung der Stadt Zürich beträgt 30 % [7].

Die Sozialstruktur der Bewohner in den verschiedenen Quartieren unterscheidet sich nur leicht, jedoch nicht signifikant. Die Berufsstruktur sowie die Einkommensverhältnisse in den vier Quartieren sind durchaus vergleichbar. Es handelt sich dabei mehrheitlich um Angehörige der unteren Mittelschicht (Arbeiter und Angestellte mit einem durchschnittlichen Einkommen von ca. 3000 Fr.).

Gewisse Differenzen zeigen sich lediglich bei der Schulbildung. Der grosse Teil der Männer in allen Quartieren hat die Sekundarschule besucht und eine Berufslehre absolviert. Hier weichen die Bewohner der Langstrasse etwas gegen unten (23 % der Männer haben nur die Volksschule besucht) und diejenigen der Winterthurerstrasse etwas gegen oben ab (34 % haben eine Mittelschule besucht).

Der Anteil der Nicht-Berufstätigen (Hausfrauen, Rentner) unter den Befragten, der für die Belästigung durch Immissionen bedeutend sein kann, ist ebenfalls nicht signifikant verschieden, da der höhere Anteil an Rentnern an der Lang- und Winterthurerstrasse, in Oerlikon und an der Wehntalerstrasse durch einen höheren Anteil an Hausfrauen kompensiert wird.

Auch bei der Wohnsitzdauer zeigen sich zwischen den Quartieren keine signifikanten Unterschiede. Da es sich bei allen um Quartiere älterer Bauart handelt, ist mehr als die Hälfte der Bewohner bereits über 10 Jahre dort ansässig, während rund 25 % seit 4–10 Jahren und rund 25 % seit weniger als drei Jahren dort wohnen.

Gesamthaft kann gesagt werden, dass sich die vier Quartiere von ihrer Sozialstruktur her nicht wesentlich unterscheiden, so dass die sozialen Randbedingungen keinen unterschiedlichen Einfluss auf die Empfindlichkeit gegenüber Lärm und Luftverunreinigung haben dürften.

5. Empfundene Belästigung durch Lärm und Luftverunreinigung

In Tabelle 3 ist eine Zusammenstellung mit den Angaben über die Häufigkeit der Störungen durch den Verkehrslärm, bezogen auf die meistgestörte Tageszeit. Die Befragten hatten diejenige Zeit anzugeben, während der sie sich am meisten gestört fühlen, dabei war nur eine Nennung möglich.

Es zeigt sich, dass mit Ausnahme von Oerlikon ein grosser Teil, direkt an den grossen Strassen sogar die überwiegende Mehrheit der Anwohner sich häufig ge-

Tabelle 3. Häufigkeit der Störung durch den Verkehrslärm, bezogen auf die meistgestörte Tageszeit

Quartier	N	Selten/nie Gestörte	Häufig Gestörte	Meistgestörte Tageszeit der häufig Gestörten (100% = Alle häufig Gestörten)			
				06-09 %	09-19 %	19-22 %	22-06 %
OE	375	42	16	16	19	26	40
WE _h	91	18	45	2	27	27	44
WE _v	248	6	67	8	26	28	39
WI	228	5	71	18	35	19	29
LA	191	6	72	3	10	15	72

stört fühlt. Unterschiedlich ist allerdings die Tageszeit, zu der sich die Befragten besonders stark gestört fühlen. Generell zeigt sich – mit Ausnahme der Winterthurerstrasse – der stärkste Anteil der Gestörten in der Nacht; signifikant ist diese Abweichung allerdings nur an der Wehntalerstrasse hinten und an der Langstrasse.

Neben der Häufigkeit der empfundenen Störung wurde auch deren Intensität erfasst. Gemessen wurde dieses Ausmass der empfundenen Störung durch Selbsteinstufung auf einem bereits mehrfach getesteten Lärmthermometer [9], mit einem Skalenbereich von 0–10. Dabei bedeutet die Einstufung auf der Marke 0, dass der Lärm überhaupt nicht stört, während die Marke 10 am oberen Ende der Skala bedeutet, dass der Lärm unerträglich stört.

Tabelle 4 gibt eine Übersicht über das Ausmass der empfundenen Störung, tagsüber und nachts. Wie bei der Häufigkeit zeigt sich auch hier – mit Ausnahme der Winterthurerstrasse – nachts ein grösserer Anteil stark Gestörter als tagsüber.

Tabelle 4. Ausmass der Störung durch den Verkehrslärm, bezogen auf die meistgestörte Tageszeit. Klassierung der Einstufung am Lärmthermometer: 0–3 = «schwach», 4–7 = «mittel», 8–10 = «stark»

Quartier	Tagsüber am meisten Gestörte				Nachts am meisten Gestörte			
	Total N	Ausmass der Störung schwach %	mittel %	stark %	Total N	Ausmass der Störung schwach %	mittel %	stark %
OE	228	63	30	7	148	69	24	7
WE _h	60	28	52	20	31	31	38	31
WE _v	156	12	52	36	92	3	39	58
WI	162	4	39	57	66	9	39	52
LA	67	12	49	39	124	6	39	55

In Abbildung 2 sind diese Aussagen in Abhängigkeit der entsprechenden Lärmwerte dargestellt.

Die Zusammenhänge zwischen den gemessenen Lärmwerten – ausgedrückt als mittlerer Lärmpegel L₅₀ und äquivalenter Dauerschallpegel Leq – und dem Ausmass der Störung sind tagsüber deutlicher ausgefallen als nachts. Allerdings zeigten weder die L₅₀- noch die Leq-Werte einen eindeutigen Zusammenhang zum jeweiligen Anteil stark gestörter Personen. Auffallend ist folgendes:

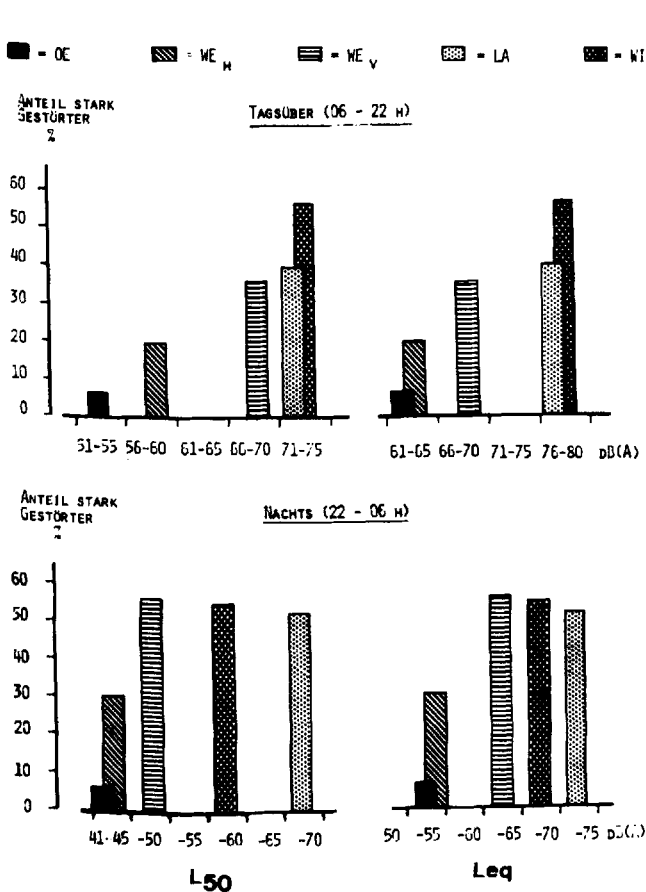


Abbildung 2. Lärmbelastung und empfundene Belästigung – tagsüber und nachts

– Bei gleichen Lärmpegeln (sowohl L_{50} wie L_{eq}) sind tagsüber an der Langstrasse 39 %, an der Winterthurerstrasse jedoch 57 % stark gestört; ferner sind im gleichen L_{eq} -Bereich in Oerlikon 7 % stark gestört, während es an der Wehntalerstrasse (hinten) 20 % sind; noch deutlicher sind hier die Divergenzen nachts: in Oerlikon 7 % und an der Wehntalerstrasse (hinten) 31 % bei ungefähr gleichen L_{50} bzw. L_{eq} -Werten.

– Die Anteile stark Gestörter liegen nachts an der Wehntalerstrasse (vorne), an der Winterthurerstrasse und an der Langstrasse in der gleichen Größenordnung, obwohl die an diesen Orten gemessenen Lärmpegel stark differieren; bereits bei L_{eq} -Werten von 61–65 dB(A) sind über 50 % der Anwohner stark gestört – die Anteile werden jedoch mit zunehmendem Lärmpegel nicht mehr grösser.

– Die Anteile der nachts stark Gestörten an den Hauptstrassen sind als besonders hoch zu bezeichnen. Von denjenigen, die den Lärm als «unerträglich» (Thermometer-Marke 10) bezeichnen, geben zum Beispiel an der Langstrasse 75 % die Nacht als die meistgestörte Zeit an.

Die Empfindlichkeit in der Nacht wird auch in Abbildung 3 deutlich: Obwohl die L_{eq} -Werte nachts niedriger sind (besonders deutlich bei WE_H), steigt der Anteil stark Gestörter an der Wehntaler- und an der Langstrasse stark an.

Abbildung 4 zeigt die Abhängigkeit der Anzahl stark gestörter Personen von der Verkehrsfrequenz. Eine

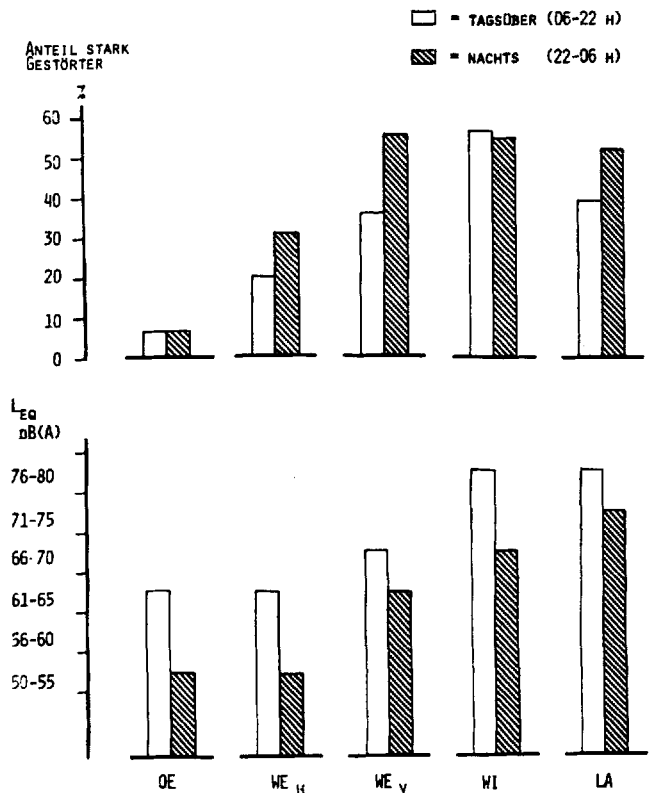


Abbildung 3. Vergleich der Lärmbelastung und der empfundenen Belästigung – tagsüber und nachts

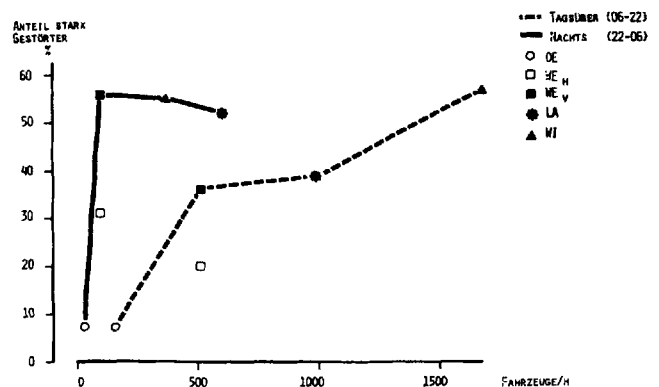


Abbildung 4. Belästigung durch den Lärm in Abhängigkeit der Verkehrsfrequenz – tagsüber und nachts

relativ gute Beziehung ergab sich tagsüber; die Unterschiede bei den Anteilen stark Gestörter zwischen der Winterthurer- und der Langstrasse könnten somit zum Teil mit den verschiedenen Verkehrsfrequenzen zusammenhängen. An der Winterthurerstrasse müssen allerdings noch allfällige Störungen durch die Strassenbahn berücksichtigt werden, die bei der Befragung nicht erfasst wurden. Nachts hingegen ergibt sich auch hier ein ähnliches Bild wie bei den Lärmmassen: bereits bei durchschnittlich 100 Fahrzeugen/Stunde (Wehntalerstrasse) sind über 50 % stark gestört; dieses Niveau bleibt konstant und liegt auch bei den rund 600 Fahrzeugen/Stunde an der Langstrasse nicht höher.

Wie beim Verkehrslärm wurde auch bei der Luftverschmutzung die Häufigkeit und die Intensität der emp-

fundenen Störung erfasst, wobei die Intensität auch hier durch Selbsteinstufung auf einem Thermometer gemessen wurde.

Tabelle 5 zeigt das Ausmass und die Häufigkeit der empfundenen Belästigung durch Luftverschmutzung.

Tabelle 5. Häufigkeit und Ausmass der empfundenen Belästigung durch Luftverschmutzung. Anteil «häufig» und Anteil «stark» Gestörter (Skalenpunkte 8–10)

Quartier	N	Häufig Gestörte %	Stark Gestörte %
OE	480	13	7
WE _h	97	25	12
WE _v	263	45	26
WI	248	73	50
LA	209	64	47

Die subjektive Belästigung deckt sich nicht sehr gut mit der tatsächlichen Luftverschmutzung, die an der Langstrasse mit Abstand am stärksten ist. Dies hängt von zwei Faktoren ab: einerseits sind die gasförmigen Luftverunreinigungen (Anteile CO, NO₂) durch den Betroffenen nur teilweise wahrnehmbar und zum andern konnten wir eine sehr starke Korrelation zwischen der Belästigung durch Lärm und durch Luft feststellen, so dass anzunehmen ist, dass die Anwohner einer lärmigen Strasse sofort auch annehmen, die Luft sei schlecht.

Gesamthaft ergaben sich zwischen den Belästigungsmassen folgende Korrelationen:

- Häufigkeit der Störung durch Luftverschmutzung und Häufigkeit der Störung durch Lärm: $\gamma = 0,78$
- Ausmass der Störung durch Luftverschmutzung und Ausmass der Störung durch Lärm: $\gamma = 0,72$

Dieser Zusammenhang ist in Abbildung 5 noch verdeutlicht. Daraus geht hervor, dass an der Wehntalerstrasse trotz ziemlich niedriger Abgaskonzentrationen die Anzahl durch die Luftverschmutzung gestörter Personen bereits 2–3mal höher ist als in Oerlikon; ferner beklagen sich an der Winterthurerstrasse etwa gleich viele Bewohner über die Luftverschmutzung wie an der Langstrasse, obwohl dort die Konzentrationen

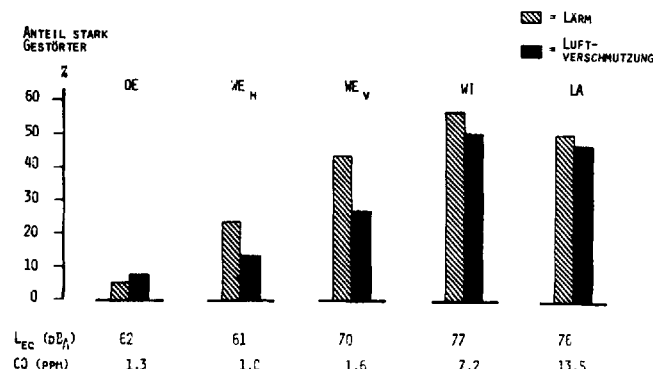


Abbildung 5. Vergleich der empfundenen Belästigung durch Lärm und Luftverschmutzung

nen der staub- und gasförmigen Luftverunreinigungen ungefähr doppelt so hoch sind. Die Tatsache, dass sich durchwegs hohe Korrelationswerte zwischen der empfundenen Störung durch den Lärm und der Störung durch die Luftverschmutzung ergaben, lässt den Schluss zu, dass die Störungen durch die Luftverschmutzung stark vom Ausmass der empfundenen Störung durch den Lärm abhängig sind.

6. Soziale und räumliche Einflüsse

Die stärkste Einflussvariable auf die empfundene Belästigung durch Lärm und Luftverschmutzung ist das Alter (Tabelle 6):

Tabelle 6. Ausmass der Belästigung durch Lärm und Luftverschmutzung in Abhängigkeit des Alters. Beurteilung mit dem «Thermometer» (Skalenbereich 8–10 = stark gestört)

Altersgruppe (Jahre)	N	Anteil stark Gestörter	
		durch Lärm %	durch Luftverschmutzung %
< 30	241	16	22
30 - 50	410	23	32
> 50	634	34	37

Die stärker empfundene Belästigung durch die älteren Leute zeigte sich vor allem auch in den verschiedenen Reaktionen. So erschrecken die älteren Leute signifikant häufiger und nehmen häufiger wegen Lärm Schlafmittel (vgl. Kapitel 7).

Ein Einfluss der Aufenthaltsdauer auf die Häufigkeit der Störungen durch den Lärm – verbunden mit einer allfälligen Gewöhnung oder zunehmenden Sensibilisierung – liess sich nicht erkennen.

Die räumlichen Einflüsse waren gesamthaft von geringer Bedeutung auf die Lärmempfindung. Ein schwacher Einfluss des Stockwerkes war feststellbar: bei den Bewohnern des Erdgeschosses und 1. Stockes war der Anteil der stark Gestörten etwas geringer als bei den Bewohnern der oberen Stockwerke.

Die Lage des Zimmers zur Strasse hat auf die empfundene Störung durch den Lärm einen gewissen Einfluss: der Anteil von Lärm «stark Gestörter» ist bei den Befragten signifikant höher, bei denen das Wohn- oder Schlafzimmer gegen die Strasse gerichtet ist. Diese Differenz gilt allerdings nur für die Wohnungen direkt an der Strasse. Das Ausmass der Belästigung durch Luftverschmutzung ist hingegen nicht von der Zimmerlage abhängig.

7. Auswirkungen und Reaktionen

Von den gesundheitsschädigenden Wirkungen des Lärms sind die Schlafstörungen besonders schwerwiegend. Wie aus Tabelle 7 hervorgeht, klagen in den stark belasteten Quartieren zwischen 35 und 40% über Störungen der rekreativen Funktionen (Schlafen, Erholung). Rund ein Drittel der Bewohner dieser Quartiere empfindet auch Störungen kommunikativer

Tabelle 7. Störungen verschiedener Wohnfunktionen durch den Lärm

Wohnfunktionen	Anteil		häufiger Störungen		
	OE %	WE _h %	WE _v %	WI %	LA %
Rekreative Funktionen (Schlafen, Erholung)	7	21	39	35	40
Kommunikative Funktionen (Radio, TV, Telefon)	5	20	30	30	22
Produktive Funktionen (Arbeiten)	1	4	12	19	15

Tabelle 8. Reaktionen auf die empfundene Lärmstörung

Reaktionen	Anteil		häufiger Reaktionen		
	OE %	WE _h %	WE _v %	WI %	LA %
Einnahme von Schlaf- und Beruhigungstabletten	10	27	28	23	33
Verwendung von "Ohropax"	7	13	17	21	30
Fenster schliessen (tagsüber)	11	21	60	69	57
Wohnung besser isolieren	2	11	13	29	24

Funktionen. Diese Störungen sind an der Langstrasse etwas geringer als an der Wehntaler- und Winterthurerstrasse, obwohl die Lärmpegel in der gleichen Grössenordnung liegen. Dies entspricht den bereits beim Ausmass der Störungen festgestellten Unterschieden – insbesondere tagsüber zwischen der Langstrasse und der Winterthurerstrasse (vgl. Tabelle 4).

Bei den Reaktionen lassen sich grundsätzlich zwei Typen unterscheiden: solche, die der besseren Anpassung dienen oder dann als Alternative der Wegzug. In Tabelle 8 ist das Ausmass solcher «Anpassungs-Reaktionen» zusammengestellt. Neben der sehr stark verbreiteten reaktiven Gewohnheit, das Fenster geschlossen zu halten, scheint vor allem der Schlafmittelkonsum und das Verwenden von Ohropax sehr häufig zu sein. Diese Angaben stimmen generell mit dem Anteil «stark» Gestörter in den entsprechenden Quartieren überein. Bei den über 50jährigen, die einen höheren Anteil «stark» Gestörter aufweisen, steigt auch der Anteil derjenigen, die wegen Lärm Schlafmittel nehmen, auf 28 % (gegenüber 21 % bei den 30- bis 50jährigen und 9 % bei den weniger als 30jährigen).

Deutliche Unterschiede zwischen den Quartieren zeigen auch die Angaben über die Wegzugsabsichten (siehe Tabelle 9). Eine Aufschlüsselung nach den Altersgruppen zeigt, dass die jüngern Leute eher an Wegzug denken als die älteren Leute. Die Gründe für einen Wegzug können verschieden sein; wesentlich bleibt die Tatsache, dass für die jüngern Leute die Wohnsituation in der Regel keinen so definitiven Cha-

rakter hat. Die ältern Leute dürften eine engere Bindung zu ihrem Wohnort haben und reagieren deshalb auf die empfundene Störung vermehrt «individuell abwehrend», indem sie sich gegen die Lärmstörungen mittels Schlafmitteln oder Ohropax schützen. Am grössten sind diese Unterschiede an der Winterthurerstrasse: Wegzugsabsichten wegen Lärm haben hier von den weniger als 30jährigen 57 %, von den über 50jährigen jedoch nur 26 %.

Tabelle 9. Wegzugsabsichten wegen Lärm und Luftverschmutzung (Mehrfach-Nennungen möglich)

Quartier	N	Anteil Bewohner wegen Lärm %	mit Wegzugsabsichten wegen Luftverschmutzung %
OE	451	7	6
WE _h	97	17	8
WE _v	263	32	14
WI	248	35	27
LA	209	38	32

8. Schlussfolgerungen

Zusammenfassend lässt sich folgendes festhalten: Von den Anwohnern der stark frequentierten Durchgangsstrassen sind rund zwei Drittel durch den Lärm und die Luftverschmutzung «häufig» und rund die Hälfte «stark» gestört; der Anteil der lediglich «schwach», «selten» oder «nie» Gestörten liegt unter 10 %. Im Vergleichsquartier Oerlikon mit nur lokalem Verkehr hingegen beträgt der Anteil der «stark» Gestörten nur 7 %, während rund zwei Drittel nur «schwach» und 40 % gar «selten» oder «nie» gestört sind. Generell werden die Störungen nachts stärker empfunden als tagsüber, besonders von den ältern Leuten. Dies zeigen auch die verschiedenen Reaktionen auf die Lärmstörungen: rund ein Drittel der Anwohner der Durchgangsstrassen klagen über Schlafstörungen, etwa die gleiche Anzahl nehmen Schlaf- oder Beruhigungsmittel, bei etwa 25 % werden die kommunikativen Funktionen gestört, und rund ein Drittel hat Wegzugsabsichten wegen Lärm oder Luftverschmutzung. Im Vergleichsquartier Oerlikon liegen die Anteile dieser Störungen und Reaktionen zwischen 5 und 10 %.

Vergleicht man die Häufigkeit und das Ausmass der empfundenen Belästigungen mit den gemessenen Lärmpegeln bzw. den Konzentrationen staub- und gasförmiger Luftverunreinigungen, so ergibt sich in den 4 untersuchten Quartieren kein einheitliches Bild. So ist der Anteil «stark» Gestörter bei den Bewohnern der hintern Häuserreihe der Wehntalerstrasse tagsüber sowie auch nachts wesentlich höher als in Oerlikon, trotz den ungefähr gleichen Belastungen durch Lärm und Luftverschmutzung. Die Lage in unmittelbarer Nähe der Durchgangsstrasse dürfte die Urteile beeinflussen, auch wenn durch die vorderen Häuserreihen die Lärm- und Abgasimmissionen deutlich reduziert werden. Weitere Störungen durch den star-

ken Verkehr – wie erhöhte Unfallgefahr, Erschwerungen beim Überqueren der Strasse, Trennung eines früher einheitlichen Quartiers – dürften somit einen Einfluss auf die empfundenen Störungen durch Lärm und Luftverschmutzung haben. Andererseits haben die Bewohner in Oerlikon – zum Teil Besitzer von Einfamilienhäusern mit eigenem Garten – eine eher positivere Beziehung zum Quartier, so dass trotz der für ein Wohnquartier noch als relativ hoch zu bezeichnenden Lärmpegeln der Anteil der «stark» Gestörten unter 10 % bleibt.

Ein «Quartiereinfluss» anderer Art dürfte die Urteile der an der Langstrasse befragten Personen beeinflussen: der hier deutlich niedrigere Anteil der tagsüber «stark» Gestörten sowie die geringeren Störungen kommunikativer Funktionen als an der ungefähr gleich stark belasteten Winterthurerstrasse dürfte damit zusammenhängen, dass an der Langstrasse wegen der zahlreichen, zum Quartier gehörenden Lärmquellen wie Geschäfte und Restaurants generell ein höherer Lärmpegel akzeptiert wird, und dass ein grosser Teil der Anwohner beruflich mit der Langstrasse zu tun hat. Gesamthaft zeigen diese Ergebnisse, dass von einem gemessenen Lärmpegel nicht ohne weiteres Rückschlüsse auf die Anzahl gestörter Personen erfolgen können; die spezifische Situation eines Quartiers ist ebenfalls zu berücksichtigen.

Eine relativ gute Beziehung ergab sich tagsüber zwischen der Anzahl «stark» gestörter Personen und der jeweiligen Verkehrsfrequenz. Nachts wurde hingegen bereits bei durchschnittlich 100 Fahrzeugen/Stunde ein Anteil von ca. 50 % «stark» Gestörten erreicht, der auch bei durchschnittlich 600 Fahrzeugen/Stunde nicht weiter zunahm. Weitere Hinweise, dass die Verkehrsfrequenz ein geeigneter Parameter zur Beurteilung der Störwirkungen sein kann, geben in Schweden durchgeführte Untersuchungen [5]; dabei ergab sich die beste Abhängigkeit von der Anzahl der Lastwagen. Inwieweit diese Zusammenhänge verallgemeinert werden können, müssen allerdings noch weitere Untersuchungen zeigen.

Im Hinblick auf die Festlegung von Grenzwerten sind die zum Teil erheblichen Unterschiede der empfundenen Störungen tagsüber und nachts besonders zu beachten. Nachts sind die Anteile «stark» Gestörter gesamthaft häufiger als tagsüber – im Gegensatz zu den Ergebnissen einer Erhebung in der Stadt Wien, bei welcher bei Tag durch Lärm mehr Menschen belästigt werden als bei Nacht [4]. Im übrigen zeigte auch die Wiener Studie gute Korrelationen zwischen den Angaben über Belästigungen durch Lärm und Luftverschmutzung, wobei sich ebenfalls der Lärm als der massgebende Störfaktor erwies.

Ein Vergleich der Ergebnisse in den 4 städtischen Quartieren mit den im Rahmen der Studie «Wohnen im Neubau» [9] sowie der «Fluglärmstudie» [3] durchgeführten Befragungen über Störungen durch den Strassenverkehrslärm zeigt folgendes: In diesen beiden Erhebungen waren tagsüber bei L_{50} -Werten von 56–60 dB(A) etwa 10 % «stark» gestört – also etwa

gleich wie in Oerlikon; bei 66–70 dB(A) waren es ca. 50 % – also etwas mehr als bei vergleichbaren Lärmpegeln an der Wehntalerstrasse (vorne); in der gleichen Grössenordnung waren die Anteile der Störung kommunikativer Funktionen und Reaktionen bei vergleichbaren Lärmpegeln. Eine Beziehung zwischen der empfundenen Lärmbelastung und der allgemeinen Zufriedenheit mit dem Quartier wurde auch bei einer Pariser Studie [2] gefunden, wobei dort die Quartierzufriedenheit als eine Einflussvariable auf das Ausmass der empfundenen Lärmbelästigung angesehen wurde.

Die Tabelle 10 zeigt eine Einstufung von Lärmbereichen, die auf Grund der Ergebnisse der beiden schweizerischen Erhebungen erfolgte [9]. Gemäss dieser Evaluierung sind die Lärmbelastungen an der Wehntalerstrasse, an der Winterthurerstrasse sowie an der Langstrasse – mit L_{50} -Werten zwischen 67 und 74 dB(A) tagsüber und zwischen 48 und 67 dB(A) nachts – als sehr hoch zu bezeichnen; dies auch auf Grund der über 50 % «stark» Gestörten. Die kritische Schwelle für zumutbare Lärmbelastungen, bei denen die aus gesundheitlicher Sicht bedenklichen Begleiterscheinungen der Lärmstörungen stark zunehmen, ist in diesen Quartieren eindeutig überschritten. Hier sind Sanierungen – durch bauliche oder verkehrstechnische Massnahmen – unerlässlich. Auch bei 20–25 % «stark» Gestörten – wie an der Wehntalerstrasse (hinten), sind Sanierungsmassnahmen erwünscht.

Tabelle 10. Lärmbereiche und Wohnqualität [9]

L_{50} in dB(A) Tag	Stark gestörte Personen %	Bewertung bezüglich Wohnqualität
bis 50	3 - 5	Ruhige Wohnzone
51 - 60	5 - 12	Wohnzone mit mittlerer Lärmbelastung
61 - 65	20 - 25	Hohe Lärmbelastung, Massnahmen erwünscht
über 65	mehr als 50	Sehr hohe Lärmbelastung, Sanierung notwendig

Noch mangelhaft sind die Beurteilungskriterien für die zumutbaren Lärmbelastungen während der Nacht – vor allem auch bezüglich des geeigneten Lärmmasses. Auf alle Fälle muss man festhalten, dass bei über 50 % nachts «stark» Gestörter, wie dies bei den Anwohnern der untersuchten Strassen der Fall ist, das zumutbare Mass überschritten ist.

Im Hinblick auf die Festlegung von Richt- und Grenzwerten für die Planung bzw. für Sanierungsmassnahmen sollten Bewertungen, wie sie im Rahmen dieser Studie auf Grund der Belästigungen durch Lärm und Luftverschmutzung ermittelt wurden, als Entscheidungsgrundlagen dienen. Dabei sollten nach Möglichkeit die besonderen Belange städtischer Quartiere berücksichtigt werden. Offen bleibt ausserdem die Frage nach weiteren relevanten Parametern; neben den Lärmpegeln sollen auch noch weitere Kriterien wie die

Luftverunreinigungen, die Verkehrsbelastungen und die Verkehrszusammensetzung, die Art der Bebauung und die Lage des Quartiers berücksichtigt werden.

Zusammenfassung

Die Anwohner von verschiedenen Strassen mit unterschiedlicher Verkehrsfrequenz und Bebauung wurden über Belästigungen durch Verkehrslärm und Luftverschmutzung befragt. Untersucht wurde die Häufigkeit und das Ausmass der empfundenen Belästigung, die Auswirkungen der Immissionen auf die Wohnfunktionen (Erholung, Kommunikationen) sowie die Reaktionen auf die empfundenen Störungen (Fenster schliessen, Einnahme von Schlafmitteln). An den untersuchten Strassen erfolgten zugleich Messungen des Lärms sowie von staub- und gasförmigen Luftverunreinigungen.

Die Auswertung der insgesamt 1300 Fragebogen hat ergeben, dass bei gleichen Lärmpegeln die Angaben über Lärmstörungen in den untersuchten Quartieren verschieden sind. Gesamthaft kann man sagen, dass tagsüber ab Leq-Werten von 65 dB(A) ca. 40 % und nachts bei den gleichen Lärmwerten ca. 55 % der Anwohner stark gestört sind. Zusätzlich wurde eine starke Korrelation zwischen den Belästigungen durch Lärm- und Luftverschmutzung gefunden. Die Ergebnisse zeigen, dass die Belästigungen nicht nur von den gemessenen Lärmpegeln bzw. Luftverunreinigungen abhängig sind, sondern dass Wechselwirkungen zwischen den Quartieren und den Störungen bestehen. Beim Festlegen von Grenzwerten sind solche Beziehungen soweit möglich zu berücksichtigen.

Résumé

La gêne due au bruit et à la pollution de l'air chez les habitants des routes fréquentées

Les habitants de plusieurs routes à différente fréquence du trafic et la construction des maisons ont été interrogés sur la gêne due au bruit du trafic et à la pollution atmosphérique. Nous avons examiné la fréquence et l'ampleur de la gêne ressentie, les effets des immissions sur les fonctions de l'habitat (repos, communication) ainsi que les réactions aux dérangements ressentis (fermer les fenêtres, prendre des somnifères). Le bruit ainsi que les pollutions atmosphériques sous forme de poussières et de gaz ont été mesurés au bord des routes étudiées.

L'analyse statistique des questionnaires (1300 au total) a montré que, pour des mêmes niveaux sonores, les réponses aux dérangements dus au bruit varient d'un quartier à l'autre. Dans l'ensemble, on peut dire que, pour un Leq égal ou supérieur à 65 dB(A), environ 40 % des riverains sont fortement dérangés le jour et environ 55 % sont fortement dérangés la nuit. En plus, nous avons trouvé une nette corrélation entre la gêne due au bruit et la gêne due à la pollution atmosphérique. Les résultats montrent que la gêne ne dépend pas seulement des niveaux sonores resp. des pollutions atmosphériques mesurés, mais qu'il existe des actions réciproques entre les quartiers et les dérangements. Lors de la détermination de valeurs limites, il faut tenir compte le plus possible de telles relations

Summary

The annoyance due to noise and air pollution to the residents of heavily frequented streets

The residents of different streets with varying traffic density and building density were questioned about annoyance due to traffic noise and air pollution. Frequency and extent of annoyance felt, effects of immissions on such living aspects as recreation, or communication, and also the reactions to the disturbance felt (such as closing windows and taking sleeping pills) were investigated. Noise levels as well as particulate matter and gaseous air pollutant concentrations were measured along the streets under investigation.

The evaluation of 1300 questionnaires showed that reactions to noise were different in different quarters although noise levels were the same. In general, about 40 % of residents were heavily disturbed during daytime when the noise level Leq was around 65 dB(A); while for the same noise level at night about 55 % reported to be heavily disturbed. Strong correlations were also obtained between annoyance due to noise and that due to air pollution. The results show that annoyance felt is dependent not only on the measured noise levels and/or air pollution concentrations, but that there do exist interactions between the residential quarters and annoyance. These interactions should be considered while fixing the limits and standards.

Literaturverzeichnis

- [1] Deuber, A., Meier, M., Satish, J., Sommer, H. J., und Wanner, H. U., Die räumliche Verteilung von Motorfahrzeugabgasen in Situationen unterschiedlicher Bebauung, Wasser-Energie-Luft 69, No. 3, 31–38 (1977).
- [2] Centre scientifique et technique du bâtiment CSTB, Etude de la gêne due au trafic automobile urbain, compte rendu scientifique, dans: CSTB 1971.
- [3] Graf, P., Meier, H. P., und Müller, R., Wissenschaftlicher Bericht der Fluglärmuntersuchung (Eidg. Luftamt, Bern 1974).
- [4] Österreichisches Institut für Raumplanung, Subjektive Beurteilung und objektives Ausmass von Immissionen, eine Untersuchung in neun ausgewählten Strassen Wiens, Wien 1975.
- [5] Rylander, R., Sörensen, S., and Kajland, A., Traffic noise exposure and annoyance reactions, Journal of Sound and Vibration 47, 237–242 (1976).
- [6] Satish, J., et Wanner, H. U., Source et importance de la pollution de l'air à l'intérieur des bâtiments, Sozial- und Präventivmedizin 21, 124–125 (1976).
- [7] Statistisches Jahrbuch der Stadt Zürich 1975.
- [8] Wanner, H. U., Deuber, A., Satish, J., Meier, M., und Sommer, H. J., Luftverunreinigung in der Umgebung von Strassen, Sozial- und Präventivmedizin 21, 122–123 (1976).
- [9] Wehrli, B., Huser, S., Egli, H., Bakke, P., und Grandjean, E., Wohnen im Neubau – Eine interdisziplinäre Untersuchung über die Wohnbedingungen in Zürcher Neubauwohnungen und deren Beurteilung durch die Bewohner (Verlag Paul Haupt, Bern 1976).

Adresse der Autoren:

PD Dr. sc. nat. H. U. Wanner, Brigit Wehrli, dipl. Ing. J. Nemecek und Dr. Verena Turrian, Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie, ETHZ, CH-8092 Zürich.