



Fachhochschule
University of Applied Sciences

Oldenburg
Ostfriesland
Wilhelmshaven



Carl von Ossietzky
Universität Oldenburg

Studiengang Engineering Physics
Master of Engineering (M. Eng.)

Masterarbeit

Titel:

Verkehrslärm – Quelle, Wirkung und Minderung
Europäische Umgebungslärmrichtlinie: Vergleich von Messung und Prognose

Kathleen Poland

Betreuender Gutachter: Prof. Dr. Volker Mellert

Zweiter Gutachter: Dr. Manfred Schulz von Glahn

Oldenburg, 28.03.2009

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	4
2	Grundbegriffe der Akustik.....	4
3	Lärm - was ist das?.....	9
3.1	Auswirkungen auf den Menschen.....	10
3.1.1	Lärmbedingte Störungen der Sprachverständlichkeit.....	10
3.1.2	Lärmbedingte Schlafstörungen.....	11
3.1.3	Leistungsbeeinträchtigungen.....	11
3.1.4	Lärmbedingte Gesundheitsstörungen.....	13
4	Verkehrslärm.....	16
4.1	Straßenverkehr.....	16
4.2	Schienenverkehr.....	17
4.3	Flugverkehr.....	18
5	Minderungspotentiale	21
5.1	Straßenverkehr.....	22
5.2	Schienenverkehr.....	25
5.3	Flugverkehr.....	28
5.4	Lärminderungspotentiale durch Baumaßnahmen	30
6	Umgebungslärmrichtlinie.....	36
6.1	Aufbau und Grundlagen der Umgebungslärmrichtlinie.....	37
6.2	Lärmindizes der Umgebungslärmrichtlinie.....	38
6.3	Zeitliche Vorgaben zur nationalstaatlichen Umsetzung der Umgebungslärmrichtlinie.....	39
6.4	Umsetzung der Umgebungslärmrichtlinie in Deutschland.....	40
7	Lärmkartierung in Deutschland.....	41
7.1	Aktuelle Umsetzung der Lärmkartierung.....	41
7.2	Unsicherheiten bei der Lärmkartierung	43
8	Umsetzung am Beispiel Bremen.....	47
8.1	EMUDA-Projekt.....	47
8.1.1	Auswahl der Standorte in Bremen.....	48
8.1.2	Eingesetzte Messstationen und Gewinnung der Messwerte.....	49
8.1.3	Berechnung der Pegelgrößen.....	51
8.1.4	Beschreibung der Messstationen und Ergebnisse.....	58
8.2	Aktionsplan Bremen.....	69
8.2.1	Straßenverkehrslärm.....	70
8.2.2	Schienenverkehrslärm	74
8.2.3	Flugverkehr.....	75
8.2.4	Gewerbe und Industrie.....	76
8.2.5	langfristige Maßnahmen.....	76
8.2.6	Kosten.....	77
9	Zusammenfassung und Ausblick.....	77

Abkürzungen (alphabetisch)

BImSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz
BImSchV	Bundesimmissionsschutzverordnung
dB	Dezibel
DTV	daily traffic value – durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke
L_{day}	Taglärminde
L_{den}	Tag-Abend-Nacht-Pegel in dB
L_{evening}	Abendlärminde
L_{night}	Nachtlärminde
UL-RL	Umgebungslärmrichtlinie 2002/49/EG
VBEB	Vorläufigen Berechnungsmethode zur Ermittlung der Belastetenzahlen durch Umgebungslärm
VBUF	Vorläufige Berechnungsmethode für den Umgebungslärm an Flugplätzen
VBUI	Vorläufige Berechnungsmethode für den Umgebungslärm durch Industrie- und Gewerbe
VBUS	Vorläufige Berechnungsmethode für den Umgebungslärm an Straßen
VBUSch	Vorläufige Berechnungsmethode für den Umgebungslärm an Schienenwegen

1 Einleitung

Die seit Jahren zunehmende Umweltbelastung durch Lärm, der insbesondere die Menschen in verkehrsreichen Ballungsgebieten beeinträchtigt, hat zu dem Versuch geführt, national und international mit geeigneten Maßnahmen großflächig den Lärm zu reduzieren und so die Störwirkung einzudämmen. Nationale Richtlinien zur Lärminderung sollen auf europäischer Ebene vereinheitlicht werden, Berechnungsverfahren für Schallpegelverteilungen sollen differenzierter werden und physikalische Sachverhalte der Schallausbreitung besser berücksichtigt werden. Schritte auf dem Weg zur Lärmreduktion sind beispielsweise

- Lärminderung an der Quelle
- Abschirmung der Schallausbreitung
- genauere Berechnung bzw. Prognose der Schallausbreitung
- Erstellung von Lärmschutzplänen zur Unterstützung der Planung von Verkehrswegen und Industrieansiedlungen
- Ermittlung der Betroffenheit der Bürger und Management der Verteilung der Lärmquellen.

Lärmschutzpläne stützen sich in der Regel auf berechnete Lärmkarten, die die Schallpegelverteilungen in Siedlungsgebieten darstellen. Die Genauigkeit dieser Lärmkarten ist eine wichtige Voraussetzung für effektive Lärminderungsmaßnahmen. Die vorliegende Arbeit zeigt anhand konkreter Messungen auf, mit welchen Unterschieden zwischen der Berechnung der Schalldruckpegel in Lärmkarten und tatsächlich gemessenen Schallpegeln zu rechnen ist. Die Arbeit gibt Hinweise darauf, welche Einflussfaktoren durch geeignetes Lärm-Management – auch unter ökonomischen Gesichtspunkten – sinnvoll verändert werden können.

2 Grundbegriffe der Akustik

Schallwellen in Luft sind mit lokalen Änderungen des Luftdruckes, der Dichte, der Temperatur und der Bewegung der Luftmoleküle verbunden. Sie breiten sich longitudinal aus, d.h. die Bewegung der schwingenden Luftteilchen erfolgt in Ausbreitungsrichtung der Wellen. Eine schöne Animation der Wellenbewegung in Luft ist beispielsweise bei D. Russel zu finden [1]. Hätte man die Möglichkeit, großflächig den Schalldruck einer Welle zu messen, so würde man Orte mit etwas größerem und etwas niedrigerem Luftdruck finden, die sich mit Schallgeschwindigkeit ausbreiten. Eine Schallwelle breitet sich unter Normalbedingungen (20°C und 1013 hPa) mit der (Schall-) Geschwindigkeit von 343 m/s aus - in der Regel als „ebene Welle“, wenn man weit genug von der

Schallquelle entfernt ist. Befindet man sich in einer Schallwelle an einem festen Ort, so lassen sich die momentanen Druckschwankungen an diesem Ort mit einem Mikrophon messen, das üblicherweise in Pa (Pascal) geeicht ist. Die Anzahl der Druckschwankungen pro Zeiteinheit wird als Frequenz bezeichnet. Liegen die Druckschwankungen in einem bestimmten Frequenzbereich, so kann das menschliche Ohr diese Druckveränderungen als Hörereignis wahrnehmen. Dabei hängt der Effektivwert des schwankenden Schalldrucks über ein Potenzgesetz mit der Lautstärke des Gehörten und die Frequenz in weiten Bereichen logarithmisch mit der wahrgenommenen Tonhöhe zusammen.

Trägt man in einem Diagramm, den Effektivwert des Schalldruckes gegenüber der Frequenz auf, so findet man, dass die Hörfähigkeit den Menschen auf einen bestimmten Bereich, die sogenannten Hörfläche, beschränkt ist. Die maximale Empfindlichkeit, die durch eine besonders niedrige Hörschwelle des Menschen gekennzeichnet ist, liegt im mittleren Frequenzbereich (ca 1000 – 4000 Hz) bei einem effektiven Schalldruck von $2 \cdot 10^{-5}$ Pa, die Schmerzgrenze liegt bei 20 Pa. Ab dieser Größe sind traumatische Gehörschäden sehr wahrscheinlich. Die Frequenzen, die ein (junger) Mensch hören kann liegen zwischen 16 und 20.000 Hz. Es ist zu beachten, dass der Mensch nicht alle Frequenzen gleich gut wahrnimmt, zu den tiefen und zu den hohen Tönen wird das Gehör zunehmend unempfindlicher und mit dem Alter für hohe Töne insgesamt unempfindlicher.

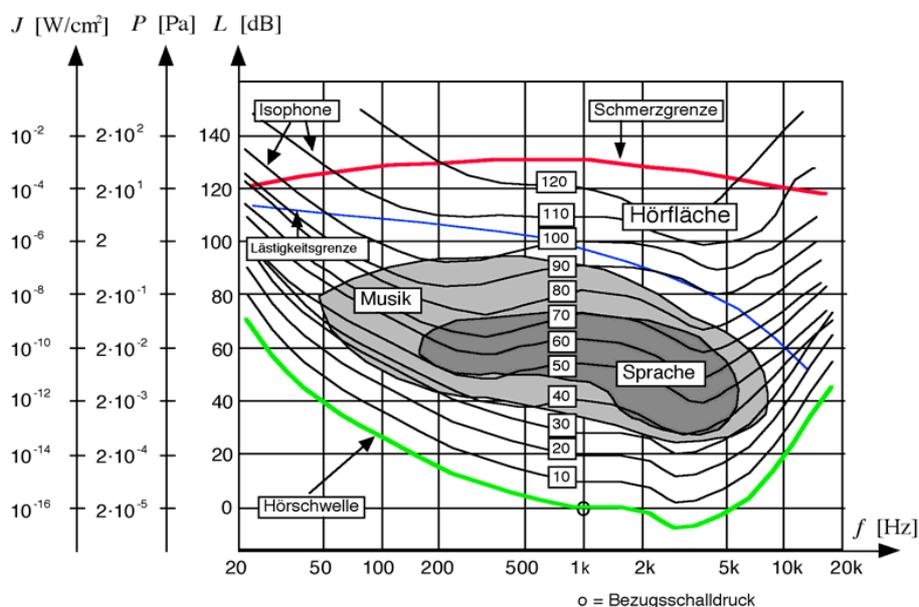


Abbildung 1: Hörfläche mit Hörschwelle, Schmerzgrenze, Lästigkeitsgrenze und Isophonen (Kurven gleicher Lautstärke in phon)
[\[http://www.mu-sig.de/Theorie/Akustik/Akustik06.htm#n19\]](http://www.mu-sig.de/Theorie/Akustik/Akustik06.htm#n19)

Zur Charakterisierung der Schallstärke wird der Schalldruckpegel L_p verwendet, ein logarithmisches Maß des Schalldruckeffektivwertes p . Das Pegelmaß L_p ist definiert durch:

$$L_p = 20 \cdot \log\left(\frac{p}{p_0}\right) \text{ dB} \quad \text{bzw.} \quad L_p = 10 \cdot \log\left(\frac{P}{P_0}\right) \text{ dB}$$

p (in Pa) ist der gemessene Effektivwert des Schalldrucks, p_0 ist der Effektivwert des Schalldrucks an der Hörschwelle ($2 \cdot 10^{-5}$ Pa). Der Effektivwert selbst ist folgendermaßen definiert:

$$p = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T p(t)^2 dt}$$

Drei verschiedene Integrationsdauern T können bei der Berechnung von Schallpegeln verwendet werden:

$T = 1000$ ms (slow)

$T = 125$ ms (fast)

$T = 35$ ms (impulse)

Der Effektivwert "fast" mit 125 ms Mittelungszeit entspricht in etwa der Integrationszeit des Gehörs bei der Lautstärkenbildung. Berechnet man die Schalldruckpegel für die Hör- und Schmerzschwelle, so erhält man aus deren Differenz einen Dynamikbereich für das Gehör von 120 dB.

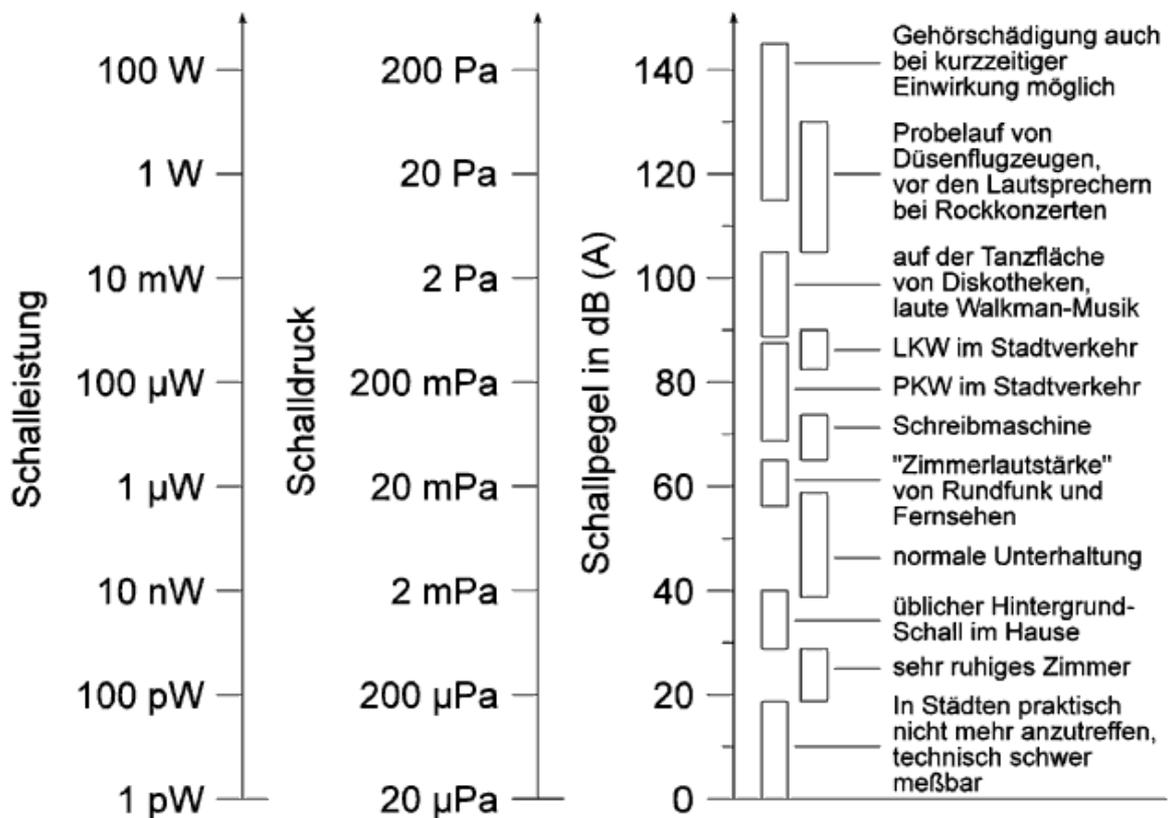


Abbildung 2: Angabe der Schalleistung, des Schalldrucks und des Schallpegels bei unterschiedlichen Alltagsgeräuschen. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Sprünge bei der Schalleistung jeweils zwei 10er Potenzen ausmachen. [Lärm und Gesundheit – Materialien für 5. bis 10. Klassen, Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (BZgA)]

Eine Besonderheit der logarithmischen dB Skala ist, dass eine Verdopplung verschiedener, energetisch gleichstarker Quellen nicht einer Verdopplung der dB-Werte entspricht sondern einer Zunahme von 3 dB. Das heißt:

doppelte Anzahl von Quellen → + 3 dB Pegelerhöhung

zehnfache Anzahl der Quellen → +10 dB Pegelerhöhung

Eine Pegelzunahme um 10dB wiederum entspricht einer Verdopplung der subjektiv empfundenen Lautstärke [2].

Im Zusammenhang mit der Charakterisierung der Stärke von Lärm wird oft die Einheit dB(A) verwendet. Das A in Klammern steht dabei für die Frequenzbewertung des Schallereignisses. Diese Frequenzbewertung richtet sich nach der Frequenzempfindlichkeit des menschlichen Ohres bei geringen Lautstärken und wird verwendet, damit die Einheit Dezibel als (erste) Näherung zur Charakterisierung der menschlichen Lautstärkeempfindung und damit als Maß zur Grundlage der Schallschutzregelung eingesetzt werden kann. Neben der A-Bewertung existieren noch eine B, C, und D-Bewertung, die bei unterschiedlichen Aufgabenstellungen eingesetzt werden. In Abb. 3 sind diese Frequenzgewichtungen dargestellt.

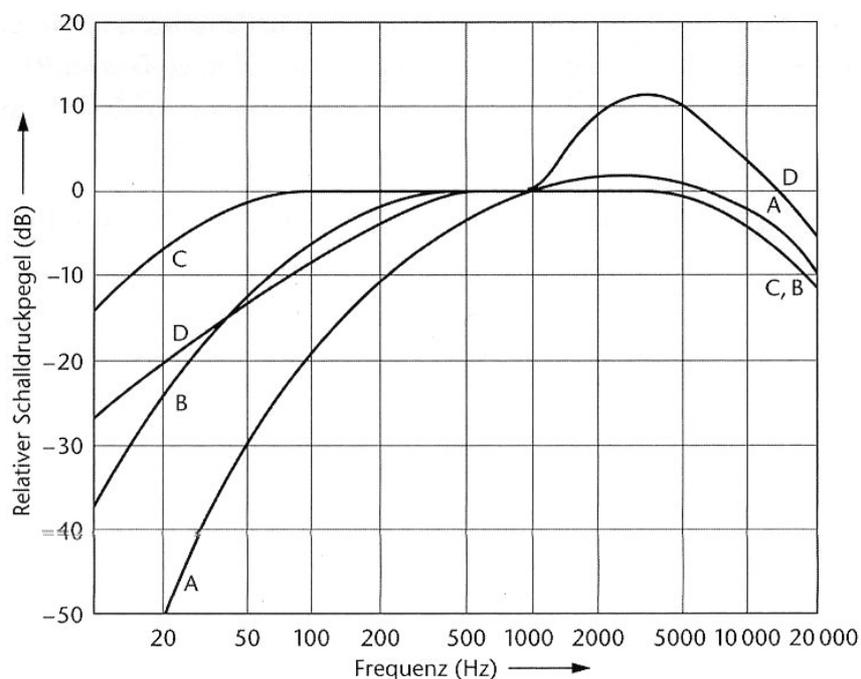


Abbildung 3: A-, B-, C-, D- Frequenzbewertung [Maute, Dieter; Technische Akustik und Lärmschutz, 2006]

Die Bewertungen werden/wurden in folgenden Umgebungen verwendet:

- A-Bewertung - Allgemein zur Beschreibung von Lärm am Arbeitsplatz und in der Nachbarschaft.
- B-Bewertung - In international gültigen Normen nicht enthalten, selten in der Praxis verwendet.
- C-Bewertung - Zur Beschreibung von Lärm am Arbeitsplatz bei sehr hohen Pegeln.
- D-Bewertung - Zur Beschreibung des Lärms von Flugzeugen mit Turbinen-Antrieb.

Auf internationaler Ebene ist verabredet, dass zur objektiven Feststellung der Lautstärke eines Geräusches nur noch der A-bewertete Schallpegel gemessen wird. Henn et al. [3] weisen darauf hin, dass damit auf eine bessere Anpassung des Messverfahrens an die Empfindlichkeit des Ohres zugunsten einer einfacheren Handhabung verzichtet wird: „Angesichts dieser gezielten Vereinfachung der Schallpegelmessung ist zu prüfen, inwieweit der Bewertungspegel L_A noch für die Beurteilung der subjektiven Lautstärke herangezogen werden kann.“ Die Autoren [3] vertreten weiter die Ansicht, dass bei mäßigem Schallpegel und schmalbandigen Geräuschen die A-Bewertung angemessen ist, bei größerem Pegel und breitbandigen Geräuschen allerdings eine Unterbewertung der Lautstärke auftritt. Das C-Filter wird ausschließlich für die Messung und Beurteilung von tieffrequentem Lärm sowie Impulsereignissen eingesetzt [4].

Mit der Schallpegelmessung an einem bestimmten Messort lässt sich dort die Schallintensität (Schallenergie/{Fläche • Zeit}) bestimmen. Um ortsunabhängig die Abstrahlung einer Schallquelle zu charakterisieren, wird die abgestrahlte Leistung verwendet. Die Leistung ist die über eine Fläche, die die Quelle umhüllt, aufsummierte Intensität. Für ebene Wellen ist die Intensität (I) dem Quadrat des Schalldrucks proportional ($I = p^2/\rho c$; ρ = Dichte der Luft, c = Schallgeschwindigkeit). Die Schallleistung wird ebenfalls im Pegelmaß angegeben. Die Referenzleistung ist 10^{-12} Watt. Bei Angabe der Schallleistung geht allerdings die Information verloren, ob die Quelle gerichtet abstrahlt.

Ein weiterer wesentlicher Punkt bei der Betrachtung von Schall-Immissionen ist der Faktor Zeit. Ein in dB(A) ausgedrückter Messwert bildet nur den vom menschlichen Ohr wahrnehmbaren Schall zu einem bestimmten Zeitpunkt ab. In der Praxis unterliegen die zu beurteilenden Geräusche zeitlichen Schwankungen. Daher wird ein so genannter Mittelungspegel benötigt, der den durchschnittlichen Schalldruck in einem bestimmten Zeitraum darstellt. Es muss also eine energetische Mittelung der Schallereignisse vorgenommen werden. Ein solcher Mittelungspegel enthält keine Information über die Zeitstruktur und Ereignishäufigkeit. So kann ein einzelnes lautes Geräusch den gleichen Mittelungspegel ergeben wie eine Vielzahl leiserer Ereignisse. Der energie-äquivalente Dauerschallpegel (L_{eq}) wird durch die Integration von Einzelpegeln $L(t)$ über die

Zeitdauer T berechnet.

$$L_{eq} = 10 \cdot \log \left(\frac{1}{T} \int_0^T 10^{0,1 \cdot L(t) \cdot dt} \right) dB$$

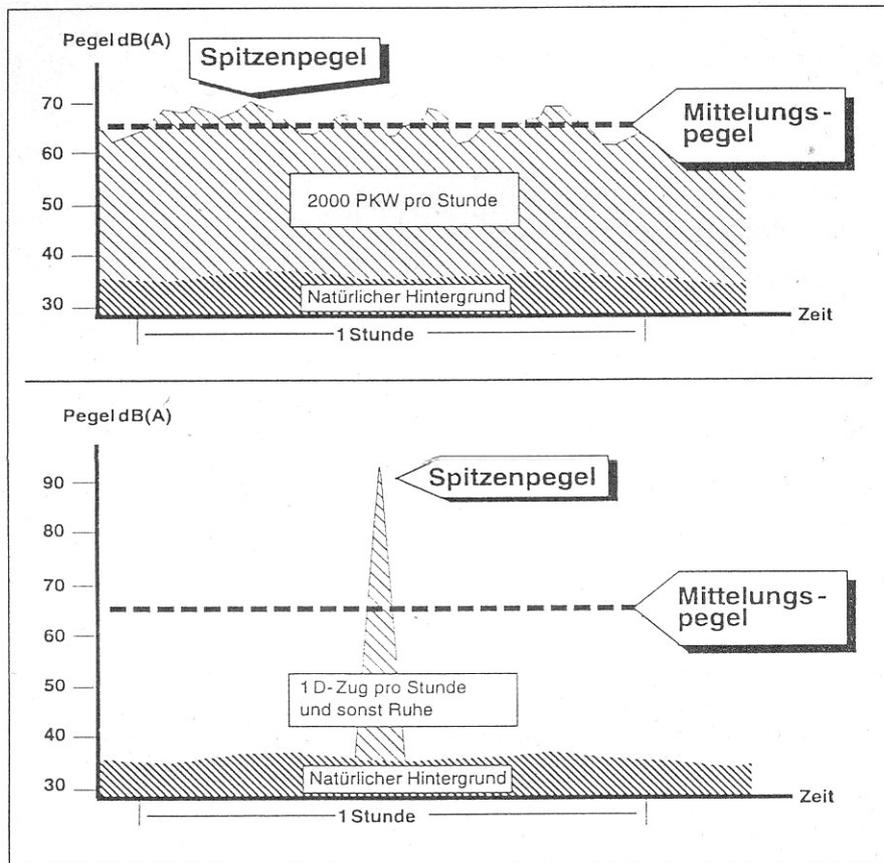


Abbildung 4: Vergleich der Mittelungspegel verursacht durch PKW und D-Zug [Umweltbundesamt; Handbuch Lärminderungspläne, 1994]

3 Lärm - was ist das?

Es gibt viele Arten von Lärm und jeder Mensch erlebt diesen anders. Laute Musik wird nicht von jedem als lästig empfunden, auf Konzerten setzen sich Menschen freiwillig hohen Schallpegeln aus und würden die Musik nicht als Lärm bezeichnen. Eingängige Definitionen sind:

- Lärm ist jede Art von Schall, der Menschen stört, belästigt, gesundheitlich schädigt, der ihre Leistungsfähigkeit herabsetzt, ihre Konzentrationsfähigkeit mindert, sie verunsichert.
- Lärm ist akustische Umweltverschmutzung.
- Lärm ist Mangel an Stille.

Schon die ersten Stadtbewohner fühlten sich offensichtlich bereits von Lärm belästigt, dies belegt

eine der ältesten literarischen Dichtungen der Menschheit. Das altbabylonische Gilgamesch-Epos¹ berichtet von drastischen Folgen des Lärms:

„Die Welt brüllt wie ein Stier. Der Gott wurde durch den Lärm gestört. Enil hört das Getöse und sagt im Rat der Götter: ‚Der Tumult der Menschen ist unerträglich, es ist nicht möglich zu schlafen.‘ Und so schickten die Götter die (Sint-) Flut.“

Die Belästigung durch Schall wird durch eine Reihe von Faktoren beschrieben, von denen die psychoakustischen aufgrund umfangreicher Untersuchungen modellierbar und damit messtechnisch erfassbar sind [2]. Die subjektive Lautstärke, die Lautheit, ist dabei ein Hauptfaktor, der durch den A-bewerteten Schalldruckpegel nur näherungsweise charakterisiert wird. In [2], Kap. 16 werden zahlreiche Verkehrslärmbeispiele dokumentiert, in denen statistische Maße der Lautheit nach Zwicker (DIN 45631) sehr gut mit subjektiven Lautstärkeurteilen korrelieren. So können sich beispielsweise bei gleichem Pegel von 70 dB(A) verschiedene Verkehrslärmquellen (z.B. Straße, Schiene) um den Faktor 2 in der subjektiven Lautstärke unterscheiden (Kap. 16.1.3 aus [2]).

3.1 Auswirkungen auf den Menschen

Die folgenden Ausführungen basieren auf dem Buch „Leben mit Lärm“ [5], Kapitel C. Die Ergebnisse aus dem Kapitel C werden in den Abschnitten 3.1.1, 3.1.2 und 3.1.3 zusammengefasst. Umfangreiche Untersuchungen zur Lärmwirkung wurden in jüngerer Zeit im Rahmen des Verbundprojektes „Leiser Verkehr“ durchgeführt, Details sind dem Schlussbericht zu entnehmen [6].

3.1.1 Lärmbedingte Störungen der Sprachverständlichkeit

Störungen der sprachlichen Kommunikation entstehen, wenn der Informationsschall durch Störschall verdeckt wird, wenn der Störschall von der aktuellen Tätigkeit ablenkt, indirekt beim Vorliegen lärmbedingter Hörverluste.

Die Auswirkungen sind ausgeprägter, wenn sich die Frequenzbereiche des Störgeräusches und der Sprache überlagern, die Frequenzen und die Lautstärke des Störgeräusches stark fluktuieren und wenn Sprecher und Hörer weit voneinander entfernt sind. Gibt es zwischen den Störgeräuschen Pausen, ist in diesen Pausen zwar eine ungestörte Kommunikation möglich, jedoch, sobald das Geräusch wieder auftritt, wird das Gespräch unterbrochen und dabei kann z.B. die Gedankenkette abreißen.

¹ Das Epos soll Überlieferungen zufolge aus dem 12. Jahrhundert vor Christus stammen und erzählt die Geschichte des ersten Königs von Uruk, der nach den babylonischen Königslisten um das Jahr 2650 vor Christus gelebt hat.

3.1.2 Lärmbedingte Schlafstörungen

Man unterscheidet primäre, sekundäre und tertiäre Störungen. Zu den primären Beeinträchtigungen gehören verzögertes Einschlafen, intermittiertes und vorzeitiges Aufwachen, motorische und vegetative Funktionsänderungen sowie globale über die ganze Nacht kumulierte Änderungen des Schlafverhaltens. Sekundäre Störungen sind die Folge schlafgestörter Nächte und betreffen die subjektiv empfundene Schlafqualität sowie die mentale und die psychomotorische Leistung. Tertiäre Störungen sind manifeste Gesundheitsschäden, zu denen langfristig wiederholte Schlafstörungen beitragen können.

Faktoren von primären Schlafstörungen sind akustischer und nicht-akustischer Natur. Dazu gehören der Informationsgehalt (Vgl. Anhang der 18. BImSchV [7]), die zeitliche Struktur der Geräusche, der Schallpegel, die Anzahl der Schallreize sowie die Dauer und das Frequenzspektrum des Ereignisses. Außerdem wirken das Lebensalter, die Persönlichkeitsmerkmale, die zirkadiane Phasenlage, die Schlaftiefe und situative Einflüsse ein.

Sekundäre Schlafstörungen werden von den Betroffenen als besonders gravierend eingestuft. Hier wird die Schlafqualität als schlechter empfunden und daraus resultiert dann auch eine Beeinträchtigung der Stimmung und Leistung. Die subjektive Schlafqualität hängt insbesondere von der Dauer und dem Verlauf erinnerter Wachphasen (Einschlafphase, intermittierte Wachphasen, vorzeitiges Aufwachen) ab. Die Faktoren, von denen das Urteil abhängt, sind das Verteilungsmuster der einwirkenden Geräusche, die Persönlichkeit der Betroffenen, ihre personalen Eigenschaften sowie deren aktuelle Situation. Intermittierende Geräusche wirken sich zum Beispiel stärker auf die betroffenen Personen aus als kontinuierliche Geräusche. Finden diese Schlafstörungen am Anfang der Nacht statt, werden sie als weniger belastend empfunden als am Ende der Nacht. Berichte über die Arbeitsgeschwindigkeit und die Fehlerrate in Leistungstests sind kontrovers; die Effekte sind gering und eindeutige Kausalattribution nicht möglich.

Tertiäre Reaktionen auf Lärm während der Nacht lassen sich bisher nicht nachweisen. Es scheint jedoch gesichert zu sein, dass Anwohner von stark lärmbelästigten Gegenden vermehrt über Einschlafschwierigkeiten und intermittiertes Aufwachen klagen. Hierbei reagieren besonders lärmempfindliche Personen darauf [8]. Auch die vermehrte Einnahme von schlaffördernden Mitteln konnte nicht nachgewiesen werden. Ein Indikator für die subjektive und langfristige Lärmbelastung kann das mit zunehmender Belastung nachts häufiger geschlossene Fenster sein [9] [10].

3.1.3 Leistungsbeeinträchtigungen

Im Arbeitskreis Lärmwirkungen (innerhalb des Forschungsverbundes „Leiser Verkehr“) wurden

auch die kognitiven Leistungen und die Sprachverständlichkeit bei Erwachsenen und Kindern untersucht [6]. Dabei wurden mehrere Tests unter verschiedenen Schallbedingungen (Straßenverkehrsgeräusche mit verschiedenen Pegeln) durchgeführt.

Bei den Erwachsenen konnten Beeinträchtigungen unterschiedlicher kognitiver Funktionen sowie des subjektiven Empfindens und der Befindlichkeit nachgewiesen werden. Ein entscheidender Faktor für das Zustandekommen von Störungen ist die Lautstärke von Hintergrundgeräuschen. Ein L_{eq} von 70 dB(A) wirkt sich negativ auf die Aufgabenbearbeitung aus.

Eine frequenzspezifische Reduktion des Straßenverkehrspegels bewirkte hinsichtlich des subjektiven Empfindens und bei kognitiven Tätigkeiten eine Verbesserung. Eine Reduzierung von tieffrequenten Straßenverkehrsgeräuschanteilen als Lärminderungsmaßnahme verbesserte die kognitive Leistung in drei von insgesamt acht Aufgabenstellungen, aber mit nur einem geringen Effekt. Die Untersuchungsergebnisse liefern dennoch Hinweise auf Möglichkeiten zur zielgerichteten und wirkungsorientierten Modifikation von Verkehrsgeräuschen.

Bei der Modifikation der temporalen Struktur von Verkehrsgeräuschen anhand der Verkehrsdichte blieb die Leistungsfähigkeit unverändert. Es ist allerdings zu beachten, dass es noch mehr Möglichkeiten gibt, die temporale Struktur von Verkehrsgeräuschen zu beeinflussen. Die eingesetzten Geräusche stellen nur einen Ausschnitt möglicher Geräuschszenarien dar und verfügen über eine zu geringe temporal-spektrale Variabilität um Beeinträchtigungen der Leistung hervorzurufen. Eine Leistungsbeeinträchtigung durch Schienenverkehrslärm konnte nicht nachgewiesen werden.

Bei den Kindern ließen sich nur sehr geringe bzw. in vielen Bereichen auch keine Effekte einer erheblichen Dämmung der tieffrequenten Energie der Verkehrsgeräusche nachweisen. Am ehesten zeigten sich leistungsverbessernde Wirkungen bei einer deutlichen Dämmung tiefer Frequenzen von Schienenverkehrsgeräuschen. Die Dämmung um 12 dB, wie sie realisiert wurde, stellt allerdings eine erhebliche Modifikation dar, die in der Praxis nur schwer umsetzbar ist.

Die tieffrequenten Anteile von Verkehrsgeräuschen scheinen bei moderaten Pegeln für die Störwirkungen auf mentale Leistungen bei Kindern von geringerer Bedeutung zu sein.

Aus der Hör- und der Arbeitsgedächtnisforschung ist bekannt, dass die Störwirkung von Geräuschen geringer bis mittlerer Pegel auf das Verstehen, Speichern und Verarbeiten von Information in hohem Maße von der zeitlichen Struktur der Geräusche determiniert wird. Bei den im Arbeitskreis Lärmwirkung eingesetzten Schienenverkehrsgeräuschen waren keine Einzelereignisse (wie z. B. Quietschen der Bremsen, Schlagen auf den Gleisbefestigungen o.ä.) erkennbar.

3.1.4 Lärmbedingte Gesundheitsstörungen

Herz- Kreislaufkrankungen

Es wurden zahlreiche Studien zur Lärmwirkung in Bezug auf Herz- und Kreislaufkrankungen gemacht. Dabei wurden zum einen die Wirkung von Lärm während der Arbeit (der Pegel ist teilweise wesentlich höher als der vom Umgebungslärm) und zum anderen zu Hause in Folge von Umgebungslärm untersucht.

Das Risiko von Bluthochdruck durch hohe Pegel während der Arbeit ist infolge beruflicher, mindestens 5 Jahre dauernder Belastung durch äquivalente Pegel von mindestens 80 dB(A) erhöht. Bei Pegeln von 90dB(A) sind darüber hinaus nach sehr langer Einwirkdauer irreguläre Herzaktionen, erhöhte Herzschlagfrequenzen, verminderte Blutversorgung des Herzmuskels, EKG Veränderungen und eine langsamere Rückregulation lärmbedingter Vasokonstriktionen (Gefäßverengung) möglich. Veränderungen im Sinne ischämischer Herzerkrankungen (auf Grund von Durchblutungsstörungen) wurden nur gelegentlich beobachtet [11].

Um die Folgen von Umgebungslärm zu untersuchen, wurden vom Umweltbundesamt mehrere Studien durchgeführt.

Von 1999 – 2001 wurde im Rahmen des Aktionsprogramms Umwelt und Gesundheit (APUG) vom Robert Koch-Institut im Auftrag des Umweltbundesamtes die Studie „Epidemiologische Untersuchungen zum Einfluss von Lärmstress auf das Immunsystem und die Entstehung von Arteriosklerose“ [12] durchgeführt. Es sollte der Zusammenhang zwischen dem Straßenverkehrslärm und der Prävalenz (dem Auftreten) einer Reihe von Krankheiten bei Anwohnern unterschiedlich verkehrbelasteter Straßen untersucht werden. An der Studie nahmen 1718 Personen aus Berlin teil. Sie füllten einen Lärm-Fragebogen zur Störung durch Lärm in ihrem Wohnumfeld aus und machten Angaben zur Ausrichtung ihrer Wohn- und Schlafräume. Mit Hilfe der Lärmkarte der Berliner Senatsverwaltung für Stadtentwicklung wurde der mittlere Straßenverkehrslärmpegel tags und nachts außen vor den Wohnungen der Studienteilnehmer bestimmt (Immissionspegel 6-22 Uhr und 22-6 Uhr). In ärztlichen Interviews wurden die Studienteilnehmer nach ärztlichen Behandlungen seit der letzten Untersuchung im Robert Koch Institut sowie im Laufe ihres gesamten Lebens befragt (Prävalenz). Zu den betrachteten Krankheiten oder Symptomen gehörten u.a. Bluthochdruck (Hypertonie), Herzinfarkt, Migräne, erhöhter Blutzucker, erhöhte Blutfettwerte, chronische Bronchitis, Asthma, Krebserkrankungen und psychische Störungen.

Statistisch gesicherte Zusammenhänge zwischen dem Lärm und der Prävalenz von Krankheiten wurden hauptsächlich bezüglich Bluthochdruck gefunden. Andere Faktoren, die den Bluthochdruck

beeinflussen, wie z.B. Lebensalter und Körpergewicht, wurden dabei berücksichtigt. Die objektive Exposition (Schallpegel) zeigte stärkere statistische Zusammenhänge mit dem Bluthochdruck als die subjektive Exposition (Belästigung). Personen, die nachts vor ihrem Schlafzimmerfenster einen mittleren Schallpegel von 55 dB(A) oder mehr ausgesetzt waren, hatten ein fast doppelt so hohes Risiko wegen Bluthochdruck in Behandlung zu sein, als diejenigen, bei denen der Mittelungspegel unter 50 dB(A) lag.

Andeutungsweise waren stärker lärmbelastete Personen häufiger wegen erhöhter Blutfette, Migräne, Krebserkrankungen und psychischer Störungen in ärztlicher Behandlung als weniger lärmbelastete. Der Zusammenhang zwischen der subjektiven Störung durch Lärm und der Behandlungsprävalenz von psychischen Störungen war signifikant.

Wegen des Querschnittcharakters der Studie ist dabei allerdings die Ursache-Wirkung-Beziehung nicht eindeutig. Bei der Untersuchungsstichprobe handelte es sich um ein (selbst-)selektiertes Probandenkollektiv, in dem sich aufgrund des Ziehungsschlüssels überwiegend ältere, gesundheitsbewusste Personen befanden. Es ist nicht auszuschließen, dass überproportional viele Personen mit Gesundheitsproblemen an dem Gesundheitssurvey teilnahmen, der den Probanden eine regelmäßige, umfangreiche und kostenlose Kontrolle ihres Gesundheitszustandes bot. Insofern wäre es möglich, dass gewissermaßen eine Risikogruppe untersucht wurde, in der Lärmeffekte sich stärker manifestieren könnten als in der Allgemeinbevölkerung.

In der vom Umweltbundesamt initiierten Folgestudie NaRoMI (Noise and Risk of Myocardial Infarction) [13] beteiligten sich 32 Berliner Krankenhäuser, in denen von 1998 bis 2001 insgesamt 4115 Patienten im Alter von 20 bis 69 Jahren untersucht wurden. Sie war als Fall-Kontrollstudie angelegt, wobei den Infarktpatienten nach Alter und Geschlecht angepasste Kontrollpatienten der chirurgischen Abteilungen gegenüber gestellt wurden. Alle Patienten wurden während des Klinikaufenthalts zur Belästigung durch Umwelt- und Arbeitslärm interviewt, die Belastung durch Straßenverkehr wurde auf der Grundlage von Lärmkarten bestimmt, die durch Arbeitslärm auf der Basis gezielter Befragungen geschätzt. Bei den Personen, die an stark befahrenen Hauptstraßen wohnten, zeigte sich ein leichter Anstieg des Herzinfarkttrisikos gegenüber denjenigen, die in vergleichsweise ruhigen Nebenstraßen wohnten. Dies betraf nur die Männer. Statistisch gesichert werden konnte der Zusammenhang mit dem Verkehrslärm bei denjenigen, die schon länger nicht umgezogen waren. Frauen waren nicht betroffen- warum dies so ist, bleibt unklar. Möglich sind hormonelle Einflüsse oder andere Aktivitätsprofile. Neben der objektiven Lärmbelastung war bei Männern auch die Belästigung durch nächtlichen Straßenverkehr und bei Frauen die Belästigung durch nächtlichen Fluglärm mit einem Anstieg des Herzinfarkttrisikos verbunden.

Psychomentale Erkrankungen

Es wurden Studien gemacht in Hinblick auf psychomentale² und psychosomatische Erkrankungen durch Fluglärm. Es lässt sich jedoch kein kausaler Zusammenhang zwischen beidem ableiten [14]. Bei den stärker belasteten Personen lag jedoch eine erhöhte Anzahl von Ein- und Durchschlafstörungen, von Irritierbarkeit und depressiven Verstimmungen vor. Dies bestätigte eine neuere Untersuchung, in der 5200 Interviews unter Beachtung von Alter, Geschlecht, Familienstatus, Haustyp und Wohndauer analysiert werden konnten. Auch hier waren einzelne psychosomatische Symptome, Nervosität und neurotische Tendenzen in lärmbelasteten Gebieten häufiger als in ruhigen Kontrollgebieten [15].

Stansfeld et al. [16], [15] untersuchten Personen an stark befahrenen Straßen ($L_{Aeq} = 72-75$ dB(A)) und verglichen diese mit einer Personengruppe, die den gleichen demografischen Hintergrund hatten (Alters- und Geschlechtsverteilung, Beschäftigtenstatus, Schallisolation ihrer Häuser, Besitz eines Pkw) entsprechend aber in ruhigen Straßen wohnten ($L_{Aeq} = 55-63$ dB). Es wurde kein Hinweis für eine vermehrte psychische Beeinträchtigungen der stärker Belasteten gefunden.

In der einzigen umfangreichen und epidemiologischen Kriterien voll genügenden Langzeitstudie zum Straßenverkehrslärm wurden über einen Zeitraum von fünf Jahren 2.398 Männer untersucht. Zu Beginn der Studie waren sie zwischen 45 und 59 Jahre alt und sie waren in ihrem Wohnumfeld in unterschiedlichem Ausmaß der Einwirkung von Straßenverkehrslärm ausgesetzt (Stansfeld et al. 1996). Selbst nach Berücksichtigung soziodemografischer Faktoren zeigte auch diese Studie keine mit der Lärmbelastung einhergehende Zunahme psychischer Alterationen, wohl aber eine geringfügige nichtlineare Zunahme des Faktors Ängstlichkeit und – in Übereinstimmung mit Tarnopolsky et al. [17] – eine stärkere Lärmbelästigung bei psychisch kranken Personen. Die bisher vorliegenden Untersuchungen schließen den Lärm als unmittelbare Ursache psychischer Erkrankungen weitgehend aus, nicht jedoch die Möglichkeit, dass dieser als einer unter vielen weiteren Faktoren zur Entwicklung solcher Erkrankungen beitragen kann. Es ist durchaus denkbar, dass die pathogene Wirkung des Lärms nur unter bestimmten Bedingungen, etwa einer in der Persönlichkeit verankerten erhöhten individuellen und/oder einer situativen Vulnerabilität zum Tragen kommt.

Schwangerschaft und fetale Entwicklung

Schon lange wird die mögliche Wirkungen des Lärms auf die Entwicklung des ungeborenen Kindes diskutiert, wie zum Beispiel die mögliche Unterversorgung des Kindes, durch die durch Lärm induzierte Unterversorgung des Gefäßsystems [18] und damit des Ungeborenen. Außerdem wird

² Irritierbarkeit, Nervosität, Kopfschmerzen und Schlafstörungen sind die häufigsten zunächst unklaren psychosomatischen Symptome, die der Einwirkung von Lärm zugeschrieben werden.

durch Lärm eine vermehrte Ausschüttung von Stresshormonen begünstigt und kann damit die Schwangerschaft verkürzen.

Eine direkte Wirkung des Lärms auf das Ungeborene ist nicht gegeben, da der Schall durch die Bauchdecke, die Gebärmutterwand und die intrauterine Flüssigkeit gedämpft wird [19].

In mehreren Studien zu Lärmwirkungen auf die Schwangerschaft (Fehlbildungen, Geburtsgewicht, Frühgeburten) konnten keine signifikanten Zusammenhänge gefunden werden.

4 Verkehrslärm

Im folgenden Kapitel, werden die hauptsächlichen Geräuschquellen des Verkehrslärms beschrieben und erste Hinweise zur Vermeidung des Lärms gegeben. Im Kapitel 5 werden dann die Minderungspotentiale systematisch abgehandelt.

4.1 Straßenverkehr

Das Geräusch, das ein Kraftfahrzeug im Verkehr abstrahlt, setzt sich im Wesentlichen aus zwei Anteilen zusammen, zum einen aus dem Antriebsgeräusch und zum anderen aus dem Rollgeräusch. Aber auch aerodynamische Geräusche spielen eine Rolle, obwohl diese auf Grund von technischen Weiterentwicklungen sehr viel geringer geworden sind.

Zum Antriebsgeräusch gehören eine Reihe von Quellen: der Motor, der Ansaug- und Auspufftrakt, der Lüfter, das Getriebe sowie der Antriebsstrang (Kardanwelle, Antriebsachse). Mit zunehmender Motordrehzahl und Motorbelastung steigt der Schallpegel des Antriebsgeräusches.

Das Rollgeräusch (Reifen – Fahrbahngeräusch) ist abhängig von der Geschwindigkeit und hängt zudem auch von der Beschaffenheit der Reifen und der Fahrbahn ab. Darüber hinaus haben bei Beschleunigungsvorgängen auch noch das Raddrehmoment sowie der Reifenschlupf eine geräuscherhöhende Wirkung. In der Hauptsache entsteht das Rollgeräusch beim Kraftfahrzeug aerodynamisch aus dem Verdrängen der Luft beim Auftreffen jedes Segmentes der Reifenoberfläche auf die Fahrbahn [20].

Die im Harmonoise Projekt erarbeiteten Prognosemodelle [21], die im IMAGINE Projekt [22] weiter entwickelt bzw. validiert wurden, berücksichtigen neben dem Antriebs- und Rollgeräusch mit Korrekturfaktoren aufwändig weitere Einflussgrößen (z.B. Abstrahlcharakteristik, Temperatur, Fahrbahnbeschaffenheit) sowie sehr differenziert die Zusammensetzung des Verkehrs durch Angabe der Geräuschabstrahlung von den verschiedenen Fahrzeugtypen.

4.2 Schienenverkehr

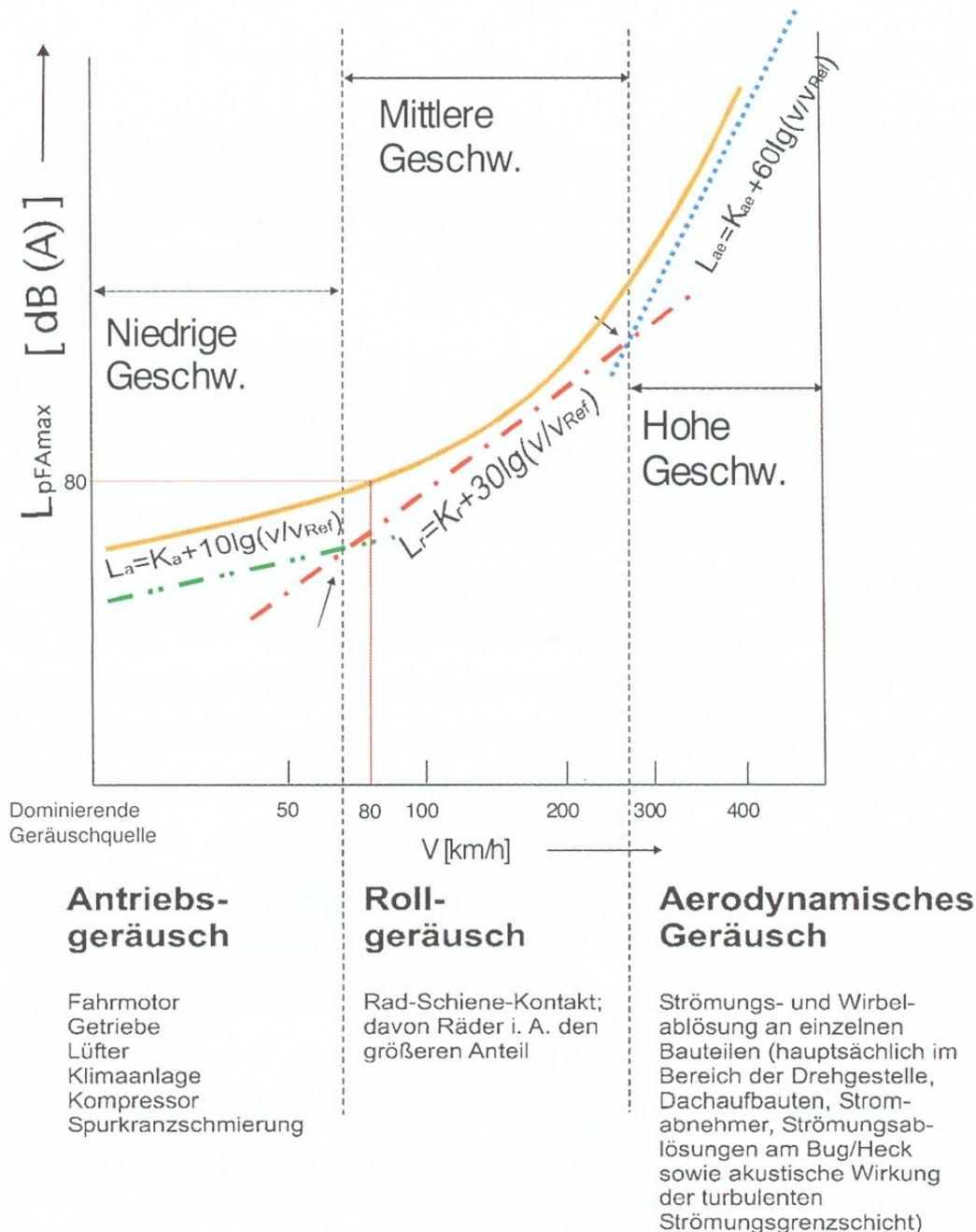


Abbildung 5: Schallemission von Schienenfahrzeugen in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit [Leben mit Lärm, M. Klopfer, 2006]

Der Geräuschpegel eines Schienenfahrzeuges setzt sich aus drei Komponenten zusammen; dem Antriebsgeräusch, dem Rollgeräusch und dem aerodynamischen Geräusch. In Abb. 5 sind die Quellen und Beiträge der drei Geräuscharten dargestellt. Zusätzlich ist zu erkennen, dass diese Geräusche abhängig sind von der Geschwindigkeit. Bis ungefähr 60 km/h sind die Antriebsgeräusche dominierend, bei mittleren Geschwindigkeiten bis ca. 280 km/h die Rollgeräusche und ab 280 km/h die aerodynamischen Geräusche.

Rollgeräuschpegel zeigen bis zu 23 dB Unterschied bei Riffelung der Schiene und im übrigen gleichen Fahrbedingungen. Die Riffelung der Radoberfläche kann zu 10 dB Pegelerhöhung führen. Die Verriffelung wird auf die (alte) Klotzbremse zurück geführt.

Die Rollgeräusche werden durch Kurvengeräusche wie Quietschen und Kreischen verstärkt. Das Kurvenquietschen ist auf ein „Ruckgleiten“ beim Fahren parallel geführter Radsätze durch enge Kurven zurückzuführen, die im wesentlichen im innerstädtischen Verkehr auftreten.

4.3 Flugverkehr



Abbildung 6: Schallquellen am Flugzeug [Leben mit Lärm, M. Kloepfer, 2006]

Schallemissionen, die störend wirken können, gibt es in der Regel nur bei Starts und Landungen. Abb 6 zeigt die Lärmquellen am Flugzeug. Transportflugzeuge sind meist mit Turbofanantrieben ausgestattet, bei Flügen, bei denen es nicht auf die Geschwindigkeit ankommt, wird der Propellerantrieb wegen seiner Effizienz bevorzugt. In den folgenden Ausführungen wird von Flugzeugen mit Strahlantrieb gesprochen.

Die Schallemissionen des Flugzeuges entstehen durch Strömungs- und Reaktionsprozesse im Triebwerk und aus der (turbulenten) Umströmung der Flugzeugzelle [23].

Beim Start überwiegt das Triebwerk als Lärmquelle wegen der erhöhten Schubkraft, die benötigt wird. Quellen der Flugzeugumströmung treten dahinter vollständig zurück. Beim Landen wird die Antriebsleistung gedrosselt und damit sind die Antriebsgeräusche gering. Die Emissionen aus der Flugzeugumströmung steigen dagegen an, wenn die Hochauftriebshilfen aktiviert sind und das Fahrwerk ausgefahren ist.

Der Pegel der Umströmungsgeräusche während der Landung ist um 10-15 dB höher gegenüber der Reiskonfiguration (siehe Abb. 7)

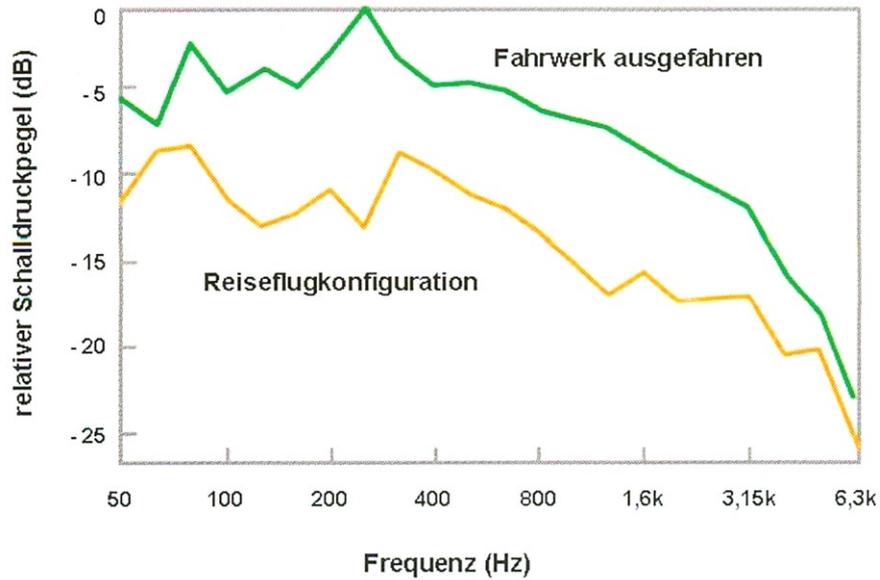


Abbildung 7: Beispiel für ein Spektrum der Schallemissionen eines Reiseflugzeuges beim Landeanflug und in der Reisekonfiguration. (Die dB-Skala ist auf den Maximalwert normiert)[Leben mit Lärm, M. Klopfer, 2006]

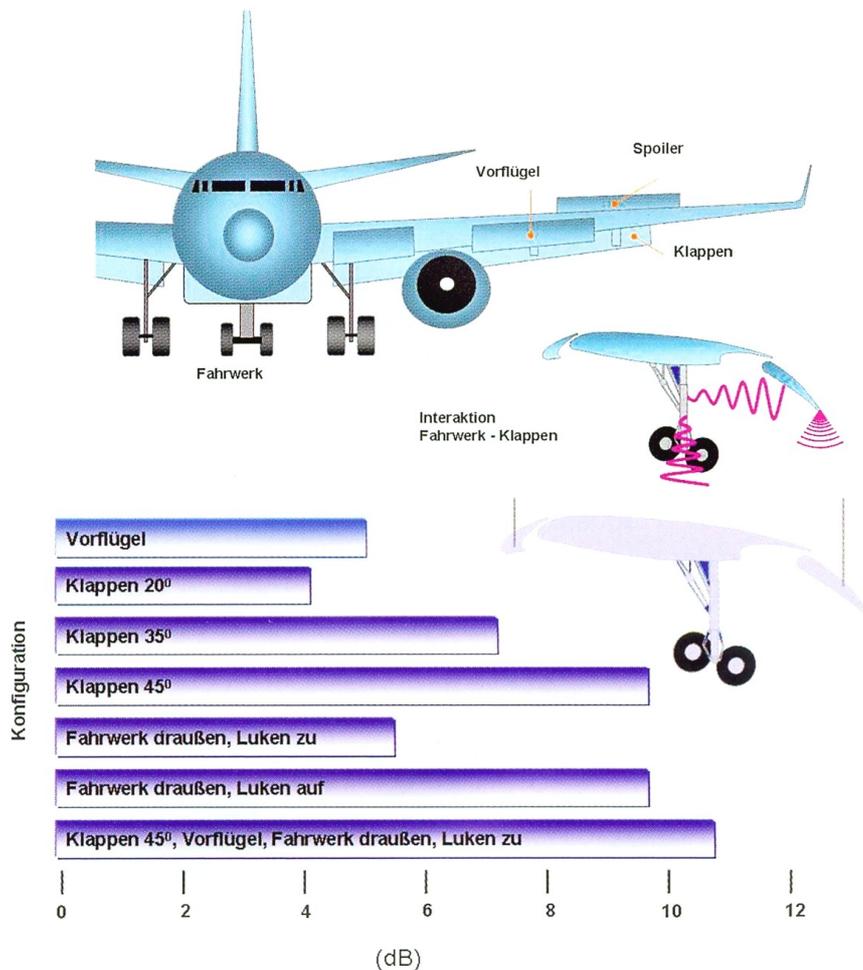


Abbildung 8: Schallquellen und deren relativer Beitrag nach beim Landeanflug [Leben mit Lärm, M. Klopfer, 2006]

Während des Starts haben verschiedene Flugzeuge verschiedene Startlärmmwerte (Abb. 9) Es ist zu erkennen, dass moderne Flugzeuge unter den Grenzwerten liegen, jedoch einige ältere nur gerade so die Grenzwerte erfüllen. Heutzutage müssen alle neuen Flugzeuge für die Betriebszulassung ein Lärmzertifikat vorweisen.

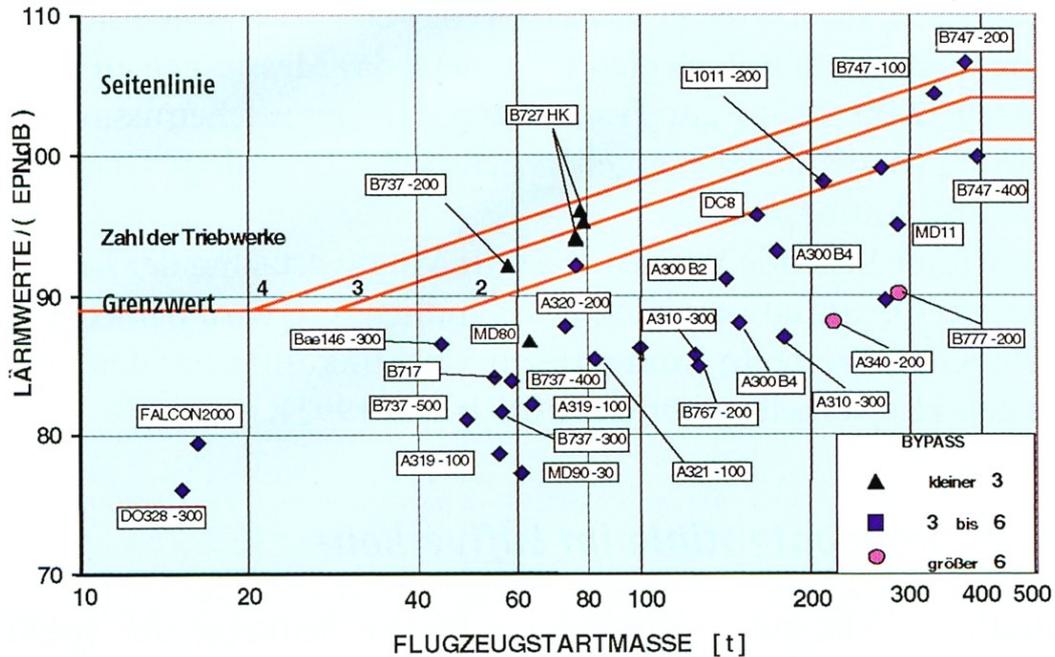


Abbildung 9: Startlärmmwerte verschiedener Flugzeuge [Leben mit Lärm, M. Klopfer, 2006]

Seit Einführung von Strahltriebwerken Mitte der 50er Jahre konnte eine Reduktion des Pegels um ca. 25dB erreicht werden (Abb. 10). Dies entspricht einem Rückgang der Schallleistung auf wenige Promille des ursprünglichen Wertes, die subjektiv empfundene Lautstärke beträgt nur noch ein fünftel. Mit Einführung von Nebenstrom- oder Turbofanantrieben konnte durch die Absenkung der Strahlgeschwindigkeit eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit (weniger Brennstoffverbrauch) und der Lärmemission erzielt werden. Die 85dB Lärmkontur schrumpfte dadurch auf ein Siebentel der ursprünglichen Größe, was aber durch die ansteigende Zahl der Flugbewegungen oft kompensiert wird.

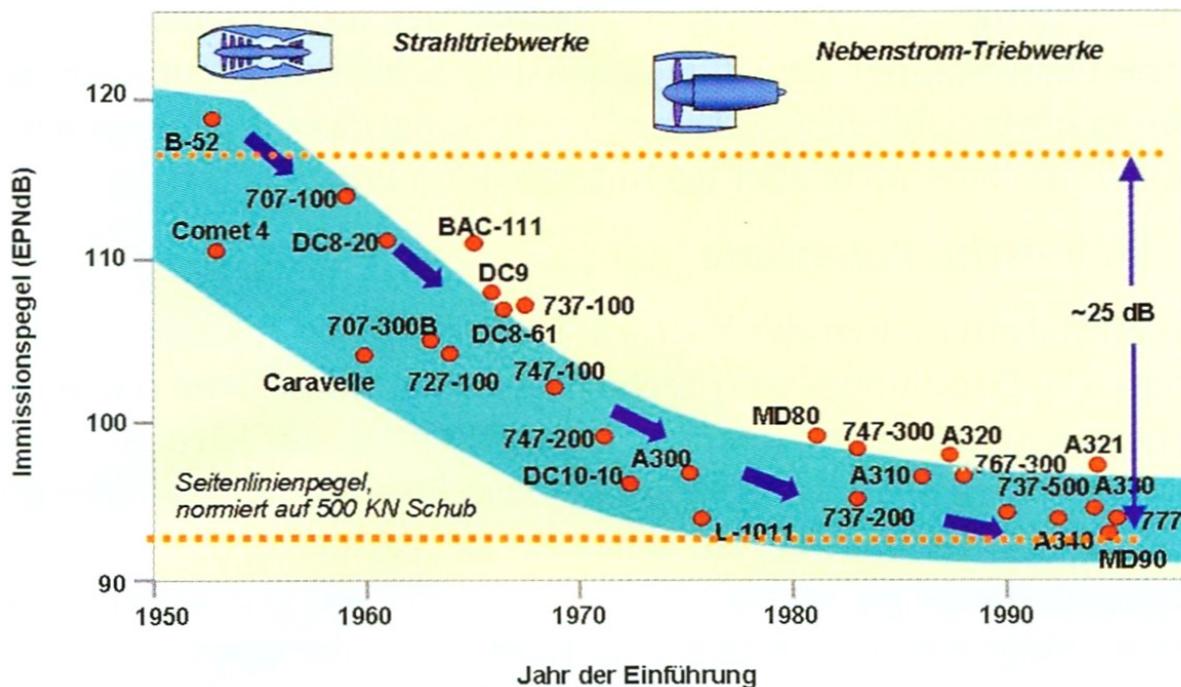


Abbildung 10: Entwicklung der Schallemissionen am Flugzeug seit 1950 [Leben mit Lärm, M. Kloepfer, 2006]

5 Minderungspotentiale

Im folgenden Kapitel sollen die Lärminderungspotentiale an der Quelle und am Immissionsort näher betrachtet werden. Es werden die drei Hauptverursacher von Verkehrslärm (Straßen-, Schienen-, Flugverkehr) abgehandelt. Man unterscheidet zwischen Minderungspotentialen an der Quelle und raumbezogenen. Die raumbezogenen Minderungspotentiale umfassen auch spezielle Baumaßnahmen, die im letzten Abschnitt dieses Kapitels abgehandelt werden.

Die raumbezogene Lärminderung kann in drei Handlungsoptionen zusammengefasst werden:

- Emissionsreduktion durch geräuschkindernde oder -steuernde Eingriffe in die Verkehrslage bzw. ihren Betrieb,
 - Emissionsarme technische Gestaltung der Verkehrsanlagen
 - Angepasste Netzplanung, Verkehrswege-Hierarchisierung und Verkehrslenkung
 - Verkehrsbetriebliche Maßnahmen und Verlagerung von Verkehren auf emissionsarme Verkehrsträger
- Immissionsreduktion durch räumliche Abstände, Funktionengliederung oder Maßnahmen im Transmissionsweg³,

³ Für die Errichtung neuer oder wesentlich zu ändernde Verkehrswege (öffentliche Straßen, Schienenwege) sind die §§ 41 und 50 BImSchG einzuhalten.

- Immisionsarme Trassen-, Routen- und Standortwahl für Verkehrsanlagen und -wege
- Angepasste Standortwahl für geräuschempfindliche und verkehrserzeugende Nutzungen
- Lärmschutzwände und -wälle, Tunnel und Überdeckungen, Geländeeinschnitte und dämme
- Reduktion der Geräuschempfindlichkeit betroffener Immissionsorte
 - Art der baulichen Nutzung
 - Organisation von Grundstück und Freibereich
 - Abschirmung am Immissionsort
 - Fassadenabschirmung und baulicher Schallschutz
 - Grundrissorientierung und Gebäudeorganisation

5.1 Straßenverkehr

Minderungspotentiale für die Schallabstrahlung ergeben sich zum einen aktiv am Fahrzeug und zum anderen passiv.

Am Fahrzeug direkt können folgende Maßnahmen getroffen werden: Kapselung, leisere Reifen, verbesserte Ansaug- und Abgasschalldämpfer und akustische Verbesserung von Getriebe- und Antriebsstrang. Eine Kapselung des Motorraums kann bei einem PKW bis zu 5 dB(A) Minderung, bei einem LKW mit Teilkapselung bis zu 3 dB(A) bringen. Weitere Maßnahmen, die getroffen werden können, wurden im Forschungsvorhaben 205 05 809 des Umweltbundesamtes „Ermittlung des weiteren Lärminderungspotentials bei Kraftfahrzeugen“ von H. Steven [24] ausgeführt.

Eine wesentliche Lärmquelle ist auch das Reifen-Fahrbahngeräusch. In höheren Gängen ab ca. 60km/h dominiert das Rollgeräusch, daher muss die Minderung dieses Geräusches höchste Priorität erhalten. Mit der EU-Reifengeräuschrichtlinie 2001/43/EG wurde ein erster Schritt in diese Richtung getan. Auch die Fahrbahndeckschicht ist ein Faktor an dem gearbeitet werden kann. Es gibt bereits den sogenannten Flüsterasphalt. Dieser ist empfohlen für einen Einsatz von höheren Geschwindigkeiten ab ca. 70 km/h. In Untersuchungen von S. Ullrich „Geräuschuntersuchungen im Prüfstand Fahrzeug/ Fahrbahn“ [25] konnten ähnliche Fahrbahndeckschichten wie der offenporige Asphalt entwickelt werden, die aber momentan nur unter großem Aufwand im Labor generiert werden können. Es zeichnet sich unter anderem ab, dass es für PKW und LKW unterschiedliche optimale Deckschichten gibt. So könnte für eine optimale Lärminderung der rechte Fahrstreifen auf Autobahnen mit der für LKW und der linke mit der für PKW idealen Fahrbahndeckschicht gebaut werden.

Auf Straßen mit hohen Geschwindigkeiten sind geräuschkindernde Fahrbahndeckschichten sehr wirksam. Im Stadtverkehr spielen die Fahrbahngegebenheiten jedoch keine große Rolle, sofern keine unregelmäßige Pflasterung mit großen Fugen vorhanden ist. Durch Austausch der Pflasterung durch Flüsterasphalt lässt sich eine Reduktion von bis zu 6 dB(A) erreichen. Der Zustand der Straße hat einen erheblichen Einfluss auf die Geräuschemission, defekte Dehnfugen, Schlaglöcher und Bodenunebenheiten erhöhen den Lärmpegel und die Unstetigkeit des Verkehrs.

Straßen sind dazu da Räume zu verbinden oder Flächen zu erschließen, sie können aber auch beides tun. Es lassen sich grundsätzlich 3 Typen von Straßen unterscheiden:

1. Fernverkehrsstraßen (Verbindungsfunktion)

DTV (Daily Traffic Value, Durchschnittliche Tägliche Verkehrsstärke) > 10000, LKW Anteil > 10%, $v > 50\text{km/h}$, z. B. Autobahnen

Bei Neuplanungen gibt es große Trassenspielflächen, und es gibt viele Möglichkeiten der anlagennahen Abschirmung durch Wände, Wälle, Überdeckungen, Tieferlegungen und geräuschkindernde Fahrbahnbeläge.

Lärmschutz an diesen Strecken ist einfach umsetzbar. Bei Neuplanung oder wesentlichen Änderungen legt die 16. BImSchV [26] die Grenzwerte für den Lärmschutz fest.

2. Städtische Hauptverkehrsstraßen und Ortsdurchfahrten klassifizierter Fernstraßen (Verbindungs- und Erschließungsfunktion)

Diese Straßen bilden einen Schwerpunkt straßenverkehrsbedingter Lärmkonflikte. Durch Ortsumgehungen können Entlastungen geschaffen werden. Transmissionsmindernde Maßnahmen sind nicht praktikabel und geräuschkindernde Fahrbahnkonstruktionen sind wegen der geringen Geschwindigkeiten nur wenig wirksam. Daher sind die Maßnahmen auf die Verkehrslenkung und die Minderung am Immissionsort beschränkt.

3. Erschließungsstraßen

nehmen nur den sogenannten gebietseigenen Verkehr auf. Lärmkonflikte sind dort selten und gibt es nur bei Fehlnutzungen, unbekanntem Verbindungsfunktionen und unangepassten Geschwindigkeiten.

Die Lärminderung durch Geschwindigkeitsbeschränkungen wird im Siedlungsraum meist durch hoctouriges oder unregelmäßiges Fahrverhalten kompensiert. So kann empirisch nicht nachgewiesen werden ob eine flächenhafte Einführung einer Geschwindigkeitsbegrenzung auf 30km/h auch eine Lärminderung bringt. Es kann aber eine Verbesserung des Verkehrsflusses erreicht werden und damit eine Verbesserung der Geräuschqualität. Die Untersuchung von Lionel Rey „Lärmtechnische Beurteilung von Verkehrsberuhigungsmassnahmen: Schwerpunkt Aufpflasterungen“ sagt, dass es in der Praxis oft nur eine Minderung von 1 bis 1,5 dB(A) gibt [27].

Nur im bestmöglichen Fall können bis zu 3 dB(A) erreicht werden.

Auf Fernverkehrsstraßen lassen sich Geräuscheffekte durch Geschwindigkeitsminderungen einfacher bewerten, da ab 70 km/h durch weniger Schaltvorgänge der Verkehr stetiger läuft. So bringt eine Geschwindigkeitsreduzierung von 130 km/h auf 100 km/h bei PKWs eine Pegelminderung von ca. 3 dB(A). Jedoch muss diese Reduzierung auch von den Fahrern akzeptiert werden. Bei hohem Schwerlastverkehrsanteil kann sich diese Minderung auch wieder aufheben.

Im Straßenverkehr können Fahrten nicht kontingentiert werden so, wie es im Flugverkehr möglich ist (Nachtflugverbot). Eine gezielte Verkehrslenkung im Siedlungsraum zusätzlich mit Netzmaßnahmen kann hingegen deutlich positiv auf die Lärmsituation wirken. So kann der Durchgangsverkehr auf konfliktarme Trassen geleitet werden, so dass empfindliche Bereiche nicht berührt werden (Direktanbindung von Gewerbegebieten an Fernverkehrsstraßen).

Beispielrechnung einer erfolgreichen Verkehrslenkung nach [5]

Prämissen: Hauptachse ist aufnahmefähig (Verkehrsfluss bleibt erhalten; Immissionsituation ist unkritisch), Gesamtverkehr bleibt gleich, LKW-Anteil auf der Nebenachse kann deutlich reduziert werden.

Ausgangssituation:

Hauptachse: DTV 30.000, 25% LKW

Nebenachse: DTV 9.000, 25% LKW

nach Lenkungsmaßnahme:

Hauptachse: DTV 36.000, 28% LKW +1 dB(A)

Nebenachse: DTV 3.000, 10% LKW -8 dB(A)

Ein Sonderfall der Netzplanung und Verkehrslenkung sind Entlastungsstraßen und Ortsumgehungen. Es müssen aber bestimmte Anforderungen erfüllt werden. Die Entlastungswirkung kann in der Praxis jedoch nicht immer erreicht werden weil:

- Verlagerungseffekte überschätzt werden (geringe Bereitschaft Umwege in Kauf zu nehmen oder Gewohnheiten zu ändern),
- zwar Pegelminderungen entstehen, diese aber die bestehenden Nutzungskonflikte nicht lösen,
- die entlasteten Achsen Neuverkehre anziehen – entlang der Entlastungsachsen wird jedoch nur der „Mindestschutz“ nach 16. BImSchV [26] gewährt (Gesamtbetroffenheit der Wohn- und Arbeitsbevölkerung u.U. höher als vor der Maßnahme),

- neue Entwicklungsbarrieren entstehen, die mittelfristig selbst Konflikte erzeugen,
- Erholungsfreiräume „verlärm“ werden (kein normativer Schutz für diese Gebiete!),
- der Schwerverkehr auf den Ortsdurchfahrten verbleibt, um das Ziel zu erreichen (Ziel- und Quellverkehr bestehender Gewerbe-, Sonder- und Kerngebiete).

Maßnahmen für einen flüssigen Verkehrsfluss können folgende sein: Kreisverkehr statt Lichtsignalanlagen, Verengung von Fahrstreifen, Einflechten der Verkehre (Fahrrad, Fußgänger) zur Verstärkung des Verkehrsflusses, Vermeiden von Störungen des Verkehrsflusses, Verringerung der Sichtweiten im Straßenraum und optische Verengungen. Leider ist die Diskussion über die Wirksamkeit dieser Maßnahmen problematisch, denn die RLS90 [28] beachtet nicht den Verkehrsfluss. Zudem können sich bei einer zu einseitigen Betrachtung auch Nachteile ergeben z.B. beim Ersatz von motorisiertem Individualverkehr durch laute Busse, oder beim Zulassen von Fahrrädern auf den Fahrbahnen kann es zu einem stockenden Verkehrsfluss kommen.

5.2 Schienenverkehr

Minderungspotentiale im Schienenverkehr sind primär durch Modernisierung der Bremsen – und damit durch Vermeidung der Riffelung – und durch Kapselung des Antriebs zu erreichen.

Das Forschungsprojekt AkQuaMa – Akustisches Qualitätsmanagement⁴ innerhalb des Forschungsverbundes „Leiser Verkehr“ – wurde für Schienenfahrzeuge im Schwerpunkt Antriebsgeräusche gefördert. Ergebnis des Projektes ist eine methodische Strategie, die die Einbringung notwendiger akustischer Optimierungen zu den richtigen Zeitpunkten ermöglicht und den ganzen Konzeptions- und Konstruktionsprozess an den richtigen Stellen überwacht [29].

Im Schema der Abb. 11 ist eine mögliche Vorgehensweise für das akustische Qualitätsmanagement dargestellt. Die wesentlichen Ziele des Konzepts sind folgende:

- Einbindung der Akustik in den Entwicklungsprozess, angefangen bei der generellen Konzeption bis hin zur Abnahmeprüfung, so dass notwendige akustische Optimierungen an den optimalen Stellen hinsichtlich Wirkung und Kosten berücksichtigt werden
- Integration der akustischen Problemstellungen in die Auslegung und Konstruktion von Schienenfahrzeugen und deren Komponenten
- Zuordnung einer höheren Priorität der Akustik bei der Festlegung der Entwicklungsziele
Transparenz akustischer Belange für Käufer und Hersteller eines Schienenfahrzeugs
- Akustisches Qualitätsmanagement als einen iterativen Prozess integrieren, d.h. Vorgehensschritte werden bis zur Zielerreichung wiederholt [29].

4 <http://www.leiserverkehr.de/web/de/projekte/akquama.html>

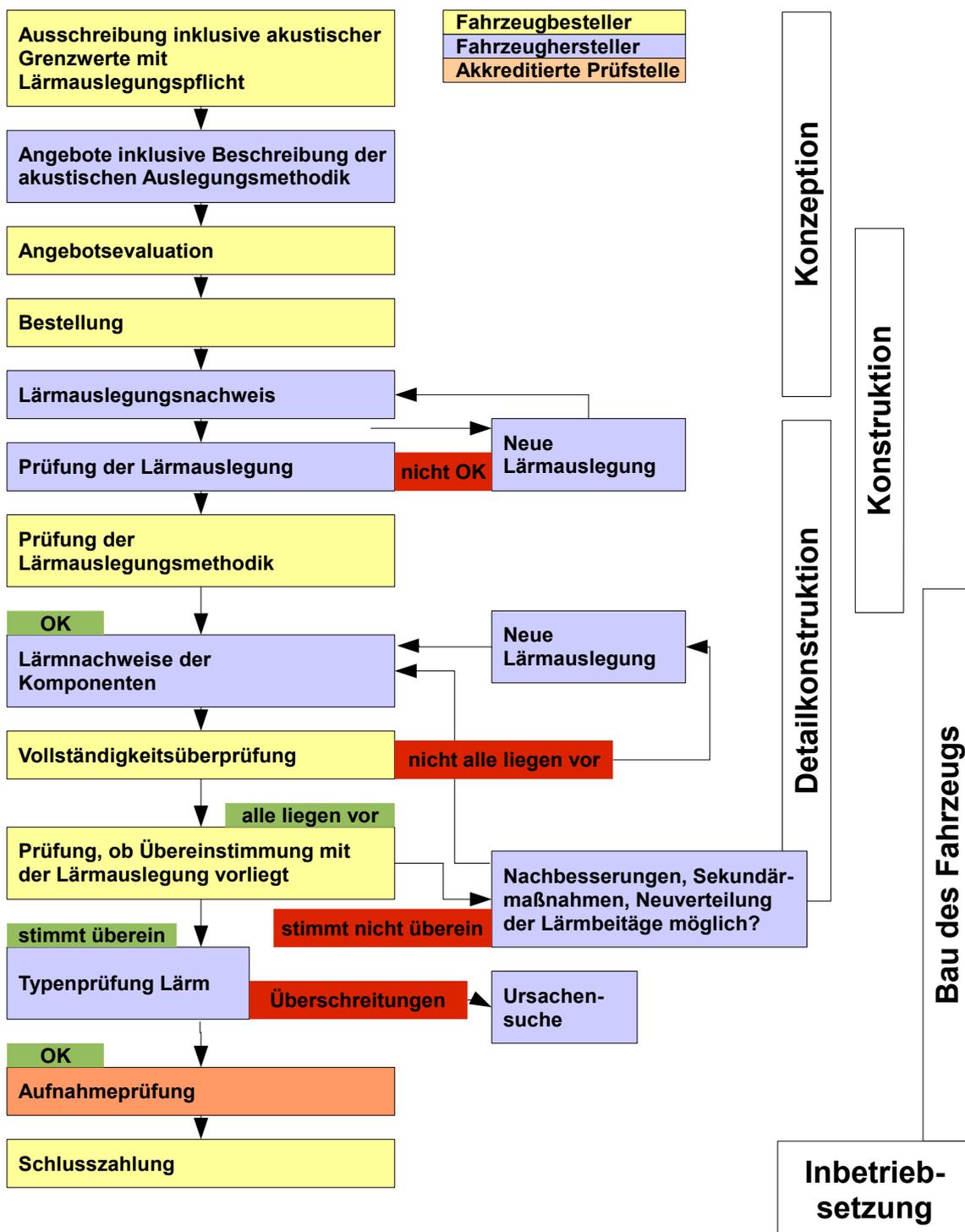


Abbildung 11: Akustisches Qualitätsmanagement zur Lärminderung im Antriebsfahrzeug [Lärmforschung im Forschungsprogramm Mobilität und Verkehr Leiser Verkehr]

Um Schienenlärm zu mindern, können Maßnahmen an der Quelle oder auf dem Ausbreitungsweg vorgenommen werden. Die Maßnahmen am Ausbreitungsweg sind sehr kostenintensiv, so betragen die Sanierungskosten der bisherigen Maßnahmen (aktive und passive) 700.000 € pro Gleiskilometer laut einer Studie des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (Stand 2005)

[30]. Wenn man hingegen an der Quelle die Pegel reduzieren würde, so könnten die Kosten reduziert werden.

Die Antriebsgeräusche lassen sich gut um einige dB reduzieren, so konnte innerhalb des Projektes „LowVent“⁵ eine Lüftungsanlage entworfen werden, die mehr als 8 dB leiser ist als übliche Lüftungsanlagen [29].

Das Rollgeräusch lässt sich selbst mit großem finanziellen Aufwand nicht beliebig reduzieren. Hier muss besonders darauf geachtet werden, dass die Aufrauung der Radoberflächen vermieden wird. Wenn man anstatt von Graugussklotzbremsen Kunststoffbremsklötze einsetzt, kann der Lärm um 11 dB reduziert werden. Eine noch bessere Alternative sind Scheibenbremsen, die wirken nicht auf der Radoberfläche und führen so nicht zur Aufrauung (Abb. 12). Eine weitere Möglichkeit der Pegelminderung ist das Schleifen der Schienen, diese kann selbst bei einer nicht veriffelten Schiene 3 dB Minderung bringen.

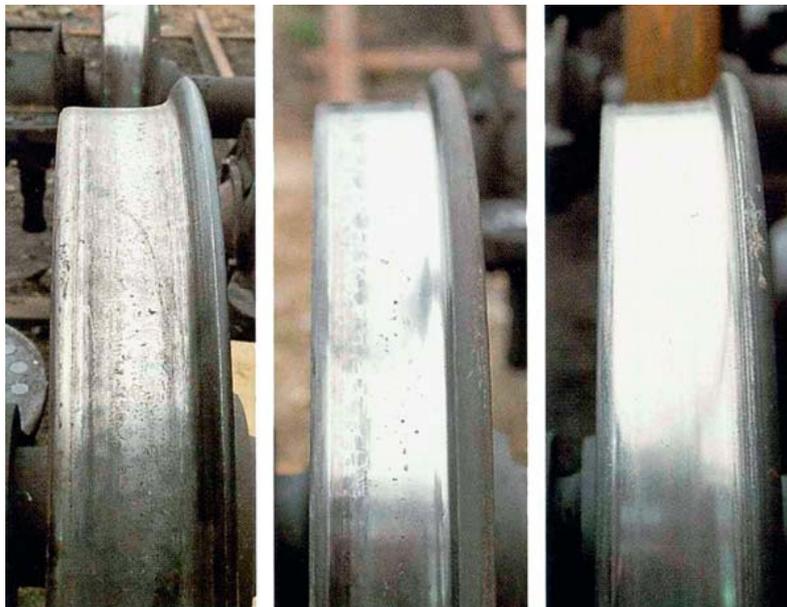


Abbildung 12: Radlaufflächen links - Graugussklotzbremse
mitte - Kunststoffbremsen rechts – Scheibenbremsen [Leben
mit Lärm, M. Kloepfer, 2006]

Güterwagen sind besonders laut, dies liegt an der alten Technik und an den verwendeten Grauklotzbremsen. Ein neues von Industrie- und Forschungseinrichtungen entwickeltes Güterwagendrehgestell soll leichter und zuverlässiger und vor allem wesentlich leiser sein. Mit einer Kombination aller Möglichkeiten kann eine Reduzierung von bis zu 18 dB(A) erreicht werden.

Ein anderes Reduzierungspotential lässt sich durch lärmoptimierte Betriebsweisen erreicht werden. In der Berechnung des L_{DEN} wird der Abend und die Nacht mit 5 dB bzw. 10 dB beaufschlagt. So

⁵ <http://www.leiserverkehr.de/web/projekte/lowvent.html>

könnte zum einen ein generelles Nachtfahrverbot für zu laute Wagen ausgesprochen werden, evtl. auch für den Abend. Zum anderen könnte eine lärmabhängige Höchstgeschwindigkeit eingeführt werden. Beide Betriebsweisen sind jedoch nicht sehr wirtschaftlich, deshalb ist eine akustische Optimierung unumgänglich, auch weil sich der Schienenverkehr in den nächsten Jahren verdreifachen wird. Weitere Ansätze für den künftigen Schienenverkehr (unter anderem mit den Zielen den Schienenverkehr leiser zu machen) sind auch in „A joint strategy for European rail research 2020 – towards a single European Railway System“ [31] beschrieben.

Auch das Schienenschleifen gehört zum lärmoptimierten Betrieb, jedoch dauert dies momentan mit ca. 3 – 5 km/h noch sehr lange. Mit dem Projekt SchleiV - Optimiertes Schleifverfahren HSG (High Speed Grinding) für Schienen⁶ innerhalb des Forschungsverbundes „Leiser Verkehr“ soll die Arbeitsgeschwindigkeit auf 120 km/h erhöht werden.

Zudem sollte der Einsatz von Hilfsaggregate der momentanen Notwendigkeit angepasst werden und deshalb abgeschaltet oder in einem niedrigerem Lärmniveau laufen. Diese Maßnahmen bringen zudem noch den Vorteil geringerer Betriebskosten, geringeren Verschleiß und geringerer Verschmutzung.

Beim Bau neuer Schienenwege bestimmen Mindestkurvenradien und kleine mögliche Steigungen die Streckenführung. Daher werden kleinräumige Umfahrungen empfindlicher Bereiche erschwert. Beim Schienenverkehr entfallen die beim Straßenverkehr üblichen Sicherheitsseitenabstände der Schallschutzeinrichtungen. Dies erleichtert die Installation von Lärmschutzwänden und verringert deren notwendige Höhe. Bei modernen Gleisbaukonstruktionen werden jedoch die Schienen auf Betonschwellen gebaut, durch die die Geräuscheigenschaften nachteilig begünstigt werden. Deshalb müssen diese aufwendig schallgedämmt werden.[5]

5.3 Flugverkehr

Im Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm [32] werden in §2 drei verschiedene Schutzzonen mit entsprechenden Maximalpegeln eingeführt. In einem Lärmschutzbereich dürfen Krankenhäuser, Altenheime, Erholungsheime und ähnliche in gleichem Maße schutzbedürftige Einrichtungen nicht errichtet werden. In den Tag-Schutzzonen des Lärmschutzbereichs gilt Gleiches für Schulen, Kindergärten und ähnliche in gleichem Maße schutzbedürftige Einrichtungen.

In den USA und Europa gibt es eine Vielzahl von Forschungs- und Technologieprogrammen zur Lärminderung bei Flugzeugen (USA: Quiet Aircraft Technology, Aircraft System's Technology; Europa: X-noise⁷ ist ein Gemeinschaftsprojekt zum Thema Aeroakustik u.a.)

6 <http://www.fv-leiserverkehr.de/lzut.htm>

7 <http://www.xnoise.eu/>

Innerhalb des *Advisory Council for Aeronautics Research in Europe* (ACARE) schätzen die Fachleute das Reduktionspotential auf 10-12 dB ein, das entspricht einer Halbierung der empfundenen Lautstärke und einem Rückgang der Schalleistung um 90% gegenüber den heute leisesten Maschinen [33].

Mit einer Vergrößerung der Triebwerke steigt das Nebenstromverhältnis und damit sinkt die Schubstrahlgeschwindigkeit und der entstehende Pegel. Ein positiver Nebeneffekt ist die Steigerung des Wirkungsgrades.

Eine weitere Möglichkeit ist die Lenkung des Flugverkehrs. Entsprechend der Topographie und der Besiedlungsstruktur können Starts und Landungen geplant werden. So können witterungs- und windkorrigierte Flugbahnen und Präzisionsflugbahnen die Lärmbelastung der Anwohner mindern (Abb. 13). Dies ist zwar keine direkte Geräuschkürzung, aber die Belastungszahlen sinken dadurch deutlich. Durch lärmoptimierte An- und Abflugverfahren können bis zu 12 dB Minderung erreicht werden, jedoch sind diese Verfahren noch in der Erprobung (LAnAb - Lärmoptimierte An- und Abflugverfahren innerhalb von „Leiser Verkehr“ [34]).

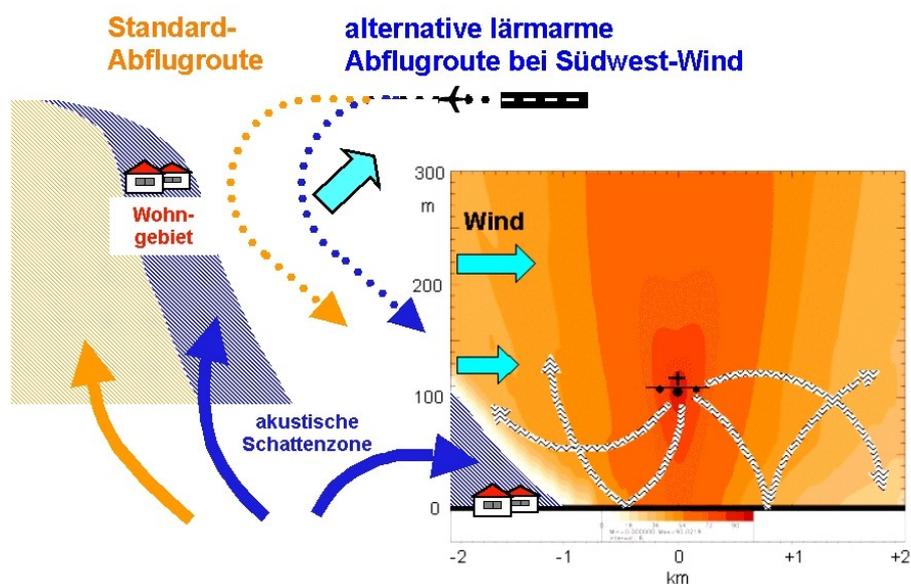


Abbildung 13: Lärmoptimierte Anflugverfahren, Grundprinzip der Wahl einer geräuscharmen Flugroute (blau) unter Berücksichtigung natürlicher Schalldämpfung in der Atmosphäre. [Zusammenfassender Schlussbericht Lärmoptimierte An- und Abflugverfahren (LAnAb)]

In Kapitel D 7.3.3 im Buch „Leben mit Lärm“ wird über den Handlungsspielraum im Flugverkehr eingeschätzt: „Die Bewältigung von Fluglärmbelastungen bewegt sich in einem Spannungsfeld

unzureichender rechtlicher Rahmensetzung, geringer praktischer Handlungsmöglichkeiten und unzureichender Verfahrensgestaltung. Aus fachlicher Sicht sind folgende Möglichkeiten zur Minderung bzw. gezielter Verteilung von Fluglärm denkbar:

- Emissionsreduktion durch Einsatz lärmarmen Flugzeuge (ggf. durch emissionsabhängige Staffelung von Landegebühren) und Flugverfahren sowie begrenzender Kontingentierung (ggf. auch zeitlicher Begrenzung) der Flugbewegungen,
- Optimierung der Belastungsverteilung und -intensität im Raum durch gezielte Führung und Belegung von Flugrouten,
- Regelung der baulichen Nutzung in Belastungsgebieten,
- passiver Schallschutz in Belastungsgebieten.“

Die möglichen Emissionsreduktionen an der Quelle wurden bereits in Kapitel 4.3 besprochen.

5.4 Lärminderungspotentiale durch Baumaßnahmen

Man unterscheidet zwischen aktiven und passiven Schallschutz bei Baumaßnahmen.

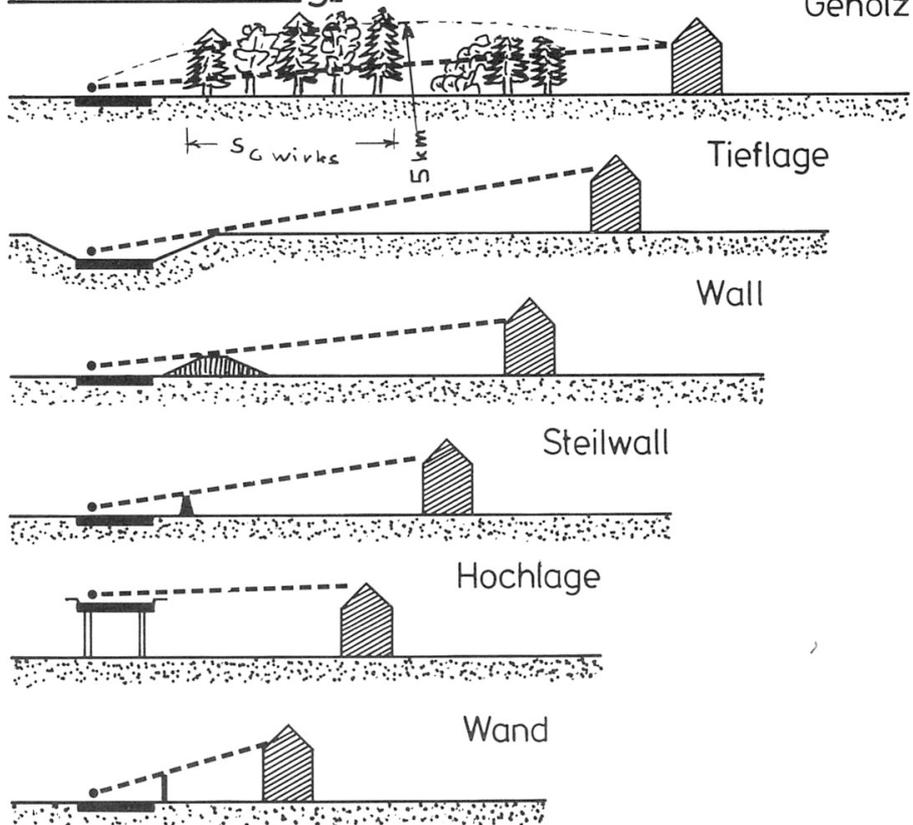
Aktiver Schallschutz durch Lärmschutzbauwerke kommen bei der Lärmsanierung, beim Ausbau von Verkehrswegen und beim Neubau in Ballungsräumen zum Tragen. Es lassen sich folgende Bauformen unterscheiden:

- Auftragende Bauwerke entlang der Verkehrswege: Erdwälle, Steilwälle, Wände.
- Einhausende Bauwerke: Überdeckungen, Teilüberdeckungen, Galerien.
- Hoch- und Tieflagen von Verkehrswegen: Hochstraßen, Tröge und die Vollabschirmung im Gebäude durch Tunnel.

1. Abstandsvergrößerung



2. Abschirmung



3. Abkapselung



Maßnahmen zur Minderung der Schallimmission

Abbildung 14: Beispiele für bauliche Maßnahmen zur Lärminderung [Handbuch für LÄRMSCHUTZ an Straßen und Schienenwegen, Karl Krell, 1990]

Erdwälle werden oft in weniger dicht besiedelten Gebieten eingesetzt, denn für ihren Bau braucht man eine ausreichend große Grundfläche. Da die Beugungskanten eines Walls mit wachsender Höhe immer weiter vom Verkehrsweg abrücken, nimmt die Steigerung der Schirmwirkung mit der Wallhöhe degressiv zu. Durch einen Wall kann deshalb eine maximale Pegelminderung von

14 dB(A) erreicht werden. Mit Hilfe der in Abschnitt 2.2 aus dem Handbuch für Lärmschutz an Straßen und Schienenwegen [35] wiedergegebenen Verfahren lassen sich Berechnungen der Schirmwirkungen durchführen. Die Baukosten für Erdwälle sind sehr gering und laut der „Statistik des Lärmschutzes an Bundesfernstraßen“ 2006 und 2007 ([36], [37]) betragen sie für 1 m³ Lärmschutzwall:

1978 – 2007	2006	2007
7 €/m ³	7 €/m ³	5 €/m ³

Tabelle 1: Kosten für Lärmschutzwälle pro m³ [Statistik des Lärmschutzes an Bundesfernstraßen, 2006 und 2007]

Für die wirksame Abschirmfläche in Abhängigkeit von der Wallhöhe ergeben sich einschließlich Grunderwerb folgende Kosten:

Wallhöhe	2006	2007
4 m	49 €/m ²	35 €/m ²
6 m	70 €/m ²	50 €/m ²
8 m	91 €/m ²	65 €/m ²

Tabelle 2: Kosten für wirksame Abschirmfläche pro m² für Lärmschutzwälle [Statistik des Lärmschutzes an Bundesfernstraßen, 2006 und 2007]

Wälle passen sich gut in die Umgebung ein und können nach dem Bau sich selbst überlassen werden. Zusätzlich können auf ihnen z. B. Radwege gebaut werden. Nachteile der Lärmschutzwälle sind, dass sie bei gleicher schalltechnischer Wirksamkeit höher sein müssen als Lärmschutzwände.

Steilwälle werden dort eingesetzt wo die Grundfläche beschränkt ist. Mit ihnen lässt sich eine Pegelminderung von bis zu 10 dB(A) erreichen. Sie bestehen aus Betonelementen mit einem Erdkern. Die durchschnittlichen Baukosten für Steilwälle (5 m Höhe) betragen im Jahr 2006 242 €/m² und im Jahr 2007 210 €/m².



Abbildung 15: Steilwall von Greenwall® System (<http://www.hlb-gmbh.de/greenwall.htm>)
 Die GREENWALL Elementmauer ist eine aufgelöste Raumgitterkonstruktion aus vorgefertigten Stahlbetonelementen. Die Ansichtsflächen, der mit Erdreich verfüllten und verdichteten Stahlbetonelemente, gestatten eine üppige und dem Standort angepasste Bepflanzung.

Wände können aus Beton, Glas, Holz, Metall und deren Kombinationen konstruiert werden. Sie werden wegen ihres geringen Flächenbedarfs und ihrer flexiblen Anpassbarkeit oft in dicht besiedelten Bereichen eingesetzt. Hohe und lange Schallschutzwände können Pegelminderungen bis zu 15 dB (A) bewirken. Da die Wandhöhe aber aus ästhetischen und anderen Gründen auf etwa 4 m beschränkt ist, ergibt sich eine maximale Pegelminderung von 12 dB (A). Die genaue Minderung kann wiederum mit den in Abschnitt 2.2 aus dem Handbuch für Lärmschutz an Straßen und Schienenwegen [35] wiedergegebenen Verfahren ermittelt werden. In den Jahren 2006 und 2007 kosteten Lärmschutzwände aus den verschiedenen Materialien ([36], [37]):

Material	2006	2007
Beton	227 €/m ²	256 €/m ²
Holz	232 €/m ²	258 €/m ²
Aluminium	245 €/m ²	285 €/m ²
transparenten Materialien	448 €/m ²	602 €/m ²

Tabelle 3: Kosten für Lärmschutzwände aus verschiedenen Materialien [Statistik des Lärmschutzes an Bundesfernstraßen, 2006 und 2007]



Abbildung 16: Über die Autobahn 7 sollen auf Hamburger Stadtgebiet drei Deckel gebaut werden (rote Flächen). Zwischen den Deckeln werden Lärmschutzwände (rote Linien) errichtet. [Hamburger Abendblatt, Hasse, 2009]

gebaut. Unten ist von der Straße nichts zu sehen und zu hören. Jedoch müssen die Häuser gegen die vom Verkehr entstehenden Schwingungen isoliert werden.

Bei **Tieflogen** liegt die Verkehrsstrecke unterhalb des Immissionsortes. Die Abgrenzung kann durch eine Böschung oder durch Stützwände geschehen. Gerade wenn die schutzbedürftigen Bebauung nah an den Tieflogen liegt, werden Stützwände eingesetzt, welche zumeist schallhart sind. Dadurch kann es innerhalb des Troges zu Mehrfachreflexionen kommen die den Emissionspegel noch

Mit **Einhausungen** werden alle baulichen Vorrichtungen bezeichnet, die eine Lärmquelle umgeben, um vor allem Lärm zu verringern. Die Pegelminderungen, die erreicht werden sollen, betragen mehr als 15 dB (A), ohne die Nachteile eines geschlossenen Tunnels in Kauf nehmen zu müssen. Es werden hierfür z.B. bestimmte Bahnstrecken und Straßenteilstücke mit lärm-dämmenden Konstruktionen umbaut und sind sehr kostenintensiv.

In Hamburg gibt es im Jahr 2009 ein Beispiel für eine solche Einhausung. Dort sollen auf insgesamt 3,7 km „Deckel“ auf die Autobahn A7 gebaut werden. Dadurch soll die hohe Lärmbelastung von bis zu 75 dB(A) deutlich verringert werden. Dies soll an den drei Stellen Othmarschen/ Bahrenfeld, Stellingen und Schnelsen durchgeführt werden. Auf dem Deckel sollen Kleingärten, Spielflächen und Parkanlagen entstehen (insgesamt ca. 25 Hektar). Die Kosten werden auf ca. 430 Millionen Euro geschätzt.

Hochlagen sollten deutlich über schutzbedürftigen Immissionsorten liegen. Es gibt die Möglichkeiten, die Hochlage als Brücke oder Hochstraße auszuführen, wobei diese durch Schwingungen (Brücken) und steile Anschlusswege (Hochstraßen) erhöhte Emissionen nach sich ziehen können. In Japan gibt es eine besondere Art der Hochlage. Dort wurde die Straße auf das Dach einer Hauszeile

erhöhen. Dies kann jedoch durch schallabsorbierende Verkleidung verringert werden. Tiefanlagen können auch noch einige andere Nachteile haben. Sie können Probleme verursachen wenn das Gebäude in das Grundwasser eintaucht und somit den Grundwasserfluss beeinträchtigt. Oder Niederschlags- und Oberflächenwasser können in diese Bauten eindringen und zusätzliche Betriebskosten entstehen [35].

Tunnel sind, wenn es auf die Pegelminderung ankommt, am besten geeignet. Jedoch muss wie bei den Tiefanlagen auf das Grundwasser geachtet werden. Auch sind die Bau- und Betriebskosten sehr hoch.

Zum passiven Lärmschutz gehören:

- Abschirmeinrichtungen auf dem immissionsbetroffenen Grundstück bzw. auf Nachbargrundstücken im Nutzungsverbund,
- Grundrissorganisation mit Orientierung empfindlicher Nutzungsflächen auf geringer belastete Richtungen,
- Schutz von Gebäudeinnenräumen durch bauliche Maßnahmen an der Gebäudehülle (Schallschutzfenster, bauliche Schalldämmung),
- Kombinationen aus den genannten Maßnahmen.

Schallschutzfenster werden gemäß der Richtlinien für den „Verkehrslärmschutz an Bundesfernstraßen in der Baulast des Bundes“ (VLärmSchR 97 als Erweiterung der 16. BImSchV) gefördert. Je nachdem wie hoch die Belastung im Innenraum ist, wird eine Maßnahme getroffen. Bei Pegeln von 55 – 60 dB(A) werden Lüfter eingebaut. Steigt der Pegel auf über 60 dB(A) werden Schallschutzfenster eingebaut. Die Kosten für die eingebauten Lüftungseinrichtungen betragen im Jahr 2006 500 € (bei 1937 verbauten Anlagen) und im Jahr 2007 498 € (bei 2593 verbauten Anlagen). In Deutschland werden Lärmschutzfenster aus Holz, Kunststoff und Metall eingebaut. Tabelle 4 zeigt die Kosten für Fenster aus den verschiedenen Werkstoffen:

Material	1978 - 2007	2006	2007
Holz	427 €/m ²	617 €/m ²	627 €/m ²
Kunststoff	353 €/m ²	418 €/m ²	503 €/m ²
Metall	446 €/m ²	633 €/m ²	699 €/m ²
Durchschnitt	380 €/m ²	472 €/m ²	549 €/m ²

Tabelle 4: Kosten für Lärmschutzfenster aus verschiedenen Werkstoffen [Statistik des Lärmschutzes an Bundesfernstraßen, 2006 und 2007]

Eine weitere Möglichkeit ist die Gebäudeplanung und die Grundrissgestaltung. Dabei werden die

Gebäude längs zum Straßenverlauf gebaut. So wirken sie als Schutzschirm, und auf der Rückseite der Gebäude sind die Pegel wesentlich geringer. Auf der straßenzugewandten Seite des Gebäudes befindet sich dann die so genannte „laute Fassade“ auf der straßenabgewandten Seite die „leise Fassade“. In den Häusern direkt an der Straße sind meist Gewerbe ansässig, da diese nicht die Ruhe beanspruchen, wie sie in Wohnungen vorhanden sein sollte. Befinden sich in den Gebäuden an der Straße Wohnungen, kann die nötige Schaffung von Ruhezeiten durch eine Grundrissorganisation erreicht werden. Dabei werden die schützenswerten Räume, wie z.B. Schlafzimmer und Wohnzimmer an die „leise Fassade“ gelegt. Die Küche und das Bad können an die „laute Fassade“ gelegt werden. Entsprechendes lässt es sich auch innerhalb eines Hauses organisieren. Dann werden die Ruhezeiten entkoppelt vom Nachbarn geplant.

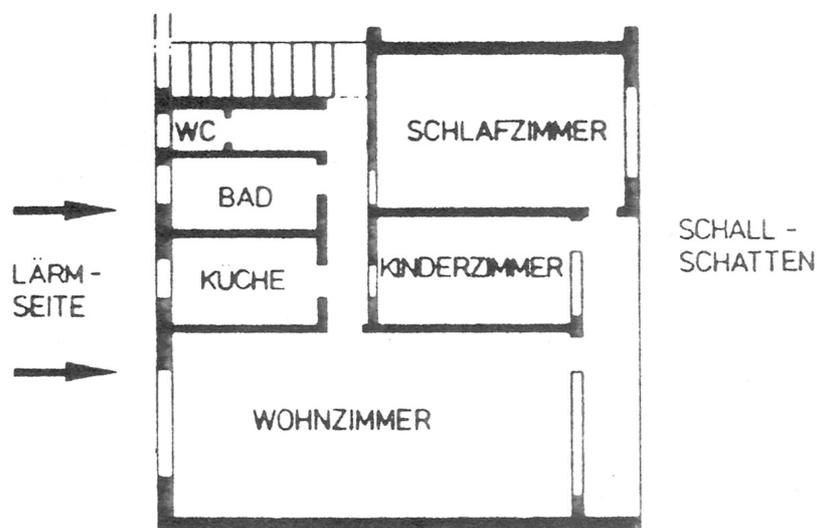


Abbildung 17: Beispiel eines Wohnungsgrundrisses - links befindet sich die Lärmseite, rechts der Schallschatten [Handbuch für LÄRMSCHUTZ an Straßen und Schienenwegen, Karl Krell, 1990]

6 Umgebungslärmrichtlinie

Die „Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über die Bewertung und die Bekämpfung von Umgebungslärm“ (Umgebungslärmrichtlinie (UL-RL) 2002/49/EG [38]) trat am 18. Februar 2002 mit der Veröffentlichung im Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften in Kraft. Sie ist eine Rahmenrichtlinie und dient als Instrument der Lärmreduzierungsplanung, sie hat nicht den Charakter eines Lärmbekämpfungsgesetzes.

Die EG hat sich bis 1996 beim Lärmschutz um die Reduzierung von Emissionen gekümmert und sich bei den produktbezogenen Emissionsvorschriften engagiert. Die letzte Vorschrift zu den Emissionen ist die 2000/14/EG, die so genannte Outdoor Richtlinie [39]. Mit dem Grünbuch

„Künftige Lärmschutzpolitik“ [40] von 1996 nahm die Europäische Gemeinschaft Abstand von der alleinigen Bekämpfung der Emissionen und konzentrierte sich statt dessen auf die Reduktion der Immissionen. Die Ziele des Grünbuches waren und sind:

- die Lärmschutzpolitik in der EG soll eine höhere Priorität erhalten
- ein gemeinsames Lärmbewertungsverfahren soll entwickelt werden
- Lärmbelastungsgrößen sollen festgelegt werden
- die Öffentlichkeitsarbeit soll verbessert werden
- der Lärm an der Quelle soll weiter reduziert werden.

Das Ergebnis des durch das Grünbuch initiierten innereuropäischen Konsultationsprozesses ist die Umgebungslärmrichtlinie (UL-RL 2002/49/EG) [38]. Sie ist der erste Versuch, auf europäischer Ebene harmonisierte Schallimmissionsregelungen zu vereinbaren. Im Rahmen der stärkeren Konzentration auf die Immissionen wurde es als nicht ausreichend betrachtet, die Quellen der Immissionen zu charakterisieren, sondern in den Fokus traten die Höhe der Immissionsbelastungen in einem bestimmten Gebiet. Das Weißbuch der Europäischen Kommission vom 12. September 2001: „Die Europäische Verkehrspolitik bis 2010: Weichenstellungen für die Zukunft“ [41] konzentriert sich auf die Verkehrspolitik und lässt dabei den Flugverkehr außer Acht. Im Weißbuch sind immer wieder die Hinweise zu finden, dass die Lärmemissionen verringert werden müssen.

6.1 Aufbau und Grundlagen der Umgebungslärmrichtlinie

Im Folgenden soll die Struktur der Umgebungslärmrichtlinie (UL-RL) [38] erläutert werden. Der Aufbau ist wie folgt: In den Artikeln 1-3 werden die Ziele, der Anwendungsbereich und die Begriffe definiert. Artikel 4 klärt die Anwendung und Zuständigkeit, in Artikel 5 und 6 werden die Lärmindizes und die Bewertungsmethoden bestimmt. Artikel 7-9 legen die Rahmenbedingungen fest für die Erstellung von strategischen Lärmkarten und Aktionsplänen sowie Methoden in welcher Form die Öffentlichkeit informiert werden muss. Die Artikel 10-16 enthalten die Zeitvorgaben, Überprüfungs- und Mitteilungspflichten für die Mitgliedsstaaten und für die Kommission sowie verfahrenstechnische Vorgaben.

Mit der UL-RL soll die Belästigung durch Umgebungslärm verhindert oder gemindert werden und dort, wo es möglich ist, sollen vorbeugende Maßnahmen ergriffen werden. Im Einzelnen ist folgender Maßnahmenkatalog vorgesehen:

- Ermittlung der Belastung durch Umgebungslärm anhand von Lärmkarten, nach für die Mitgliedsstaaten gemeinsamen Bewertungsmethoden;
- Sicherstellung der Informationen der Öffentlichkeit über Umgebungslärm und seine Auswirkungen;

- auf Grundlage der Ergebnisse von Lärmkarten Annahme von Aktionsplänen durch die Mitgliedsstaaten mit dem Ziel, den Umgebungslärm so weit erforderlich und insbesondere in Fällen, in denen das Ausmaß der Belastung gesundheitsschädliche Auswirkungen haben kann, zu verhindern und zu mindern und die Umweltqualität in den Fällen zu erhalten, in denen sie zufrieden stellend ist.

Zu beachten ist, dass in der UL-RL nur Umgebungslärm betrachtet wird. Sie gilt nicht für Lärm, der von den Menschen selbst verursacht wird (auch in der Wohnung), Nachbarschaftslärm, Lärm am Arbeitsplatz und in Verkehrsmitteln sowie Lärm, der von militärischen Tätigkeiten herrührt. Sie konzentriert sich auf Straßen-, Schienen-, Flugverkehrs- und Industrielärm.

Den Mitgliedsstaaten ist es selbst überlassen, ob sie die Lärmindizes, die im folgenden Abschnitt beschrieben werden, durch Berechnung oder Messung bestimmen. Für Prognosen kommt nur die Berechnung der Lärmindizes infrage (vgl. Anhang II, UL-RL).

6.2 Lärmindizes der Umgebungslärmrichtlinie

In der UL-RL werden vier Lärmindizes definiert. Der Taglärindex (L_{day}) soll die Belästigung während des Tages, der Abendlärindex (L_{evening}) die Belästigung am Abend und der Nachtlärmindex (L_{night}) die Lärmbelastung in der Nacht charakterisieren. Sie alle sind A-bewertete äquivalente Dauerschallpegel gemäß ISO 1996-2: 1987, deren Beurteilungszeitraum ein Jahr beträgt und die Bestimmungen an allen Kalendertagen am Tag, Abend bzw. Nacht erfolgen. Der kombinierte Tag-Abend-Nachtlärmindex (L_{den}) für die integrierte Belästigung berechnet sich aus

einer Kombination der drei Indizes:
$$L_{\text{den}} = 10 \cdot \log \frac{1}{24} \left(12 \cdot 10^{\frac{L_{\text{day}}}{10}} + 4 \cdot 10^{\frac{L_{\text{evening}} + 5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_{\text{night}} + 10}{10}} \right) \text{ dB}$$

Die letzten beiden Ausdrücke in der Formel zeigen, dass die besonders schützenswerten Zeiträume am Abend und in der Nacht mit Zuschlägen versehen sind. Ebenfalls werden die Zeiträume für die verschiedenen Tagesabschnitte festgelegt: Die Dauer des Tages umfasst 12 Stunden, die des Abends 4 Stunden und die der Nacht 8 Stunden. Die Mitgliedsstaaten können den Abend um eine oder zwei Stunden kürzen und den Tag und/ oder den Nachtzeitraum entsprechend verlängern. Auch der Tagesanfang (und damit der Anfang des Abends und der Nacht) kann von den Mitgliedern individuell festgelegt werden. Sollten die Zeiten nicht anders bestimmt werden, so gelten die Standardzeiten: 7.00-19.00, 19.00-23.00 und 23.00-7.00 Uhr Ortszeit.

In Deutschland gelten folgende Zeiträume für die tageszeitlichen Lärmindizes; L_{day} : 6.00-18.00 Uhr, L_{evening} : 18.00-22.00 Uhr und L_{night} : 22.00-6.00 Uhr.

6.3 Zeitliche Vorgaben zur nationalstaatlichen Umsetzung der Umgebungslärmrichtlinie

Nach Artikel 14 der UL-RL waren die Mitgliedsstaaten verpflichtet bis zum 18. Juli 2004 die Rechts- und Verwaltungsvorschriften in eine nationale Vorschrift umzusetzen und diese an die Kommission weiterzuleiten. In Deutschland wurde dieser Verpflichtung durch das „Gesetz zur Umsetzung der EG-Richtlinie über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm“ vom 24. Juni 2005 [42] mit einer knapp einjährigen Verspätung Rechnung getragen.

Bis zum 30. Juni 2005 mussten die Ballungsräume mit mehr als 250.000 Einwohnern, Hauptverkehrsstraßen mit einem jährlichem Verkehrsaufkommen von mindestens 6 Millionen Kraftfahrzeugen, Haupteisenbahnstrecken mit einem Verkehrsaufkommen von über 60.000 Zügen pro Jahr und die Großflughäfen mit einem Verkehrsaufkommen von über 50.000 Flugbewegungen pro Jahr von den Mitgliedsstaaten benannt werden.

Für diese Orte mussten bis zum 30. Juni 2007 strategische Lärmkarten mithilfe von harmonisierten Bewertungsmethoden erstellt und bei der Kommission eingereicht werden. Gleichzeitig soll die Öffentlichkeit über den Stand der Belastung informiert werden. Denn auch sie soll an der Erstellung von Aktionsplänen mitarbeiten. Diese Pläne müssen dann bis zum 18. Juli des folgenden Jahres eingereicht werden.

Lärmkarten für Ballungsräume mit mehr als 100.000 Einwohnern, Hauptverkehrsstraßen mit einem Verkehrsaufkommen von mehr als 3 Millionen Kraftfahrzeugen pro Jahr und Haupteisenbahnstrecken mit einem Verkehrsaufkommen von über 30.000 Zügen pro Jahr müssen 5 Jahre später erstellt werden, das heißt bis zum 30. Juni 2012. Und die dazugehörigen Aktionspläne bis zum 18. Juli des darauf folgenden Jahres.

Alle fünf Jahre erfolgt eine Neuberechnung und Neuaufstellung der Karten und Pläne.

Die Vorgaben sind in Tabelle 5 zusammen gefasst.

Gebiet	Lärmkarten bis	Aktionspläne bis
Ballungsräume > 250.000 EW Hauptverkehrsstraßen > 6 Mio. Kfz/ Jahr Haupteisenbahnstrecken > 60.000 Züge/ Jahr Großflughäfen > 50.000 Bewegungen/ Jahr	30. Juni 2007	18. Juli 2008
Ballungsräume > 100.000 EW Hauptverkehrsstraßen > 3 Mio. Kfz/ Jahr Haupteisenbahnstrecken > 30.000 Züge/ Jahr	30. Juni 2012	18. Juli 2013

Tabelle 5: Zeitvorgaben für die Umsetzung der UL-RL

6.4 Umsetzung der Umgebungslärmrichtlinie in Deutschland

Wie eingangs schon erwähnt, wurde im deutschen „Gesetz zur Umsetzung der EG-Richtlinie über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm“ vom 24. Juni 2005 [42] die folgende Änderung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (BImSchG [43]) beschlossen: „Aus dem vorherigen Teil fünf ‚Überwachung und Verbesserung der Luftqualität, Luftreinhalteplanung, Lärminderungspläne‘ wird das Komma und ‚Lärminderungspläne‘ gestrichen, in den Angaben zum Teil fünf wird der §47a ‚Lärminderungspläne‘ gestrichen, es wird ein neuer sechster Teil ‚Lärminderungsplanung‘ eingeführt mit den Paragraphen 47a – 47f, die bisherigen Teile sechs und sieben werden zu den Teilen sieben und acht.“

Auf dieser Grundlage wurde am 15. März 2006 die „Vierunddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Lärmkartierung - 34. BImSchV [44])“ vom Bundesgesetzblatt veröffentlicht. Sie enthält Definitionen der zu verwendenden Lärmindizes, macht Aussagen zur Datenerhebung und Datenübermittlung, gibt detaillierte Angaben über die auszufertigenden Lärmkarten und deren Übermittlung als auch zur Information der Öffentlichkeit.

Am 22. Mai 2006 veröffentlichte der Bundesanzeiger die „Vorläufigen Berechnungsverfahren für den Umgebungslärm“ für die verschiedenen Arten von Emissionen:

- Vorläufige Berechnungsmethode für den Umgebungslärm an Straßen (VBUS [45])
- Vorläufige Berechnungsmethode für den Umgebungslärm an Schienenwegen (VBUSch [46])
- Vorläufige Berechnungsmethode für den Umgebungslärm an Flugplätzen (VBUF [47])
- Vorläufige Berechnungsmethode für den Umgebungslärm durch Industrie und Gewerbe (VBUI [48])

Zusätzlich wurde die „Vorläufige Berechnungsmethode zur Ermittlung der Belastetenzahlen durch Umgebungslärm (VBEB[49])“ veröffentlicht.

Auf der 112. Sitzung der Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz verabschiedeten die Teilnehmer und Teilnehmerinnen zusätzliche „Hinweise zur Lärmkartierung“. Diese Hinweise sollen die Rechtsvorschriften inhaltlich erläutern und – sofern nach den geltenden Rechtsvorschriften Interpretations- oder Ermessensspielräume für den Vollzug bestehen – eine einheitliche Auslegung und Durchführung der §§ 47a - f BImSchG und der 34. BImSchV durch die Gemeinden oder die nach Landesrecht zuständigen Behörden gewährleisten.

Um die geforderten Aktionspläne bearbeiten zu können, mussten zuerst Auslösekriterien bestimmt

werden, bei deren Vorliegen die Aktionspläne umzusetzen sind. Das Umweltbundesamt hat im März 2006 ein Positionspapier zu Auslösekriterien zur Lärmaktionsplanung herausgegeben; „Richtlinie über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm - Auslösekriterien für die Lärmaktionsplanung“ [50]. Darin wird ein Vorgehen in zwei Stufen vorgeschlagen:

- 1. Phase: $L_{den}/L_{night} \geq 65/55$ dB(A)
- 2. Phase: $L_{den}/L_{night} \geq 60/50$ dB(A)

Als Kriterium für die Umsetzung eines Aktionsplanes wird die Überschreitung einer der beiden Werte, des 24-Stunden-Wertes L_{den} oder des Nachtwertes L_{night} , angesehen.

7 Lärmkartierung in Deutschland

7.1 Aktuelle Umsetzung der Lärmkartierung

Laut Anhang II der UL-RL ist es den Mitgliedsstaaten freigestellt, ob sie ihre Lärmkarten mit entsprechenden Programmen berechnen oder diese durch Messung erstellen.

Bei der Berechnungsmethode können, sollten einzelstaatliche Methoden zur Bestimmung von Langzeitschallindizes vorhanden sein, diese verwendet werden. Sie sollten aber den Lärmindizes der UL-RL angepasst werden. Dies bedeutet eine Einführung eines getrennten Abendzeitraumes und eines für das Jahr berechneten Mittelwerts. Außerdem müssen einige Berechnungsmethoden so geändert werden, dass die Reflexion an Fassaden nicht mehr berücksichtigt wird.

Im Anhang II der UL-RL werden aber auch einige vorläufige Berechnungsmethoden empfohlen für die Länder, die bisher keine einzelstaatlichen Berechnungsmethoden festgelegt haben oder eine andere einführen wollen. Das ist für den Industrie- und Gewerbelärm die ISO 9613-2: „Akustik – Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien – Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren“. Für den Fluglärm ist die ECAC/CEAC Doc. 29 „Report on Standard Method of Computing Noise Contours around Civil Airports“ [51] empfohlen. Für den Straßenverkehrslärm wurde die französische Berechnungsmethode empfohlen: „NMPB-Routes-96 (SETRA-CERTU-LCPC-CSTB)“ [52]. Für den Schienenverkehrslärm wurde die niederländische Berechnungsmethode empfohlen, die in der „Reken- en Meetvoorschrift Railverkeerslawaaai '96, Ministrie Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 20 November 1996“ [53] niedergelegt ist.

Sollte ein Mitgliedsstaat für seine Messungen seine eigene offizielle Messmethode anwenden, so muss diese den Lärmindizes und gemäß den Grundsätzen für die zeitlich gemittelten Messungen nach ISO 1996-2: 1987 [54] und ISO 1996-1: 1982 [55] angepasst werden. Wenn keine

Messmethode vorhanden ist oder eine andere Methode angewendet werden soll, so kann die auf der Grundlage der beiden vorher genannten ISO Vorschriften neu eingeführt werden.

Deutschland hat sich entschieden, alle Lärmkarten zu berechnen. Dazu können beispielsweise folgende Programme eingesetzt werden: CadnaA von der Firma DataKustik, IMMI von der Firma Wölfel, LimA von der Stapelfeldt Ingenieurgesellschaft mbH und SoundPLAN von der Firma Braunstein + Berndt GmbH.

CadnaA	DataKustik GmbH Gewerbering 5 86926 Greifenberg Deutschland
IMMI	Wölfel Meßsysteme Software GmbH + Co. KG Max-Planck-Straße 15 97204 Höchberg bei Würzburg Deutschland
LimA	Stapelfeldt Ingenieurgesellschaft mbH Wilhelm-Brand-Str. 7 44141 Dortmund Deutschland
SoundPLAN	Braunstein + Berndt GmbH Ingenieurbüro für Softwareentwicklung, Lärmschutz & Umweltplanung Etzwiesenberg 15 D-71522 Backnang Deutschland

Tabelle 6: Namen und Adressen bekannter Programme zur Lärmkartierung

In all diesen Programmen sind die vorläufigen Berechnungsmethoden für den Umgebungslärm an Straßen (VBUS), Schienen (VBUSch), Flugplätzen (VBUF) und für die Industrie und Gewerbe (VBUI) sowie die vorläufige Berechnungsmethode zur Ermittlung der Belastetenzahlen (VBEB) implementiert.

Als Grundlage für die Berechnungen müssen GIS (Geographisches Informationssystem) Daten zur Verfügung stehen. Diese Daten sind für alle Orte zugänglich, nur sind sie nicht immer vollständig und müssen dann erweitert werden. Zusätzlich zu den GIS-Daten werden ortsspezifische Informationen und Daten gebraucht. Dies ist für den Straßenlärm die Anzahl der PKWs, LKWs bzw. deren prozentualer Anteil am Gesamtverkehr sowie die Straßenoberfläche (Asphalt, Kopfsteinpflaster etc.), Steigung bzw. Gefälle und die Anzahl der Fahrspuren.

Für die Berechnung des Schienenverkehrslärms müssen die Fahrpläne der Personenzüge bekannt sein und, sollten keine genauen Daten vorhanden sein, eine Abschätzung gemacht werden. Das

gleiche gilt für den Güterverkehr. Zusätzlich dazu müssen Details zum Aufbau der verschiedenen Züge gemacht werden; wie deren Bremsbauart, Aerodynamik, Zuglänge und Geschwindigkeit. Die Beschaffenheit der Strecke muss bekannt sein, sowie die Lage und Länge von Kurven, Brücken und Bahnübergängen.

Für die Berechnung des Industrie- und Gewerbelärms müssen die flächenbezogenen Schallleistungspegel bekannt sein, oder aber sie werden gemäß der VBUI abgeschätzt.

Für die Berechnung des Lärms an Flugplätzen müssen die Flugzeugklassen aller dort startenden und landenden Flugzeuge bekannt sein. Außerdem müssen die Flugstrecken, mit genauen Angaben über den Flugkorridor, sowie die Anzahl der Flugbewegungen bekannt sein. Zusätzlich sollten Informationen über Sonderregelungen wie Nachtflugverbot oder eingeschränktes Nachtflugverbot vorhanden sein.

7.2 Unsicherheiten bei der Lärmkartierung

Von der europäischen Kommission wurde eine Arbeitsgruppe⁸ ins Leben gerufen für die Bewertung von Lärmbelastungen; im Englischen „Working Group – Assessment on Exposure to Noise“ (WG-AEN). Aus dieser Zusammenarbeit entstand ein Positionspapier mit dem Namen: „Good practice guide on strategic noise mapping“. Dieser Leitfaden soll die Mitgliedsstaaten der EU dabei unterstützen ihre Lärmkarten zu berechnen, soll aber nicht als Handbuch dienen, sondern enthält Erläuterungen zu spezifischen Aspekten.

Die Arbeitsgruppe profitierte von den Ergebnissen einer Studie⁹, die das „good practice“ und dessen Entwicklung auf dem Gebiet der Lärmkartierung identifiziert einschließlich der entsprechenden Lärmbelastung der betroffenen Bevölkerung. Diese Studie wurde von der britischen Regierung finanziert, und es arbeiteten unter anderem die Wölfel Meßsysteme Software GmbH & Co. KG und die LÄRMKONTOR GmbH daran.

In dem „good practice guide“ werden im Kapitel vier 21 Maßnahmenkataloge (Toolkits) vorgestellt. Dazu werden in Kapitel drei die Auswirkungen und Verfahrensweisen dieser Toolkits in Hinsicht auf ihre Genauigkeit der Bewertungen beschrieben.

Die Toolkits werden in vier Kategorien unterschieden:

8 John Hinton, Großbritannien; Volker Irmer, Deutschland; Ricardo Alsina Donadeu, Spanien; Alan Bloomfeld, Großbritannien; Christine Bourbon, Belgien; Bento Coelho, Portugal; Brian McManus, Irland; Nathalie Fürst, Frankreich; Kyriakos Psychas, Griechenland; Sören Rasmussen, Dänemark; Martin van den Berg, Niederlande; Sandro Gervasio, Italien; David Delcampe, EU; Anna Backmann, Dänemark

9 diese Studie besteht aus zwei Teilen: DEFRA 1- The identification and development of good practice in the field of noise mapping and the determination of associated information on the exposure of people to environmental noise; 2002 und DEFRA 2 - The identification and development of good practice toolkit in the field of noise mapping and the determination of associated information on the exposure of people to environmental noise; 2002 - 2003

- allgemeine Aspekte
- lärmquellenbezogene Aspekte
 - z. B. Verkehrsaufkommen, Zusammensetzung des Straßenverkehrs, Straßendeckentyp, Geschwindigkeiten
- ausbreitungsbezogene Aspekte
 - z. B. Geländehöhen, Gebäudehöhen, Höhe von Lärmschutzobjekten, Feuchte und Temperatur
- empfängerbezogene Aspekte
 - z. B. Zuweisung von Bewohnerzahlen oder Wohneinheiten zu Wohngebäuden.

Die Toolkits werden in verschiedene Tools aufgeteilt. Wobei verschiedene Lösungsmethoden für verschiedene verfügbare Informationen angeboten werden. Diese werden nach Komplexität, Genauigkeiten und Kosten bewertet.

Als Beispiel soll hier das Toolkit 3: durchschnittliche Straßenverkehrsgeschwindigkeit genauer vorgestellt werden.

Je nachdem welche Informationen verfügbar sind, können folgende Maßnahmen ergriffen werden:

verfügbare Informationen	Tool
Geschwindigkeit Tag, Abend und Nacht	keine Maßnahmen
Geschwindigkeit für jede einzelne Stunde des Tages	Tool 3.1
Geschwindigkeit Tag und Nacht	Tool 3.2
Geschwindigkeit bei einem 18 h oder 24 h Tag (oder längere Zeiträume)	Tool 3.3
Geschwindigkeit an Werktagen	Tool 3.4
keine Daten vorhanden	Tool 3.5

Tabelle 7: Auszug aus dem Good Practice Guide [Leitfaden zu den Best Practices für die strategische Lärmkartierung und die Zusammenstellung entsprechender Daten zur Lärmexposition, Version 2, 2006]

Wenn keine Daten vorhanden sind kommt das Tool 3.5 zum Einsatz, welches in Abb. 18 dargestellt ist:

Tool 3.5: Keine Daten zur Verkehrsgeschwindigkeit verfügbar			
Methode	Komplexität	Genauigkeit	Kosten
Messen Sie die Fahrzeuggeschwindigkeiten mit Radar oder mit einer sonstigen geeigneten Technik.		< 0.5 dB	
Messen Sie die Zeit, die die Fahrzeuge für die Zurücklegung eines Streckenabschnitts bekannter Länge benötigen und berechnen Sie danach die durchschnittliche Verkehrsgeschwindigkeit.		< 0.5 dB	
Bestimmen Sie die durchschnittliche Verkehrsgeschwindigkeit, indem Sie im Verkehrsstrom mitfahren.		1 dB	
Nehmen Sie die zulässige Höchstgeschwindigkeit an (die z.B. auf Verkehrsschildern angegeben ist).		2 dB	
Nehmen Sie eine durchschnittliche Verkehrsgeschwindigkeit aufgrund von Erfahrungen mit ähnlichen Straßentypen an.		2 dB	

Abbildung 18: Tool 3.5 aus dem *Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure*
 Die dunklere Farbe und die größere Anzahl an Seiten der geometrischen Figuren gibt die höhere Komplexität bzw. die höheren Kosten an. Je dunkler die hinterlegte Farbe der dB Werte, desto genauer ist die Methode. [Leitfaden zu den Best Practices für die strategische Lärmkartierung und die Zusammenstellung entsprechender Daten zur Lärmexposition, Version 2, 2006]

Je nachdem welche Methode angewendet wird, kann eine hohe Genauigkeit in der Berechnung erreicht werden. Dies hat aber oft eine höhere Komplexität und höhere Kosten zur Folge. Mit Hilfe von diesen Tools ist es möglich, schon vorher eine Entscheidung zu treffen, welche Maßnahmen für die Sammlung von nötigen Informationen die Beste ist.

In der folgenden Tabelle 8 sind einige Beispiele aufgeführt aus dem Good Practice Guide. Es wurden diejenigen ausgewählt mit den größten Ungenauigkeiten (0,5 dB als kleinste und >5 dB als größte Ungenauigkeit).

Ungenauigkeit	Methode
4 dB	Nutzung von Statistiken (amtliche oder sonstige) für die Bestimmung des Verkehrsaufkommens
4 dB	Nutzung von Standardwerten für die Bestimmung des Verkehrsaufkommens
2 dB	Extrapolation des Verkehrsaufkommens aus Daten von ähnlichen Straßen
2 dB	zulässige Höchstgeschwindigkeit annehmen als Geschwindigkeit auf der Straße
2 dB	durchschnittliche Geschwindigkeit von ähnlichen Straßentypen annehmen
2 dB	Nutzung von Standardwerten für die Bestimmung des Schwerlastanteils
2 dB	Annahme des wahrscheinlichsten Deckenmaterials für verschiedene Straßentypen
3 dB	für alle Straßen Asphalt als Decke annehmen
3 dB	wenn keine Daten zu Steigungen oder Gefälle vorhanden sind 0% annehmen
3 dB	Annahme einer Standardhöhe für Gebäude
2 dB	Annahme von Standardhöhen für verschieden Gebäude

Tabelle 8: Beispiele aus dem Good Practice Guide [Leitfaden zu den Best Practices für die strategische Lärmkartierung und die Zusammenstellung entsprechender Daten zur Lärmexposition, Version 2, 2006]

Die Unsicherheiten in der Prognose sind auch Anlass für kritische Einschätzungen der Lärmpläne durch Betroffene. So hat beispielsweise der Bund für Naturschutz in Bayern, Ortsgruppe Raubling, mehrere Broschüren zu verschiedenen Themen der Lärmproblematik herausgegeben. Diese Broschüren („Lärminfo“) stellen einige sehr nützliche Informationen sowie Kritikpunkte zusammen:

1. Basisinformationen zum Thema Lärmaktionsplan
2. Lärmkartierung nach Umgebungslärmrichtlinie
3. Lärmaktionsplanung nach Umgebungslärmrichtlinie
4. Umgebungslärm in Raubling
5. Information Straßenverkehr (geplant)
6. Information Schienenverkehr (geplant)

Im Lärminfo 2.1 zum Thema strategische Lärmkarten werden einige Kritikpunkte angeführt:

- Lärmwerte unterhalb des Schwellenwertes 55 dB(A) bleiben unbewertet.
- Die Lärmkarten wie auch Belastungen durch Schallemissionen werden in Deutschland nicht gemessen, sondern nur berechnet.
- Berechnete Werte stimmen in der Regel mit den tatsächlichen Lärmwerten nur mäßig

überein.

- Der Gewerbe- und Industrielärm wird nicht erfasst. Auch weitere Lärmbelastungen bleiben unberücksichtigt ¹⁰.
- Durch die gängige Lärmbewertung in dB(A) entstehen oft Fehleinschätzungen, die aus Sicht der Betroffenen die tatsächlich wahrgenommene Lärmsituation nicht angemessen widerspiegeln.
- Ein weiteres Problem ist, dass der witterungsabhängige Zustand der Atmosphäre von den gegenwärtigen Lärmprognoseverfahren nur unzureichend berücksichtigt wird.
- Auch die im derzeitigen Regelungssystem vorgesehene ausschließlich isolierte Betrachtung der einzelnen Lärmquellen wird der tatsächlichen wahrgenommenen Lärmsituation der Betroffenen in der Regel nicht gerecht.

8 Umsetzung am Beispiel Bremen

Das Projekt zur „Entwicklung und Optimierung eines Messkonzeptes zur Umsetzung der Umgebungslärmrichtlinie zur sicheren Datenerhebung und kontinuierlichen Aktualisierung“ kurz EMUDA [56] wurde im Dezember 2003 initiiert. Es wurde durch die BIA Bremer Innovations-Agentur GmbH mit Mitteln des Ökologiefonds des Senators für Bau, Umwelt und Verkehr gefördert.

Einige exemplarische Ergebnisse wurden von mir auf dem International Congress on Acoustics (ICA Madrid, Spanien, 2007) vorgestellt [57].

8.1 EMUDA-Projekt

Folgende Firmen führten das Projekt bis Anfang des Jahres 2007 durch:

- Brüel & Kjaer GmbH, Bremen – Projektkoordination
- ted GmbH, Bremerhaven – technische Ausführung und Beratung
- deBAKOM GmbH, Odenthal – Bereitstellung zweier Messanlagen und Beratung
- Stapelfeldt GmbH, Dortmund – Bereitstellung der Software und Beratung

Die Hauptaufgabe des Projektes war der Vergleich von berechneten Immissionen aus Lärmkarten mit tatsächlichen Immissionen, die durch Messungen ermittelt werden sollten. Dazu wurden an

¹⁰ Dies stimmt so nicht. Der Gewerbe- und Industrielärm wird auch berechnet dazu gibt es die VBUI. Meist sind die Emissionen von Gewerbe und Industrie jedoch deutlich geringer als die Auslösekriterien (siehe S. 41)

verschiedenen ausgewählten Stellen in Bremen, der Umgebungslärm mit Hilfe von Lärmmessstationen erfasst und mit prognostizierten Werten verglichen. Zur Einschätzung der Konsequenzen aus den gemessenen Pegelwerten wurde außerdem eine Kosten-Nutzen-Abschätzung für Maßnahmen zum „Lärm-Management“ vorgenommen.

8.1.1 Auswahl der Standorte in Bremen

Die Freie Hansestadt Bremen und die Seestadt Bremerhaven wurden im Jahr 1947 als Bundesland gegründet. Der 2-Städte-Staat ist das kleinste der 16 Bundesländer. Bremen umfasst 325 km², Bremerhaven 80 km². Die Stadt Bremen hat 547.769 Einwohner, die Stadt Bremerhaven 115.313 Einwohner (Quelle: Statistisches Landesamt Bremen; Stand: Dezember 2007)

Die Standortauswahl der 13 in Bremen eingesetzten Stationen erfolgte unter dem Gesichtspunkt, ein möglichst breites Spektrum der vorhandenen Schallimmissionen zu erfassen (Bild 19). Diese Stationen wurden über Zeiträume von 4 bis 12 Monaten eingesetzt. Die Erfassung der Daten an diesen mobilen Messstationen sowie die Auswertung wurden von mir vorgenommen.

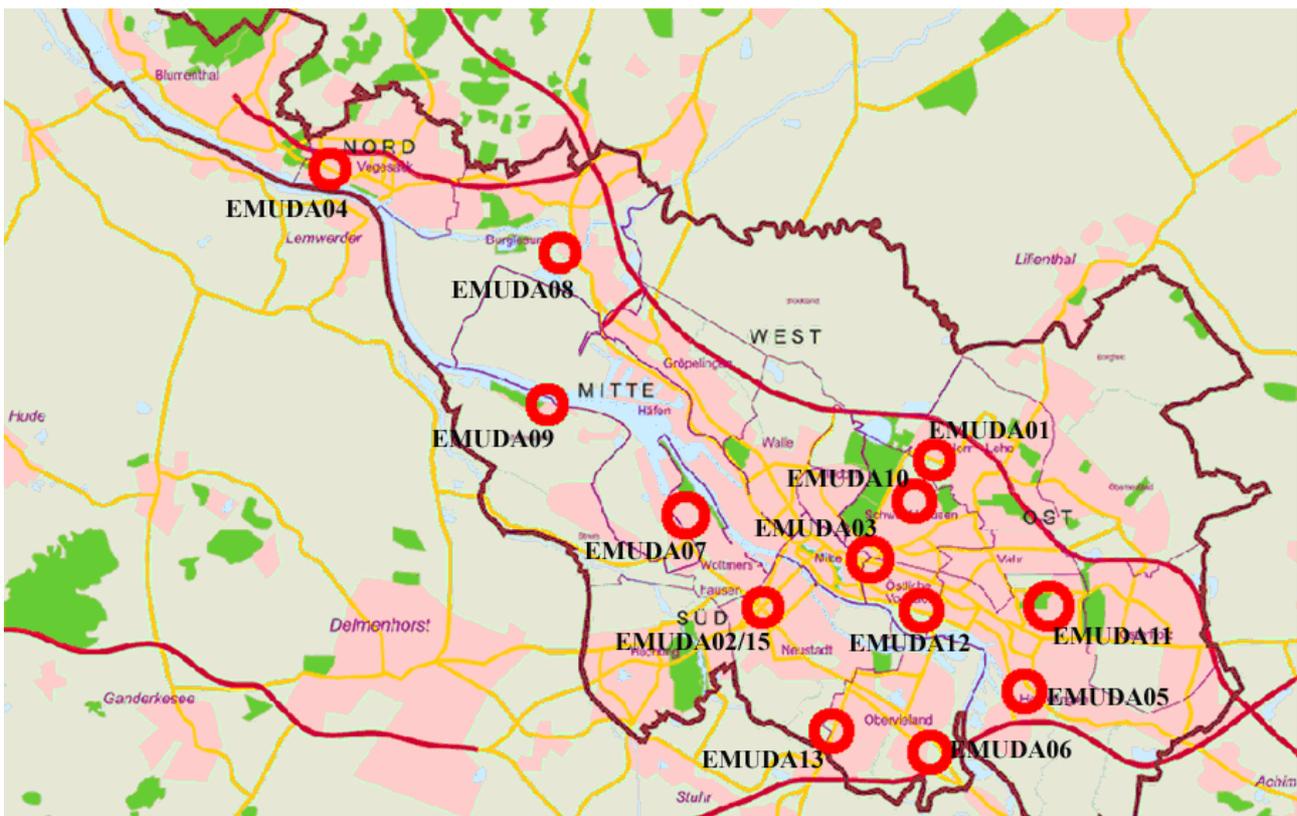


Abbildung 19: geografische Übersicht über die Messstationen

Die Berechnungen der prognostizierten Lärmkarten erfolgte in diesem Projekt mit dem im Rahmen des Projektes beschafften Programmpaket LimA.

Um eine Übersicht über den Kontext zu geben, in der die Stationen eingesetzt sind, werden in der

folgende Tabelle 9 zu jeder Station die Art der Flächennutzung, die Position und die Art des Lärms aufgeführt.

Nr.	Darstellung in der Flächennutzungsplanung	Position	Straßenlärm	Schienenlärm	Fluglärm	Gewerbe- / Industrielärm	Sport und Freizeitlärm	ruhiges Gebiet
1	Gemischt	Universitätsallee	x	x		x		
2	Gewerbe	Neuenlanderstr.	x	x		x		
3	Gemischt	Dobbenweg (Zentrum)	x	x		x		
4	Gemischt	Bremer Vulkan				x	x	
5	Wohnen	Hemelingen (Friedhof)	x	x	x			
6	Wohnen	In der Tränke (Arsten)	x					
7	Wohnen	Dorfkampsweg	x			x	x	
8	Wohnen	Dunger Str.	x	x		x	x	
9	Gemischt	Seehausen				x		
10	Wohnen	Baumschulenweg					x	x
11	Wohnen	Schlosspark (Daimler Chrysler)	x		x	x	x	
12	Wohnen	Osterdeich/ Stader Str.	x				x	
13	Wohnen	Kattenturmer Heerstraße	x		x			

Tabelle 9: Lärmessstationen im EMUDA Projekt mit Angabe der Lärmbeiträge

In Kapitel 8.1.4 werden die Orte der Messstationen unter dem Gesichtspunkt der Lärmeinwirkung detailliert beschrieben.

8.1.2 Eingesetzte Messstationen und Gewinnung der Messwerte

Es wurden Lärmessstationen von der Firma deBAKOM (2 Stationen) und von der Firma Brüel & Kjaer eingesetzt. Die Stationen der deBAKOM wurden von der ted GmbH betreut. Die Daten wurden komplett aufbereitet zur Verfügung gestellt. Die Lärmessstationen der Firma Brüel & Kjaer, die Noise Monitoring Terminals (NMT) – wurden von mir betreut und deren Daten von mir ausgewertet.



*Abbildung 20: Messstationen an der Neuenlanderstraße
auf dem Foto links das NMT von Brüel & Kjaer (am Mast) rechts die Station
von deBAKOM
Foto rechts: gleiche Stationen von der anderen Seite fotografiert
[Foto: Kathleen Poland]*

An den NMTs konnten folgende Einstellungen vorgenommen werden, bevor diese an den Messorten aufgestellt wurden:

- Uhrzeit - hier wurde die normale Zeit eingestellt, die Sommerzeit wurde automatisch korrigiert.
- Korrekturfilter - ist abhängig vom verwendeten Messaufbau.
- Port Settings - für die Übertragung der Daten auf den Laptop.
- Anzahl der Tage an denen die Daten gespeichert werden soll - von 2 bis 299 Tage.
- Reference Level, um die Mikrofonempfindlichkeit einzustellen - diese unterscheidet sich von Mikrofon zu Mikrofon. Jede Messeinheit wurde mit dem für diese Station bestimmten Mikrofon kalibriert. Das dabei erhaltene Reference Level wurde dann eingetragen.
- A-Filter - hier lässt sich der A-Frequenzbewertung ein- und ausschalten. Sie war bei jeder Station eingeschaltet.
- Filter 2 - hier lassen sich A-Filter, C-Filter oder linearer Frequenzgang einstellen, bei allen

Stationen war der lineare Filter eingestellt.

- Detector Response - hier kann die Zeitbewertung eingeschaltet werden (fast, slow, impulse, peak), alle Stationen waren auf „fast“ eingestellt.
- SETL, steht für Single Event Trigger Level - sollte der eingestellte Pegel überschritten werden, kann dieses Event aufgenommen und später ausgewertet werden.
- NSETL - ist die gleiche Funktion wie der SETL nur für die Nacht.
- Minimum duration - ist die Zeit, die der Pegel (SETL, NSETL) überschritten sein muss, damit aufgenommen wird.
- endtime duration - ist die Zeit, in der das Geräusch noch aufgenommen wird, auch wenn der Pegel unter den SETL bzw. NSETL fällt.
- SENL
- event triggered on - kann auf L_{eq} und SPL eingestellt werden

Nachdem jede Station soweit eingestellt ist, kann sie mit der zugehörigen Software in die Datenbank aufgenommen werden. Dort wird jede Station eingetragen und es können folgende Einstellungen gemacht werden:

- Koordinaten in Breiten- und Längengraden.
- Messung - hier wird das Reference Level, das Calibration Reference Level, Detector Type und Weighting Filter eingetragen entsprechend dem vorherigen Eintrag bei den Einstellungen der Messstation.
- Calibration - hier können die Zeiten eingetragen werden, an denen sich die Station selbst kalibrieren soll. Dies kann bis zu viermal pro Tag geschehen.
- Events - entsprechend so wie sie an der Station eingestellt wurden

Die Einstellungen am Computer wurden von der Station, nach Verbindung beider Geräte für die Datenauslesung, übernommen.

Die Stationen wurden regelmäßig über eine Parallelschnittstelle ausgelesen. Die Daten wurden in der Datenbank Microsoft SQL Server gespeichert. Für eine weitere Auswertung wurden diese Daten in einer excel Datei gespeichert und bearbeitet. Folgende Pegelwerte wurden stündlich gespeichert: L_{eq} , $L_{eq\ max}$, $L_{eq\ min}$, L_{DN} , L_{DEN} und verschiedene Überschreitungspegel zwischen $L_{0,1}$ und $L_{99,9}$.

8.1.3 Berechnung der Pegelgrößen

Die für jede Station gespeicherte Excel Datei wurde nach jeder Datenauslesung aktualisiert. Alle

Dateien wurden auf sogenannte „Ausreißer“ überprüft. Es gab eine Situation, in der die gemessenen Pegel eindeutig zu hoch waren (Spitzenwerte ca. 120 dB - dann war auch das Stundenmittel mit ca. 100 dB zu hoch); dieser Wert wurde nicht in der Auswertung berücksichtigt. Die Daten, die zu jeder Stunde zur Verfügung stehen, enthalten auch die prozentuale Messaktivität. Lag diese unter 50%, wurden auch diese Werte aus der Bearbeitung genommen. Die verbleibenden Werte wurden in folgender Weise auf Konsistenz überprüft:

- Die zeitlich aufeinander folgenden Pegelwerte wurden voneinander subtrahiert und die Ergebnisse analysiert. Wurden unplausible Pegelsprünge größer als 20dB beobachtet, wurden auch diese Daten nicht in die Auswertung einbezogen.
- Die aufeinander folgenden Perzentilwerte für eine Stunde wurden voneinander subtrahiert. Dabei wurde der jeweils höhere Wert von niedrigerem abgezogen ($L_{0,1} - L_1$, $L_1 - L_5$, etc.) und dann überprüft, ob technische bedingte Ausreißer einer Einzelmessung oder ein längeres Lärmereignis (mehrere Minuten) vorlag .

Nach erfolgter Konsistenzprüfung, konnte mit der Datenbearbeitung fortgefahren werden. Es sollte für jede Stunde der Pegelwert für den gesamten Messzeitraum, für die gemessenen Monate und Wochen bestimmt werden. Dazu mussten alle Pegelwerte einer Stunde mit folgender Gleichung gemittelt werden:

$$\text{Gleichung für Mittelung: } L = 10 \cdot \log \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}}$$

Dies wurde in den Excel Dateien wie folgt umgesetzt:

1. Die Pegelwerte wurden entlogarithmiert mit $10^{\frac{L_i}{10}}$
2. Mit Hilfe der xls-Funktion dbmittelwert wurden diese Ergebnisse für jede Stunde gemittelt. Die Funktion dbmittelwert braucht als Eingangsdaten die Datenbank, in der alle auszuwertenden Zahlen stehen, das Datenbankfeld, also die Spalte, in der die entlogarithmierten Pegel stehen, und die Suchkriterien¹¹. In diesem Fall wurde die Funktion wie folgt umgesetzt: In die Datenbank wurde eine neue Spalte „time“ eingefügt, in der das Suchkriterium steht, hier „Uhrzeit“. In einer zweiten Spalte „time“ stehen die Zeiten, zu denen die Pegelwerte gespeichert wurden. Um nun für die Zeit von 10:00:00 Uhr bis 10:59:59 Uhr alle Pegel mitteln zu können, wurden die Suchkriterien wie folgt definiert: Wenn in der Spalte „time“ das Wort „Uhrzeit“ steht, dann mittele alle die Werte aus Spalte „xy“ (die Spalte, in der die entlogarithmierten Werte stehen) bei denen die Spalte „time“ den

¹¹ Die Suchkriterien können sehr verschieden sein, deshalb gibt es diese beiden Spalten. Möchte man in einer großen Pflanzendatenbank alle 2-3 jährigen Apfelbäume herausuchen, dann hat man in der ersten Spalte die Sorte Apfel, Birne, Pflaume etc. stehen und in einer zweiten Spalte steht dann das Alter aller Pflanzen.

Anforderungen $\geq 10:00:00$ und $<11:00:00$ entspricht.

3. Dieser Mittelwert wird dann wieder in einen Pegel umgerechnet.
4. Mit diesen Daten kann dann ein sogenannter Tagesgang erstellt werden.

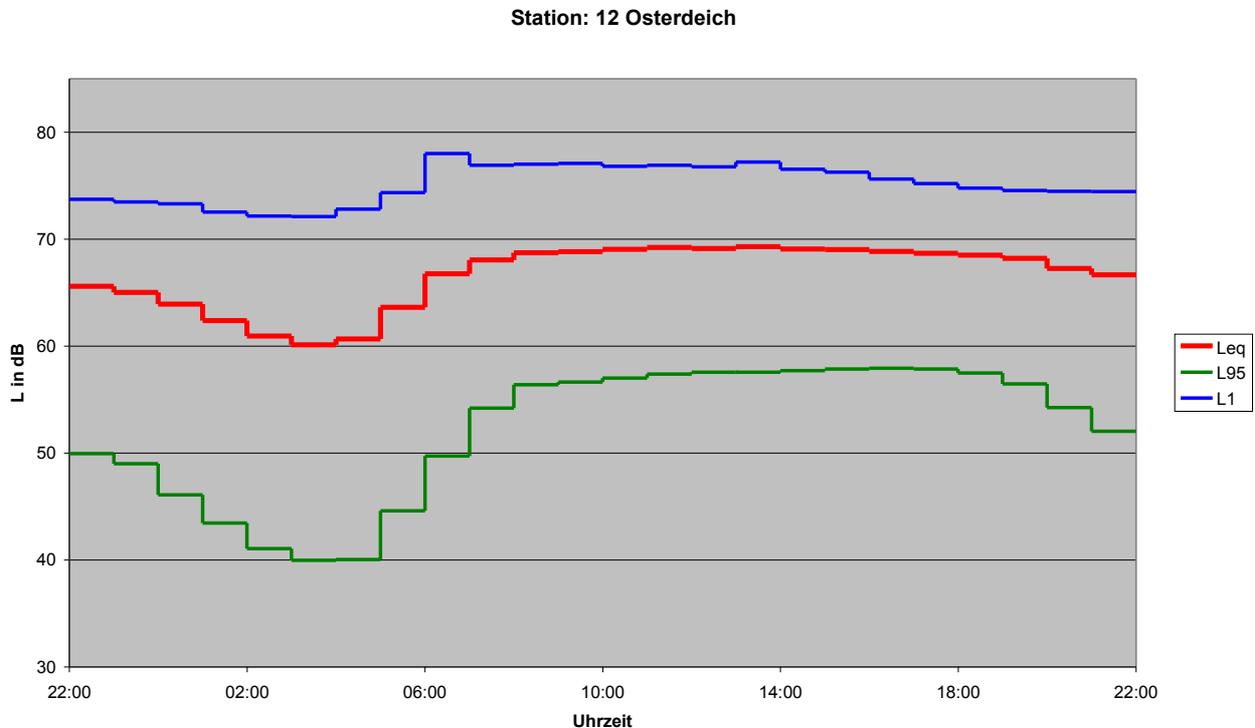


Abbildung 21: Tagesgang (Stundenmittel) der Station 12 am Osterdeich für die angegebenen Pegel. Messzeitraum: April – Dezember (mit kurzer Ausfallzeit)

In Abb. 21 ist ein mehrmonatiger Tagesgang für eine Station an einer stark befahrenen Straße dargestellt. Man erkennt eine deutliche Struktur im Tagesgang – auch beim Langzeitmittel – für den L_{eq} , Hintergrund- und Spitzenpegel.

Bei einer weiteren Auswertung wurden Werktagen und Wochenenden miteinander verglichen. Dazu wurde die Excel Funktion WOCHENTAG genutzt. Sie gibt je nach Definition des Typs den Wochentag als Zahl aus (hier: Montag = 1, Sonntag = 7). Danach wurden die Tage von Mo-Fr und Sa und So getrennt betrachtet und mit der gleichen Berechnung wie oben beschrieben ausgewertet. Man erhält dann einen Tagesgang abhängig von den beiden Zeitabschnitten. Abb. 22 zeigt im Langzeitmittel einen signifikanten Unterschied zwischen dem Verkehrslärm an Werktagen und dem am Wochenende. Interessant ist dabei, dass der L_{eq} nachts am Wochenende weniger zurück geht. Dies kann an der Nähe zum Weser-Stadion liegen, aber auch an dem am Wochenende stattfindenden „Disco-Verkehr“. Erwartungsgemäß ist der L_{eq} am Wochenende tagsüber (vor allem morgens) deutlich geringer als werktags.

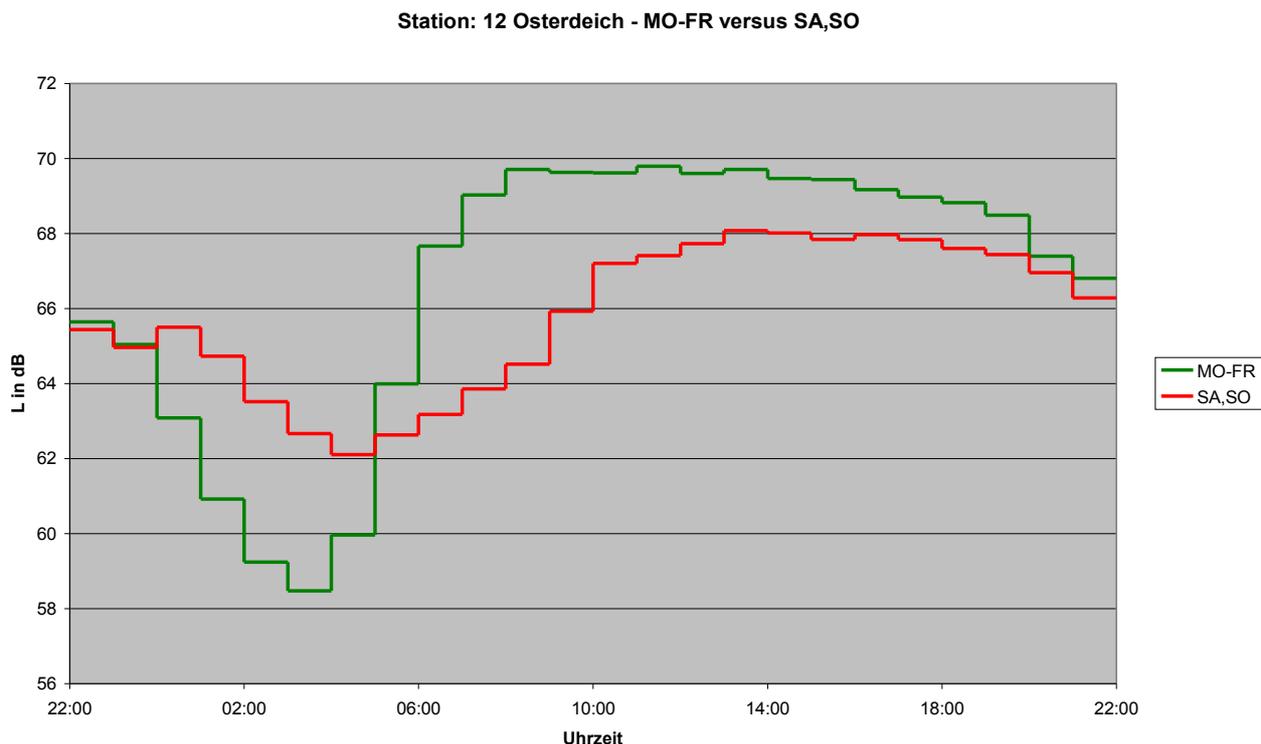


Abbildung 22: Tagesgang (Stundenmittel) für die Station 12 für den Leq, getrennt für die Arbeitstage und Wochenende. Messzeitraum: April – Dezember (mit kurzer Ausfallzeit)

Um zu untersuchen wie sich die längerfristige Messzeit auf die Daten auswirkt, wurde für die Station am Osterdeich nicht nur der Tagesgang für die Monate April bis August, Oktober und November aufgetragen¹² (Abb. 23), sondern zusätzlich wurde geprüft, ob sich große Unterschiede zwischen der Messung des Tagesgangs an einem Tag, den entsprechenden Mittelwerten in einer Woche und in einem Monat Messzeit erkennen lassen. Daraus ließe sich ggf. abschätzen, ab wann ein Langzeitmittelwert als stabil angesehen werden kann. Für diese Auswertung wurde der Monat November ausgewählt. In Abb. 24 ist deutlich zu erkennen, dass ein Tagesmittel noch nicht repräsentativ für ein Langzeitmittel ist. Das Wochenmittel weicht jedoch nur noch gering von Monatsmittel ab. Damit ist aber noch nicht geklärt, welcher Monat repräsentativ für ein Jahresmittel wäre. Aus Abb. 23 kann entnommen werden, dass es vermutlich repräsentative Sommermonate gibt (April, Mai, Juni) und vermutlich auch repräsentative Wintermonate. Leider liegen diese Daten nicht vor. Die kleine Abweichung des Wochenmittels vom Monatsmittel ist jedoch nur bei Stationen so gering, die an Hauptverkehrsstraßen stehen: Wenn die Hauptlärmquelle der Straßenverkehr ist, dann ist der Tagesgang schon nach kurzer Messzeit repräsentativ.

Stationäre oder nicht vorhersehbare Schallimmissionen lassen sich gut an den Jahregängen des

¹² Im Monat September fiel die Station für mehrere Tage aus, deshalb wurde auf diesen Datensatz verzichtet

Wochenmittels im L_{eq} erkennen (Anhang). An den Messstationen, in denen überwiegend Straßenverkehr registriert wurde, deuten die Ergebnisse darauf hin, dass der Straßenverkehr mit einem sehr stationären Tagesverlauf fließt, der sogar analytisch beschrieben werden kann (siehe Näherungsformel auf Seite 56). Messwerte von Stationen, die wechselnden Lärmquellen ausgesetzt sind, zeigen nur in Einzelfällen prognostizierbares Verhalten. So nimmt in der Station 04 - Vulkan, die überwiegend Immissionen eines Industriebetriebes aufzeichnete, die Lärm verursachende Tätigkeit über die Monaten November und Dezember stetig zu. Es kann spekuliert werden, dass dies mit einer besonderen Form der industriellen Tätigkeit zu tun hat, die in den Monaten zuvor nicht anfiel. Ähnliches Verhalten kann für die Station 10- Baumschulenweg leicht erklärt werden: Hier war von November 2005 bis September 2006 eine Baustelle. Zuvor war die Straße für den Verkehr gesperrt. Daher fällt der Pegel außerhalb der Arbeitszeit drastisch ab.

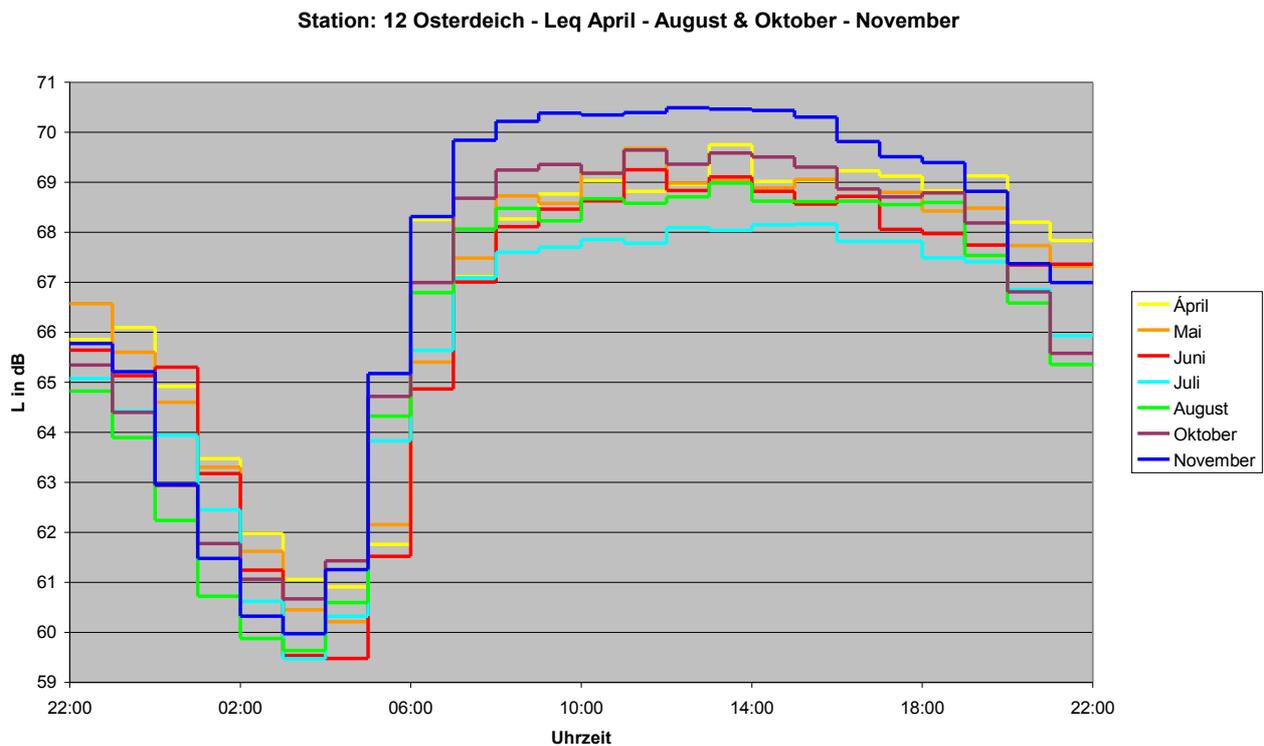


Abbildung 23: Monatsweiser Tagesgang des L_{eq} . Das Gesamtmittel ist in Abb. 21 dargestellt.

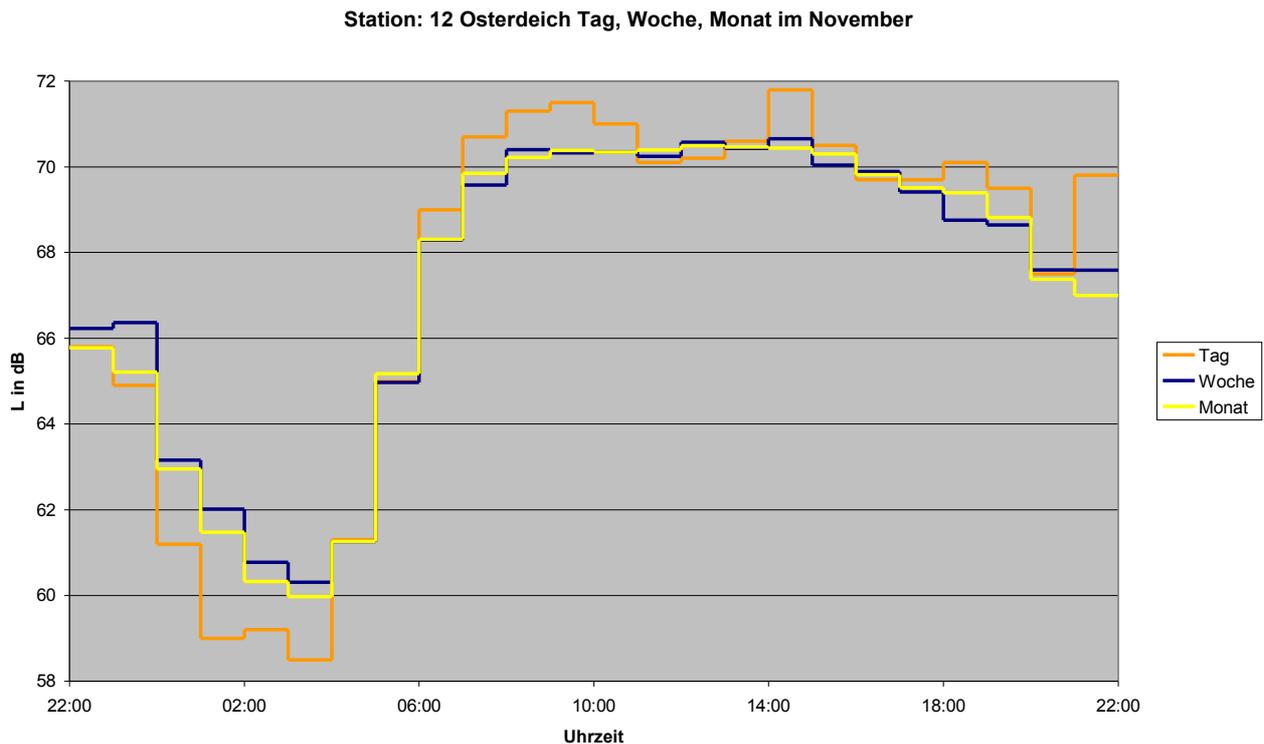


Abbildung 24: Stabilität des Langzeitmittels (L_{eq} im Tagesmittel). Der Unterschied zwischen Wochen- und Monatsmittel beträgt nur Bruchteile eines dB.

Nachdem alle Tagesgänge berechnet und graphisch dargestellt wurden, konnte eine gewisse Regelmäßigkeit erkannt werden. Einige Tagesgänge ähneln einer Sinus- bzw. Cosinuskurve, die aber logarithmiert ist. Dies legt die Vermutung nahe, dass der Tagesgang des Schalldruckpegels einen zeitlich sinusförmigen Verlauf der schallerzeugenden Quellen, insbesondere hervorgerufen durch die Dichte des Straßenverkehrs, widerspiegelt. Ein Entwurf für eine Näherungsformel, mit der ein Wert für jede Stunde ermittelt werden soll, sieht wie folgt aus:

$$L_{\text{Näherung}} = A \cdot \log(a + \cos(\omega \cdot t_{\text{jeweilige Stunde}} + \varphi)) + B$$

A - Dynamikbereich

B – Verschiebung in Pegelrichtung, proportional zum L_{eq}

a - Formfaktor

φ – Phase im Tagesgang

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{24} \quad (24, \text{ weil der Tag 24 Stunden hat}).$$

Diese Näherung wurde für die Stationen 1 und 4 bis 13 durchgeführt. Es wurde für jede Stunde $L_{\text{Näherung}}$ berechnet und unter Variation der Größen A., B, a und φ mit Hilfe der xls-Funktion „Solver“ die Summe der quadratischen Abweichungen von den Messwerten minimiert. Als Nebenbedingung wurde der Formfaktor a auf Werte von 1 bis 2 ($1 \leq a \leq 2$) und die Phase φ von $-\pi$

bis $+\pi$ eingeschränkt. In der Tabelle ist für jede Station der L_{eq} des gesamten Messzeitraums aufgeführt und die mit der Näherungsformel abgeleiteten Parameter. Im Anhang sind für die Stationen 1 und 4 bis 13 die Ergebnisse graphisch dargestellt.

Station	L_{eq}	A	B	a	φ
01 - Universitätsallee	57,2 dB	4,7	57,5	1,0	2,6
04 - Vulkan	52,4 dB	27,8	41,3	2,0	3,1
05 - Friedh. Hemelingen	55,4 dB	5,2	55,3	1,1	2,9
06 - Arsten	53,0 dB	4,6	52,8	1,2	2,9
07 - Dorfkampsweg	48,6 dB	-14,0	51,4	2,0	-0,1
08 - Dungerstraße	50,4 dB	12,3	48,1	1,5	3,0
09 - Seehausen	53,1 dB	5,2	51,6	2,0	2,9
10 - Baumschulenweg	53,2 dB	-37,2	59,1	2,0	0,1
11 - Schlosspark	49,0 dB	-12,6	51,8	2,0	-0,2
12 - Osterdeich	67,4 dB	6,1	67,5	1,1	2,5
13 - Kattenturmer	67,6 dB	7,1	67,3	1,1	2,7

Tabelle 10: Ergebnisse aus der Annäherung

Es ist auffällig, dass die Näherungsformel die Messwerte bei den Stationen 12 und 13 sehr gut wieder gibt. Diese Stationen liegen an einer Hauptverkehrsstraße und haben als Hauptlärmquelle den Straßenverkehr. Bei den anderen Stationen waren die Immissionen wesentlich geringer und / oder es kamen andere Lärmquellen zu dem Straßenverkehr hinzu.

Wie zu erwarten, ist die „Verschiebungsrichtung“ B auf der Ordinate durch den Pegelmittelwert L_{eq} bestimmt (siehe Tabelle 10). Die Phase φ im Tagesgang wird bestimmt durch die ortsübliche Häufigkeitsverteilung des Verkehrsaufkommens, die im Falle der Messorte in Tabelle 10 mit im Mittel 2.65 ± 0.1 rad (entsprechend 0.84π) universell gültig zu sein scheint. (Dabei ist zu berücksichtigen, dass der durch „A“ gegebene Dynamikbereich zwischen „leise“ und „laut“ im Falle eines negativen Vorzeichens äquivalent ist zu einer Phasenverschiebung um π). Aus dem Formfaktor „a“ ist die Steilheit des Anstiegs bzw. des Abfalls beim Einsetzen bzw. Abklingen des Verkehrsaufkommens abzulesen: Werte nahe „1“ deuten einen zeitlich raschen Anstieg bzw. Abfall der laufenden Immission an. Werte nahe „2“ spiegeln einen gleichmäßigeren Verlauf wider (vgl. die Grafiken im Anhang).

Die Näherungsformel parametrisiert sehr gut Immissionen, die von Straßenverkehrslärm ausgehen und relativ hoch sind. Für weitere Immissionsanteile reicht das einfache „Sinus-Parameter-Modell“ nicht, und vermutlich müssen einem erweiterten Ansatz weitere zeitliche Verläufe hinzu gefügt

werden, die den Verlauf der entsprechenden Emissionsquellen modellieren.

Zuvor wurde gezeigt, dass eine Messung über eine Woche dem Tagesgang eines Monats schon sehr nahe kommt, und dass es eventuell “typische” Sommer- und Wintermonate gibt. Um nun den Messvorgang zeitlich zu vereinfachen, könnte man für Punkte, an denen der Straßenverkehrslärm hoch ist und dominiert, eine einwöchige Messung für einen repräsentativen Zeitraum durchführen und dann durch die Näherungsformel parametrisieren. Um abschätzen zu können, welche Woche repräsentativ wäre für eine Messung, wurde der gesamte Messzeitraum für alle Stationen in die vorhandenen Kalenderwochen aufgeteilt und jeweils der L_{day} , L_{evening} , L_{night} und der L_{DEN} berechnet und mit dem Mittelwert aus der gesamten Messzeit verglichen. Diese Graphen befinden sich im Anhang.

8.1.4 Beschreibung der Messstationen und Ergebnisse

Im folgenden werden alle Messstationen vorgestellt und deren jeweilige errechnete und gemessene Tag-, Abend-, Nachtlärmindizes und der L_{DEN} , sowie deren Differenzen (gemessen – gerechnet) dargestellt. Messung und Berechnung erfolgten gemäß der UL-RL in ca. 4 Meter Höhe. Für die Berechnung lagen stündliche Verkehrszahlen, sowie die von der ted GmbH bereitgestellten flächenbezogenen Schallleistungspegel für einige in der Nähe der Messpunkte liegenden Industriegebiete vor. Die Berechnung erfolgte mit der vorläufigen Berechnungsmethode für Umgebungslärm an Straßen (VBUS) und der vorläufigen Berechnungsmethode für den Umgebungslärm durch Industrie- und Gewerbe (VBUI), die bis zur Einführung eines EU-weiten harmonisierten Verfahrens für die Berechnung des Umgebungslärms gemäß Artikel 5 Absatz 1 Satz 2 der EG Richtlinie 2002 anzuwenden ist. Die Lärmindizes für Straße und Industrie wurden getrennt berechnet und dann energetisch addiert.

Es ist zu beachten, dass keine Daten zu Berechnung des Schienen- bzw. Fluglärms vorlagen.

Im Anhang sind für jede Station die Stationsdetails in einem Datenblatt (Foto, GPS-Koordinaten, Messzeiten, Einstellungen, Karte der Umgebung und Satellitenbild der Umgebung), die Lärmkarten und die Tagesgänge (L_{eq} , L_{95} , L_1) zusammengestellt.

Station 1

Diese Lärmmessstation befand sich auf dem ehemaligen Betriebsgelände von Brüel&Kjaer in der Universitätsallee. Die Universitätsallee ist eine vierspurige Straße mit einer Geschwindigkeitsbegrenzung von 50 km/h. Neben der Universitätsallee (von der Station aus gesehen dahinter) verlaufen die Schienen für die Straßenbahn der Linie 6. Die Straßenbahn fährt je nach Tageszeit alle

5 bis 30 min. (in jede Richtung), gerade in der Zeit von 7 – 9 Uhr und 15 – 18 Uhr fährt sie sehr oft. Etwa 400 m auf der Rückseite des Firmengebäudes liegt die Eisenbahnstrecke von Hamburg nach Bremen. Die Hauptlärmquellen an diesem Messpunkt sind der Straßen- und der Schienenverkehrslärm. Der Gewerbe- und Industrielärm ist in diesem Bereich nicht von Bedeutung und wurde deshalb nicht berechnet.

Station: 1 - Universitätsallee			
	gemessen [dB(A)]	gerechnet mit LimA [dB(A)]	Differenz [dB(A)]
L_{day}	58,5	59,2	-0,7
L_{evn}	57,1	57,9	-0,8
L_{ngt}	53,8	51,2	2,6
L_{den}	61,5	60,7	0,8

Tabelle 11: gemessene und berechnete Werte der Station 1

An der Universitätsallee (Tabelle 11) ergibt sich eine sehr gute Übereinstimmung von berechneten und gemessenen Werten innerhalb der Tages- und Abendstunden. Der Schienenlärm der ca. 60 Meter entfernten Straßenbahn bzw. der ca. 400 m entfernten Eisenbahnlinie, kann innerhalb dieses Zeitabschnittes gegenüber des Straßenverkehrslärms vernachlässigt werden. Auffällig ist, dass nachts fast 3 dB höhere Werte gemessen werden als die berechneten 51,2 dB. Dieses liegt an fehlenden Daten der Schienenstrecke. Auch in den veröffentlichten Lärmkarten des Eisenbahn Bundesamtes¹³ ist diese Strecke nicht berechnet worden, da die Bewegungen unter der verlangten Mindestzahl von 60.000 liegt.

Station 2

Diese Station befindet sich an der Kreuzung Neuenlander Straße Ecke Duckwitzstraße, Langemarckstraße. Sowohl die Neuenlander Straße, die Duckwitzstraße als auch die Langemarckstraße sind vierspurige Straßen, mit einer Geschwindigkeitsbegrenzung von 50 km/h. Im Kreuzungsbereich kommen noch Spuren dazu. Mittig zwischen den vier Spuren der Duckwitzstraße und Langemarckstraße verlaufen die Schienen der Straßenbahn der Linien 1 und 8. Die Straßenbahnen fahren alle 10 min., das heißt sie fahren in jeder Richtung jeweils alle 5 min. In ca. 250 m Entfernung liegt die Oldenburger Straße (vierspurig), welche in diesem Bereich eine Hochstraße ist.

¹³ unter <http://laermkartierung.eisenbahn-bundesamt.de/ebaviewer2/> kann man die Lärmkarten für die Haupteisenbahnstrecken (>60.000 Zugbewegungen pro Jahr) und Ballungsräume ansehen. Es wird eine Deutschlandkarte angezeigt in die man reinzoomen kann und sich so ein Teilstück auswählen kann. Für diese sind die Lärmkarten der Pegelgrößen L_{DEN} und L_{night} als pdf Dateien verfügbar.

Station: 2 – Neuenlander Straße			
	gemessen [dB(A)]	gerechnet mit LimA [dB(A)]	Differenz [dB(A)]
L _{day}	69,7	73,2	-3,5
L _{evn}	64,9	72,7	-7,8
L _{ngt}	66,8	66,7	0,1
L _{den}	73,5	75,5	-2,0

Tabelle 12: gemessene und berechnete Werte der Station 2

Der Messpunkt an der Neuenlander Straße (Tabelle 12) gehört zu den am stärksten lärmbelasteten Messpunkten. Der gemessene L_{DEN} von 73,5 dB wird in der Rechnung um ca. 2 dB überschritten. Die gemessenen L_{day} und L_{evening} unterschreiten die berechneten Werte um mehr als 3 dB. Ein Grund hierfür sind die ungenauen Datensätze. Wenn Datensätze, wie z.B. die Verkehrszahlen, nicht präzise ermittelt werden oder mit den zur Zeit aktuellen nicht übereinstimmen, ergeben sich Fehler von bis zu 4 dB¹⁴. Werden Standardwerte für Geschwindigkeiten, Belagsart, prozentualen Schwerlastverkehr etc. für Straßen benutzt, zeigen sich ebenfalls grobe Fehler bei der Berechnung. Da insbesondere der gemessene Abendpegel fast 8 dB(A) unter der Prognose liegt, wird vermutet, dass die tatsächliche Zusammensetzung und das Verkehrsaufkommen von den Prognosedaten abweicht. Die 21 Meter entfernte Straßenbahnstrecke verursacht einen Pegel von ca. 50-55 dB (vgl. [58]) und beeinflusst damit die Werte nicht.

Station 3

Der Messpunkt befand sich an der Kreuzung Dobbenweg, Bismarckstraße und Schwachhauser Heerstraße. Alle diese Straßen sind vierspurig (im Kreuzungsbereich mehr Spuren) und haben eine Geschwindigkeitsbegrenzung von 50 km/h. Mittig auf der Schwachhauser Heerstraße und dem Dobbenweg verlaufen die Schienen der Straßenbahn der Linien 1, 4 und 5. In ca. 80 m Entfernung befindet sich eine so genannte Haupteisenbahnstrecke (nach UL-RL) mit mehr als 60.000 Zugbewegungen pro Jahr.

14 Vgl. Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping siehe auch Kapitel 7.2

Station: 3 - Dobbenweg			
	gemessen [dB(A)]	gerechnet mit LimA [dB(A)]	Differenz [dB(A)]
L _{day}	69,6	71,7	-2,1
L _{evn}	64,8	69,2	-4,4
L _{ngt}	66,0	62,3	3,7
L _{den}	72,9	72,4	0,5

Tabelle 13: gemessene und berechnete Werte der Station 3

Die Lärmbelastung am Messpunkt Dobbenweg (Tabelle 13) entspricht derjenigen an der Neuenlander Straße. Der Unterschied beim L_{DEN} zwischen Messung und Berechnung ist mit 0,5 dB deutlich geringer. Auch hier wurde in der Berechnung der Schienenlärm der Straßenbahn nicht erfasst, da dieser wie im vorherigen Beispiel niedrig und ohne Einfluss ist. Der gemessene L_{night} ist um fast 4 dB höher als der berechnete Wert. Die Ursache hierfür ist die in ca. 80 Metern Entfernung liegende Bahnstrecke, auf der auch der Güterverkehr abgewickelt wird. Den Lärmkarten des Eisenbahn Bundesamtes für die Kreuzung ist zu entnehmen, dass die Pegel in der Nacht zwischen 55 und 65 dB(A) liegen. Für den Punkt, an dem die Station stand, ist ein Pegel von 60 – 65 dB(A) angegeben. Wird diese Quelle auf den berechneten Wert drauf gerechnet, ergibt dies einen Wert von 64 – 67 dB(A). Dies entspricht dem gemessenen Wert.

Die Zahlen sind so zu erklären, dass tags und abends der Straßenlärm dominiert, während nachts der Schienenlärm den größten Einfluss hat.

Die gemessenen Werte für den L_{day} und den L_{evening} sind wie beim Messpunkt „Neuenlander Straße“ deutlich geringer als die berechneten Werte. Dies liegt auch hier an den ungenauen Eingangsdaten für die Berechnung in Bezug auf das Verkehrsaufkommen.

Station 4

Diese Lärmmessstation befand sich auf dem Gelände einer Behindertenwerkstatt, der „Werkstatt Bremen“, einem Eigenbetrieb der Stadtgemeinde Bremen Nord. In unmittelbarer Nähe ist ein Gewerbe- und Industriegebiet mit zum Teil stahlverarbeitenden Betrieben, wie die AMBAU GmbH (Hersteller von Stahltürmen und Stahlfundamenten für Windkraftträder) oder die BTT Bremer Turbinentechnik GmbH.

Station: 4 – Bremer Vulkan (Fröbelstraße)			
	gemessen [dB(A)]	gerechnet mit LimA [dB(A)]	Differenz [dB(A)]
L _{day}	55,5	56,3	-1,3
L _{evn}	46,6	56,2	-9,6
L _{ngt}	44,3	41,9	2,4
L _{den}	54,3	56,8	-2,5

Tabelle 14: gemessene und berechnete Werte der Station 4

Bei Station 4 (Tabelle 14) fällt auf, dass der berechnete L_{evening} sehr viel höher liegt als der gemessene Wert. Grund dafür sind die fehlenden Daten für den Industrielärm in den Abendstunden. Aus diesem Grund wurden für den Abend die Tagwerte eingesetzt. Auf Basis der Messung ist aber deutlich zu sehen, dass diese Werte als zu hoch angesetzt wurden. Durch den zu hohen berechneten Wert für den Abend, ist folglich auch der L_{DEN} zu hoch.

Station 5

Dieser Messpunkt befand sich auf dem Betriebsgelände des Friedhofs Hemelingen. In 150 m Entfernung befindet sich eine Bahnstrecke, aber keine so genannte Haupteisenbahnstrecke (mehr als 60.000 Zugbewegungen pro Jahr). Da dieser Bahnabschnitt eine Abzweigung in der Verbindung zweier Haupteisenbahnstrecken ist, rutscht nach Aussage des Eisenbahn Bundesamtes die Zugbewegung unter 60.000 pro Jahr und wird daher nicht berücksichtigt. Gleichwohl werden deutliche Lärmanteile der Bahn gemessen (s.u.). 350 m von der Station entfernt liegt der Autobahnzubringer Hemelingen, eine vierspurige Straße. In 750 m Entfernung liegt die Autobahn A1, die auch vierspurig ist. Dieser Teil der Autobahn ist an das Verkehrsmanagementsystem* der Stadt Bremen angeschlossen. Mit Hilfe von Verkehrstafeln werden Informationen und Geschwindigkeitsbegrenzungen je nach Verkehrslage bestimmt. Zusätzlich wird an diesem Ort Fluglärm gemessen, denn in der Verlängerung der Start- und Landebahn des ca. 5,5 km entfernten Flughafen liegt der Friedhof Hemelingen.

* siehe Fußnote 17 auf Seite 71

Station: 5 – Friedhof Hemelingen (Marschstraße)			
	gemessen [dB(A)]	gerechnet mit LimA [dB(A)]	Differenz [dB(A)]
L _{day}	56,7	55,3	1,4
L _{evn}	55,1	54,5	0,6
L _{ngt}	52,1	50,6	1,5
L _{den}	59,8	58,5	1,3

Tabelle 15: gemessene und berechnete Werte der Station 5

Die Ergebnisse an Station 5 (Tabelle 15) stimmen auf den ersten Blick sehr gut zwischen Messung und Prognose überein. In der Messung sind jedoch Schienen- und Fluglärm vorhanden, mit Spitzenwerten von ca. 73 dB (Fluglärm) und ca. 69 dB (Schienenlärm). Diese dominieren zumindest temporär deutlich den Lärmpegel. Da diese beiden nicht in die Prognose eingehen, jedoch gemessen wurden, wird der tatsächliche Straßenverkehrsbeitrag offenbar durch die weit rund um die Station auf porösem Erdreich stehenden Bäume und Sträucher gedämpft.

Station 6

Die Station befand sich im Garten des Hausmeisters der Schule Arsten, der direkt neben der Schule wohnt. In jeweils 350 m Entfernung liegt zum einen der Autobahnzubringer Arsten (vierspurig) und die Autobahn A1 (vierspurig). Auch dieser Teil der Autobahn ist an das Verkehrsmanagementsystem* der Stadt Bremen angeschlossen (so wie bei der Station 5).

Station: 6 – Arsten (In der Tränke)			
	gemessen [dB(A)]	gerechnet mit LimA [dB(A)]	Differenz [dB(A)]
L _{day}	54,1	57,0	-2,9
L _{evn}	52,7	55,8	-3,1
L _{ngt}	50,8	52,0	-1,2
L _{den}	58,0	59,9	-1,9

Tabelle 16: gemessene und berechnete Werte der Station 6

Dominierende Schallquelle bei Station 6 (Tabelle 16) ist die in der Nähe gelegene und deutlich hörbare Autobahn. Die gemessenen Werte liegen deutlich unter den berechneten Werten. Im Satellitenbild ist zu erkennen, dass genau in diesem Teil des Autobahnzubringers und der Autobahn eine Bepflanzung mit zahlreichen Bäumen existiert. Diese dämpfen die tatsächlichen Emissionspegel der Quellen im Nahbereich durch erhöhte Bodendämpfung.

* siehe Fußnote 17 auf Seite 71

Station 7

Diese Messstation stand auf dem rückwärtigen Gelände der Grundschule Rablinghausen auf einer Wiese, die wenig genutzt wird. In ca. 300 m Entfernung befindet sich das Gelände der BLG Logistics GmbH & Co. KG. Von dem Messpunkt aus gesehen hinter den Gebäuden befindet sich ein Rangierbahnhof.

Station: 7 - Dorfkampsweg			
	gemessen [dB(A)]	gerechnet mit LimA [dB(A)]	Differenz [dB(A)]
L _{day}	49,0	54,1	-5,1
L _{evn}	46,3	53,5	-7,1
L _{ngt}	44,9	45,6	-1,7
L _{den}	51,6	55,6	-4,0

Tabelle 17: gemessene und berechnete Werte der Station 7

Die Lärmbelastung bei Station 7 (Tabelle 17) ist durch Industrielärm, Sport- und Freizeitlärm und Verkehrslärm geprägt. Nach Berechnung von Straße und Industrie fällt auf, dass die berechneten Werte teilweise deutlich höher liegen als die gemessenen Werte. Dies liegt an der Abschirmung durch einen schmalen Waldgürtel zwischen dem Messpunkt und der Industrieanlage, sowie einer Überschätzung des Industrielärms für den Abendzeitraum. Der deutlich zu hoch errechnete Wert für den Abend, resultierend aus der Überschätzung des Industrielärms, geht in die Berechnung des L_{DEN} ein und ist folglich auch zu hoch.

Station 8

Hier stand die Station an der Kreuzung Dungerstraße Ecke Auf der Fredewisch. Diese liegen in einem Wohngebiet und sind schmale einspurige Fahrbahnen (Gesamtbreite: ca. 3 m). Beim Einfahren in dieses Wohngebiet wird eine maximale Geschwindigkeit von 10 km/h gefordert. Beim Auslesen der Station konnte beobachtet werden, dass nur wenige Autos auf diesen Wegen fahren. Schwerlastverkehr ist auf diesen Straßen äußerst selten.

In 600 m Entfernung befindet sich die Bahnstrecke von Bremen Mitte nach Bremen Nord bzw. Bremerhaven. In ca. 1000 m Entfernung befindet sich der Gewerbepark Bremen West, welcher auch mit Bahnschienen verbunden ist. In diesem Gewerbepark befindet sich die ArcelorMittal Bremen GmbH. Dies ist ein Stahlproduzent, der bis zu vier Millionen Tonnen Rohstahl pro Jahr herstellt und auch die Weiterverarbeitung bis hin zur Feinblechverarbeitung übernimmt. Davon ist jedoch an diesem Messpunkt nichts zu hören, da das eigentlich Stahlwerk mehr als 1000 m entfernt ist und

sich ein Wald zwischen beiden befindet.

Station: 8 – Dungerstraße (berechnet mit vorgegebenen GIS-Werten)			
	gemessen [dB(A)]	gerechnet mit LimA [dB(A)]	Differenz [dB(A)]
L _{day}	52,1	58,5	-6,4
L _{evn}	49,2	56,0	-6,8
L _{ngt}	46,4	48,9	-2,6
L _{den}	54,3	59,2	-4,9

Tabelle 18: gemessene und berechnete Werte der Station 8 - hier wurden die entsprechenden Eingangsdaten genutzt, die auch für die Berechnung bei den anderen Stationen verwendet wurden

Station: 8 – Dungerstraße (berechnet mit korrigierten Geschwindigkeiten und DTV)			
	gemessen [dB(A)]	gerechnet mit LimA [dB(A)]	Differenz [dB(A)]
L _{day}	52,1	52,3	-0,2
L _{evn}	49,2	50,6	-1,4
L _{ngt}	46,4	44,9	1,5
L _{den}	54,3	53,9	0,4

Tabelle 19: gemessene und berechnete Werte der Station 8 - hier wurden die Werte für die Geschwindigkeit und den Fahrzeuganteil den vor Ort gegeben angepasst

Bei Station 8 (Tabelle 18) wurde die erste Berechnung mit Standardwerten und Standardgeschwindigkeiten von 50 km/h für die Straße in der Nähe der Station durchgeführt. Dieses ergab eine Überschätzung des L_{den} mit fast 5 dB. In diesem Wohngebiet darf jedoch nur mit Schrittgeschwindigkeit von 10 km/h gefahren werden und auch der LKW-Anteil ist in diesem Gebiet sehr gering. Nach einer Korrektur der Geschwindigkeiten (50 km/h → 10 km/h), Reduzierung des LKW-Anteils und des DTV (für alle Nebenstraßen wurde eine DTV von 500 angenommen, die hier jedoch zu hoch angesetzt war), ergeben sich nur noch geringere Unterschiede zwischen gemessenen und berechneten Werten (Tabelle 19). Die Berechnung der Lärmindizes für die Industrie zeigte auch, dass der Industrielärm in diesem Gebiet keinen Einfluss hat. Die Addition (energetisch) von berechneten Straßen- und Industrielärmindizes ergeben Unterschiede, die nur im Bereich weniger Zehntel dB liegen.

Station 9

Diese Lärmessstation stand im Garten eines Einfamilienhauses am Glockenstein direkt an der Weser. In ca. 400 m Entfernung, auf der anderen Seite der Weser, befindet sich die ArcelorMittal

Bremen GmbH (siehe oben auf Seite 64). An diesem Punkt ist der Lärm von dem Hüttenwerk deutlich wahrzunehmen.

Station: 9 – Seehausen (Am Glockenstein)			
	gemessen [dB(A)]	gerechnet mit LimA [dB(A)]	Differenz [dB(A)]
L _{day}	53,8	53,3	0,5
L _{evn}	53,0	52,1	0,8
L _{ngt}	51,9	52,0	-0,1
L _{den}	58,7	58,5	0,2

Tabelle 20: gemessene und berechnete Werte der Station 9

Nach Berechnung der Pegelbeiträge von Straße und Industrie von Station 9 (Tabelle 20) und energetischer Addition ist erkennbar, dass der Straßenlärm kaum Einfluss hat. Die Berechnung der Straße ergab für diesen Punkt einen Maximalpegel von 38 dB(A) am Tag, 34 dB(A) am Abend, 27 dB(A) in der Nacht und 37 dB(A) für den L_{DEN}. Diese Pegel machen bei einer Addition nur Zehntel im Endergebnis aus. Der Gewerbe- und Industrielärm ist an diesem Ort eindeutig der dominierende. Deren Schalleistung wurde offenbar sehr realitätsnah in die Berechnung eingespeist.

Station 10

Hier befand sich die Station auf dem Gelände des Allgemeinen Turn- und Sportverein Bremen von 1860. In ca. 220 m Entfernung befindet sich die Hermann-Heinrich-Meier-Allee (zweispurig), in der mittig die Schienen der Straßenbahnlinie 6. Die Straßenbahn fährt je nach Tageszeit alle 5 bis 30 min (in jede Richtung), gerade in der Zeit von 7 – 9 Uhr und 15 – 18 Uhr fährt sie sehr oft.

Station: 10 - Baumschulenweg			
	gemessen [dB(A)]	gerechnet mit LimA [dB(A)]	Differenz [dB(A)]
L _{day}	56,0	46,1	9,9
L _{evn}	46,4	43,4	3,0
L _{ngt}	41,4	36,1	5,3
L _{den}	54,3	46,6	7,7

Tabelle 21: gemessene und berechnete Werte der Station 10

Station: 10 – Baumschulenweg – Berücksichtigung von Bauarbeiten			
	gemessen während der Bauarbeiten [dB(A)]	gemessen nach den Bauarbeiten [dB(A)]	Differenz [dB(A)]
L _{day}	58,0	52,0	6,0
L _{evn}	45,9	46,6	-0,7
L _{ngt}	39,0	43,6	-4,6
L _{den}	55,6	52,5	3,1

Tabelle 22: Pegel während und nach den Bauarbeiten

Bei Station 10 (Tabelle 21) werden erheblich höhere Pegelwerte gemessen als vorhergesagt. Die Unterschiede im L_{day} betragen fast 10 dB. In die Berechnung geht nur der Verkehrslärm ein. In der Nähe der Station 10 wurden jedoch seit dem 30.10.05 Straßenbauarbeiten durchgeführt, die zu den gemessenen Unterschieden führten.

Zum Ende der Bauarbeiten, als keine schweren Geräte mehr eingesetzt wurden, konnte zur gleichen Tageszeit ein ca 10 dB(A) niedrigerer Pegel, als zur Zeit der Bauarbeiten ermittelt werden (siehe Anhang).

Wenn man die Lärmindizes für diese zwei Phasen vergleicht (Tabelle 22), ist zu sehen, dass der L_{day} nach den Bauarbeiten um ca. 6 dB gesunken ist, der L_{night} jedoch um 5 dB gestiegen ist. Der Unterschied im L_{evn} lässt sich mit der Vollsperrung der Straße während der Bauarbeiten begründen.

Station 11

Hier stand die Messstation auf dem Gelände des Schloßparkbades direkt neben dem Mercedes Benz Werk Bremen. In ca. 500 m Entfernung befindet sich die Seebaldsbrücker Heerstraße, eine vierspurige Straße mit einer Geschwindigkeitsbegrenzung von 50 km/h.

Station: 11 - Schloßpark			
	gemessen [dB(A)]	gerechnet mit LimA [dB(A)]	Differenz [dB(A)]
L _{day}	50,4	45,3	5,1
L _{evn}	48,7	44,9	3,8
L _{ngt}	45,7	44,2	1,5
L _{den}	53,4	50,8	2,6

Tabelle 23: gemessene und berechnete Werte der Station 11

Trotz Berücksichtigung von Straßen- und Industrielärm in der Berechnung liegen die gemessenen

Werte bei Station 11 (Tabelle 23) bis zu 5 dB höher. Vergleicht man die Messwerte während der Werksferien der Mercedes Benz Werke (Annahme: in der Zeit müsste nur Straßenlärm gemessen worden sein) mit den berechneten Lärmindizes für die Straße, kann man einen Unterschied von ca. 8 dB erkennen. Es muss bzw. müssen also noch eine oder mehrere andere Quellen vorhanden sein. Eine der zusätzlichen Quellen ist der Sport- und Freizeitlärm vom Schloßparkbad, der aber laut UL-RL nicht für die Berechnungen der Lärmindizes in Frage kommt, jedoch in der Messung enthalten ist.

Station 12

Station 12 befindet sich direkt am Osterdeich (3 m von der Fahrbahn entfernt) auf Höhe der Kreuzung Stader Straße. Der Osterdeich ist eine zweispurige Straße mit einer Geschwindigkeitsbegrenzung von 50 km/h. Jedoch steht an der Kreuzung Osterdeich - Stader Straße eine Ampel mit 3 Spuren auf dem Osterdeich, wobei eine jeweils für die Linksabbieger vorgesehen ist (eine davon führt auf den Parkplatz des Weser-Stadions). Die Haltelinie ist ca. 8m von der Lärmmessstation entfernt.

Station: 12 - Osterdeich			
	gemessen [dB(A)]	gerechnet mit LimA [dB(A)]	Differenz [dB(A)]
L_{day}	68,8	70,0	-1,2
L_{evn}	67,7	66,5	1,2
L_{ngt}	63,2	59,6	3,6
L_{den}	71,4	70,2	1,3

Tabelle 24: gemessene und berechnete Werte der Station 12

Station 12 (Tabelle 24) befindet sich an einer stark befahrenen Straße. Der Verkehrslärm ist eindeutig die Hauptlärmquelle. Der etwas erhöhte Wert der Messung gegenüber der Berechnung von ca. 1,3 dB im L_{DEN} kann durch den erhöhten Pegel anfahrender Autos erklärt werden. Zusätzlich entstanden auch Ungenauigkeiten durch das insbesondere am Wochenende zur Abend und Nachtzeit erhöhte Verkehrsaufkommen, bedingt durch das in der Nähe liegende Weser-Stadion (siehe Abb. 22). Auffällig ist, dass der gemessene L_{night} um fast 4 dB höher ist als der berechnete. Dies ist durch ungenaue Verkehrszahlen (gerade am Wochenende) und falsche durch Annahmen für den LKW-Anteil zu begründen.

Station 13

Dieser Messpunkt befindet sich an der Kattenturmer Heerstraße in der Nähe der Theodor-Billroth-Straße. Direkt neben der Station befindet sich die Bushaltestelle Wolfskuhlenweg, an dem im Höchstfall alle 15 min der Stadtbus und jede Stunde jeweils ein Bus der 5 Regionallinien fährt.

Station: 13 – Kattenturmer Heerstraße			
	gemessen [dB(A)]	gerechnet mit LimA [dB(A)]	Differenz [dB(A)]
L _{day}	69,2	70,5	-1,3
L _{evn}	67,6	66,1	1,5
L _{ngt}	62,5	60,3	2,2
L _{den}	71,2	70,5	0,6

Tabelle 25: gemessene und berechnete Werte der Station 13

Berechnete und gemessene Werte unterscheiden sich bei Station 13 (Tabelle 25) um max. 2,2 dB. Der Unterschied im L_{DEN} ist mit 0,6 dB klein. Beim L_{evening} und L_{night} sind die Unterschiede, bedingt durch einen höheren LKW-Anteil auf dieser Strecke größer.

8.2 Aktionsplan Bremen

Für die Erstellung des Aktionsplans [59] zur Lärminderung wurde im Januar 2007 ein Arbeitskreis¹⁵ gebildet. Es wurde entschieden, dass die Maßnahmen zur Lärminderung in einem Zwei-Stufen-Plan erfolgen soll, damit zeitnah die am stärksten vom Lärm betroffenen Menschen entlastet werden können. Als Auslöseschwellenwerte für Bremen wurden in der ersten Stufe 60 dB(A) für den Nachtzeitraum und 70 dB(A) für den Tagzeitraum gewählt. In der zweiten Stufe sollen dann diese Werte um 5 dB(A) reduziert werden, auf 55 dB(A) nachts und 65 dB(A) tagsüber. Die Werte wurden nach der aktuellen Lärmwirkungsforschung und in Anlehnung an die 16. BImSchV ausgewählt und entsprechen denen in den meisten anderen Bundesländern.

Nach der Lärmkartierung hat sich herausgestellt, dass der Straßenverkehrslärm und der Schienenverkehrslärm die überwiegenden Lärmquellen sind. Der größere Anteil der Betroffenen sind dem Straßenverkehrslärm ausgesetzt. Daher wurde das Hauptaugenmerk in der Aktionsplanung auf den Straßenverkehrslärm gelegt, der im folgenden hier zunächst behandelt wird. Darauf folgend werden dann alle anderen in der UL-RL festgelegten Arten von Lärm betrachtet.

¹⁵ Dem Arbeitskreis gehören Vertreterinnen/ Vertreter der Senatorin für Arbeit, Frauen, Gesundheit, Jugend und Soziales (Bereich Gesundheit), des Gesundheitsamts, der Gewerbeaufsicht, der Abteilungen 2 und 5 sowie des Fachbereichs Bau des Senators für Wirtschaft und Häfen (Bereich Wirtschaft), des Senators für Inneres und Sport (Bereich Inneres) und der Bremer Straßenbahn AG gebildet. Externe Berater werden bedarfsweise hinzugezogen.

8.2.1 Straßenverkehrslärm

Für die Berechnungen wurden in Bremen Straßenabschnitte genutzt, die unter die von der UL-RL vorgegebene Kategorie einer Hauptstraße fallen. Es wurden aber auch Straßen aus dem Gesamtstraßennetz dazu genommen, um die Gesamtlärmbelastung im Ballungsgebiet besser einschätzen zu können. Zu den Hauptstraßen gehören ungefähr 1050 Straßenabschnitte mit einer Gesamtlänge von 135 km und einem Verkehrsaufkommen von mehr als 6 Millionen Fahrzeugen pro Jahr. Die Straßen, die aus dem Gesamtstraßennetz ausgewählt wurden haben ein Verkehrsaufkommen von mehr als 365.000 Fahrzeugen pro Jahr (DTV 1000)

Im Abschlussbericht zur Lärmkartierung vom 14.09.2007 wurden dann die Zahlen der Belasteten nach verschiedenen Kategorien aufgelistet (in der ersten Stufe):

- 3.200 Personen, die nachts mit >60 dB(A) belastet sind.
- 2.800 Personen, die mit >70 dB(A) über den gesamten Tag (24 h) belastet sind an Hauptverkehrsstraßen.
- 6.100 Personen, die mit >70 dB(A) über den gesamten Tag (24 h) belastet sind im Gesamtstraßennetz.

In der zweiten Stufe der Aktionsplanung sehen die Belastetenzahlen wie folgt aus:

- 12.500 Personen, die nachts mit >55 dB(A) belastet sind im Hauptverkehrsstraßennetz.
- 31.400 Personen, die nachts mit >55 dB(A) belastet sind im Gesamtstraßennetz.
- 12.500 Personen, die mit >65 dB(A) über den gesamten Tag (24 h) belastet sind an Hauptverkehrsstraßen.
- 29.000 Personen, die mit >70 dB(A) über den gesamten Tag (24 h) belastet sind im Gesamtstraßennetz.

In der ersten Stufe sind die Betroffenenzahlen für den Nacht- und den Tagzeitraum im Hauptverkehrsnetz fast gleich hoch, und es sind auch die gleichen Straßen bzw. Straßenabschnitte betroffen. Deshalb wurde entschieden, sich in der Aktionsplanung erstmal vorrangig auf die Nacht zu beschränken. Es wurden in einem Untearbeitskreis 50 Straßen/ Straßenabschnitte ausgewählt und auf mögliche Maßnahmen hin untersucht. Dabei wurden die Orte, an denen mehr als 40 Betroffene wohnen, vorrangig behandelt. Durch einen Lärmgutachter wurden die möglichen Maßnahmen, auf ihre Wirkung und Verminderung der Betroffenenzahlen hin, berechnet.

Die Bereiche in denen eine Reduzierung der Betroffenenzahlen um 50% und eine Lärminderung um 2 dB(A)¹⁶ erreicht werden könnte, sollen auf Umsetzbarkeit überprüft werden. Für alle anderen

16 2 dB(A) weil weniger als 2 dB(A) den Mess- und Rechenungenauigkeiten des verwendeten Rechenmodells

Straßenabschnitte werden die vorgeschlagenen Maßnahmen zunächst zurückgestellt.

Folgende Maßnahmen wurden beschlossen:

- LKW-Führungsnetz und Verkehrsmanagement¹⁷.
1996 eingeführtes System, welches sich bewährt hat. Der Verkehr wird in der Verkehrsmanagementzentrale überwacht und gesteuert, so können Überlastungen vermieden werden.
- passive Lärmschutzmaßnahmen
werden entsprechend der 16. BImSchV durchgeführt.
- Verbesserung des Verkehrsflusses.
Dazu wird seit Ende des Jahres 2006 die 2. Stufe des Projektes „Grüne Welle“¹⁸ durchgeführt und soll bis Ende 2008 abgeschlossen sein.
- Einsatz von Geschwindigkeitsanzeigetafeln.
Nach Genehmigung des Amtes für Straßen und Verkehr können Geschwindigkeitsanzeigetafeln beim ADAC ausgeliehen und aufgestellt werden.
- Geschwindigkeitsbegrenzung.
Auf 70% der Stadtstraßen in Bremen wurde eine Geschwindigkeitsbegrenzung auf 30 km/h angeordnet.

In der Tabelle 26 sind einige der beschlossenen Maßnahmen aufgeführt.

entsprechen

17 Die VerkehrsManagementZentrale - kurz: VMZ - führt erstmalig die in Bremen vorhandenen verkehrstechnischen Einrichtungen auf einer Plattform zusammen. Die VMZ Bremen beobachtet nicht nur den Verkehr, sondern kann im Bedarfsfall auch steuernd in die einzelnen Systeme eingreifen. Außerdem besteht die Möglichkeit, dass ein Subsystem die Daten eines anderen Subsystems nutzt und diese Informationen dann erstmalig in damit verbundene Entscheidungsvorgänge einfließen. Es ist an folgende Systeme angeschlossen: die Verkehrsbeeinflussungsanlage auf der A1, das Verkehrsrechnersystem mit den daran gekoppelten Lichtsignalanlagen, das Parkleitsystem in Bremen Nord und Bremen Mitte, die Wechselwegweisungsanlage, der Tunnel in Hemelingen und verschiedene Videokameras. Sie alle werden überwacht und bei Bedarf so angepasst, dass keine Störungen im Verkehrsfluss entstehen.

18 Das Projekt „Grüne Welle“ soll den Fahrkomfort verbessern, die Schadstoff- und Lärmemissionen senken und den Verkehr auf den Hauptverkehrsstraßen bündeln, indem sie das Nebenstraßennetz entlasten. Fast 2 Mio. € betragen die Kosten für dieses Projekt (u.a. für moderne Ampeltechnik) und ca. 1 Mio. Liter Kraftstoff können eingespart werden. Die Erfahrungen aus der 1. Stufe des Projekts waren durchweg positiv. Zusätzlich werden knapp 70% der Ampeln nachts abgeschaltet.

EU -Nr.*	Straße	Maßnahme	Zahl der Entlasteten nachts >60 dB(A)
2.1	A 27	Tempo 120 km/h	35
4	Ritterhuder Heerstraße	Verkehrsführung geändert, neue Lärmschutzwände	7
16.2	Carl-Francke-Str.	Entlastung durch Bau der A 281	19
16.3	Neuenlander Str.	Entlastung durch Bau der A 281	242
23.3-23.5	A 1	Modellversuch Tempo 100 km/h zwischen Hemelingen und Arsten, weil Standspur als Fahrspur genutzt wird	wird noch berechnet
52	Dillener Str.	Umgehung durch Bau der B 74	44
52	Wartburgstr.	Ersatz von Pflaster gegen Asphalt	27

Tabelle 26: Auszug aus dem Lärmaktionsplan von Bremen [Lärmaktionsplan zur Lärminderung für die Stadt Bremen, Anlage 2]

Geplante Maßnahmen:

- Austausch Pflaster gegen Asphalt/ Geschwindigkeitsbeschränkungen.

Im Rahmen der Grundsanie rung soll in mehreren Straßen das Pflaster gegen Asphalt ausgetauscht werden; um kurzfristig Lärm minderung zu erreichen, soll auf einigen Straßen nachts 30 km/h angeordnet werden, soweit dies mit dem öffentlichen Nahverkehr zu vereinbaren ist; Berechnungen zufolge ergibt sich so eine Zahl von 704 Entlasteten, die sonst einem Pegel von mehr als 60 dB(A) nachts ausgesetzt sind.

Die Beschilderung soll ein zusätzliches Schild „Lärmschutz“ erhalten um die Akzeptanz zu erhöhen; die Geschwindigkeitsbeschränkungen sollen durch die Polizei überwacht werden. Sollte sich keine Verhaltensänderung einstellen müssen ggf. weitere Maßnahmen ergriffen werden durch z.B. stationäre oder mobile Verkehrsüberwachungstechniken z.B.

Radarüberwachung (100.000 – 120.000 €/Gerät) dies wird jedoch erstmal abgewartet.

- Flüsterasphalt.

Der Einsatz kommt nur bei Neubau oder bei der Grundsanie rung von Straßen mit Geschwindigkeiten oberhalb von 50 km/h (A 281) in Betracht und wird dann im Einzelfall geprüft.

* ist die Nummer der Straßenabschnitte so wie sie 2005 an die EU gemeldet wurde

EU -Nr.	Straße	Maßnahme	Zahl der Entlasteten nachts >60 dB(A)	
			kurzfristig	langfristig*
51	Am Wall, von Doventor bis Altenwall	nachts 30 km/h	54	
51	Am Wall, von Doventor bis Altenwall.	Ersatz von Pflaster gegen Asphalt		44
31	Bismarckstr., von Schwachhauser Heerstr. St. bis Jürgen-Str.	nachts 30 km/h	331	
21	Kattenturmer Heerstr. zwischen Arsterdamm und Theodor-Billroth-Straße	nachts 30 km/h	140	
50	Breitenweg, von Utbremer Str. bis Rembertiring	Tags und nachts 50 km/h auf der Hochstraße Kombination mit Maßnahme 50 Falkenstraße wird noch berechnet		wird noch berechnet
50	Falkenstr. gesamt	Straßenverkehr nachts 30 km/h Ersatz von Pflaster gegen Asphalt bei 50 km/h Kombination mit Maßnahme 50 Breitenweg wird noch berechnet	61	74
6.1	Lange Reihe gesamt	30 km/h Ersatz von Pflaster gegen Asphalt bei 50 km/h	41	46
6.1		nachts 30 km/h Ersatz von Pflaster gegen Asphalt bei 50 km/h	74	120

Tabelle 27: Auszug aus dem Lärmaktionsplan von Bremen [Lärmaktionsplan zur Lärminderung für die Stadt Bremen, Anlage 2]

Zurückgestellte und abgelehnte Maßnahmen

Maßnahmen, bei denen weniger als 50% der Betroffenen entlastet werden und weniger als 40 Personen betroffen sind, werden zunächst zurückgestellt. Maßnahmen mit nur einem Betroffenen werden nicht durchgeführt. Maßnahmen, bei denen der Lärmpegel um weniger als 2 dB(A) reduziert werden könnte, werden zurückgestellt (siehe Fußnote S. 70).

* Entlastete z.T. deckungsgleich mit Entlasteten der kurzfristigen Maßnahmen

Wenn es im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) durch irgendwelche Maßnahmen zu Verzögerungen im Angebot kommen könnte (z. B. längere Fahrzeiten oder nicht Einhalten der Anschlussgarantie), dann werden die Maßnahmen nur eingeschränkt durchgeführt. Verlängerte Fahrzeiten würden zudem den Einsatz zusätzlicher Fahrzeuge erfordern, weil die Wendezeiten an den Endhaltestellen zu kurz würden. Maßnahmen, die das Hauptverkehrsnetz betreffen, können nicht immer durchgeführt werden, da zum Beispiel eine Geschwindigkeitsreduzierung zu Verdrängungen in das nachgeordnete Netz führen kann.

8.2.2 Schienenverkehrslärm

Straßenbahnlärm

In Bremen gibt es als Teil des öffentlichen Personennahverkehr Straßenbahnen, die auch teilweise die Hauptverkehrsstraßen benutzen. Durch den Straßenbahnlärm sind 700 Anwohner über den Gesamttag mit einem Pegel von mehr als 70 dB(A) belastet. Nachts sind es 3300 Personen, die mit mehr als 60 dB(A) belastet werden.

Die Bremer Straßenbahn AG führt folgende Maßnahmen durch, um den Lärm möglichst niedrig zu halten:

- bei Sanierung des Schienenstrecken wird dauerelastischer Unterguss eingesetzt. Es werden grundsätzlich alle Gleisanlagen auf einem aktuellen Stand der Technik errichtet (mit einem dauerelastischem Unterguss um den Körperschall zu reduzieren).
- Die Laufräder der Schienenfahrzeuge sind mit gummigelagerten Radreifen ausgestattet.
- Etwa zweimal pro Woche wird der Schienenschleifwagen im gesamten Netz eingesetzt. Dieser befreit die Schienen von Verunreinigungen.
- Zwei mal pro Jahr werden die Schienen inspiziert und auf Riffelbildung untersucht und bei Bedarf geschliffen.
- Bei Meldungen, Beschwerden, Auffälligkeiten, verstärkter Lärmentwicklung werden zusätzliche Maßnahmen ergriffen.

Eisenbahnlärm

Für die Berechnung der Eisenbahnstrecken ist das Eisenbahnbundesamt zuständig. Ein Zeitpunkt der Datenübergabe an Bremen konnte bis Ende Mai 2008 nicht genannt werden. Inzwischen sind die Daten vorhanden und werden ausgewertet. Da keine Daten zum Zeitpunkt der Erstellung der vorliegenden Untersuchung existierten, konnten sie in dem vorliegenden Aktionsplan nicht behandelt werden.

Bremen liegt an Bahnstrecken, die nationale und internationale Bedeutung haben und vom Personen- und Güterverkehr genutzt werden. Auf den Hauptstrecken fahren teilweise mehr als 90.000 Züge jährlich. Wegen des Hafenumschlages am Containerterminal in Bremerhaven hat sich eine Steigerung des Güterverkehrs insbesondere im Nachtzeitraum ergeben. In den nächsten Jahren soll diese Zahl weiter steigen. So wird für diese Strecke mit einer Erhöhung bei den Güterzügen um fast 60% von 2005 auf 2015 gerechnet. Mit der Errichtung des Jade-Weser-Ports in Wilhelmshaven ist mit einem weiteren Anstieg des Gütertransport zu rechnen.

Unabhängig von den fehlenden Daten können zu den Maßnahmen folgende Aussagen gemacht werden:

- Es gibt ein freiwilliges Lärmsanierungsprogramm der Bahn auf nationaler Ebene. Dabei wird nur der Altbestand von Gebäuden (Fertigstellung bis 1.4.1974) berücksichtigt.
- Nach der „Richtlinie für die Förderung von Maßnahmen zur Lärmsanierung an bestehenden Schienenwegen der Eisenbahn des Bundes“ [60] sind auch Fälle zu berücksichtigen, in denen der Lärm in nicht vorhersehbarer Weise zugenommen hat.

8.2.3 Flugverkehr

Der Verkehrsflughafen Bremen befindet sich zwischen dem Stadtzentrum (im Norden) und den niedersächsischen Umlandgemeinden (im Süden). Die Entfernung zum Stadtzentrum beträgt 3,5 km.

Die Zahl der Flugbewegungen ist in den Jahren 2000 bis 2006 von rund 51.000 auf 40.000 gesunken. Im Jahr 2007 gab es 2,2 Millionen Passagiere und 45.000 Flugbewegungen, damit liegt Bremen noch unterhalb des Wertes von 50.000 Flugbewegungen/ Jahr die einen Großflughafen definieren. Eine Kartierung erfolgte aufgrund der Lage innerhalb des Ballungsraumes Bremen.

Die Start- und Landbahn verläuft in Ost-West-Richtung. Die Lärmkartierung 2006 erfolgte auf Grundlage der Daten von 2005. Die Isophone $L_{DEN} = 65$ dB(A) umhüllt eine Fläche von 2,06 km², in der 22 Betroffene wohnen. In der von der Isophonen $L_{night} = 55$ dB(A) wohnen 3 Betroffene. Es wurde auch die seit 07.06.2007 geflogene „Wesertalroute“ berechnet. Dabei ergab sich, dass 290 Personen durch diese neue Flugroute entlastet werden im Pegelbereich $L_{DEN} \geq 55$ bis 60 dB(A).

Bisher wurden folgende Maßnahmen ergriffen:

- Errichtung von Lärmschutzzonen (nach den Vorgaben des Fluglärmgesetzes von 1971 [61]; es sollen neue Lärmschutzzonen nach den Vorgaben der Novellierung des Fluglärmgesetzes vom 31.10.2007 [32] eingerichtet werden).

- Überwachung des Fluglärms mit neun fest installierten Messanlagen.
- Nachtflugverbot
- Verbot von lauten Maschinentypen (*chapter 2 aircrafts* nach [62]).
- Bonuslistenregelung bei der Entgeltentlastung.
- Freiwilliges Schallschutzprogramm für passive Maßnahmen.
- Bei der städtebaulichen Entwicklung wird der Fluglärm berücksichtigt.

8.2.4 Gewerbe und Industrie

Nach erfolgten Berechnungen konnte festgestellt werden, dass es keine Betroffenen tagsüber (>65 dB(A)) sowie nachts (>55 dB(A)) gibt. In der „Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm“ (TA Lärm) [63] sind die erlaubten Immissionswerte niedriger als die Auslöseschwellenwerte in der Aktionsplanung. Sie liegen in der Nacht mit 45 dB(A) für Mischgebiete 15 dB(A) unter dem Wert von 60 dB(A).

8.2.5 langfristige Maßnahmen

In Bremen gibt es neben den Maßnahmen, die unmittelbar zur Lärminderung beitragen, weitere Schritte um die Luftreinhaltepläne [64] einzuhalten, den motorisierten Individualverkehr und die Anzahl der Fahrzeuge auf den Straßen zu mindern. Dies soll durch die Förderung eines umweltfreundlichen Verkehrs erfolgen. Dazu soll der Ausbau des öffentlichen Personennahverkehrs, der Fahrradwege und des Car Sharing beitragen. Durch so genannte Mobilpunkte soll eine optimale Verknüpfung des ÖPNVs mit Car-Sharing, Fahrrad und Taxi erzielt werden. In Bremen existieren bereits 6 dieser Mobilpunkte.

Die städtebaulichen Entwicklung soll sich in Zukunft an der neuen Charta von Athen [65] orientieren. Darin ist die Vision für Städte des 21. Jahrhunderts beschrieben. Diese sollen in vielerlei Hinsicht vernetzt sein. Zur Bewegung und Mobilität heißt es darin: „Innerhalb von Städtenetzen wird die Mobilität durch die Verknüpfung der verschiedenen Transportsysteme verbessert. Diese Verbesserungen in der Infrastruktur müssen abgewogen werden mit dem Anspruch der Menschen, in Ruhe zu wohnen und zu arbeiten – ohne die Lärmbelästigung durch schnelle Transportnetze.“ Es kann also sinnvoll sein, durch Zusammenrücken von Wohnen und geräuscharmen Gewerbe Wege, die sonst zum Beispiel mit dem Auto zurückgelegt werden müssten, zu verkürzen oder gar nicht erst entstehen zu lassen.

8.2.6 Kosten

In ihrem Aktionsplan hat die Stadt Bremen auch gleich die veranschlagten Kosten für die geplanten Maßnahmen aufgeführt.

Maßnahme	Kosten in €	
Beschilderung Geschwindigkeitsbeschränkung		10.000
Austausch Natursteinpflaster durch Asphaltdecke Am Wall, Falkenstraße, Lange Reihe, Steffensweg	gesamt: lärmmind. Anteil:	10.000.000 4.900.000
Geschwindigkeitsbegrenzung und dadurch höherer Einsatz von Fahrzeugen, Personal und Treibstoff der BSAG für 3 Linien	zusätzl. Personalkosten: pro Jahr pro Linie ohne Nachtzuschläge	43.800
Überwachung der Geschwindigkeit bei Nichteinhaltung mittels Verkehrsüberwachungstechniken (Blitzer)	pro Gerät:	100.000 bis 120.000
Schallschutzfenster (>60 dB(A)) Lüfter (55 – 60 dB(A)) 3.300 Wohnungen mit >60 dB(A) nachts 13.300 Wohnungen mit 55 – 60 dB(A)*	pro Wohnung: pro Wohnung: gesamt: gesamt:	5.000 800 20.000.000 10.000.000

Tabelle 28: Kosten für verschiedene Maßnahmen im Aktionsplan zur Lärminderung des Landes Bremen [Lärmaktionsplan zur Lärminderung für die Stadt Bremen]

Um in Zukunft wirksame Maßnahmen umsetzen zu können, sollen ab dem Haushalt 2010 Mittel in einer Größenordnung von 1 Mio. € pro Jahr bereitgestellt werden. Wie diese Mittel bereitgestellt werden sollen, ist momentan noch unklar.

9 Zusammenfassung und Ausblick

Jeder Mensch definiert Schall als Lärm für sich anders. Jedoch wird der Schall, wenn er von Fahrzeugen (Straßen-, Schienen- und Flugverkehr) resultiert, meist als störend, als Lärm empfunden. Tabelle 29 zeigt wie viele Leute sich von welcher Art Lärm belästigt fühlen.

* Es kann davon ausgegangen werden, dass die überwiegende Anzahl der Gebäude bereits mit einer Doppelverglasung versehen ist. Dadurch reduziert sich der Einbau von Lüftern, somit kann mit einer Reduzierung der Kosten um 2.600.000 € gerechnet werden.

Geräuschquelle	Gestört und belästigt (Angaben ¹ in %)				
	äußerst	stark	mittel	etwas	überhaupt nicht
Straßenverkehr	4	9	21	29	38
Nachbarn	2	4	14	27	53
Flugverkehr	2	3	11	21	62
Industrie und Gewerbe	1	2	8	14	74
Schienenverkehr	1	2	7	12	78

Tabelle 29: Lärmbelästigung der Bevölkerung nach Geräuschquellen 2006, ¹ gerundete Zahlen, daher Summenwerte über 100 % möglich [Umweltbundesamt, Umweltbewusstsein in Deutschland 2006, Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage, Berlin 2006]

Werden die „mittel“ bis „äußerst“ Gestörten und Belästigten als Gruppe der Bevölkerung zusammen gefasst, die man als erheblich Betroffene bezeichnen könnte, ergibt sich, dass rund ein Drittel vom Straßenverkehr, 1/5 von den Nachbarn, 1/6 vom Flugverkehr, und nur je 1/10 von Industrie und Gewerbe sowie vom Schienenverkehr gestört und belästigt werden. Diese Aussage ist allerdings für unmittelbar Betroffene von wenig Wert. Die Abschätzung bzw. Tabelle 29 zeigt jedoch, an welcher Stelle lärmindernde Maßnahmen zunächst den meisten Menschen hilft.

Die Aussage von Tabelle 29 ist durch eine Untersuchung zu ergänzen, die auf europäischer Ebene durchgeführt wurde, um heraus zu finden, wie viel Geld Bewohner bereit sind, für eine bestimmte lärmindernde Maßnahme im Straßenverkehr, also eine Pegelreduktion zu zahlen (Tabelle 30). Auch aus dieser Tabelle ist abzulesen, dass hauptsächlich Betroffene in Städten leben und dort auch bereit sind, beträchtliche Kosten für eine Lärminderung auf sich zu nehmen.

Auf Grund dessen wurden Untersuchungen gemacht, wie viel Geld Bewohner für eine bestimmte Pegelreduktion zahlen würden.

Ort	Jahr	Szenario ¹	Zahlungsbereitschaft pro dB, Haushalt und Jahr in Euro (2001)
Basel, Schweiz	1988	50% Reduktion	99
Neuchatel, Schweiz	1994	50% Reduktion	60 - 71
Oslo, Norwegen	1993	50% Reduktion	47 - 97
Schweden insgesamt	1995	Beseitigung	28
Helsinki, Finnland	1993	Beseitigung	6-9
Oslo Norwegen	1994	50% Reduktion	19
Norwegen insgesamt	1997	Beseitigung	2
Oslo, Norwegen	2000	Beseitigung ²	23-32
Lissabon, Portugal	1999	Keine Verdopplung	50
Pamplona, Spanien	1999	Beseitigung	2-3
Rhone-Alpes Region	2000	Beseitigung	7

Tabelle 30: Zahlungsbereitschaft für die Reduktion des Straßenverkehrslärms,

¹ 50% Reduktion der Lärmbelastung = Reduktion um etwa 8 dB, Beseitigung der Lärmbelastung = Reduktion um etwa 10 dB, Verdopplung der Lärmbelastung = Zunahme um 10 dB;

² Nur Haushalte mit einer Belastung von über 55 dB. [Leben mit Lärm, M. Klopfer, 2006]

Die europäische Union hat sich im Rahmen des sechsten Umweltaktionsprogramms das Ziel gesetzt, die Anzahl der von mittleren bis hohen Dauerschallpegeln belasteten Menschen erheblich zu verringern. Deswegen wurde 2002 die Umgebungslärmrichtlinie verabschiedet. Sie ist ein Instrument der Lärminderungsplanung, jedoch kein Lärmbekämpfungsgesetz. Mit ihr soll die momentane Belastung ermittelt und mit Aktionsplänen reduziert werden. Die ersten Lärmkarten für Städte mit mehr als 250.000 Einwohnern, Hauptverkehrsstraßen mit mehr als 6 Millionen Fahrzeugen pro Jahr, Haupteisenbahnstrecken mit mehr als 60.000 Zügen pro Jahr und Großflughäfen mit mehr als 50.000 Flugbewegungen pro Jahr wurden 2007 und die ersten Aktionspläne 2008 bei der EU eingereicht. Für kleinere Städte, Hauptverkehrsstraßen und Haupteisenbahnstrecken müssen die Lärmkarten und die Aktionspläne 2012 bzw. 2013 eingereicht werden. Alle fünf Jahre muss dies wiederholt werden und hat damit eine Art Akkreditierungscharakter. Da erst vor kurzem die ersten Karten und Pläne angefertigt wurden, bleibt abzuwarten, welchen Effekt die Umgebungslärmrichtlinie haben wird. Sie ist aber schon jetzt ein gutes Managementinstrument aktueller und künftiger Lärmprobleme, da das Thema offen angesprochen und beurteilt wird. Grundsätzlich können die Bürger die Lärmkarten einsehen, idealerweise über das Internet. Darüber

hinaus sollten die Maßnahmen zur Lärminderung ebenfalls detailliert veröffentlicht werden, wie dies etwa im vorliegenden Beispiel der Untersuchung im Ballungsraum Bremen auch erfolgt ist¹⁹.

Das Instrument Umgebungslärmrichtlinie erfasst nicht alle Schallquellen, denen die Menschen ausgesetzt sind. Für den Lärm am Arbeitsplatz gelten Arbeitsplatzrichtlinie, über deren Grenzwerte immer wieder geforscht wird, um das Optimum zwischen gesundheitlicher Schädigung oder Fehlerfreiheit in der Mensch-Maschine-Interaktion einerseits und den Kosten für den Schallschutz andererseits zu finden. Der Lärm am Arbeitsplatz wird nicht von der Umgebungslärmrichtlinie berücksichtigt. Andererseits muss die Umgebungslärmrichtlinie helfen, die notwendigen Erholungspausen zu schaffen, um den Lärm am Arbeitsplatz zu kompensieren. Bedeutende Lärmquellen im Umfeld außerhalb des Arbeitsplatzes sind noch der Freizeitlärm und der Nachbarschaftslärm. Letzterer ist nach dem Straßenverkehr die häufigst genannte Quelle für Störungen (Tabelle 29). Beide Lärmquellen fallen ebenfalls aus der Umgebungslärmrichtlinie heraus.

Die Harmonisierung der Berechnungsverfahren für die Umgebungslärmrichtlinie ist auf europäischer Ebene noch nicht abgeschlossen. Daher gelten zur Zeit noch die nationalen Vorschriften, die nach den Angaben in der UL-RL entsprechend zu ändern sind. Deutschland hat fünf vorläufige Berechnungsmethoden zur Bestimmung des Lärms an Straßen, an Schienen, auf Flugplätzen, von Gewerbe und Industrie, sowie zur Bestimmung des Belastetenzahlen.

In der vorliegenden Arbeit wurden nach den Vorgaben der UL-RL Berechnungen und Messungen im Ballungsraum Bremen durchgeführt und deren Übereinstimmungen untersucht. Dazu wurden 13 Stationen für vier bis zwölf Monate an repräsentativen Messorten aufgestellt. 10 dieser Stationen wurden von mir betreut und regelmäßig ausgelesen. Diese Daten wurden für die weitere Auswertung genutzt.

Die Lärmindizes wurden nach den Vorgaben der UL-RL bestimmt und dabei wurden teilweise erhebliche Abweichungen zwischen Berechnung und Messung ermittelt. Die Abweichungen lassen sich im Einzelfall durch unzureichende Eingangsdaten oder lokale Besonderheiten erklären, die nicht in dem Prognosemodell berücksichtigt werden.

Zusätzlich wurden Tagesverläufe (Stundenmittel) bestimmt. Es wurde unter anderem geprüft, wie viele Tage gemessen werden muss, um einen Tagesverlauf zu bekommen, der dem über den gesamten Messzeitraum ermittelten entspricht. Dazu wurden die Tagesverläufe der Monate verglichen und daran anschließend die eines Tages, einer Woche und eines Monats. Dabei wurde festgestellt, dass mit einer Messung über eine Woche nur eine geringe Abweichung zu der Messung über einen Monat existiert. Diese Übereinstimmung gilt aber nur für Stationen deren Hauptlärmquelle der

¹⁹ <http://www.umwelt.bremen.de/de/detail.php?gsid=bremen179.c.6566.de>

Straßenverkehr ist bzw. deren bestimmende Emissionsquelle als abschnittsweise stationär identifiziert werden kann.

Da die Tagesverläufe eine gewisse Regelmäßigkeit aufweisen mit einem zeitlich sinusförmigen Verlauf, wurde eine Näherungsformel bestimmt, die besonders gute Prognosen liefert, wenn die Hauptlärmquelle der Straßenverkehr ist.

Für ein erfolgreiches Lärmmanagement ist es notwendig, sämtliche Eingangsdaten der Emissionsquellen sowie deren Umgebungsdaten so genau wie möglich zu erhalten. Die Ungenauigkeiten und Fehlergrenzen, die im best-practice-guide angegeben sind, wurden bestätigt.

Eine Kontrolle der Immission an repräsentativen Messorten ist sinnvoll, um systematische Abweichungen von der Prognose zu erfassen. Die Messung braucht nicht kontinuierlich zu erfolgen sondern kann sich auf typische Wochenverläufe beschränken.

Je genauer die Pegel bestimmt werden und damit die Belastetenzahlen, desto „günstiger“ wird auch die folgende Aktionsplanung. Denn gerade Pegel, die nahe den Grenzwerten liegen, sollten auf Richtigkeit geprüft werden bevor teure Maßnahmen geplant werden.

Literaturverzeichnis

- [1] "Longitudinal and Transverse Wave Motion",
<http://www.kettering.edu/~drussell/Demos/waves/wavemotion.html>,
- [2] Fastl, Hugo; Zwicker, Ebehard; "Psychoacoustics – Facts and Models", 2007, Springer, 978-3-540-23159-2
- [3] Henn, Hermann; Sinambari, Gholam Reza; Fallen, Manfred; "Ingenieurakustik", 2008, Vieweg, 978-3834802552
- [4] Lips, Walter; "Lärmbekämpfung in der Haustechnik", 2002, expert Verlag, 978-3-8169-2184-4
- [5] Kloepfer, Michael et al.; "Leben mit Lärm - Risikobeurteilung und Regulation des Umgebungslärms im Verkehrsbereich", 2006, Springer Verlag , 978-3540345091
- [6] Griefahn, Barbara et. al.; "Forschungsverbund 'Leiser Verkehr'Bereich 2000 'Lärmwirkungen'",
http://www.fv-leiserverkehr.de/pdf-dokumenten/LV2000_Abschlussbericht.pdf
- [7] "Achtzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes ",
http://bundesrecht.juris.de/bimschv_18/
- [8] Öhrström, E; Björkman, M; "Effects of noise-disturbed sleep – a laboratory study on habituation and subjective noise sensitivity", J Sound Vib, 122:277–90, 1998
- [9] Griefahn B, Jansen G, Böhmer O; "Schlafstörungen und Hypnotikakonsum bei unterschiedlicher Belastung durch Straßengeräusche.", Z Arb wiss, 39:15-18, 1985
- [10] Ising H, Braun C; "Acute and chronic effects of noise: Review of the research conducted at the Institute for Water, Soil and Air Hygiene", Noise and Health, 2, 7-24, 2000
- [11] Passchier-Vermeer, W; "Noise an Health ", 1993, Review. nr A93/02E. The Hague:Health Council of the Netherlands,
- [12] Maschke, Christian; Wolf, Ute; Leitmann, Thilo; "Epidemiologische Untersuchungen zum Einfluss von Lärmstress auf das Immunsystem und die Entstehung von Arteriosklerose", 2003, Umweltbundesamt, <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/2256.pdf>
- [13] Babisch, Wolfgang ; "Die NaRoMI-Studie (Noise and Risk of Myocardial Infarction) - Auswertung, Bewertung und vertiefende Analysen zum Verkehrslärm", 2004, Umweltbundesamt, <http://www.apug.de/archiv/pdf/naromi.pdf>
- [14] Stansfeld, Stephen; "Noise, noise sensitivity and psychiatric disorder: epidemiological and psychophysiological studies", 1993, Cambridge University Press, 978-0521439756
- [15] Stansfeld, Stephen; Haines, MM.; Burr, M.; Berry, B.; Lercher P.; "A review of environmental noise and mental health", 2000, Noise Health. , 2(8):1–8
- [16] Stansfeld, Stephen; Haines, MM.; Brown, B; "Noise and health in the urban environment", 2000, Rev Environ Health, 15(1-2):43-82
- [17] Tarnopolsky, A; Watkins, G; Hand, DJ; "Aircraft noise and mental health: I. Prevalence of individual symptoms", 1980, Psychol Med 1980, 10: 683-698.
- [18] Fellenberg, Günter; "Lebensraum Stadt", 1991, Vieweg+Teubner, 978-3519036531
- [19] Walker, D; Grimwade, J; Wood, C; "Intrauterine noise: a component of the

- fetalenvironment", 1971, American Journal of Obstetrics and Gynecology, 109, 1 (1971): S. 91–95
- [20] Ronneberger, Dirk; Neuwald, Peter; Schaaf, Klaus; "Reifenrollgeräusche - Strömungs- und Druckschwankungen im Bereich der Aufstandsfläche", 1983,
<http://www.iwf.de/iwf/do/mkat/details.aspx?Signatur=C+1503>
- [21] "HARMONOISE - FINAL TECHNICAL REPORT",
<http://www.iwf.de/iwf/do/mkat/details.aspx?Signatur=C+1503>
- [22] "IMAGINE project", <http://www.imagine-project.org/>
- [23] Hubbard, Harvey H.; "Aeroacoustics of flight vehicles : theory and practice", 1995, Acoustical Society of America, 978-1563964046
- [24] Steven, Heinz; "Ermittlung des weiteren Lärminderungspotentials bei Kraftfahrzeugen", Forschungsvorhaben 205 05 809, 2003, Umweltbundesamt Deutschland,
- [25] Ullrich, S.; "Geräuschuntersuchungen im Prüfstand Fahrzeug/ Fahrbahn", , Bundesanstalt für Straßenwesen,
- [26] "Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes",
http://bundesrecht.juris.de/bimschv_16/
- [27] Rey, Lionel; "Lärmtechnische Beurteilung von Verkehrsberuhigungsmassnahmen: Schwerpunkt Aufpflasterungen", 2006, Baudirektion Kanton Zürich – Tiefbauamt – Fachstelle Lärmschutz,
http://www.laerm.zh.ch/fals/6-vorsorge/planen_im_laerm/pdf/laermbeurteilung-verkehrsberuhigung-2006.pdf
- [28] " Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen - RLS-90", 1990, Forschungsges. für Straßen- u. Verkehrswesen
- [29] "Lärmforschung im Forschungsprogramm Mobilität und Verkehr -Leiser Verkehr", 2003,
http://www.bmbf.tuvpt.de/fileadmin/pdf/Leiser_Verkehr/leiserverkehr.pdf
- [30] "Maßnahmen zur Lärmsanierung an bestehenden Schienenwegen der Eisenbahnen des Bundes - Gesamtkonzept der Lärmsanierung", 2005, Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, http://www.bmvbs.de/Anlage/original_1002094/Gesamtkonzept-der-Laermsanierung-Erlaeuterungstext.pdf
- [31] UNIFE, UIC, CER, UITP; "A joint strategy for european rail research 2020 – towards a single European Railway System", 2001, http://www.errac.org/IMG/pdf/Joint_Strategy.pdf
- [32] "Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm", 1971,
<http://www.bekon-akustik.de/Neu-Literatur/laermschutz/Fluglaermgesetz.pdf>
- [33] "EUROPEAN AERONAUTICS: A VISION FOR 2020",
<http://www.acare4europe.org/docs/Vision%202020.pdf>
- [34] "Zusammenfassender Schlussbericht Lärmoptimierte An- und Abflugverfahren(LAnAb)",
http://www.dlr.de/Portaldata/1/Resources/portal_news/newsarchiv2008_2/lanab_bericht_2007.pdf
- [35] Krell, Karl; "Handbuch für Lärmschutz an Straßen und Schienenwegen", 1990, Otto Elsner Verlagsgesellschaft, 978-3871991004
- [36] "Statistik des Lärmschutzes an Bundesfernstraßen 2006"

- [37] "Statistik des Lärmschutzes an Bundesfernstraßen 2007"
- [38] EU Kommission; "RICHTLINIE 2002/49/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm", 2002,
<http://www.umweltbundesamt.de/laermprobleme/publikationen/200249EG.pdf>
- [39] "RICHTLINIE 2000/14/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES", 2000,
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/de/consleg/2000/L/02000L0014-20051227-de.pdf> ,
- [40] "KÜNFTIGE LÄRMSCHUTZPOLITIK - Grünbuch der Europäischen Kommission", 1996,
<http://www.umweltbundesamt.de/laermprobleme/publikationen/gruenbuch.pdf>
- [41] "WEISSBUCH - Die europäische Verkehrspolitik bis 2010: Weichenstellungen für die Zukunft",
http://ec.europa.eu/transport/white_paper/documents/doc/lb_texte_complet_de.pdf
- [42] "Gesetz zur Umsetzung der EG-Richtlinie 2002/49/EG über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm",
http://ec.europa.eu/transport/white_paper/documents/doc/lb_texte_complet_de.pdf
- [43] "BUNDES-IMMISSIONSSCHUTZGESETZ",
http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/bimschg_071023.pdf
- [44] "Vierunddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Lärmkartierung)",
http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/bimschg_071023.pdf
- [45] "Vorläufige Berechnungsmethode für den Umgebungslärm an Straßen",
http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/bundesanzeiger_154a.pdf
- [46] "Vorläufige Berechnungsmethode für den Umgebungslärm an Schienenwegen",
http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/bundesanzeiger_154a.pdf
- [47] "Vorläufige Berechnungsmethode für den Umgebungslärm an Flugplätzen",
http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/bundesanzeiger_154a.pdf
- [48] "Vorläufige Berechnungsmethode für den Umgebungslärm durch Industrie- und Gewerbe",
http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/bundesanzeiger_154a.pdf
- [49] "Vorläufigen Berechnungsmethode zur Ermittlung der Belastetenzahlen durch Umgebungslärm",
<http://www.umweltbundesamt.de/laermprobleme/publikationen/VBEB.pdf>
- [50] Umweltbundesamt; "Richtlinie über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm - Auslösekriterien für die Lärmaktionsplanung", 2006,
http://www.umweltbundesamt.de/laermprobleme/publikationen/UBA_Kriterien_ULR.pdf
- [51] "ECAC.CEAC Doc 29 Report on Standard Method of Computing Noise Contours around Civil Airports",
<http://www.boeing.com/commercial/noise/ECACDOC29e.pdf>
- [52] "Bruit des infrastructures routières Méthode de calcul incluant les effets météorologiques, version expérimentale, NMPB-routes-96", , Cetur -Centre Etud Transp,
- [53] "Reken-en Meetvoorschrift Railverkeerslawaaai '96",
<http://www.stillerverkeer.nl/rmv/RMVR/RMVR96.pdf>

- [54] "ISO 1996-1:2003-08 Akustik - Beschreibung, Messung und Beurteilung von Umgebungslärm - Teil 1: Grundlegende Größen und Beurteilungsverfahren", 2003
- [55] "ISO 1996-2:2007-03 Akustik - Beschreibung, Beurteilung und Messung von Umweltlärm - Teil 2: Bestimmung des Umgebungslärmpegels", 2003
- [56] Brüel&Kjaer Bremen; „EMUDA“ Entwicklung und Optimierung eines Messkonzeptes zur Umsetzung der Umgebungslärmrichtlinie zur sicheren Datenerhebung und kontinuierlichen Aktualisierung - Abschlussbericht", 2007, ,
- [57] Poland Kathleen; Nickel Willi; Aflalo Eric; "Comparison of measured noise pollution levels in a large German city with calculated levels according to guidelines.", 2007, http://www.sea-acustica.es/WEB_ICA_07/fchrs/papers/env-03-008.pdf
- [58] Giesler, Heinz-Joachim; "Geräuschemissionen von Straßenbahnen", Der Nahverkehr, 2000, alba Fachverlag, S. 10
- [59] Senator für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa; "Lärmaktionsplan zur Lärminderung für die Stadt Bremen", 2008, http://www.umwelt.bremen.de/sixcms/media.php/13/L%E4rmaktionsplan_Lang_%D6ffebet.PDF
- [60] "Richtlinie für die Förderung von Maßnahmen zur Lärmsanierung an bestehenden Schienenwegen der Eisenbahnen des Bundes", http://www.bmvbs.de/Anlage/original_1002099/Foerderrichtlinie-Laermsanierung-Schiene-barrierefrei.pdf
- [61] "Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm ", 1971, <http://www.bekon-akustik.de/Neu-Literatur/laermschutz/Fluglaermgesetz.pdf>
- [62] ICAO; "Convention on International Civil Aviation - Annex 16 Environmental Protection"
- [63] "Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm", 1998, <http://www.umweltbundesamt.de/laermprobleme/publikationen/talaerm.pdf>
- [64] "Luftreinhalte- und Aktionsplan Bremen", http://www.umwelt.bremen.de/sixcms/media.php/13/LRP_Bericht_VERS.1.0_14.8031.pdf
- [65] "Die Neue Charta von Athen 2003 - Vision für die Städte des 21. Jahrhunderts", http://www.srl.de/dateien/dokumente/de/neue_charta_von_athen_2003.pdf

Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1: Hörfläche mit Hörschwelle, Schmerzgrenze, Lästigkeitsgrenze und Isophonen (Kurven gleicher Lautstärke in phon) [<http://www.mu-sig.de/Theorie/Akustik/Akustik06.htm#n19>].....5
- Abbildung 2: Angabe der Schallleistung, des Schalldrucks und des Schallpegels bei unterschiedlichen Alltagsgeräuschen. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Sprünge bei der Schallleistung jeweils zwei 10er Potenzen ausmachen. [Lärm und Gesundheit – Materialien für 5. bis 10. Klassen, Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (BZgA)].....6

Abbildung 3: A-, B-, C-, D- Frequenzbewertung [Maute, Dieter; Technische Akustik und Lärmschutz, 2006].....	7
Abbildung 4: Vergleich der Mittelungspegel verursacht durch PKW und D-Zug [Umweltbundesamt; Handbuch Lärminderungspläne, 1994].....	9
Abbildung 5: Schallemission von Schienenfahrzeugen in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit [Leben mit Lärm, M. Klopfer, 2006].....	17
Abbildung 6: Schallquellen am Flugzeug [Leben mit Lärm, M. Klopfer, 2006].....	18
Abbildung 7: Beispiel für ein Spektrum der Schallemissionen eines Reiseflugzeuges beim Landeanflug und in der Reisekonfiguration. (Die dB-Skala ist auf den Maximalwert normiert) [Leben mit Lärm, M. Klopfer, 2006].....	19
Abbildung 8: Schallquellen und deren relativer Beitrag nach beim Landeanflug [Leben mit Lärm, M. Klopfer, 2006].....	19
Abbildung 9: Startlärnwerte verschiedener Flugzeuge [Leben mit Lärm, M. Klopfer, 2006].....	20
Abbildung 10: Entwicklung der Schallemissionen am Flugzeug seit 1950 [Leben mit Lärm, M. Klopfer, 2006].....	21
Abbildung 11: Akustisches Qualitätsmanagement zur Lärminderung im Antriebsfahrzeug [Lärmforschung im Forschungsprogramm Mobilität und Verkehr Leiser Verkehr].....	26
Abbildung 12: Radlaufflächen links - Graugussklotzbremse mitte - Kunststoffbremsen rechts – Scheibenbremsen [Leben mit Lärm, M. Klopfer, 2006].....	27
Abbildung 13: Lärmoptimierte Anflugverfahren, Grundprinzip der Wahl einer geräuscharmen Flugroute (blau) unter Berücksichtigung natürlicher Schalldämpfung in der Atmosphäre. [Zusammenfassender Schlussbericht Lärmoptimierte An- und Abflugverfahren(LAnAb)].....	29
Abbildung 14: Beispiele für bauliche Maßnahmen zur Lärminderung [Handbuch für LÄRMSCHUTZ an Straßen und Schienenwegen, Karl Krell, 1990].....	31
Abbildung 15: Steilwall von Greenwall® System (http://www.hlb-gmbh.de/greenwall.htm) Die GREENWALL Elementmauer ist eine aufgelöste Raumgitterkonstruktion aus vorgefertigten Stahlbetonelementen. Die Ansichtsflächen, der mit Erdreich verfüllten und verdichteten Stahlbetonelemente, gestatten eine üppige und dem Standort angepasste Bepflanzung.....	33
Abbildung 16: Über die Autobahn 7 sollen auf Hamburger Stadtgebiet drei Deckel gebaut werden (rote Flächen). Zwischen den Deckeln werden Lärmschutzwände (rote Linien) errichtet. [Hamburger Abendblatt, Hasse, 2009].....	34
Abbildung 17: Beispiel eines Wohnungsgrundrisses - links befindet sich die Lärmseite, rechts der Schallschatten [Handbuch für LÄRMSCHUTZ an Straßen und Schienenwegen, Karl Krell, 1990]	36
Abbildung 18: Tool 3.5 aus dem Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure Die dunklere Farbe und die größere Anzahl an Seiten der geometrischen Figuren gibt die höhere Komplexität bzw. die höheren Kosten an. Je dunkler die hinterlegte Farbe der dB Werte, desto genauer ist die Methode. [Leitfaden zu den Best Practices für die strategische Lärmkartierung und die Zusammenstellung entsprechender Daten zur Lärmexposition, Version 2, 2006].....	45
Abbildung 19: geografische Übersicht über die Messstationen.....	48
Abbildung 20: Messstationen an der Neuenlanderstraße auf dem Foto links das NMT von Brüel & Kjaer (am Mast) rechts die Station von deBAKOM	

Foto rechts: gleiche Stationen von der anderen Seite fotografiert [Foto: Kathleen Poland].....	50
Abbildung 21: Tagesgang (Stundenmittel) der Station 12 am Osterdeich für die angegebenen Pegel. Messzeitraum: April – Dezember (mit kurzer Ausfallzeit).....	53
Abbildung 22: Tagesgang (Stundenmittel) für die Station 12 für den Leq, getrennt für die Arbeitstage und Wochenende. Messzeitraum: April – Dezember (mit kurzer Ausfallzeit).....	54
Abbildung 23: Monatsweiser Tagesgang des Leq. Das Gesamtmittel ist in Abb. 21 dargestellt.....	55
Abbildung 24: Stabilität des Langzeitmittels (Leq im Tagesmittel). Der Unterschied zwischen Wochen- und Monatsmittel beträgt nur Bruchteile eines dB.....	56

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kosten für Lärmschutzwälle pro m ³ [Statistik des Lärmschutzes an Bundesfernstraßen, 2006 und 2007].....	32
Tabelle 2: Kosten für wirksame Abschirmfläche pro m ² für Lärmschutzwälle [Statistik des Lärmschutzes an Bundesfernstraßen, 2006 und 2007].....	32
Tabelle 3: Kosten für Lärmschutzwände aus verschiedenen Materialien [Statistik des Lärmschutzes an Bundesfernstraßen, 2006 und 2007].....	33
Tabelle 4: Kosten für Lärmschutzfenster aus verschiedenen Werkstoffen [Statistik des Lärmschutzes an Bundesfernstraßen, 2006 und 2007].....	35
Tabelle 5: Zeitvorgaben für die Umsetzung der UL-RL.....	39
Tabelle 6: Namen und Adressen bekannter Programme zur Lärmkartierung.....	42
Tabelle 7: Auszug aus dem Good Practice Guide [Leitfaden zu den Best Practices für die strategische Lärmkartierung und die Zusammenstellung entsprechender Daten zur Lärmexposition, Version 2, 2006].....	44
Tabelle 8: Beispiele aus dem Good Practice Guide [Leitfaden zu den Best Practices für die strategische Lärmkartierung und die Zusammenstellung entsprechender Daten zur Lärmexposition, Version 2, 2006].....	46
Tabelle 9: Lärmstationen im EMUDA Projekt mit Angabe der Lärmbeiträge	49
Tabelle 10: Ergebnisse aus der Annäherung.....	57
Tabelle 11: gemessene und berechnete Werte der Station 1.....	59
Tabelle 12: gemessene und berechnete Werte der Station 2.....	60
Tabelle 13: gemessene und berechnete Werte der Station 3.....	61
Tabelle 14: gemessene und berechnete Werte der Station 4.....	62
Tabelle 15: gemessene und berechnete Werte der Station 5.....	63
Tabelle 16: gemessene und berechnete Werte der Station 6.....	63
Tabelle 17: gemessene und berechnete Werte der Station 7.....	64
Tabelle 18: gemessene und berechnete Werte der Station 8 - hier wurden die entsprechenden Eingangsdaten genutzt, die auch für die Berechnung bei den anderen Stationen verwendet wurden	

.....	65
Tabelle 19: gemessene und berechnete Werte der Station 8 - hier wurden die Werte für die Geschwindigkeit und den Fahrzeuganteil den vor Ort gegeben angepasst.....	65
Tabelle 20: gemessene und berechnete Werte der Station 9.....	66
Tabelle 21: gemessene und berechnete Werte der Station 10.....	66
Tabelle 22: Pegel während und nach den Bauarbeiten.....	67
Tabelle 23: gemessene und berechnete Werte der Station 11.....	67
Tabelle 24: gemessene und berechnete Werte der Station 12.....	68
Tabelle 25: gemessene und berechnete Werte der Station 13.....	69
Tabelle 26: Auszug aus dem Lärmaktionsplan von Bremen [Lärmaktionsplan zur Lärminderung für die Stadt Bremen, Anlage 2].....	72
Tabelle 27: Auszug aus dem Lärmaktionsplan von Bremen [Lärmaktionsplan zur Lärminderung für die Stadt Bremen, Anlage 2].....	73
Tabelle 28: Kosten für verschiedene Maßnahmen im Aktionsplan zur Lärminderung des Landes Bremen [Lärmaktionsplan zur Lärminderung für die Stadt Bremen].....	77
Tabelle 29: Lärmbelästigung der Bevölkerung nach Geräuschquellen 2006, 1 gerundete Zahlen, daher Summenwerte über 100 % möglich [Umweltbundesamt, Umweltbewusstsein in Deutschland 2006, Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage, Berlin 2006].....	78
Tabelle 30: Zahlungsbereitschaft für die Reduktion des Straßenverkehrslärms,	79

Danksagung

Die Durchführung dieser Arbeit wäre nicht möglich gewesen ohne die Unterstützung zahlreicher Personen und Institutionen, bei denen ich mich aufs herzlichste bedanken möchte.

Das EMUDA Projekt wurde durch die BIA Bremer Innovations-Agentur GmbH mit Mitteln des Ökologiefonds des Senators für Bau, Umwelt und Verkehr gefördert. Die Firmen, die in diesem Projekt engagiert waren, sind die Brüel & Kjaer GmbH, die ted GmbH, die Stapelfeldt GmbH und die deBAKOM GmbH.

Der Brüel & Kjaer GmbH möchte ich für die Unterstützung und das entgegengebrachte Vertrauen danken. Insbesondere den Mitarbeitern Peter Daniel, Martin Pilz und Willi Nickel der Brüel & Kjaer GmbH danke ich für die Unterstützung in fachlicher Hinsicht aber auch alle anderen Mitarbeiter standen mir jederzeit helfend zur Hand. Ein weiterer großer Dank gilt Herrn Stapelfeldt, der mir während des Projektes bei der Erstellung der Lärmkarten geholfen hat. Auch den Mitarbeitern der ted GmbH danke ich für ihre fachliche Unterstützung.

Meine Arbeit zur Datenaufnahme und -auswertung wurde von der Brüel&Kjaer GmbH finanziert.

Die Auswertung der Ergebnisse habe ich oft und wiederholt mit den Verantwortlichen der Arbeitsgruppe Akustik, Prof. Dr. Volker Mellert und Dr. Reinhard Weber diskutiert und viele Anregungen erhalten.

Mein Dank gilt auch der Arbeitsgruppe Akustik, die mir Arbeitsplatz und die Möglichkeit zur Verfügung stellte, in vielen Hilfskraft-Jobs zu arbeiten, so dass die zeitaufwendigen Untersuchungen in meiner Arbeit auch finanziell unterstützt wurden.

Desweiteren möchte ich mich bei allen Personen bedanken, die mich so toll unterstützt haben, sei es beim Korrekturlesen oder anderen persönlichen Dingen.

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die Hausarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe, alle Ausführungen, die anderen Schriften wörtlich oder sinngemäß entnommen wurden, kenntlich gemacht sind und die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Fassung noch nicht Bestandteil einer Studien- oder Prüfungsleistung war.

Oldenburg, 28.03.2009

Kathleen Poland

EMUDA01 - Universitätsalle 11
 Bremen, Sadtteil: Horn-Lehe Ortsteil: Lehe
 O: 8° 51' 13" N: 53° 6' 13"

01

die Station steht auf dem Gelände von Brüel & Kjaer, die Entfernung zur Straße betragt ca. 30m

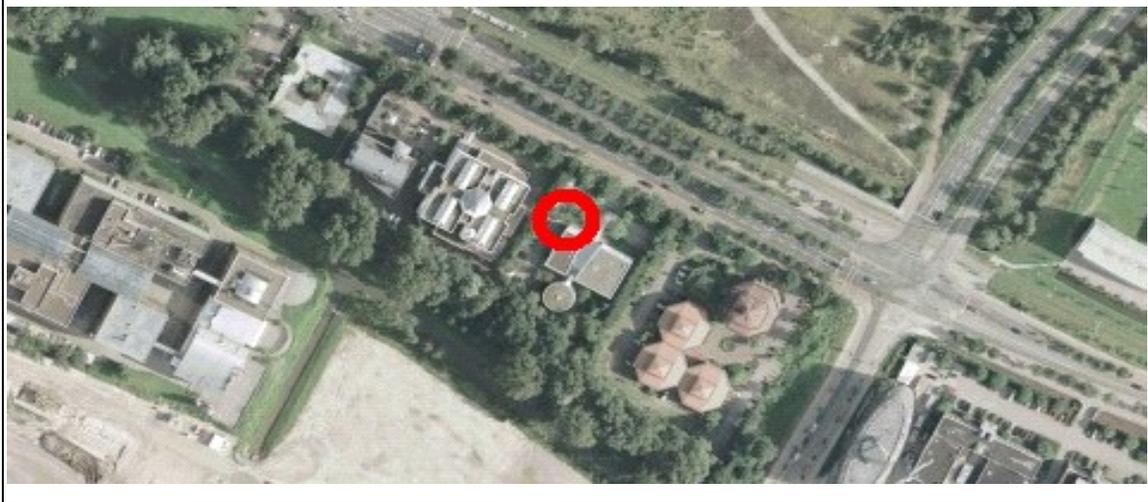
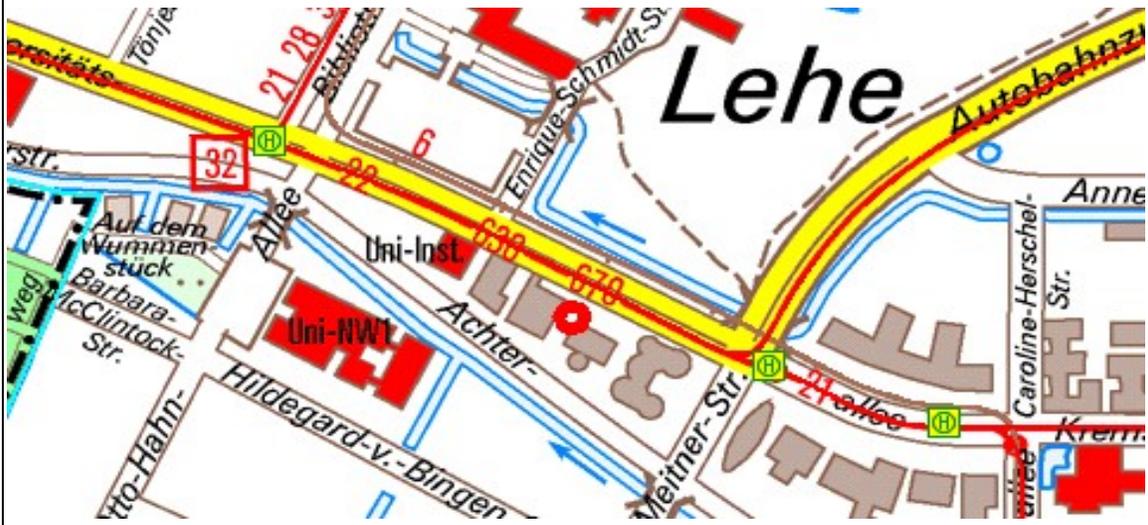
Hauptschallquellen:
 Straßenlärm
 Schienenlärm
 Gewerbe-/ Industrielärm

Potentielle Störquellen:
 Naturgeräusche

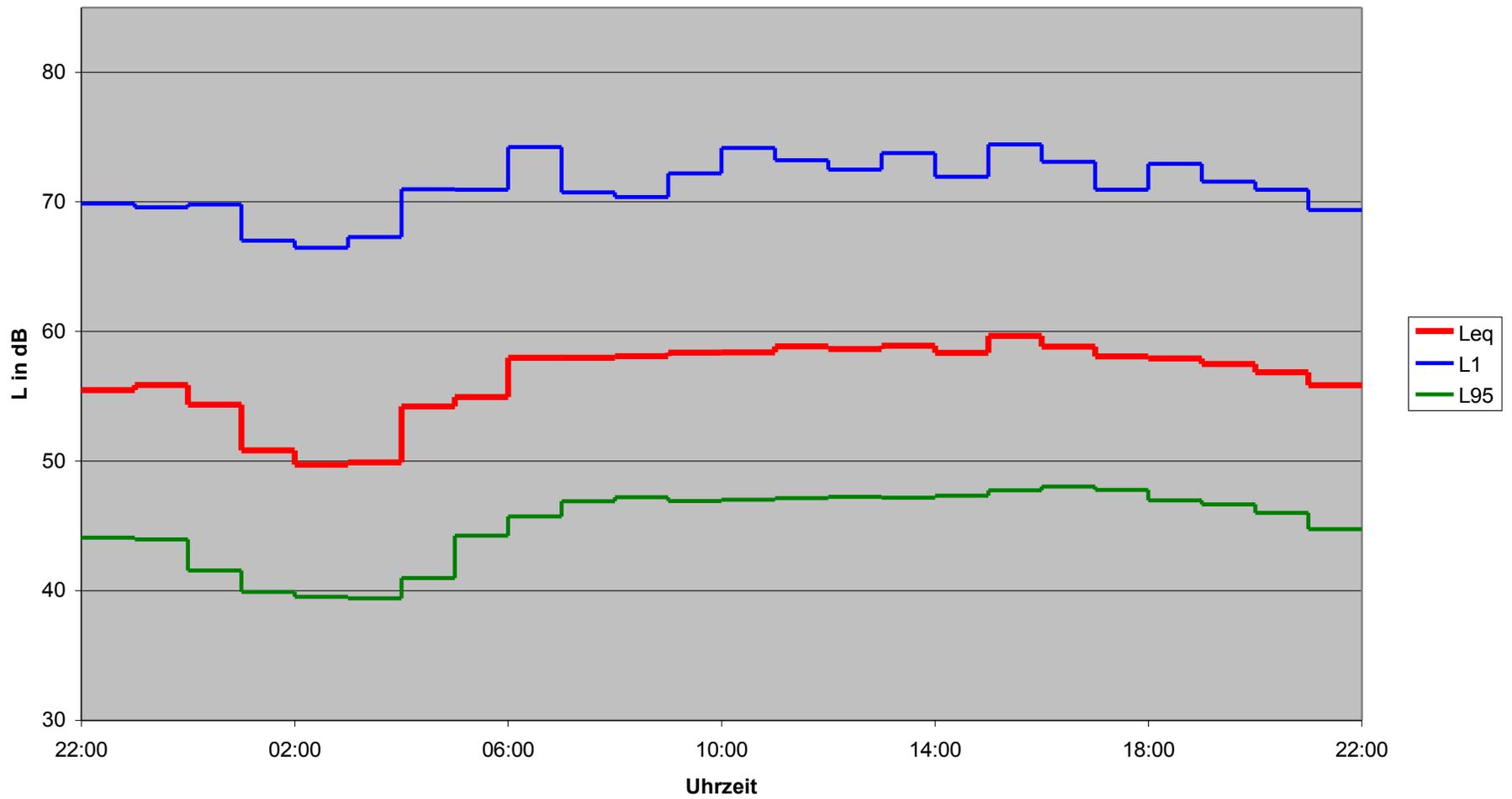
Bemerkungen:

Messzeit:
 aufgestellt: 2004
 mittlerer Tagesgang: Juni 2006

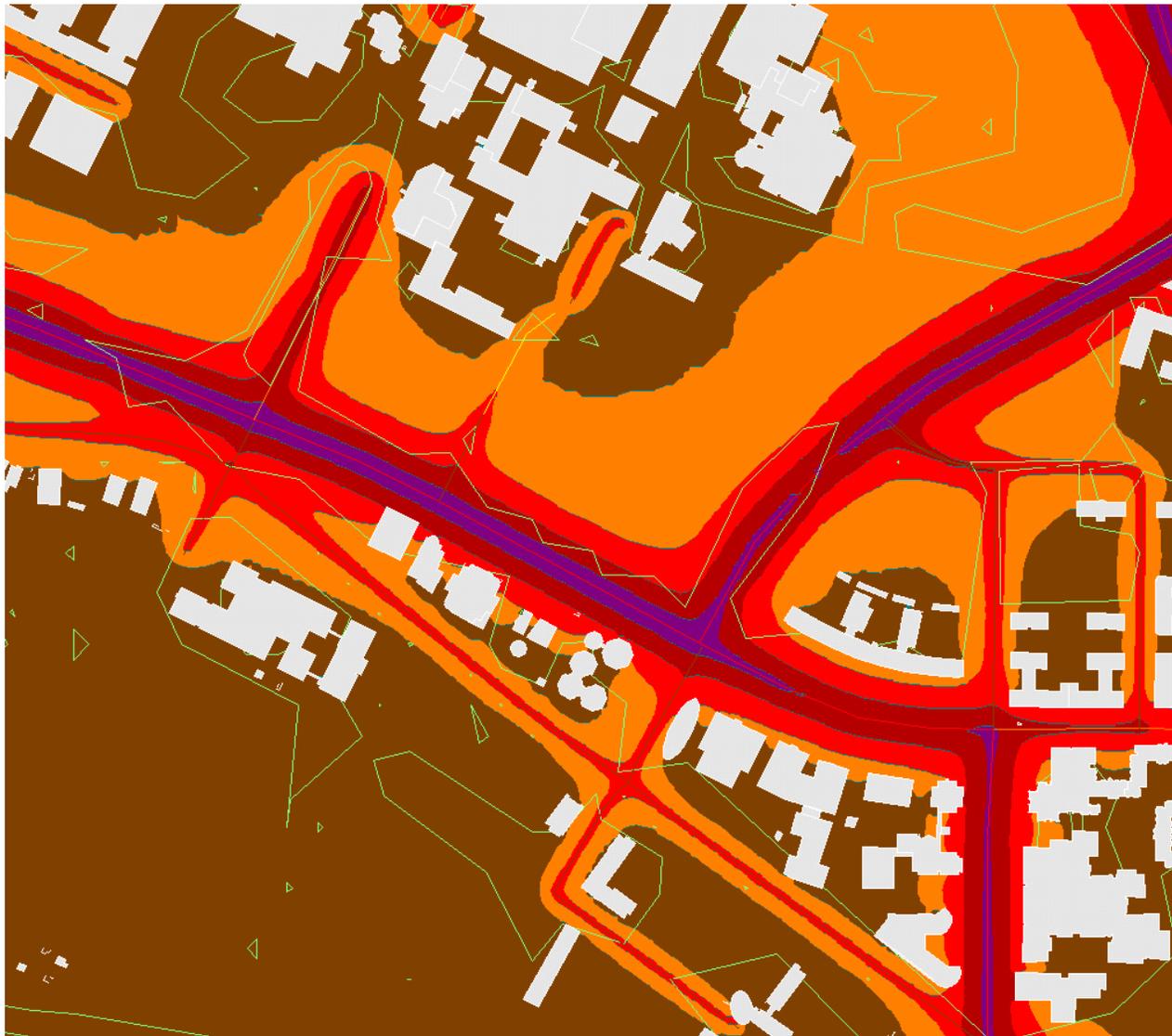
Einstellungen der Station:



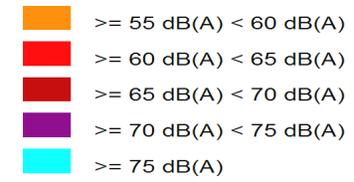
Station: 1 - Universitätsallee



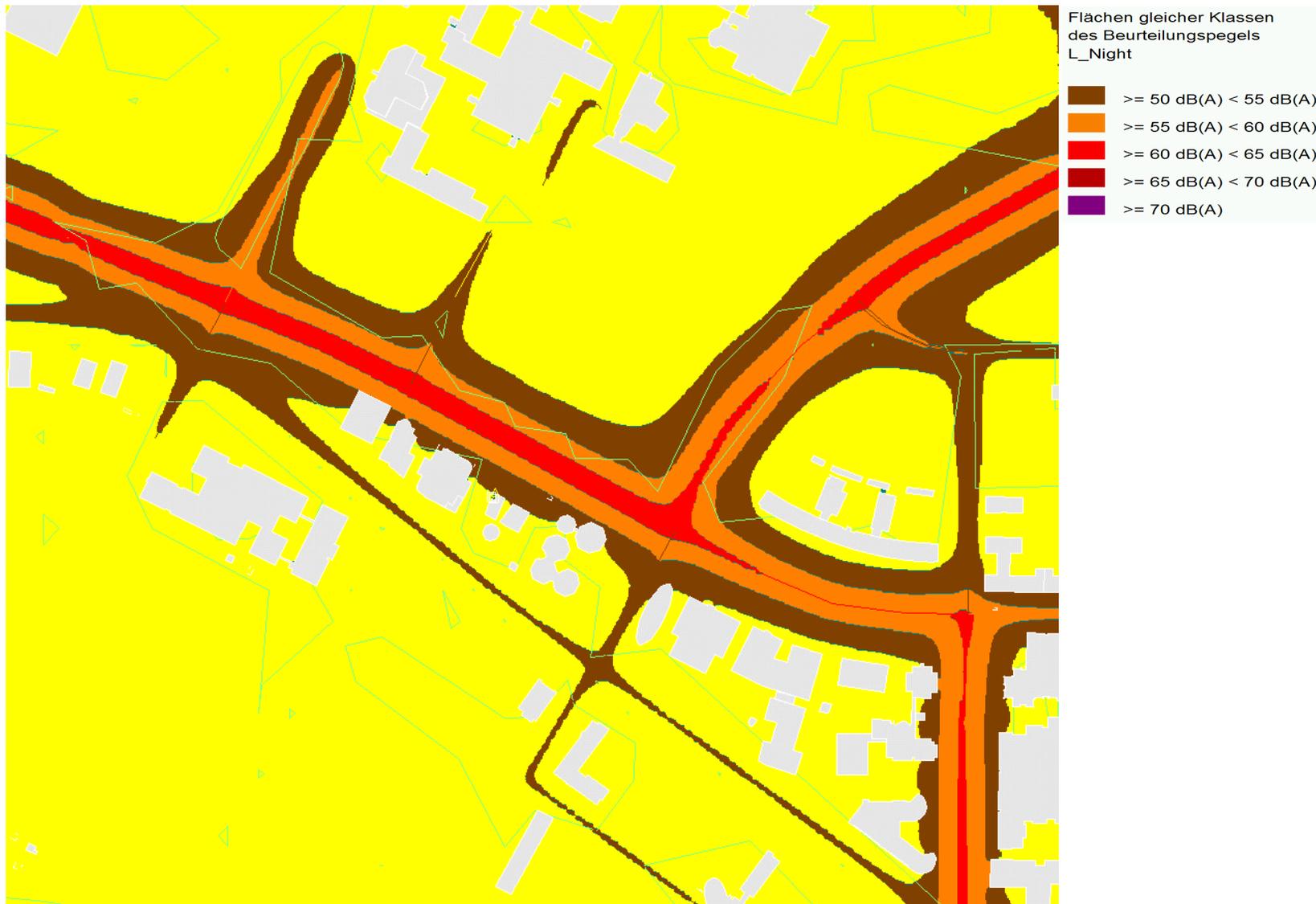
Station 1 – Universitätsallee



Flächen gleicher Klassen
des Beurteilungspegels
L_DEN



Station 1 – Universitätsallee



EMUDA02 - Neuenlander Straße Ecke Duckwitzstraße
 Bremen, Stadtteil: Neustadt Ortsteil: Neuenland
 O: 8° 46' 54" N: 53° 4' 00"

02

die Station steht an einer stark befahrenen Straße, die Entfernung zur Straße beträgt ca. 7m

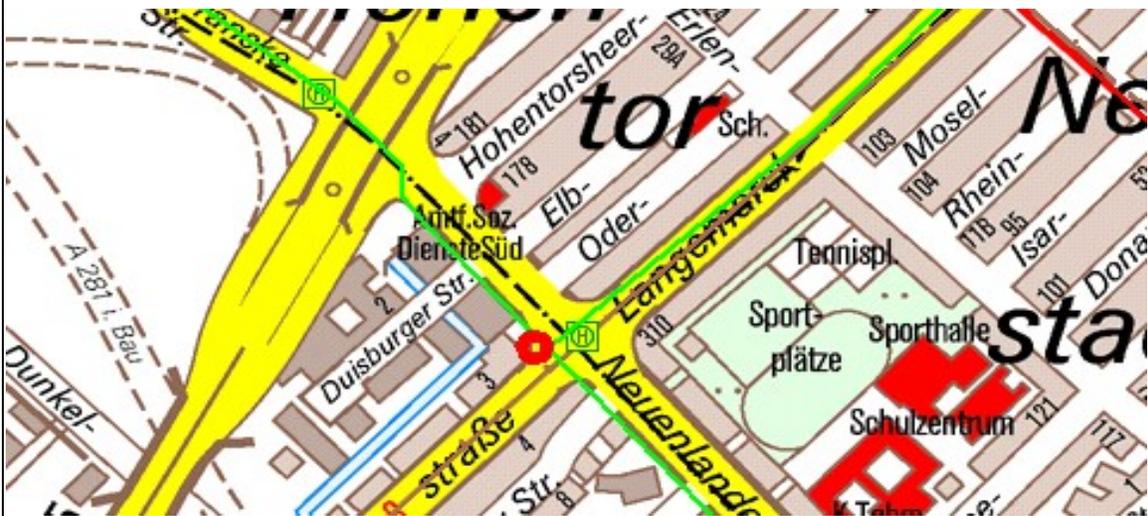
Hauptschallquellen:
 Straßenlärm
 Schienenlärm
 Gewerbe-/Industrielärm

Potentielle Störquellen:

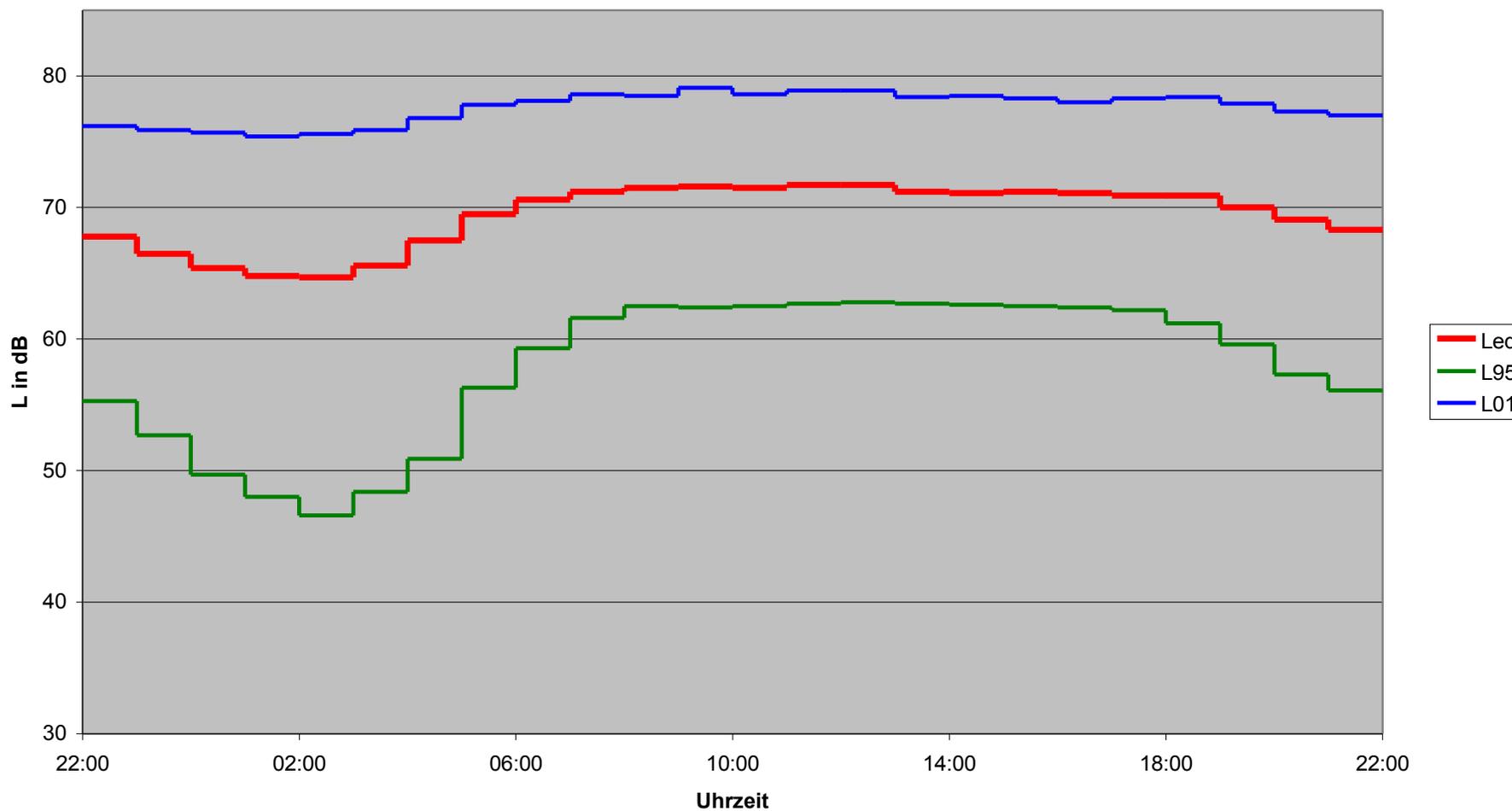
Bemerkungen:

Messzeit:
 mittl. Tagesgang: Dez. 2005 - Mai 2006

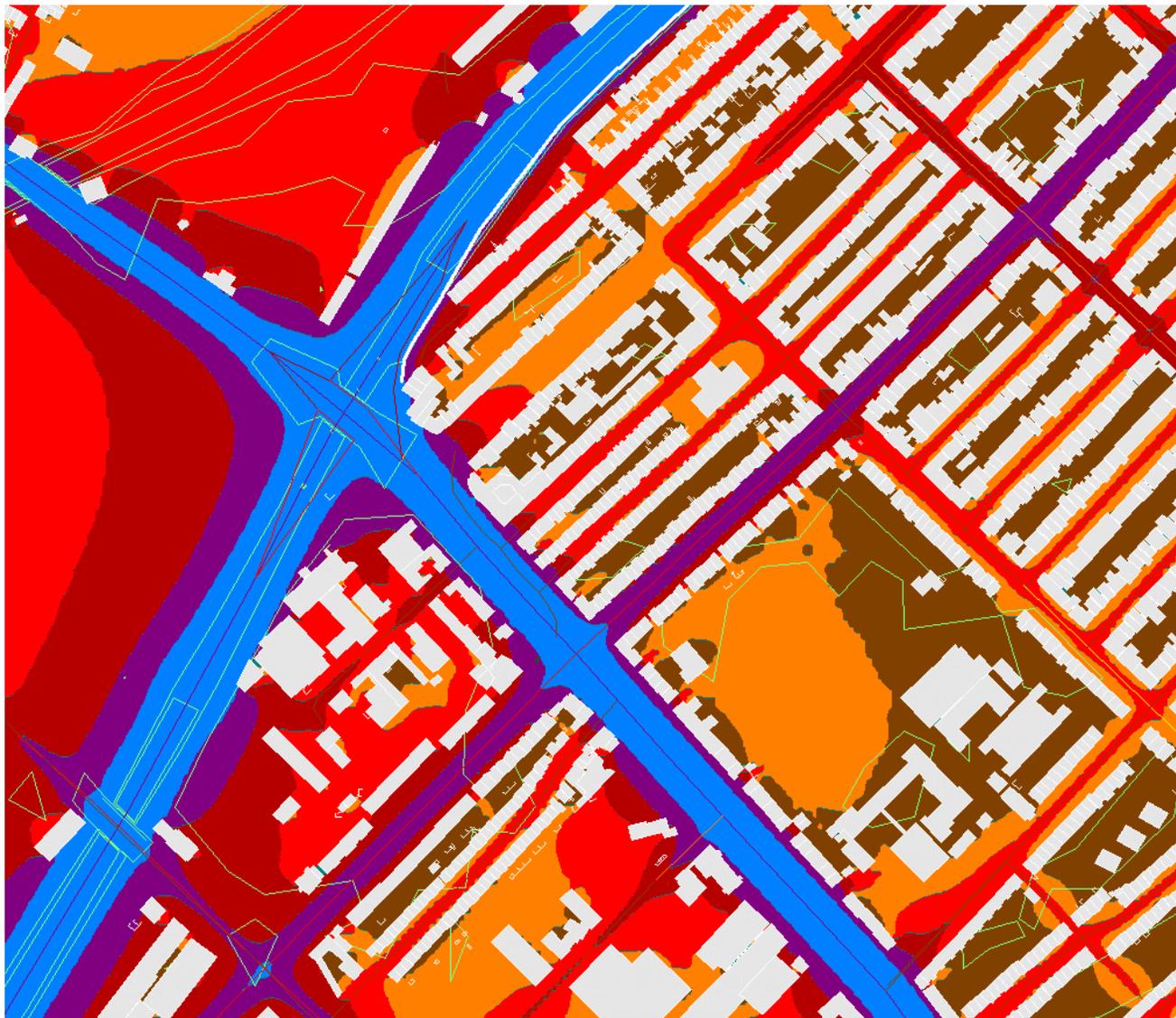
Einstellungen der Station:



Station: 2 - Neuenlanderstraße



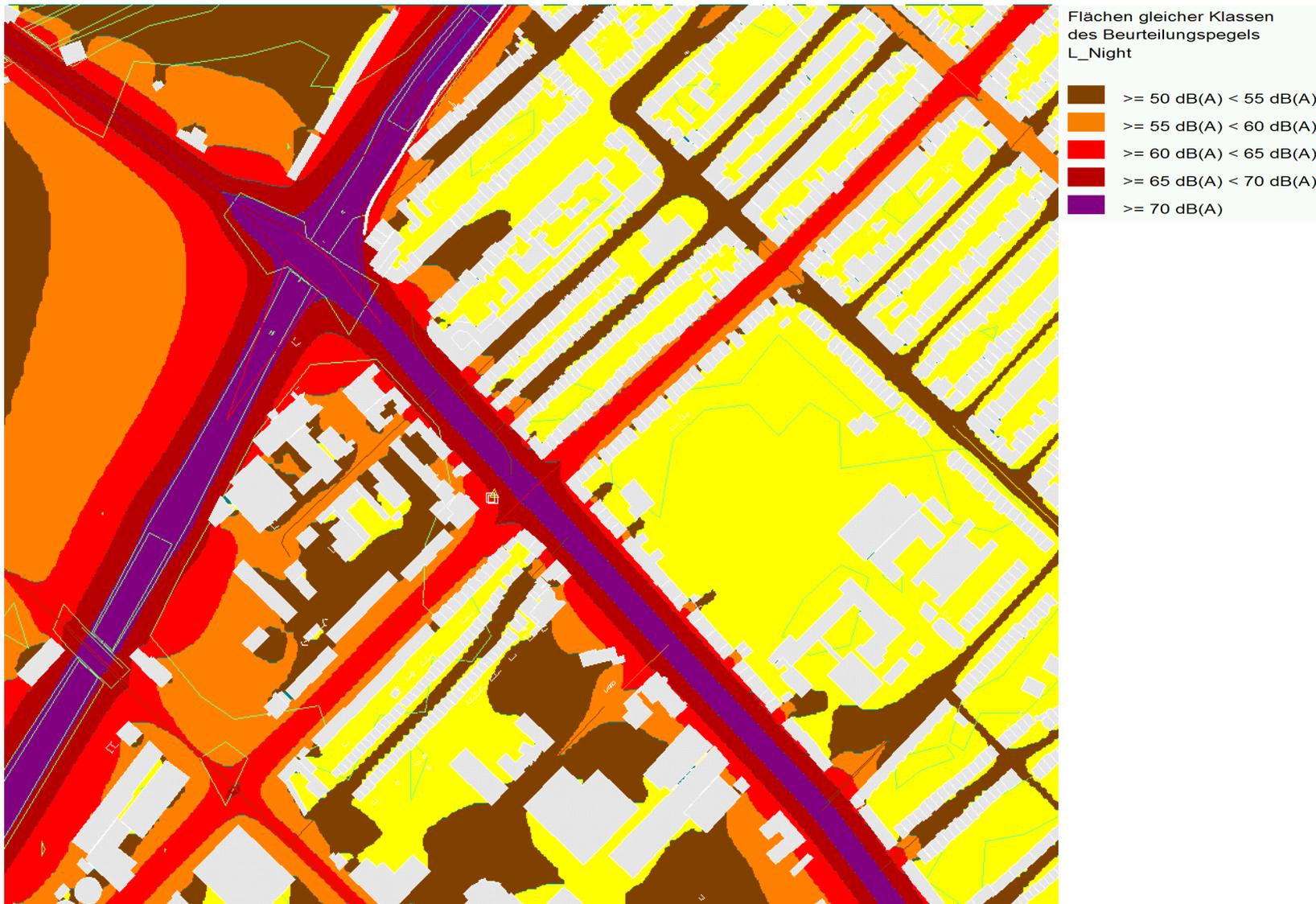
Station 2 – Neuenlanderstraße



Flächen gleicher Klassen
des Beurteilungspegels
L_{DEN}

- $\geq 55 \text{ dB(A)} < 60 \text{ dB(A)}$
- $\geq 60 \text{ dB(A)} < 65 \text{ dB(A)}$
- $\geq 65 \text{ dB(A)} < 70 \text{ dB(A)}$
- $\geq 70 \text{ dB(A)} < 75 \text{ dB(A)}$
- $\geq 75 \text{ dB(A)}$

Station 2 – Neuenlanderstraße



EMUDA03 - Dobbenweg, Ecke Bismarckstraße
 Bremen, Stadtteil: Ostliche Vorstadt Ortsteil: Fesenfeld

03

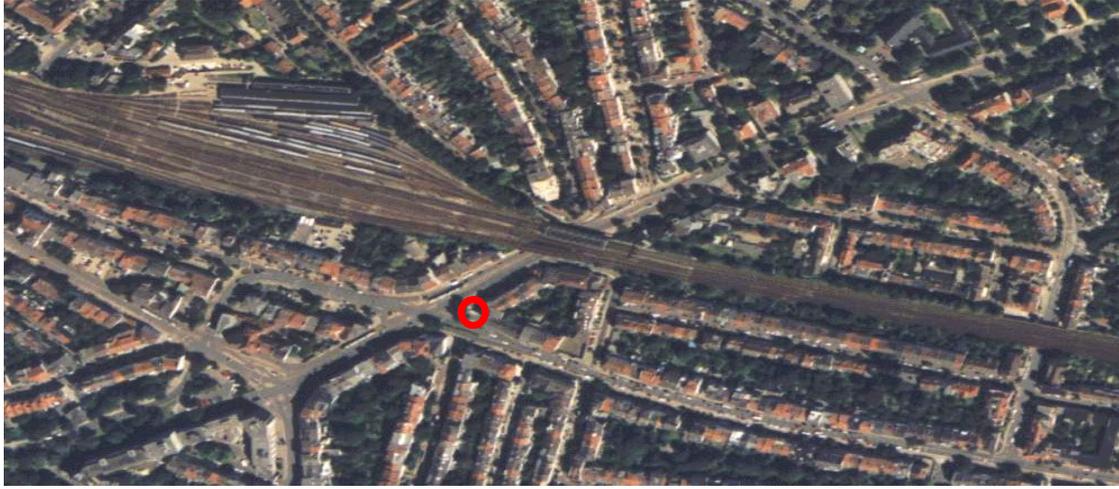
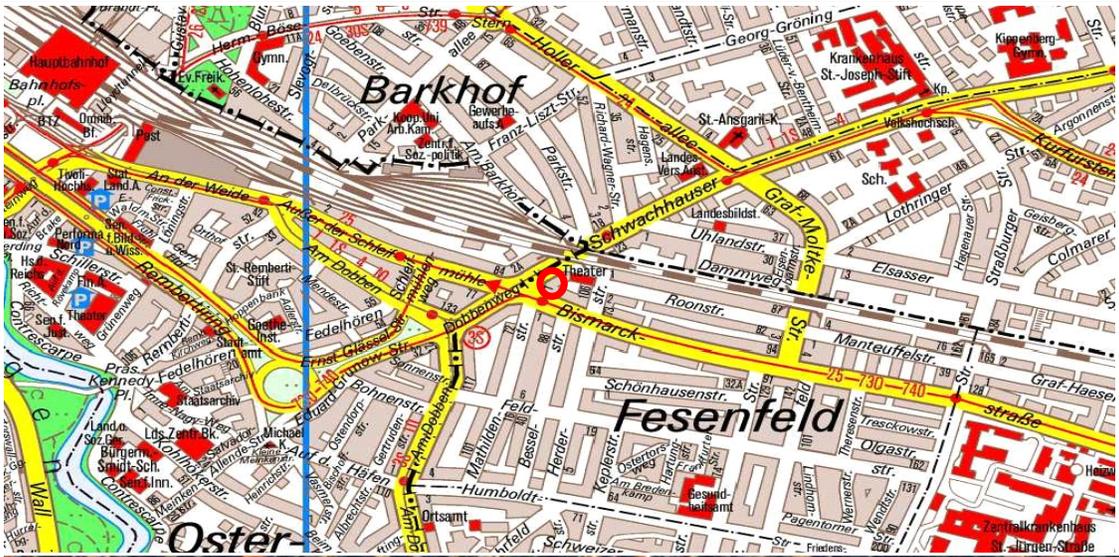
die Station steht an einer stark befahrenen Straßenkreuzung

Hauptschallquellen:
 Schienenlärm
 Gewerbelärm
 Straßenlärm

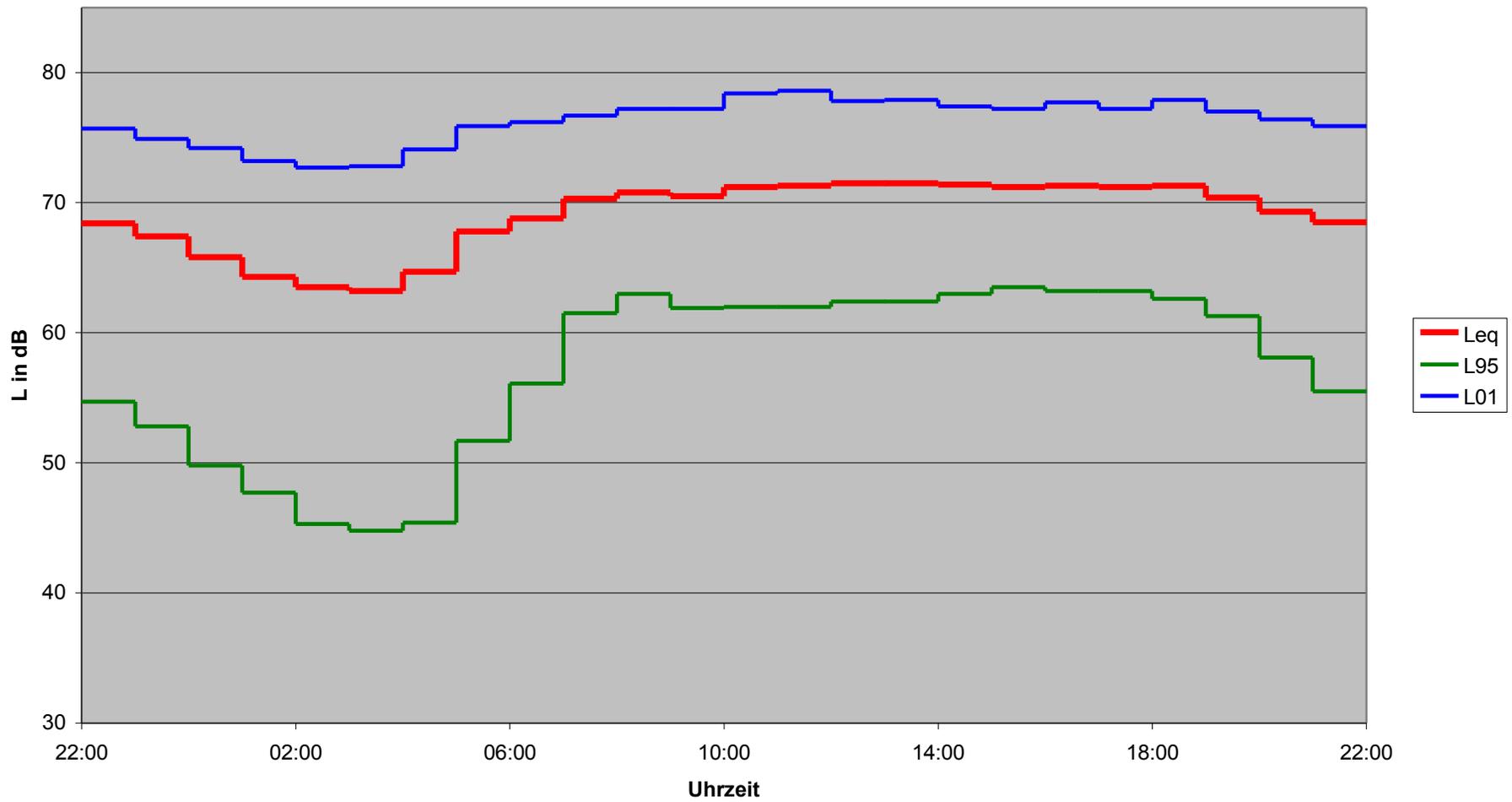
Potentielle Störquellen:
 Naturgeräusche

Bemerkungen:

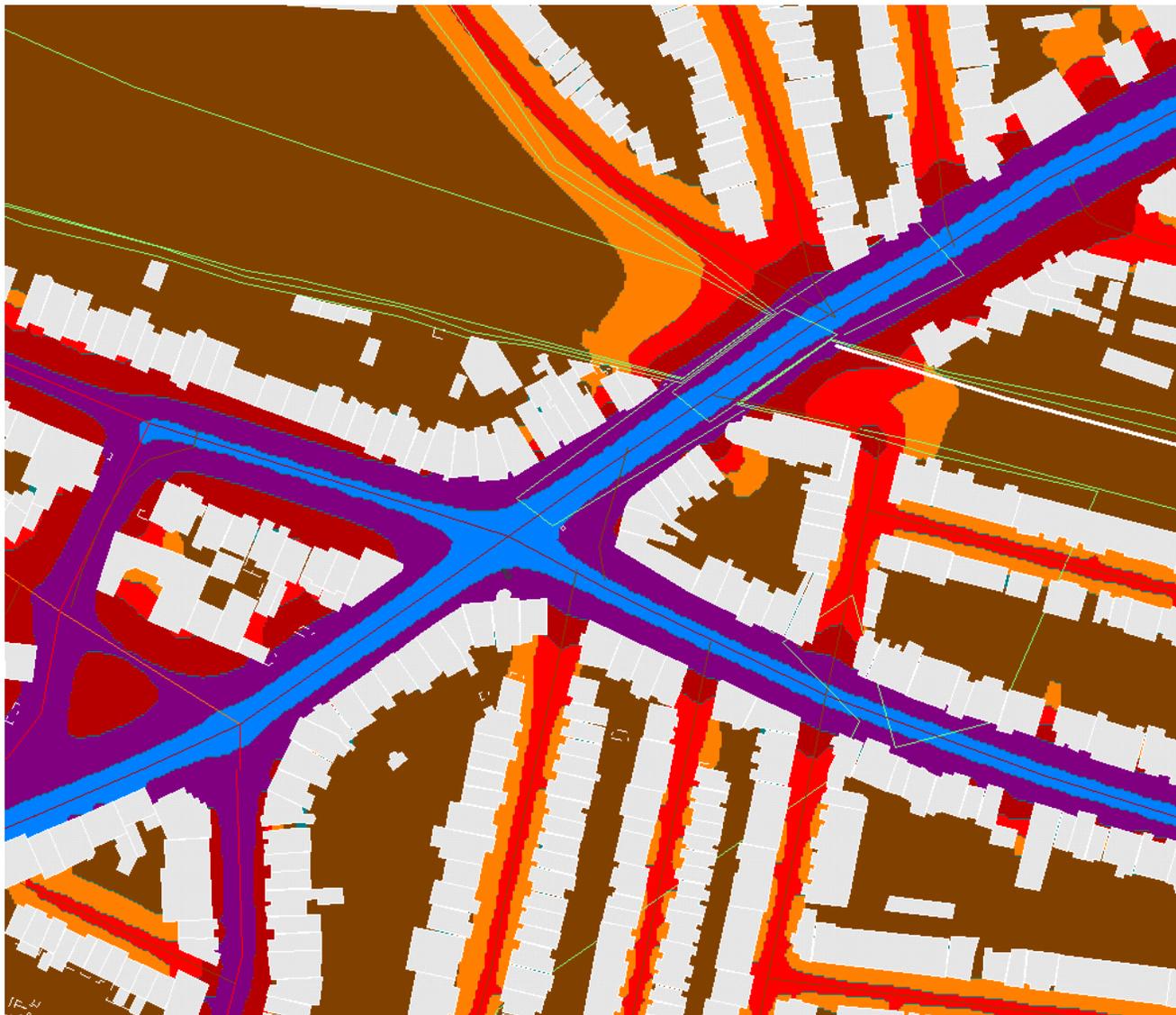
Messzeit:
 mittl. Tagesgang: Dez. 2005 - Mai 2006
Einstellungen der Station:



Station: 3 - Dobbenweg



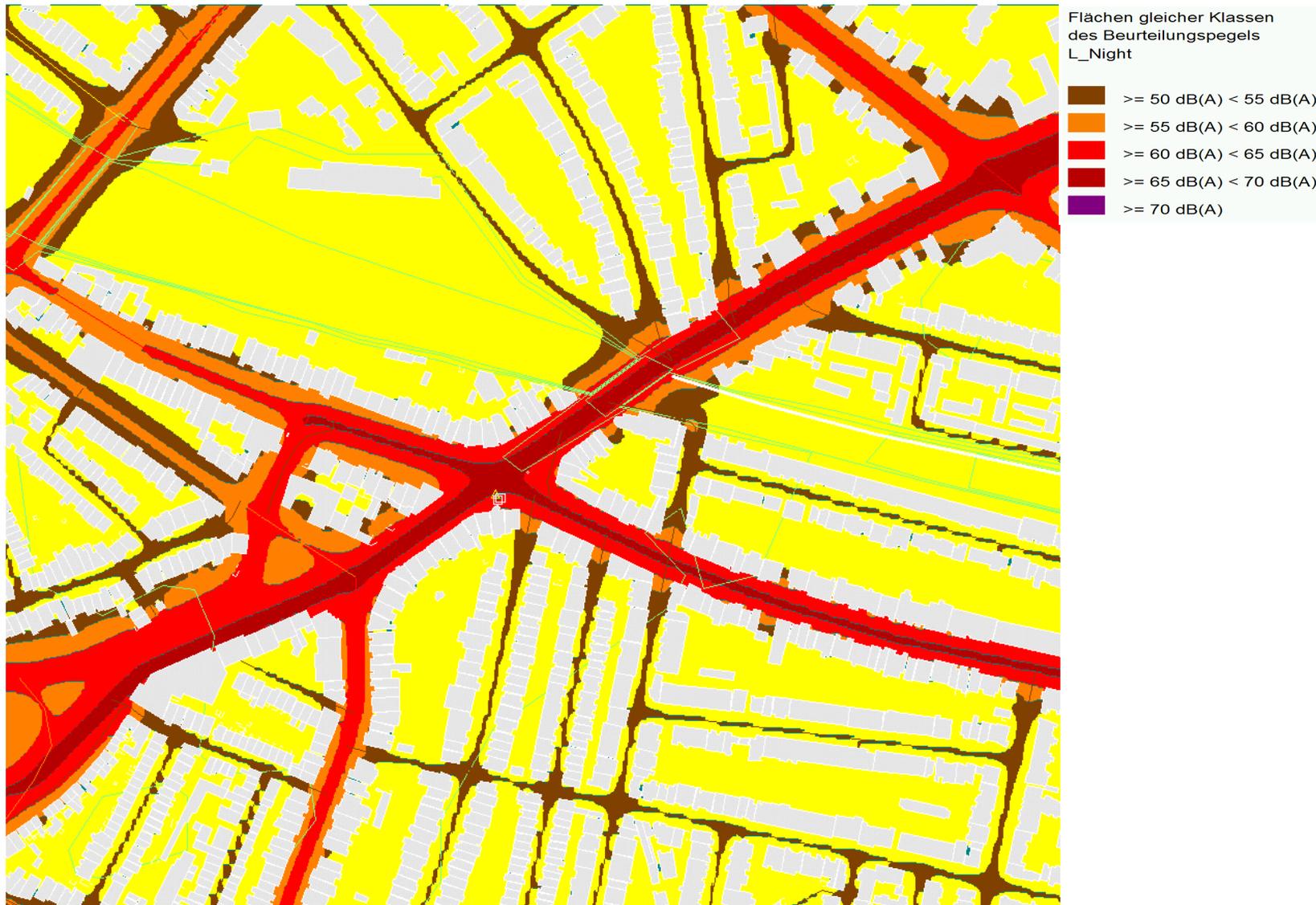
Station 3 – Dobbenweg



Flächen gleicher Klassen
des Beurteilungspegels
L_DEN

- $\geq 55 \text{ dB(A)} < 60 \text{ dB(A)}$
- $\geq 60 \text{ dB(A)} < 65 \text{ dB(A)}$
- $\geq 65 \text{ dB(A)} < 70 \text{ dB(A)}$
- $\geq 70 \text{ dB(A)} < 75 \text{ dB(A)}$
- $\geq 75 \text{ dB(A)}$

Station 3 – Dobbenweg



EMUDA04 - Fröbelstraße 52

Bremen, Stadtteil: Vegesack Ortsteil: Fähr-Lobbendorf
O: 8° 36' 11" N: 53° 10' 31"

04

die Station steht auf dem rückwärtigem Gelände einer Behindertenwerkstatt hinter Containern

Hauptschallquellen:

Gewerbe-/Industrielärm
Sport- und Freizeitlärm

Potentielle Störquellen:

Naturgeräusche

Bemerkungen:**Messzeit:**

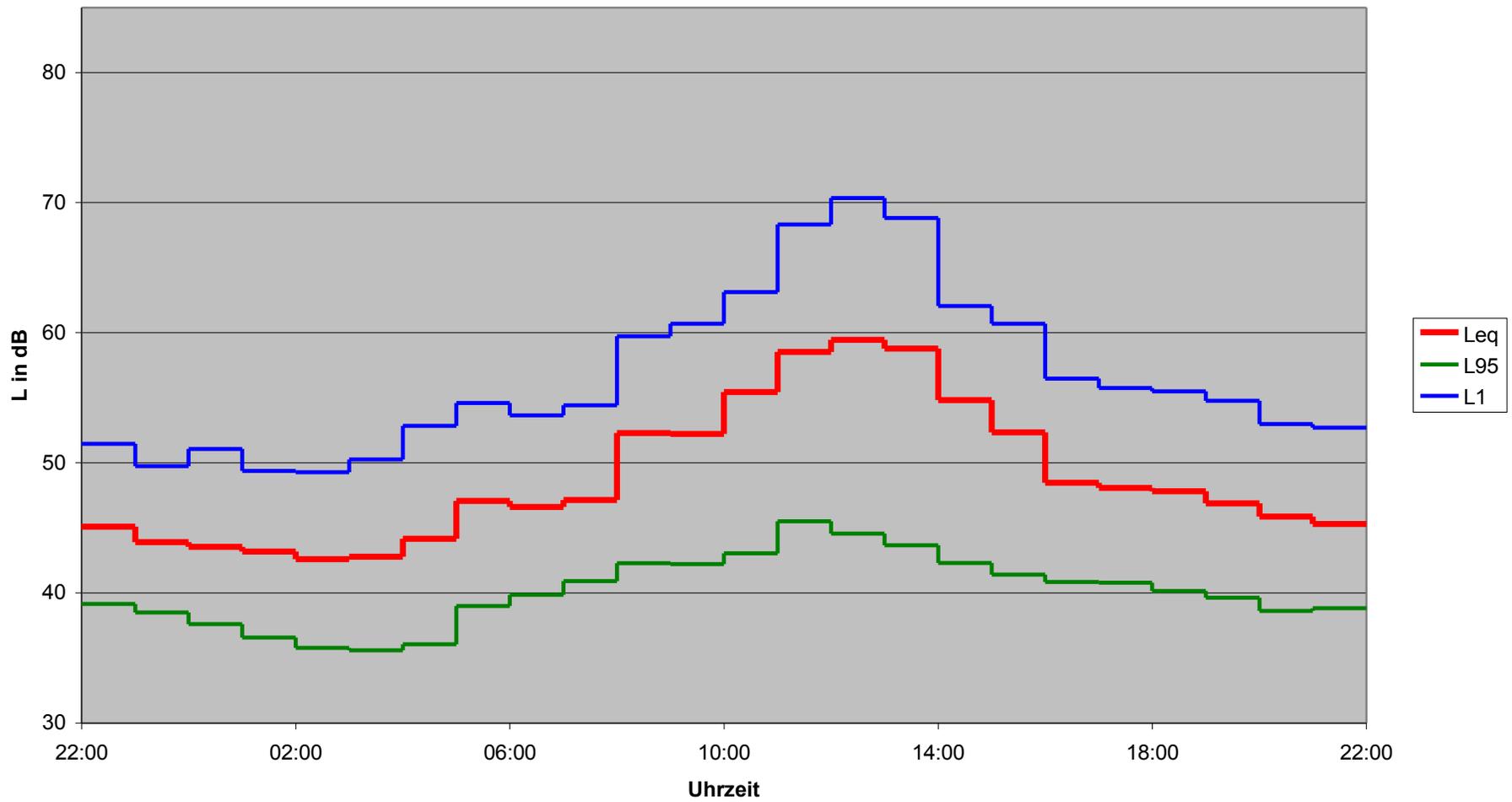
aufgestellt am : 05.04.2006
mittl. Tagesgang: 05.04.2006 17:00 Uhr - 19.09.2006 11:00

Einstellungen der Station:

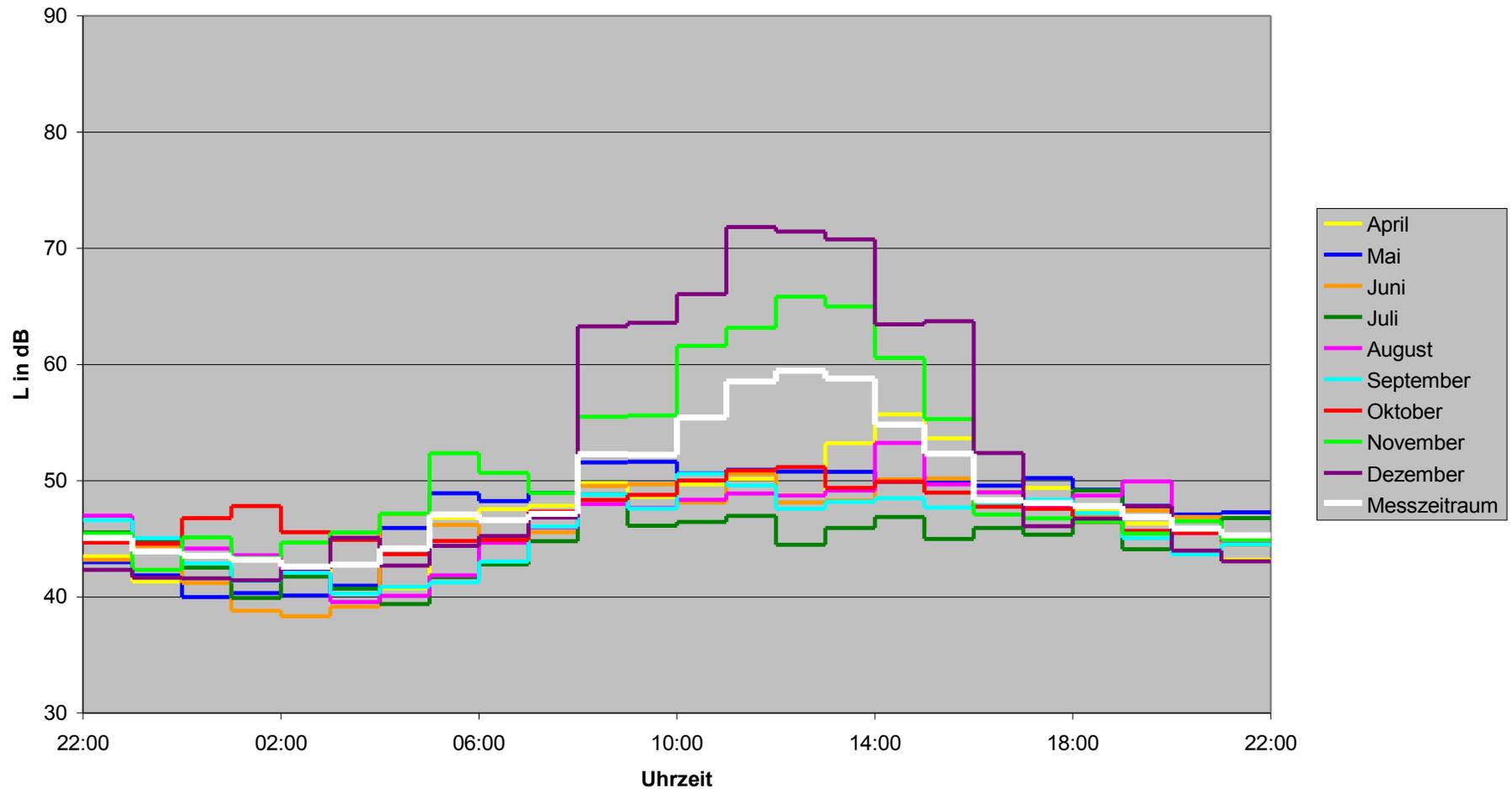
Ref. Level	116,9 dB	Min. Duration	5 sec
SETL	70 dB	End Duration	2 sec
NSETL	65 dB		
SENL	80 dB		

Foto der Station:

Station: 4 - Bremer Vulkan

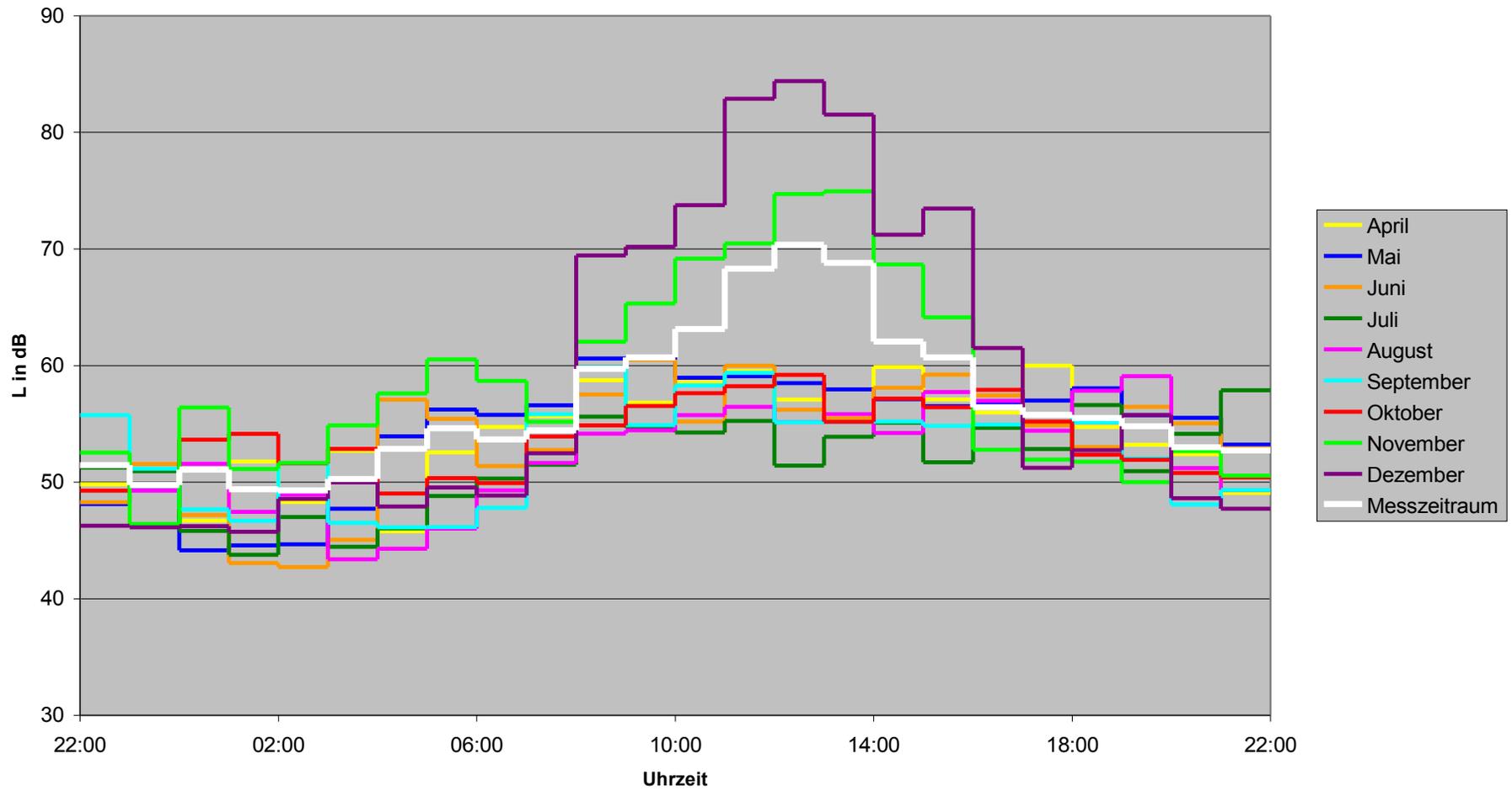


Station: 4 - Bremer Vulkan
Leq monatsweise aufgetragen



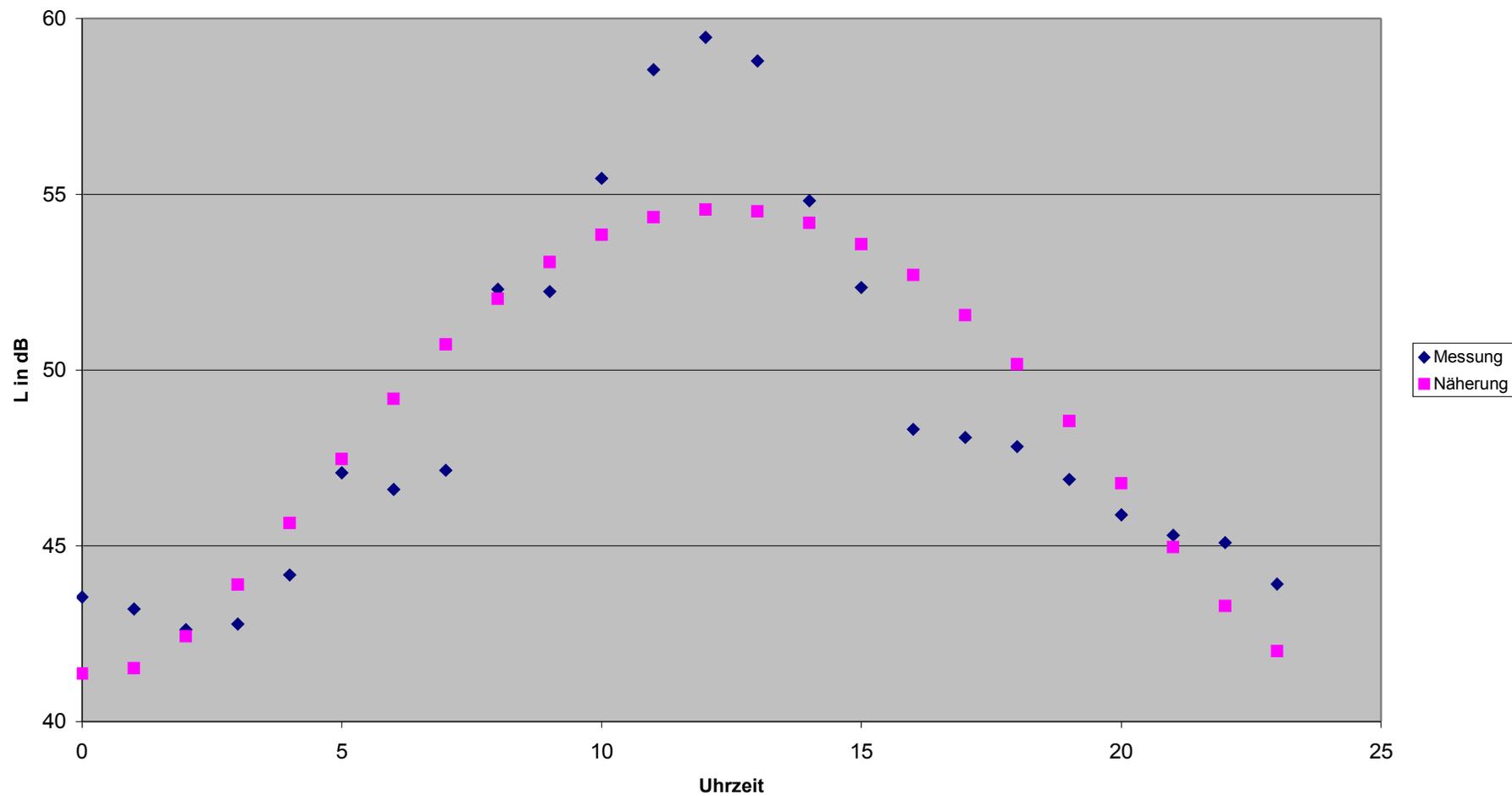
Station: 4 - Bremer Vulkan

Station: 4 - Bremer Vulkan
L1 monatsweise aufgetragen

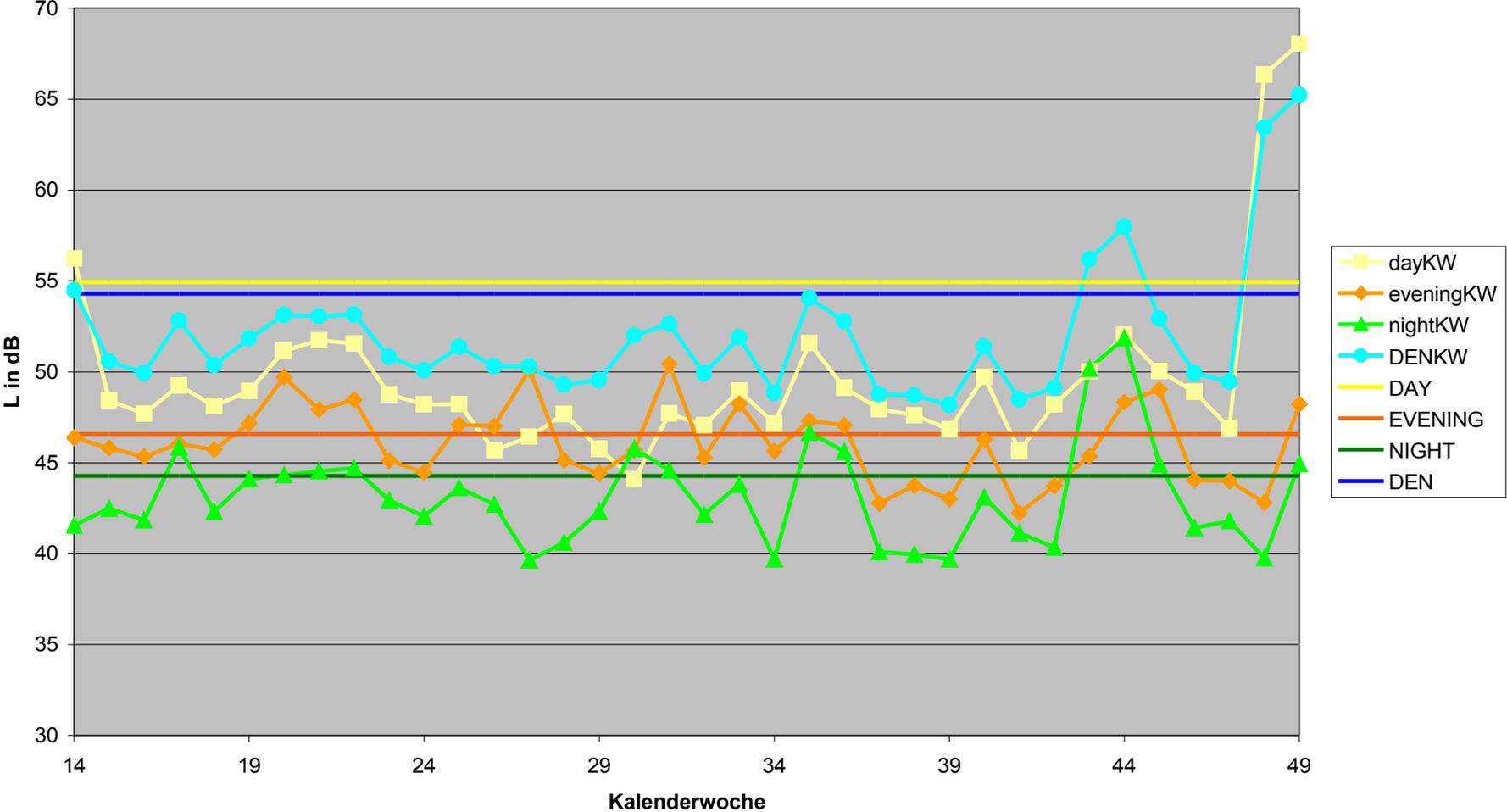


Station: 4 - Bremer Vulkan

Näherung



Station: 4 Bremer Vulkan



Station 4 – Vulkan



Flächen gleicher Klassen
des Beurteilungspegels
L_{DEN}

- $\geq 55 \text{ dB(A)} < 60 \text{ dB(A)}$
- $\geq 60 \text{ dB(A)} < 65 \text{ dB(A)}$
- $\geq 65 \text{ dB(A)} < 70 \text{ dB(A)}$
- $\geq 70 \text{ dB(A)} < 75 \text{ dB(A)}$
- $\geq 75 \text{ dB(A)}$

Station 4 – Vulkan



EMUDA05 - Hemelingen
 Bremen, Sadtteil: Hemelingen Ortsteil: Hemelingen
 O: 8° 53' 25" N: 53° 2' 43"

05

auf dem Betriebshof des Friedhofs Hemelingen

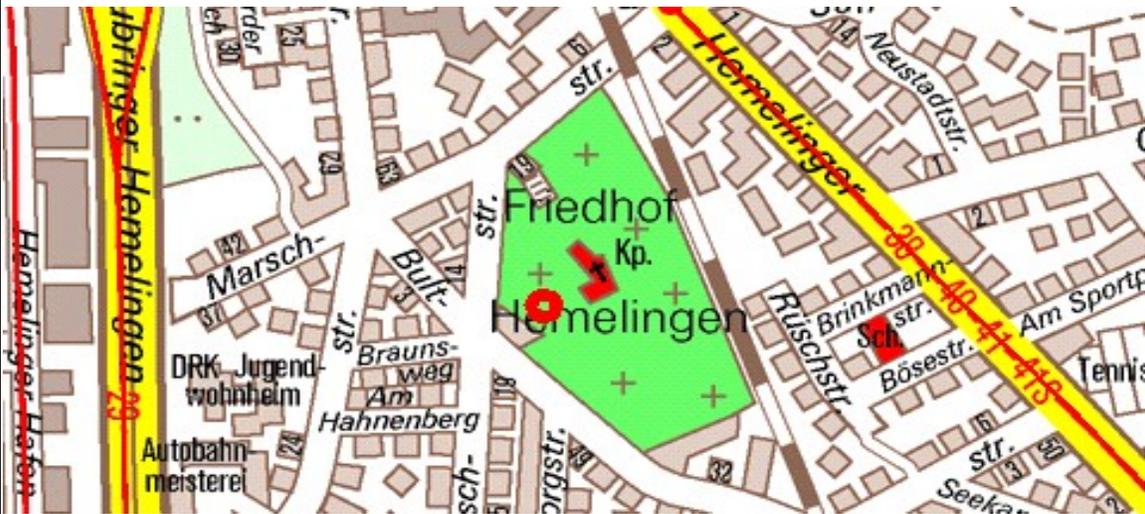
Hauptschallquellen:
Schienenlärm
Fluglärm
Straßenlärm

Potentielle Störquellen:
Naturgeräusche

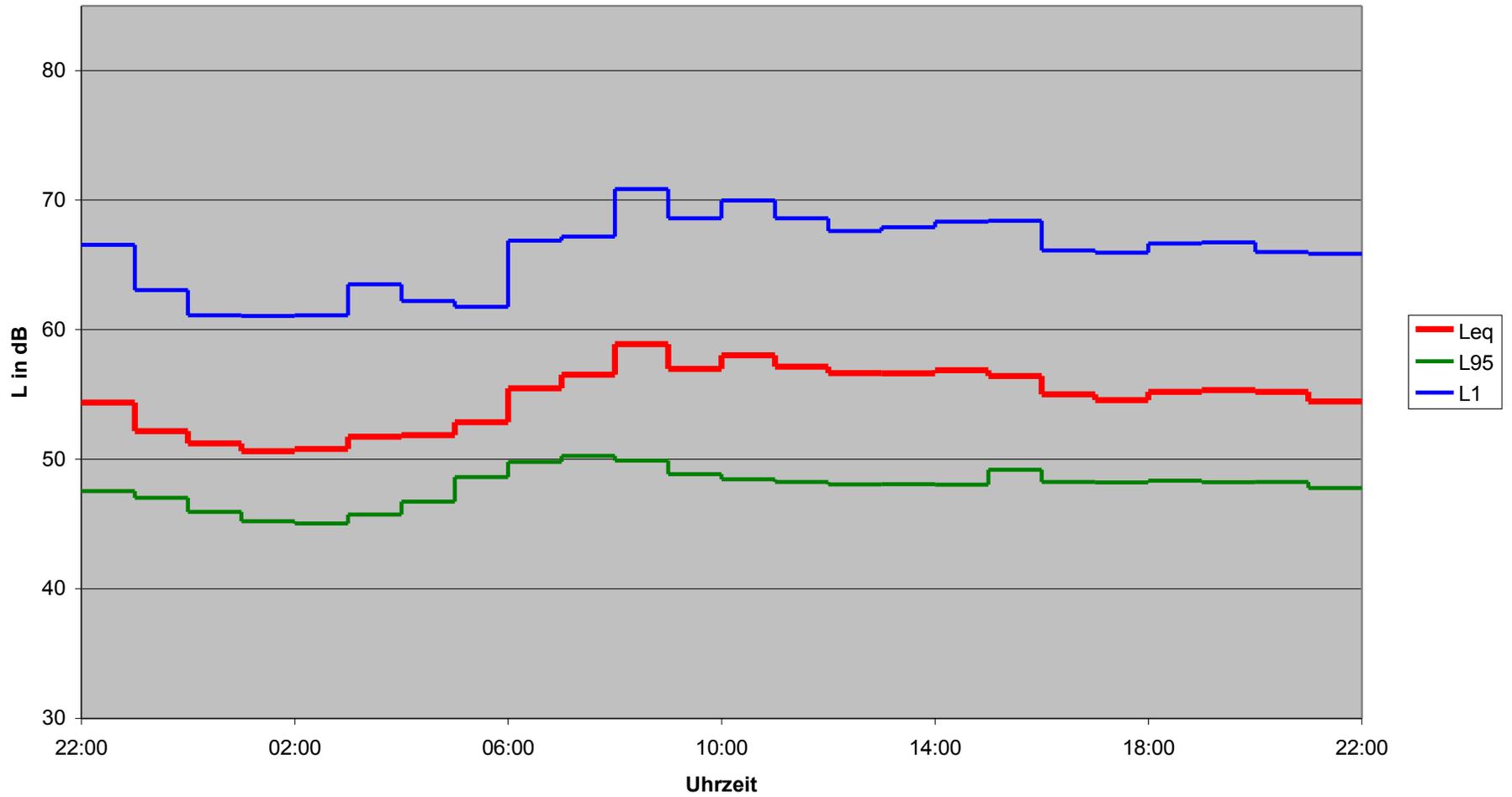
Bemerkungen:

Messzeit:
aufgestellt am : 12.04.2006
mittl. Tagesgang: 12.04.2006 17:00 Uhr - 20.09.2006 11:00

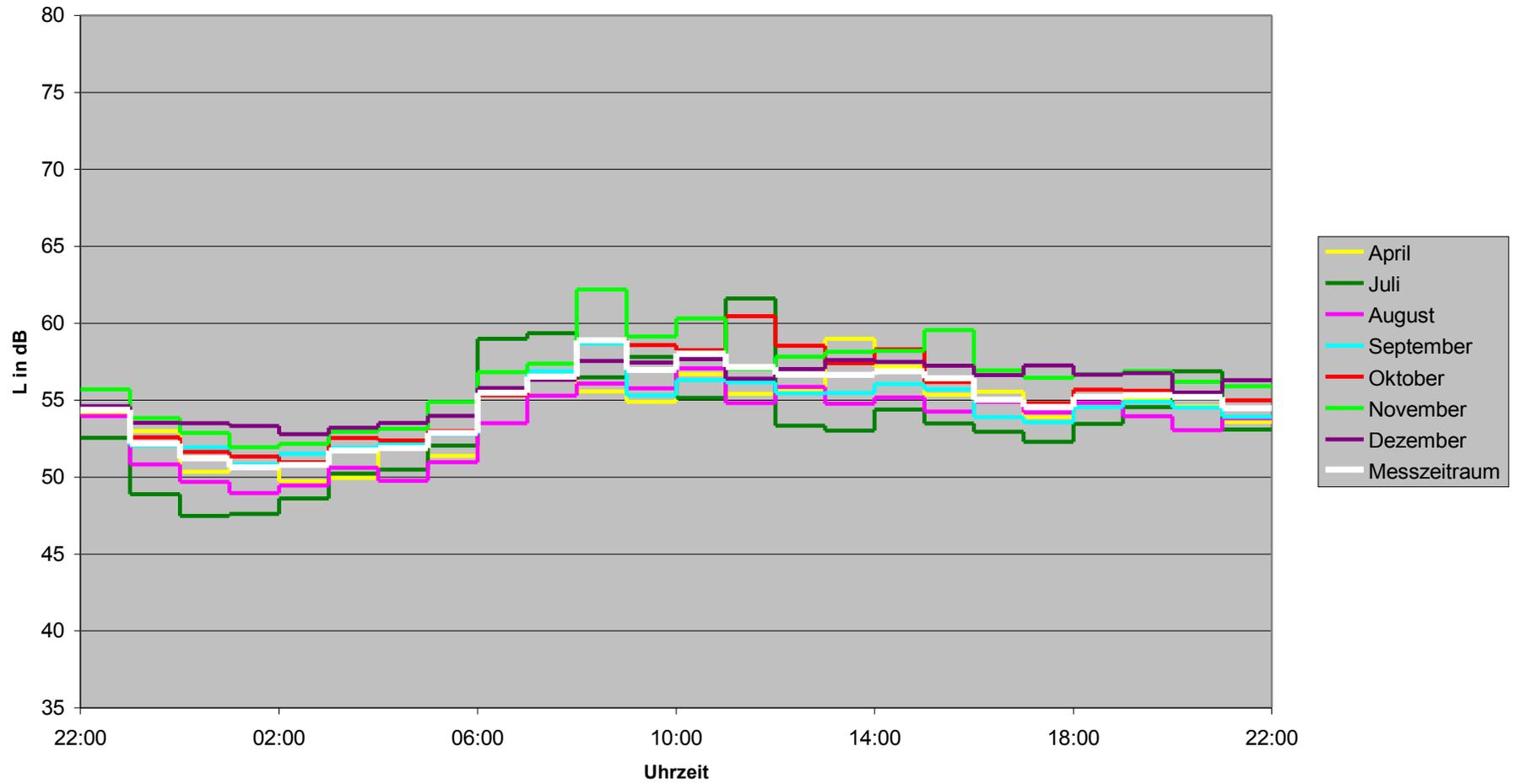
Einstellungen der Station:
Ref. Level 116,3 dB Min. Duration 5 sec
SETL 70 dB End Duration 2 sec
NSETL 65 dB
SENL 80 dB



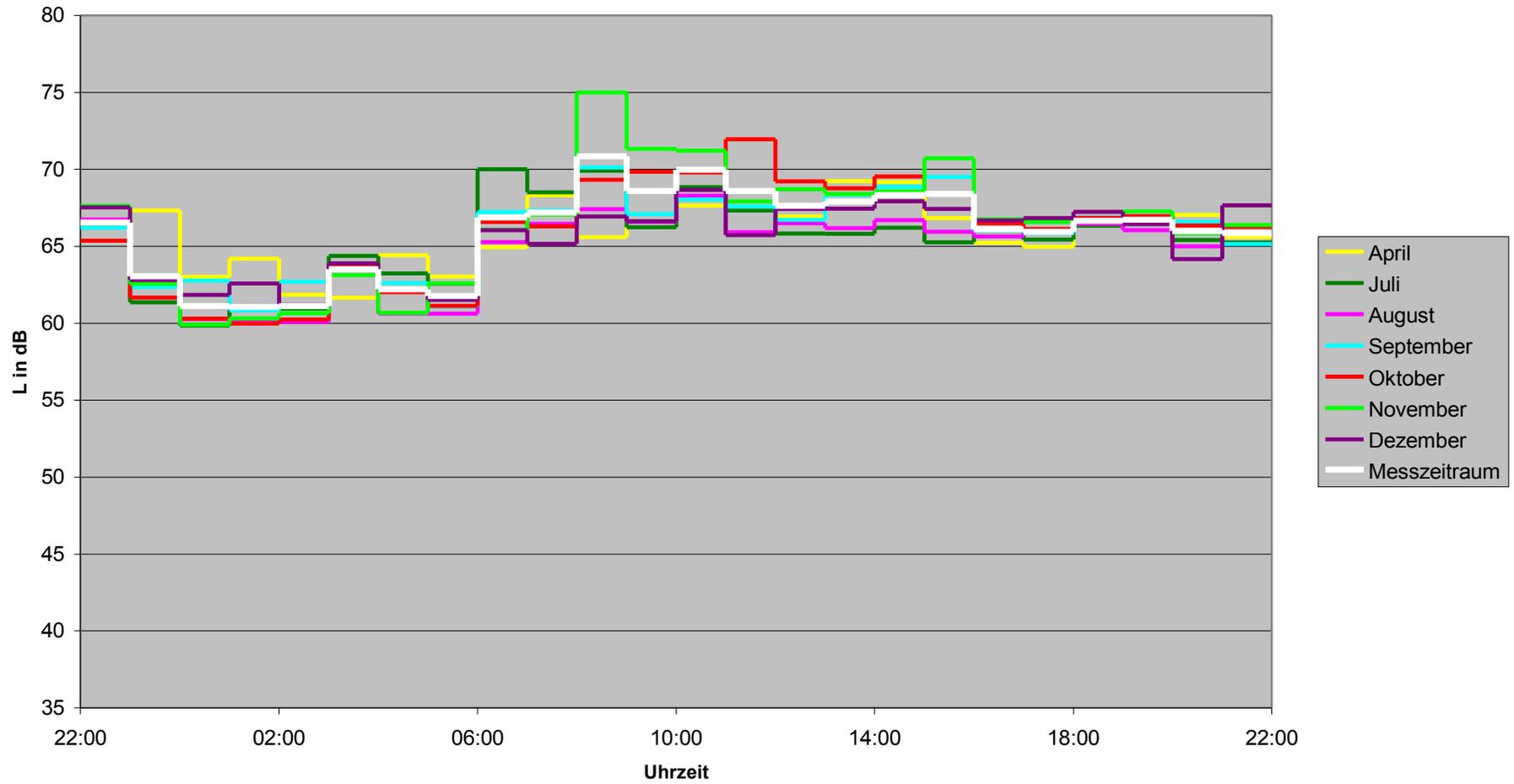
Station: 5 - Friedhof Hemelingen



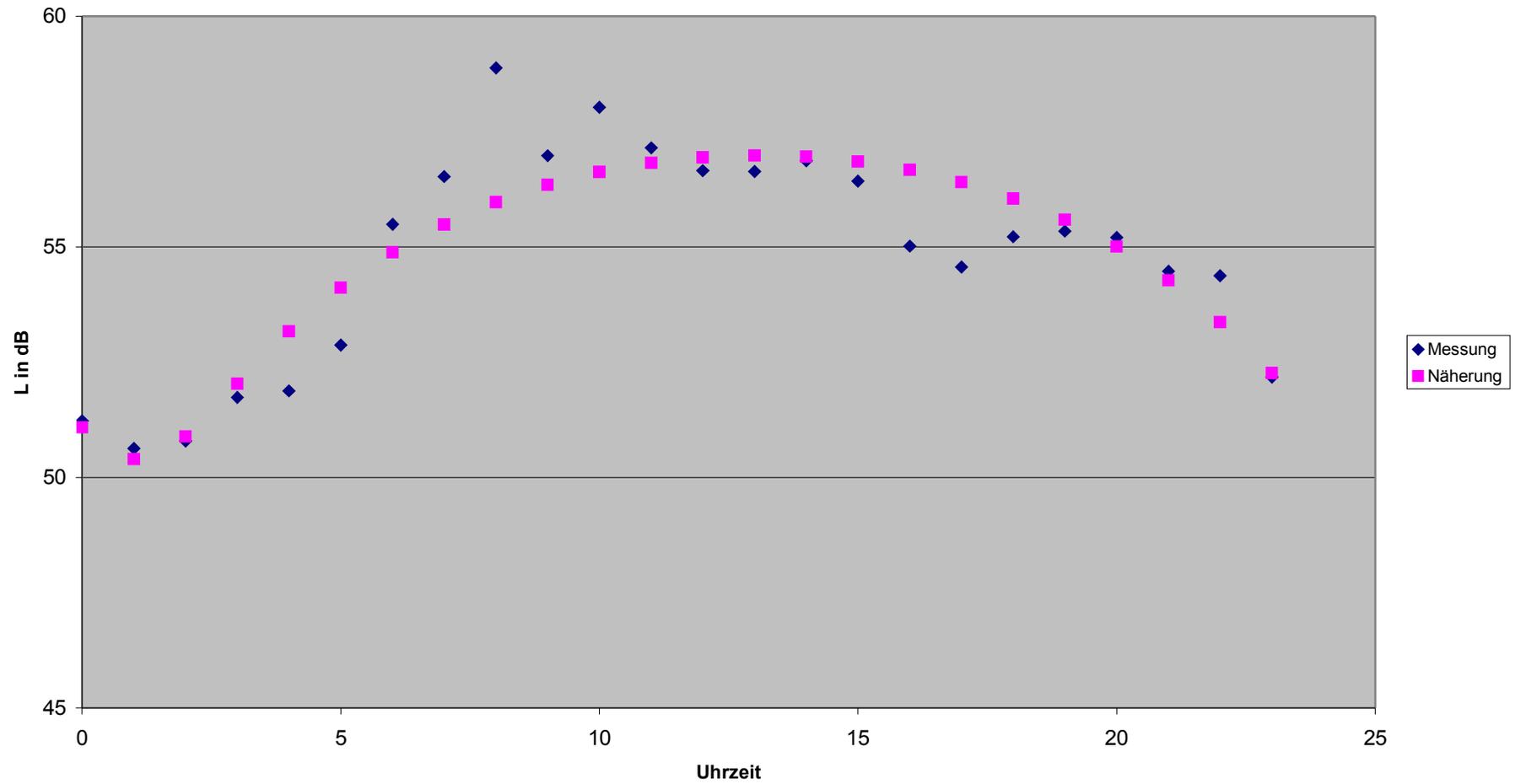
Station: 5 - Friedhof Hemelingen
Leq monatsweise aufgetragen



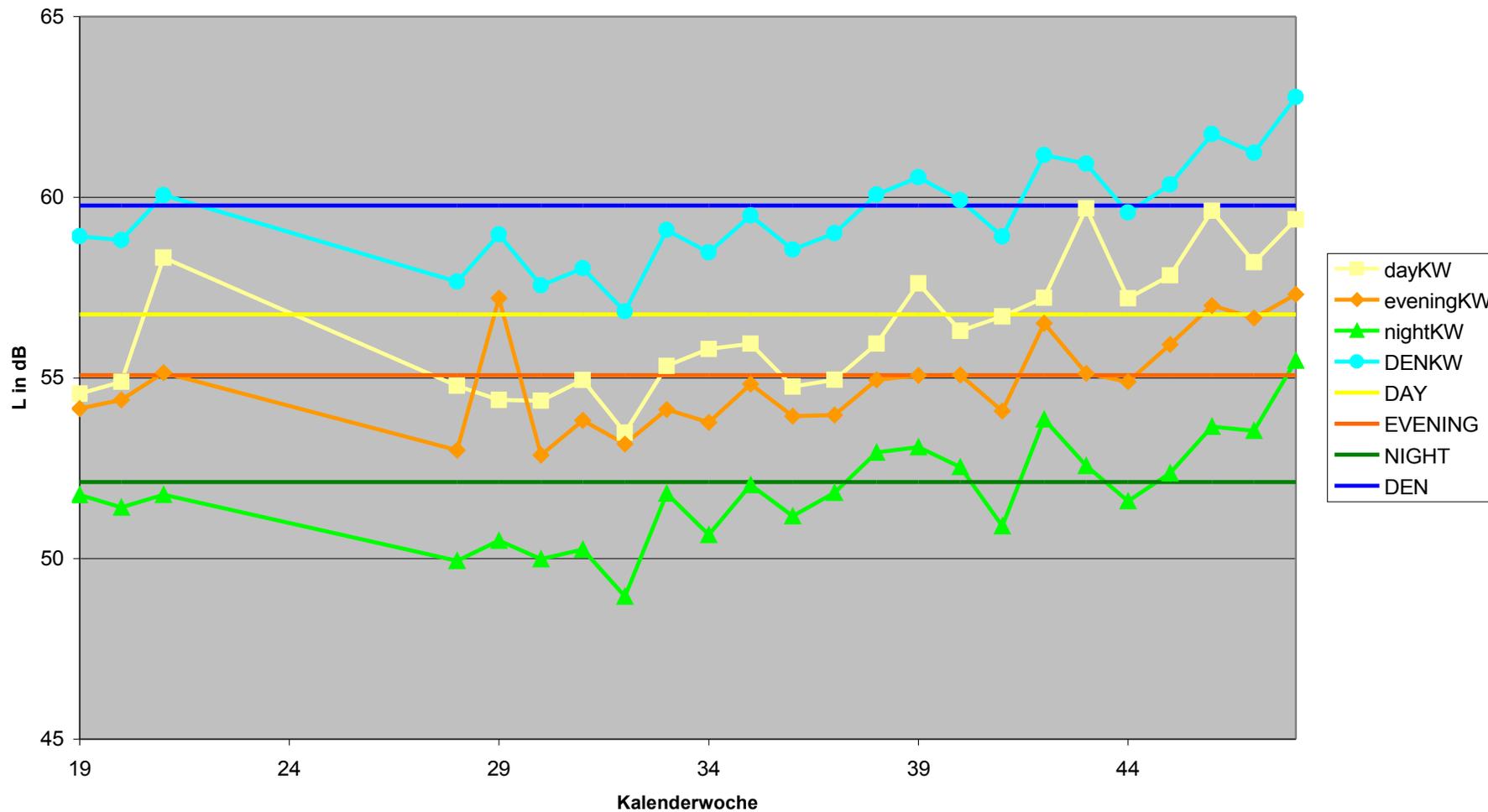
Station: 5 - Friedhof Hemelingen
L1 monatsweise aufgetragen



Station: 5 - Friedhof Hemelingen
Näherung



Station: 5 - Friedhof Hemelingen



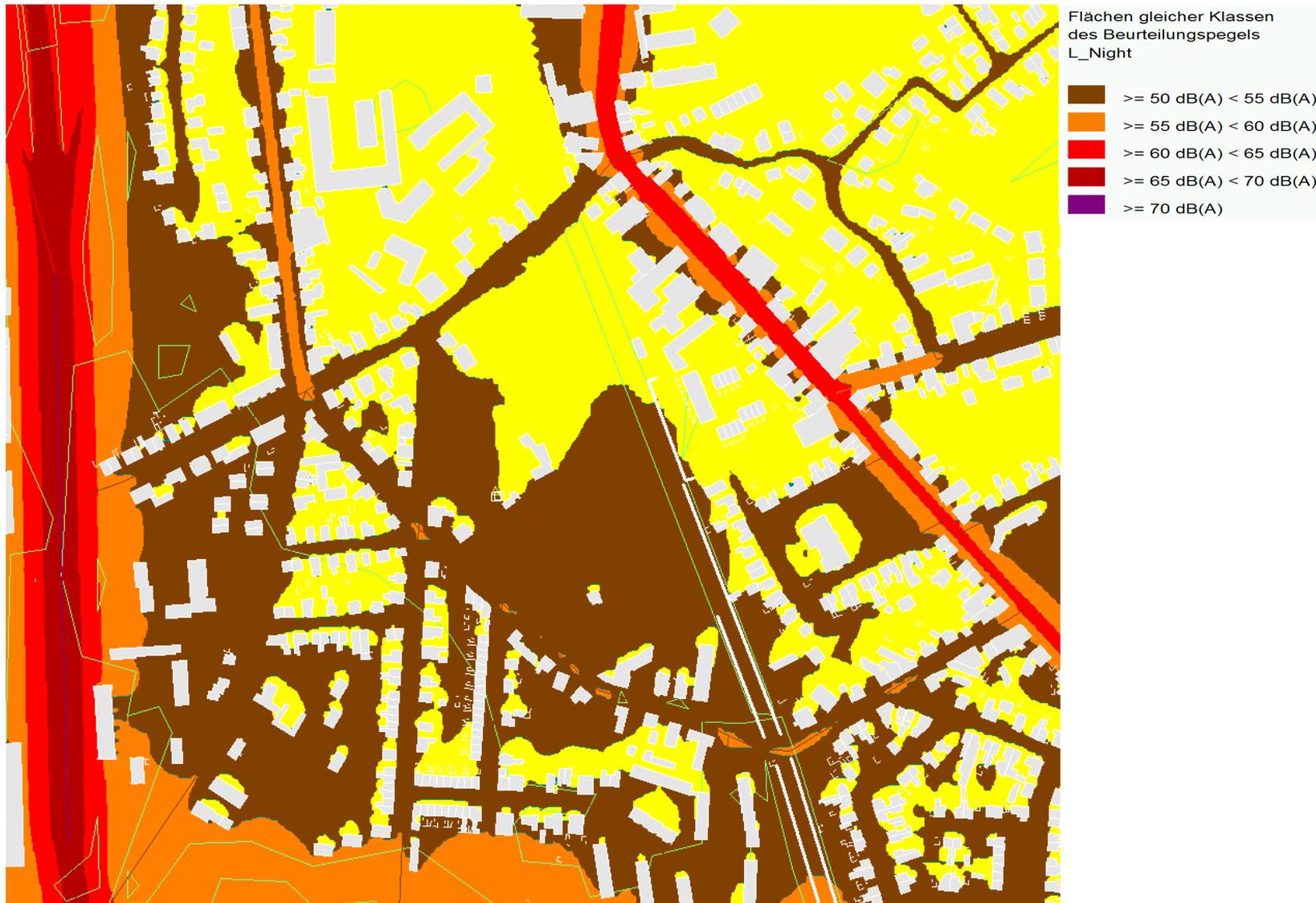
Station 5 - Hemelingen



Flächen gleicher Klassen
des Beurteilungspegels
L_DEN

- >= 55 dB(A) < 60 dB(A)
- >= 60 dB(A) < 65 dB(A)
- >= 65 dB(A) < 70 dB(A)
- >= 70 dB(A) < 75 dB(A)
- >= 75 dB(A)

Station 5 - Hemelingen



EMUDA06 - Korbhauserweg
 Bremen, Sadtteil: Obervieland Ortsteil: Arsten
 O: 8° 51' 7" N: 53° 1' 47"

06

die Station steht im Garten des Hausmeisters der Schule, die Entfernung zur Straße beträt ca. 12m

Hauptschallquellen:
 Straßenlärm

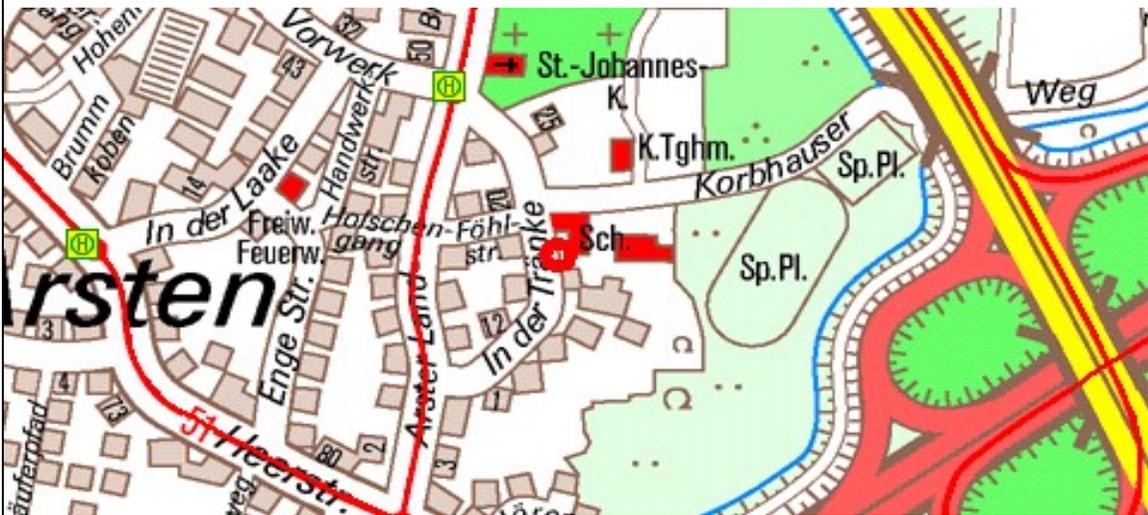
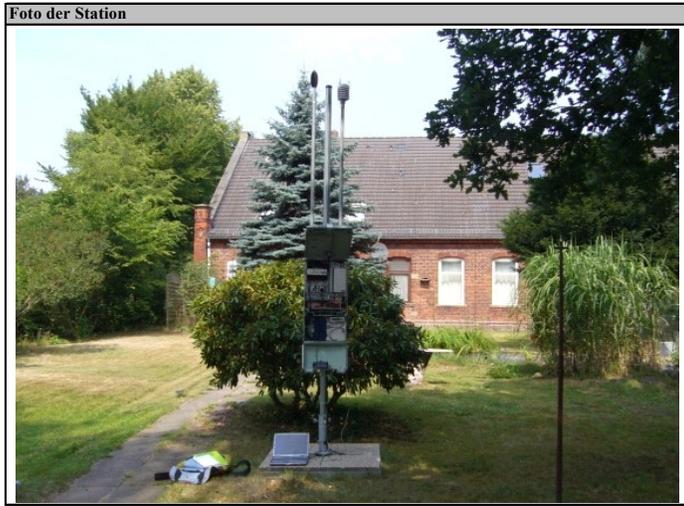
Potentielle Störquellen:
 Naturgeräusche

Bemerkungen:

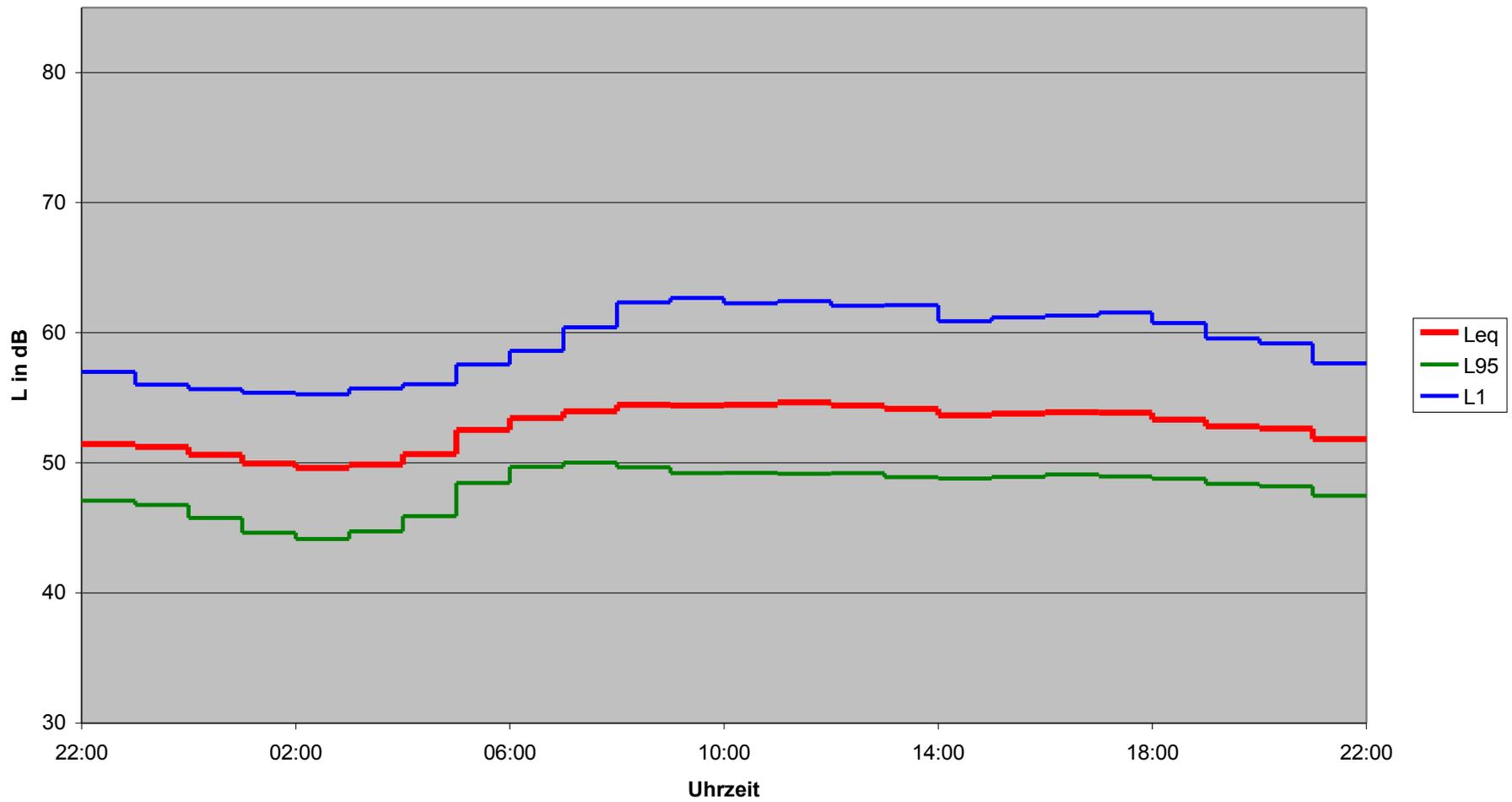
Messzeit:
 aufgestellt am: 03.05.2006
 mittl. Tagesgang: 03.05.2006 17:00 Uhr - 20.09.2006 12:00

Einstellungen der Station:

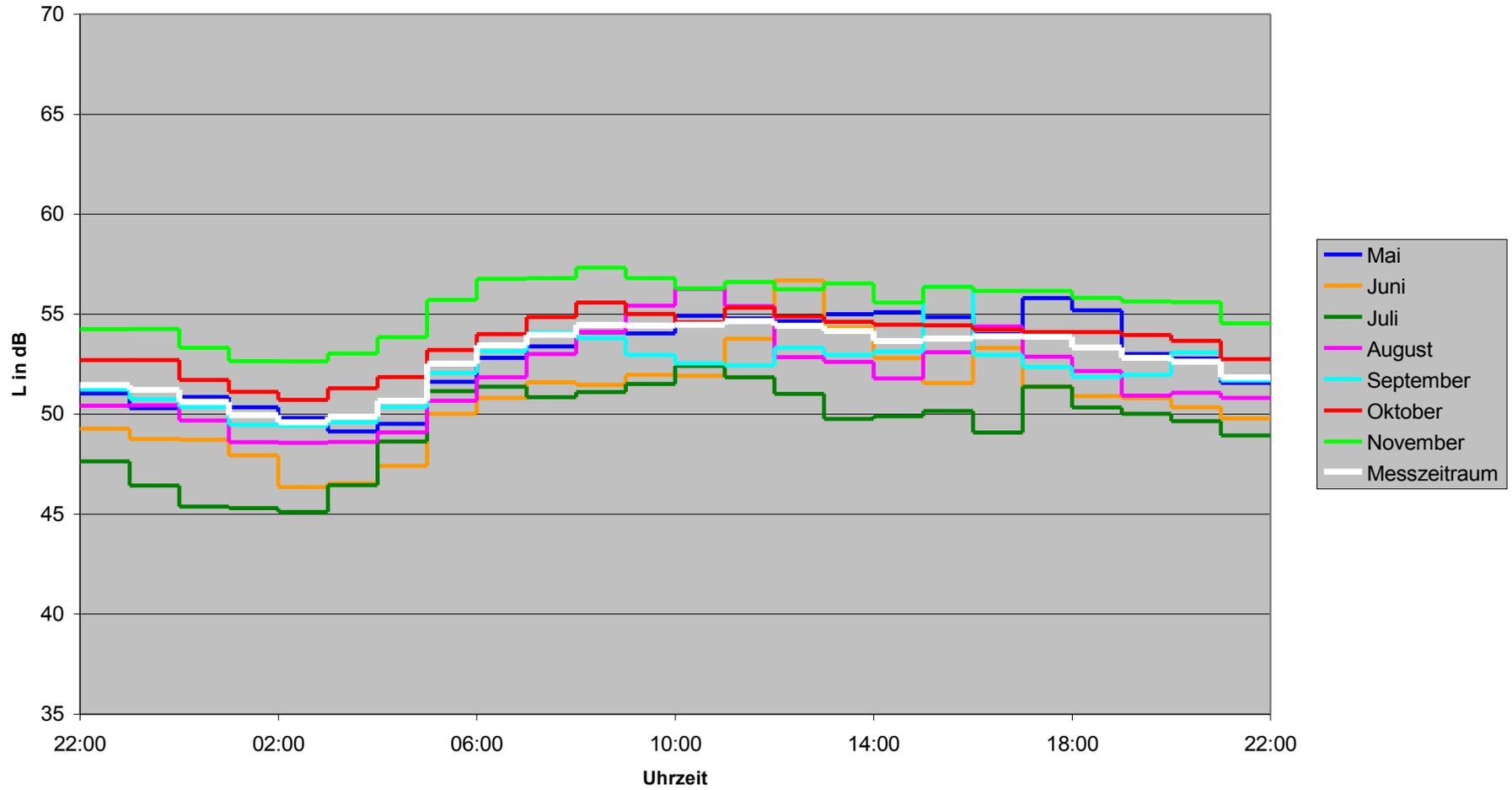
Ref. Level	117,1 dB	Min. Duration	5 sec
SETL	70 dB	End Duration	2 sec
NSETL	65 dB		
SENL	80 dB		



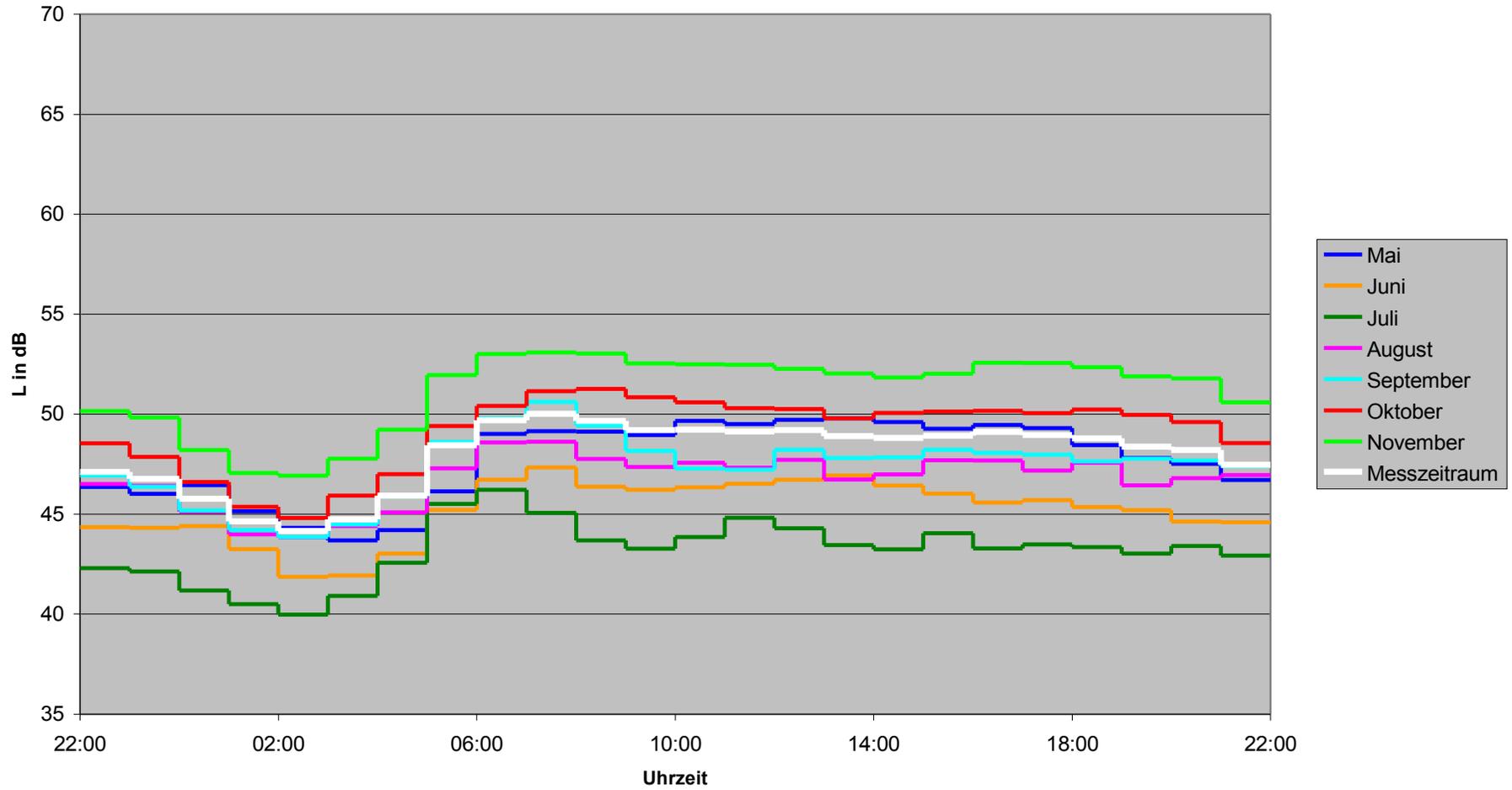
Station: 6 - Arsten



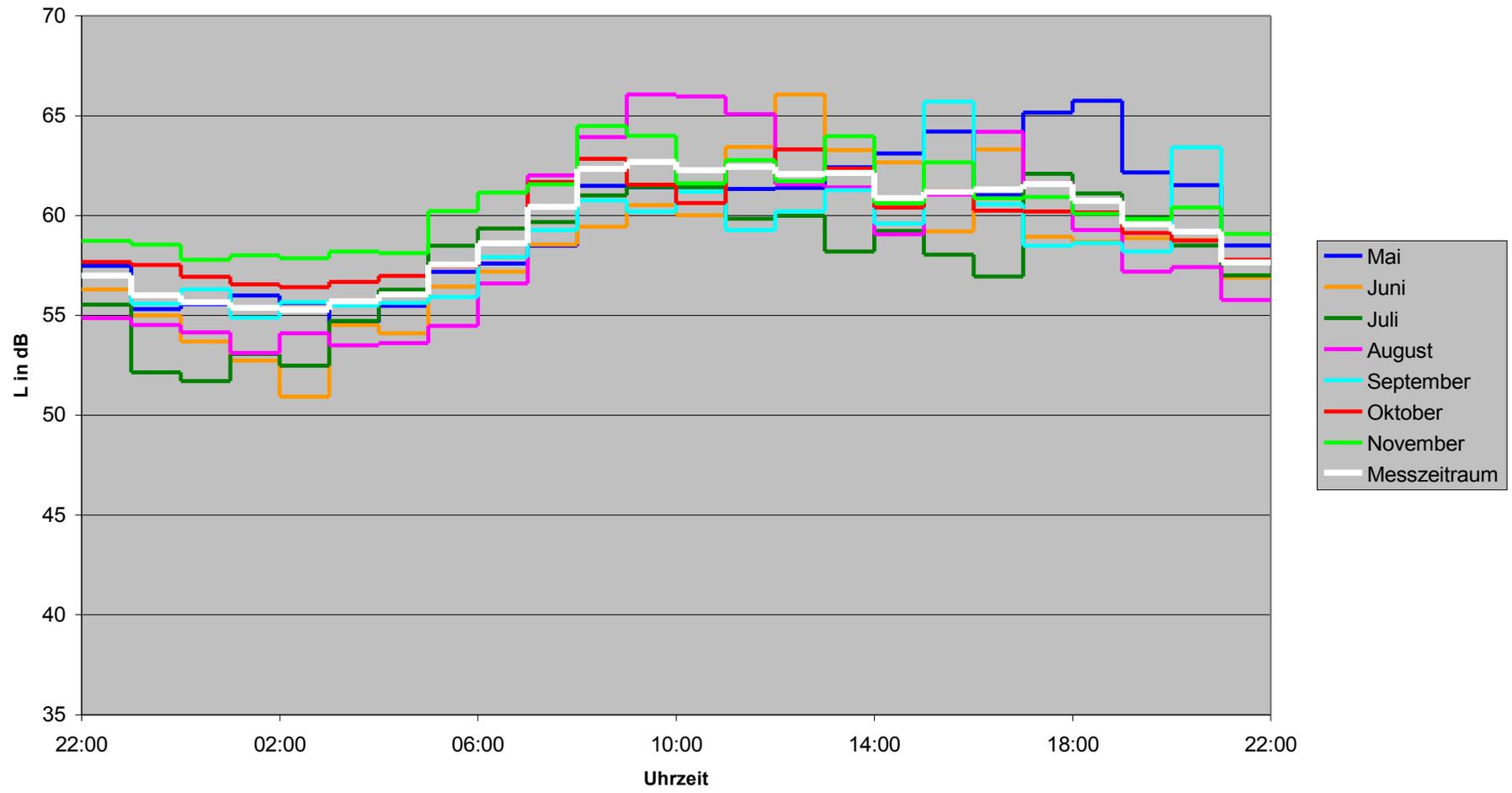
Station 6 - Arsten
Leq monatsweise aufgetragen



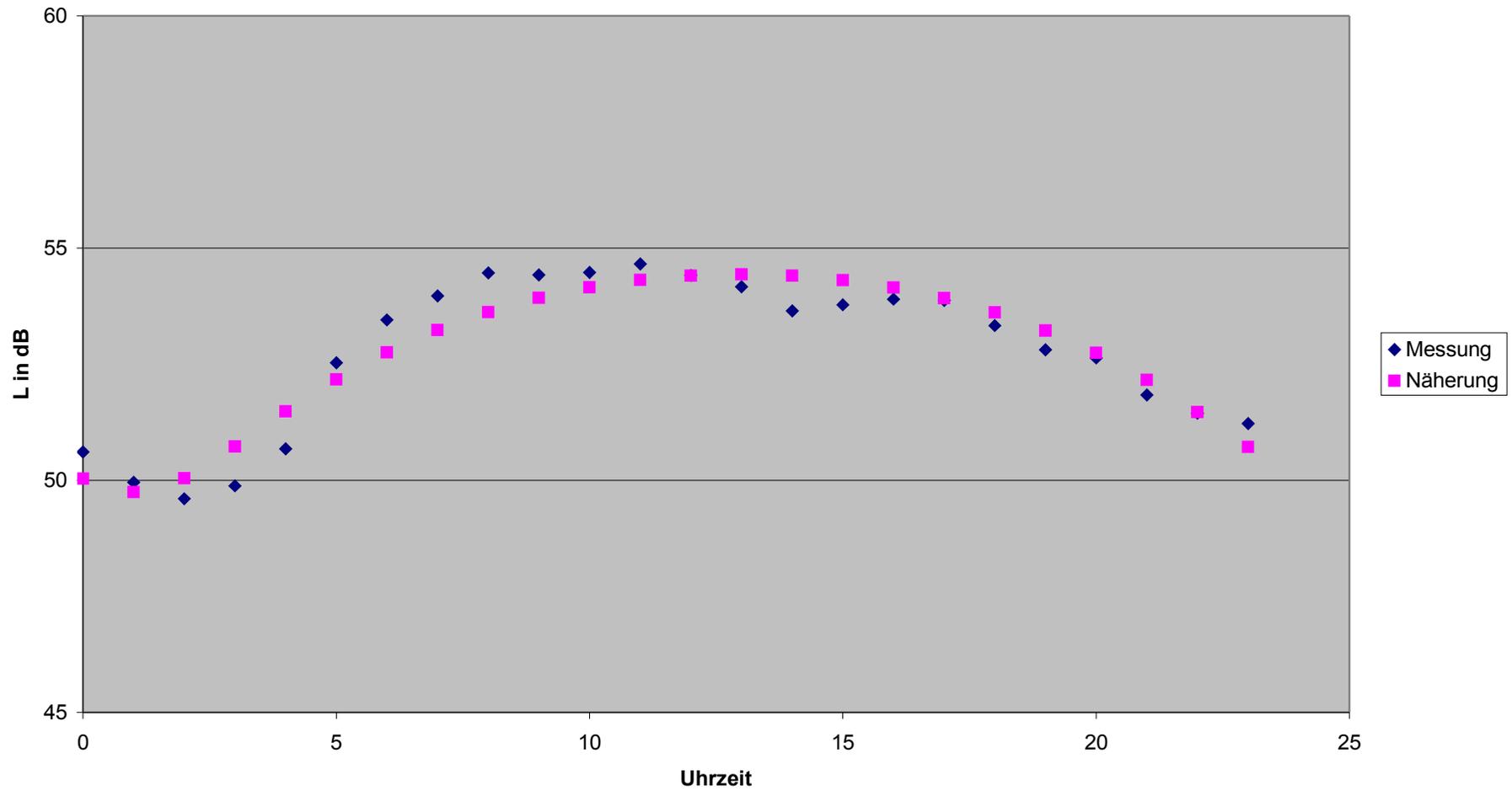
Station 6 - Arsten
L95 monatsweise aufgetragen



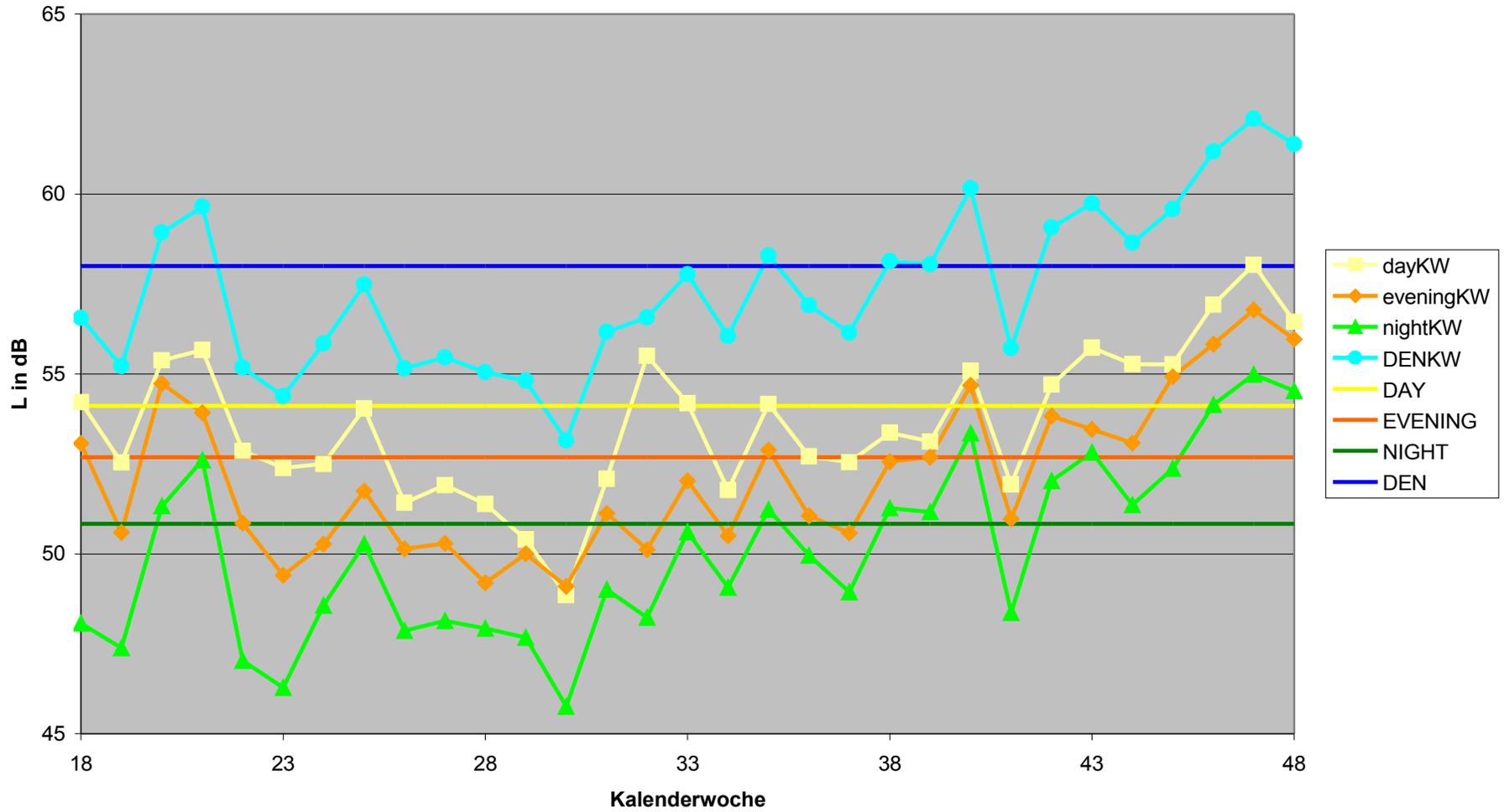
Station 6 - Arsten
L1 monatsweise aufgetragen



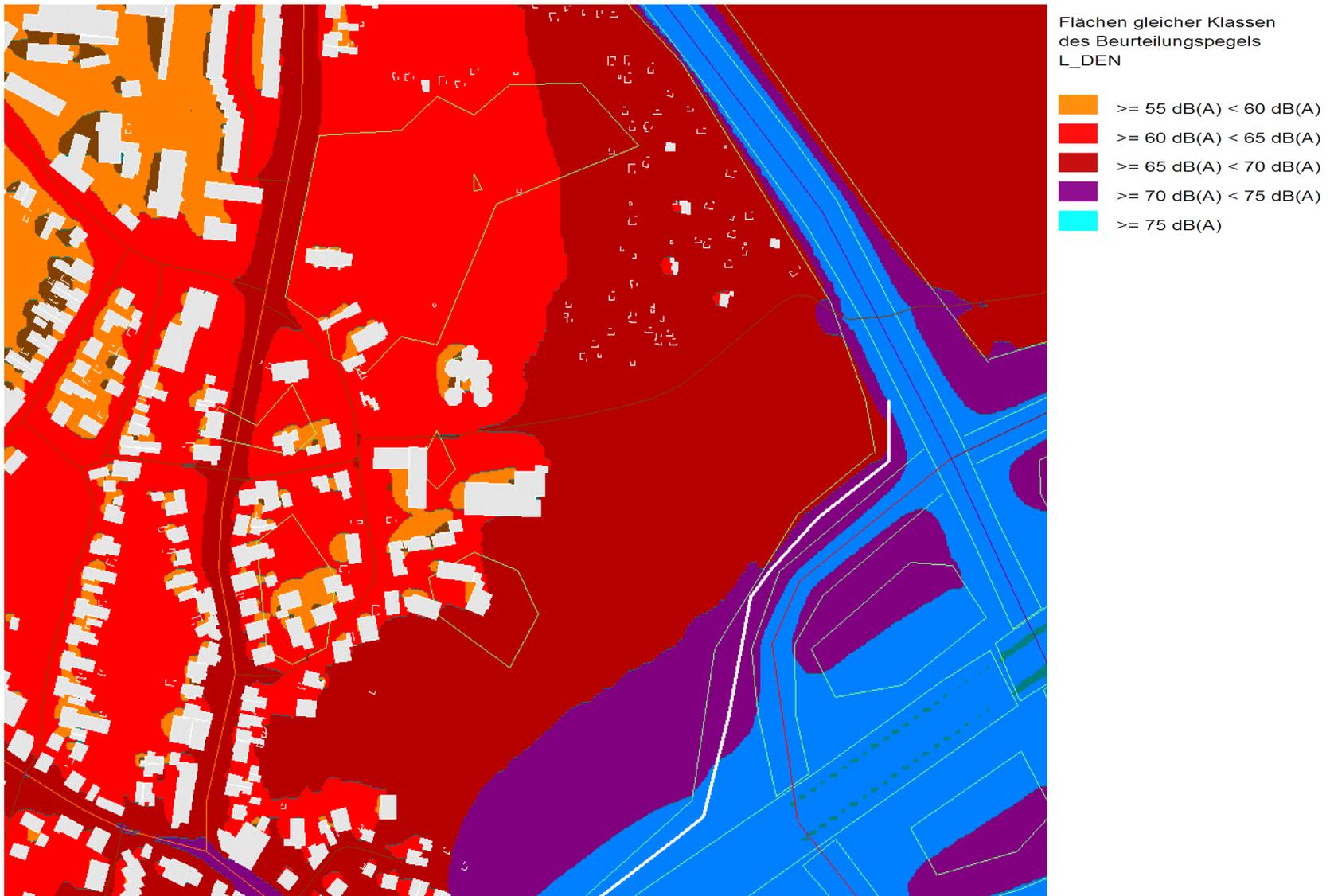
Station 6 - Arsten
Näherung



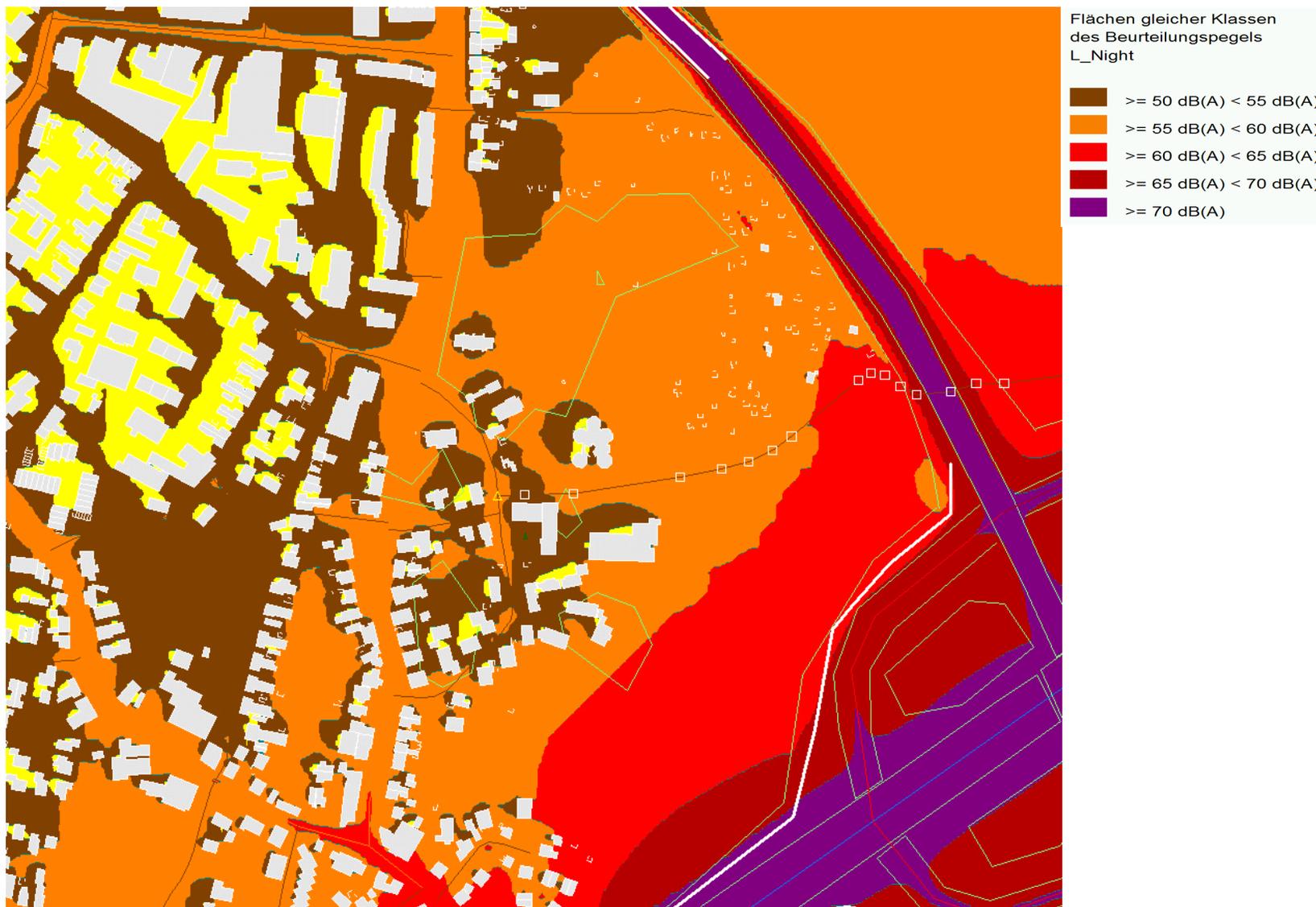
Station: 6 - Arsten



Station 6 – In der Tränke



Station 6 – In der Tränke



EMUDA07 - Dorfkampsweg

Bremen, Sadtteil: Woltmershausen Ortsteil: Rablinghausen
O: 8° 44' 54" N: 53° 5' 25"

07

die Station steht auf dem rückwärtigem Gelände der Grundschule Rablinghausen in unmittelbarer Entfernung zum Deich

Hauptschallquellen:

Straßenlärm
Gewerbe-/Industrielärm
Sport- und Freizeitlärm

Potentielle Störquellen:

Naturgeräusche

Bemerkungen:

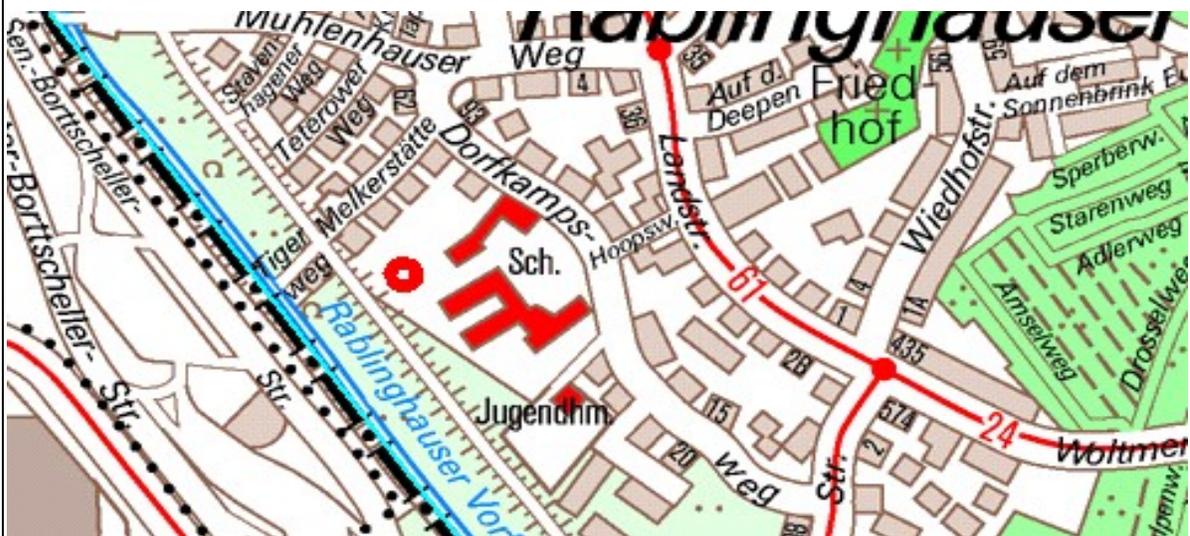
Messzeit:

aufgestellt am: 05.05.2006
mittl. Tagesgang: 05.05.2006 15:00 Uhr - 19.09.2006 14:00

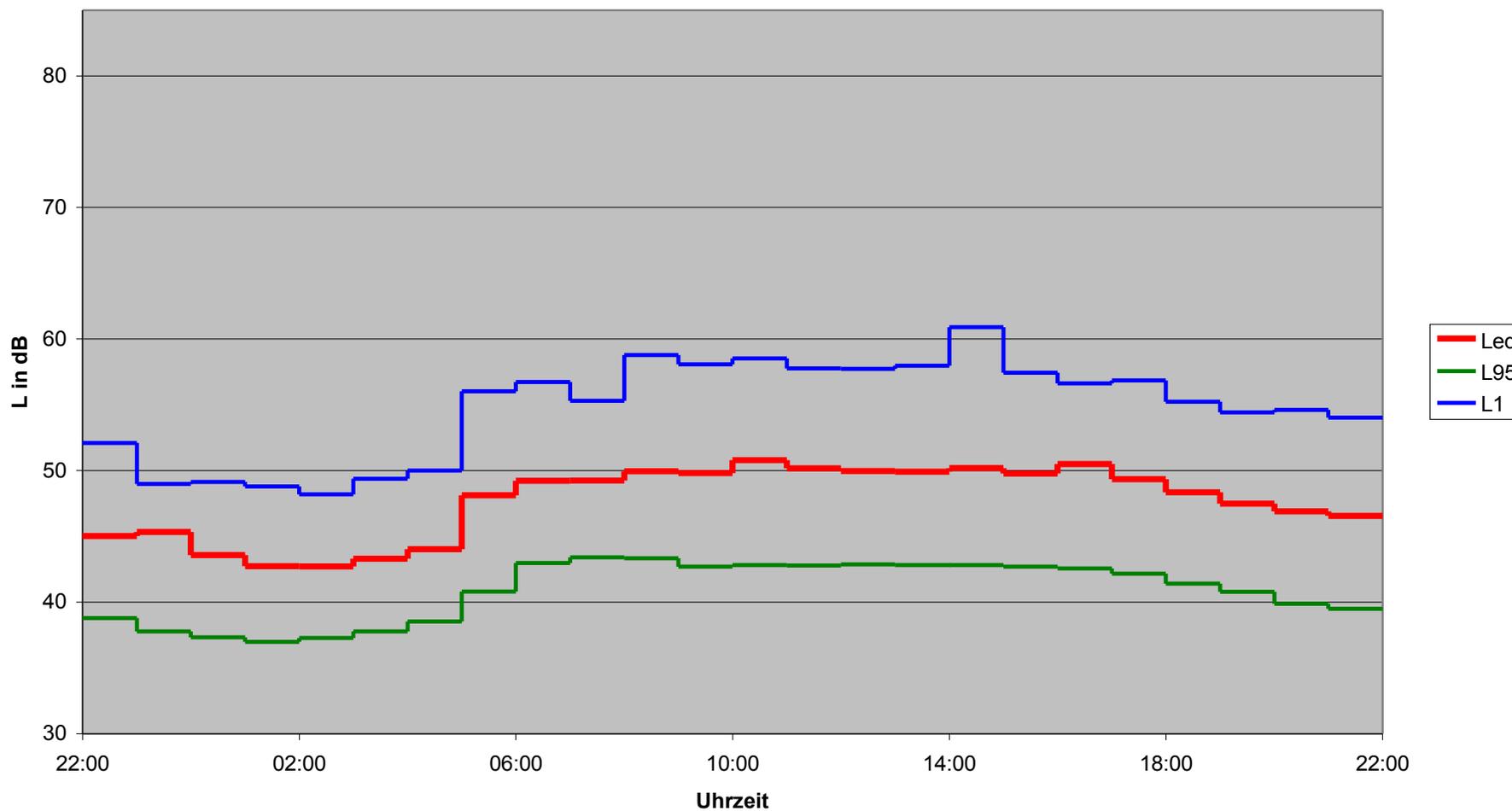
Einstellungen der Station:

Ref. Level	115,7 dB	Min. Duration	10 sec
SETL	65 dB	End Duration	10 sec
NSETL	55 dB		
SENL	65 dB		

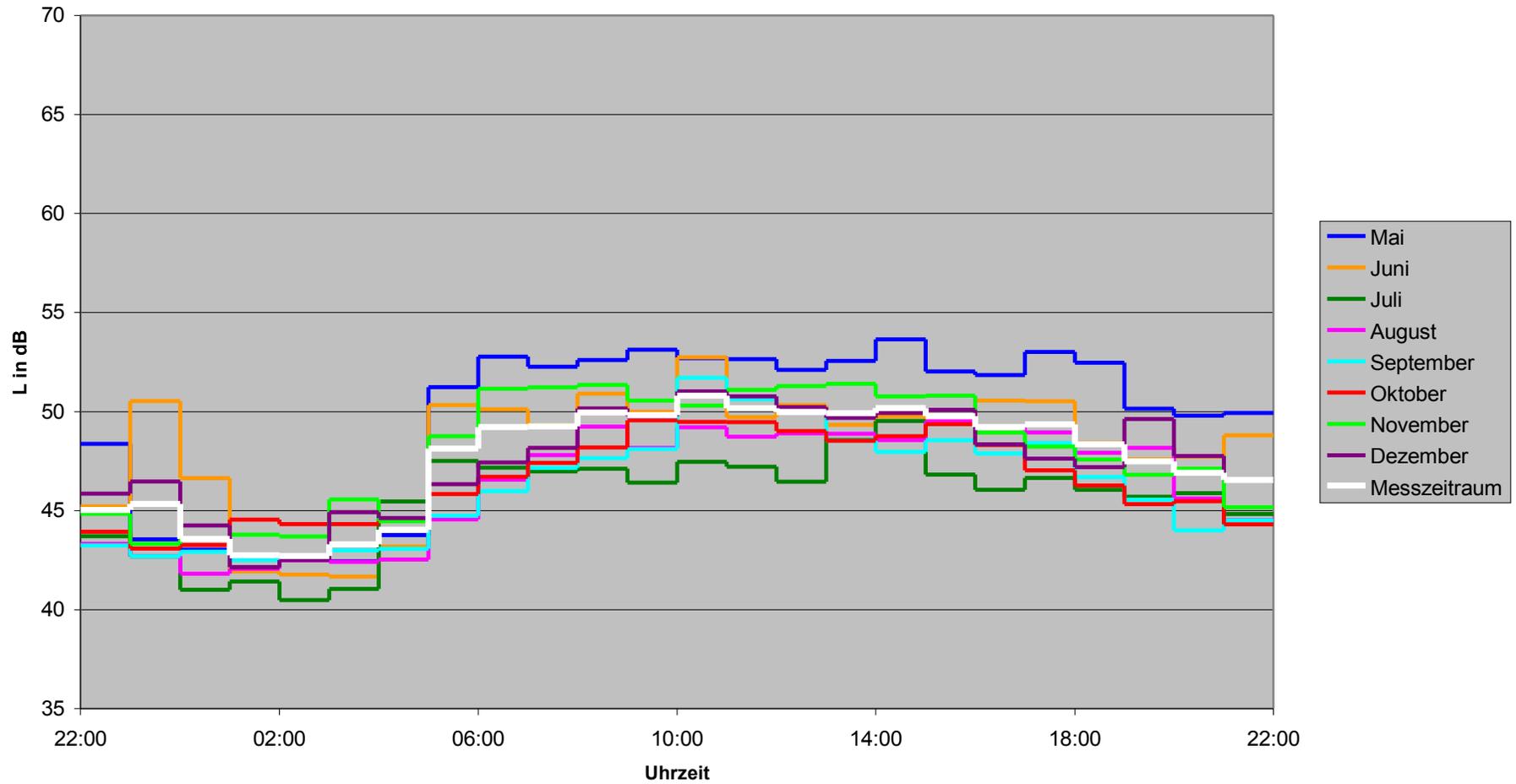
Foto der Station:



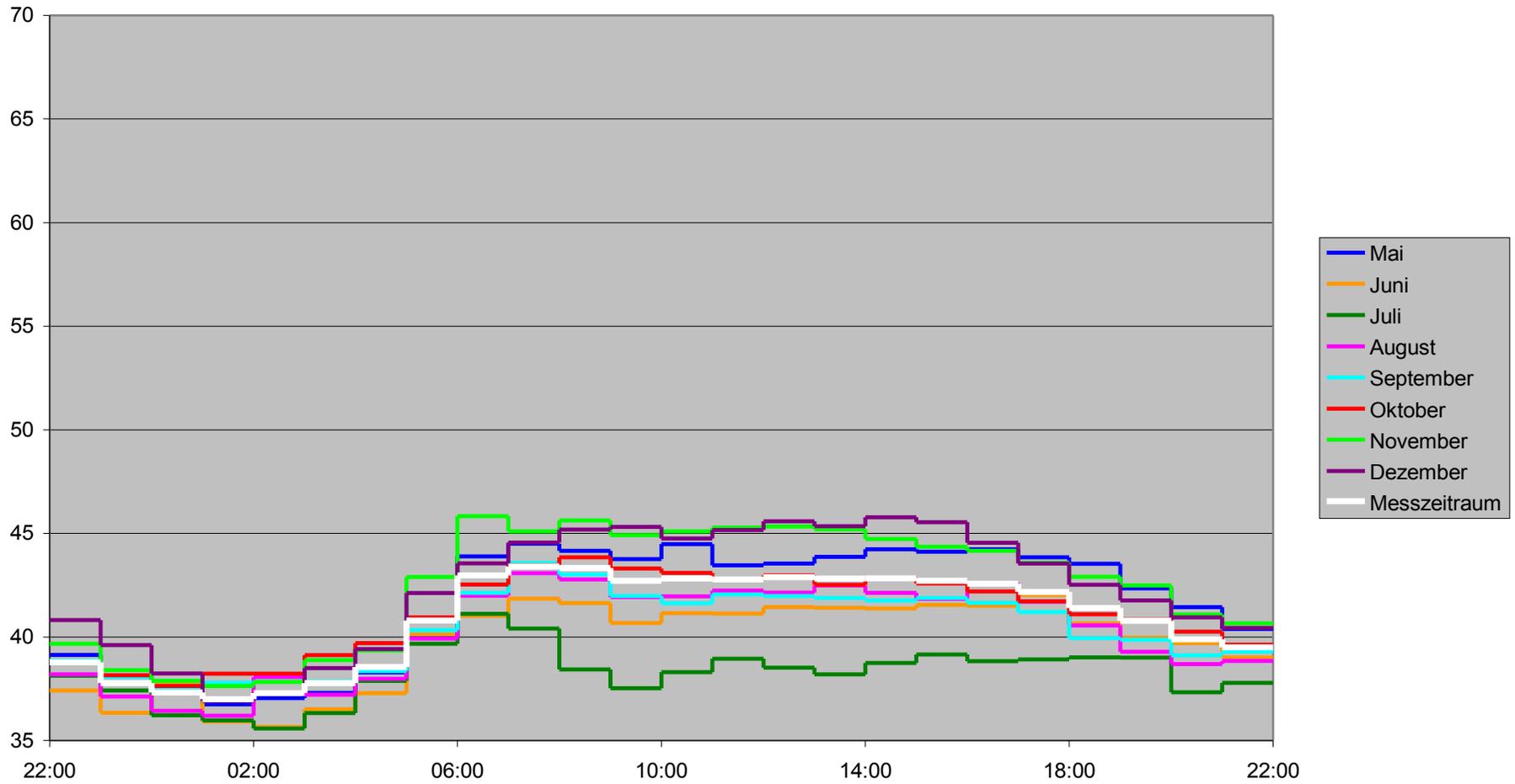
Station: 7 - Dorfkampsweg



Station 7 - Dorfkampsweg
Leq monatsweise aufgetragen

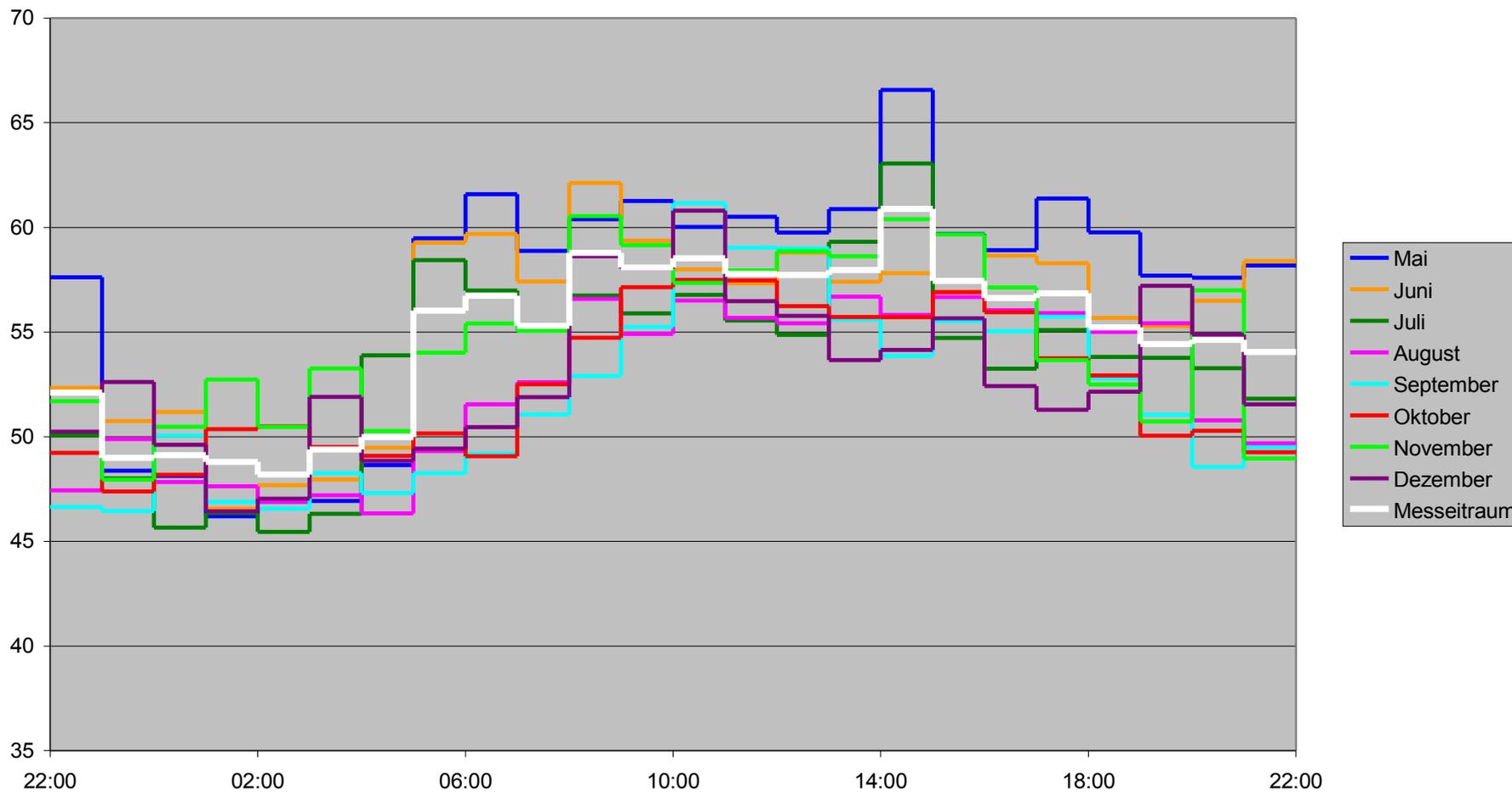


Station 7 - Dorfkampsweg
L95 monatsweise aufgetragen

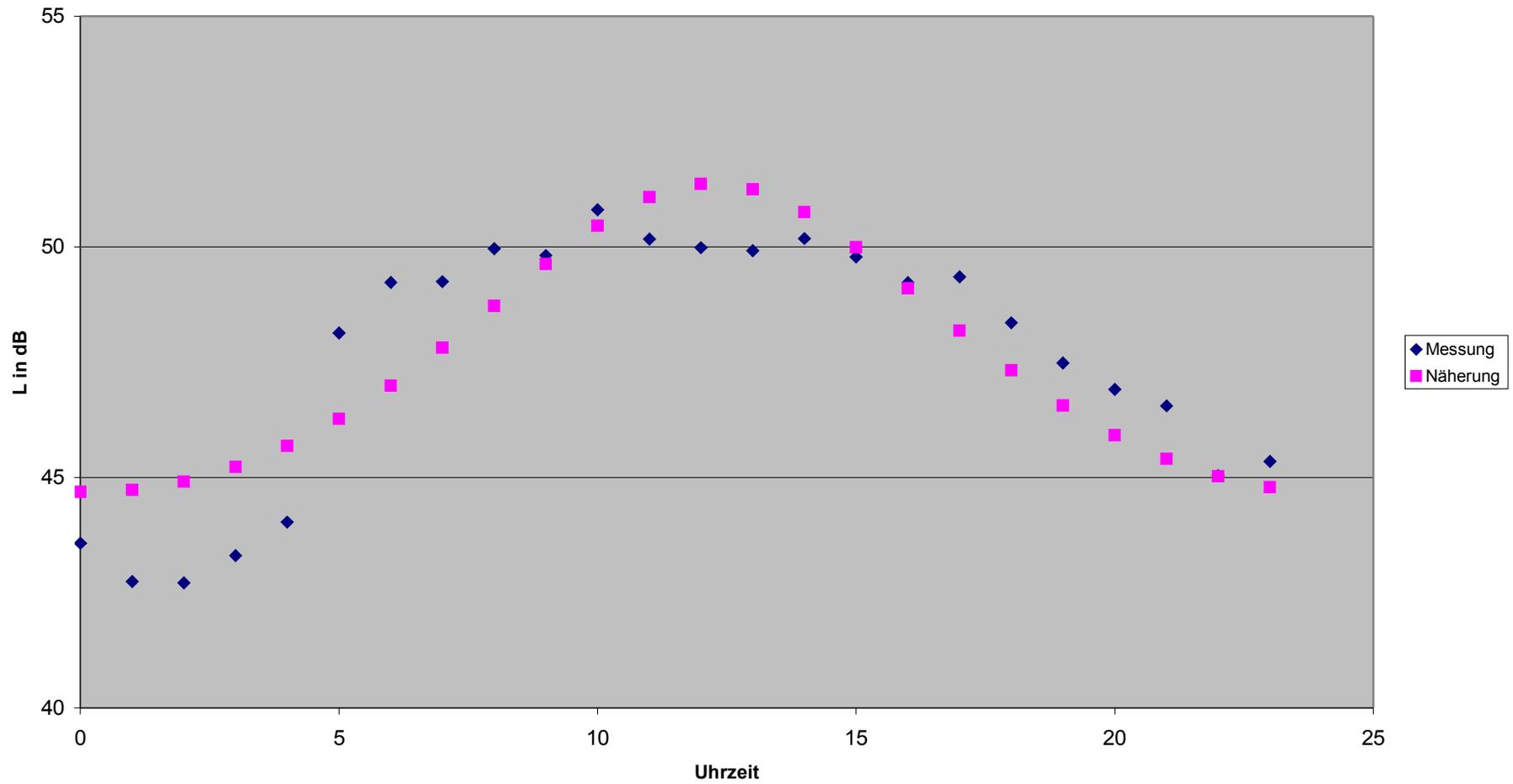


Station 7 - Dorfkampsweg

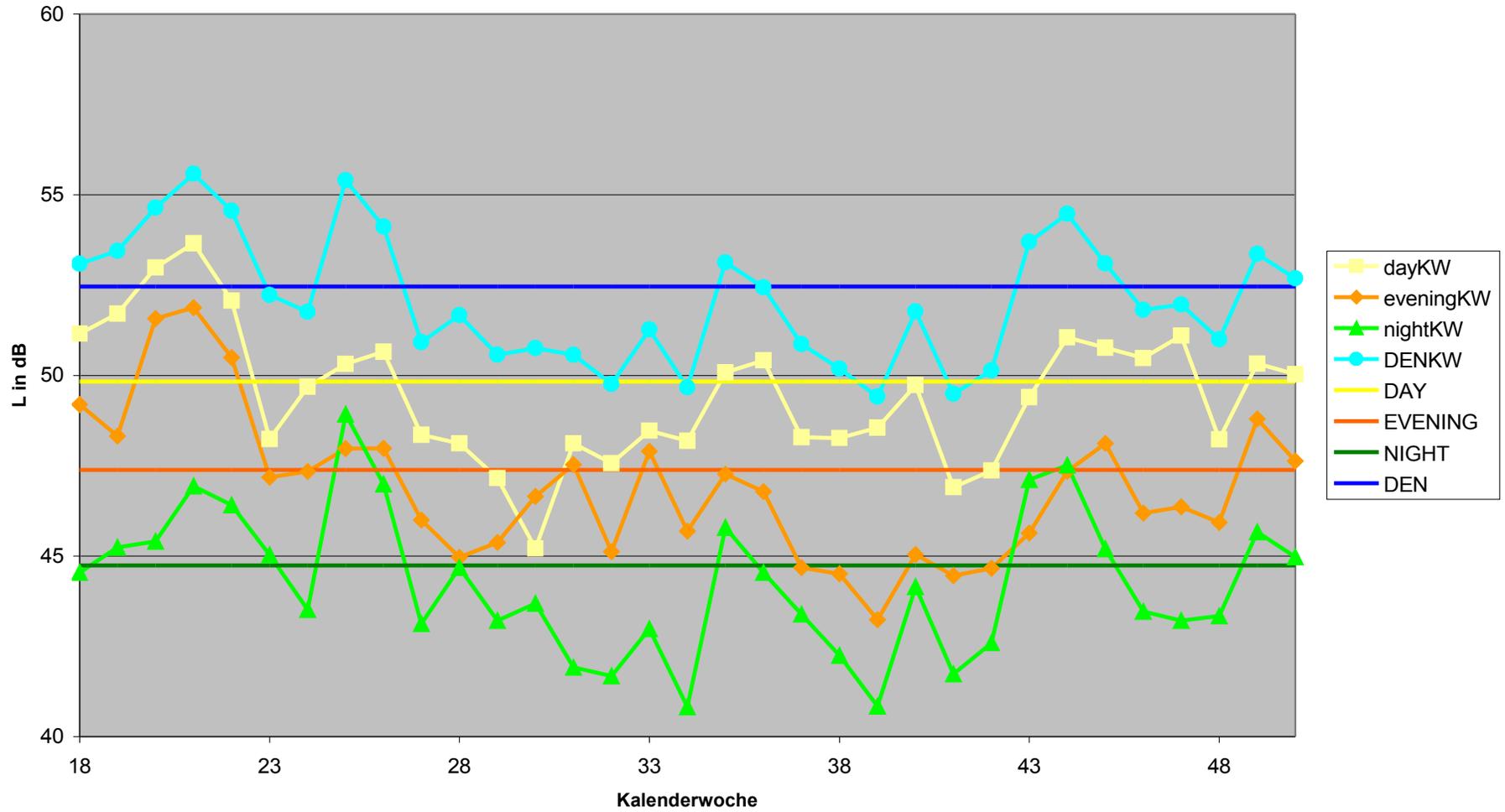
L1 monatsweise aufgetragen



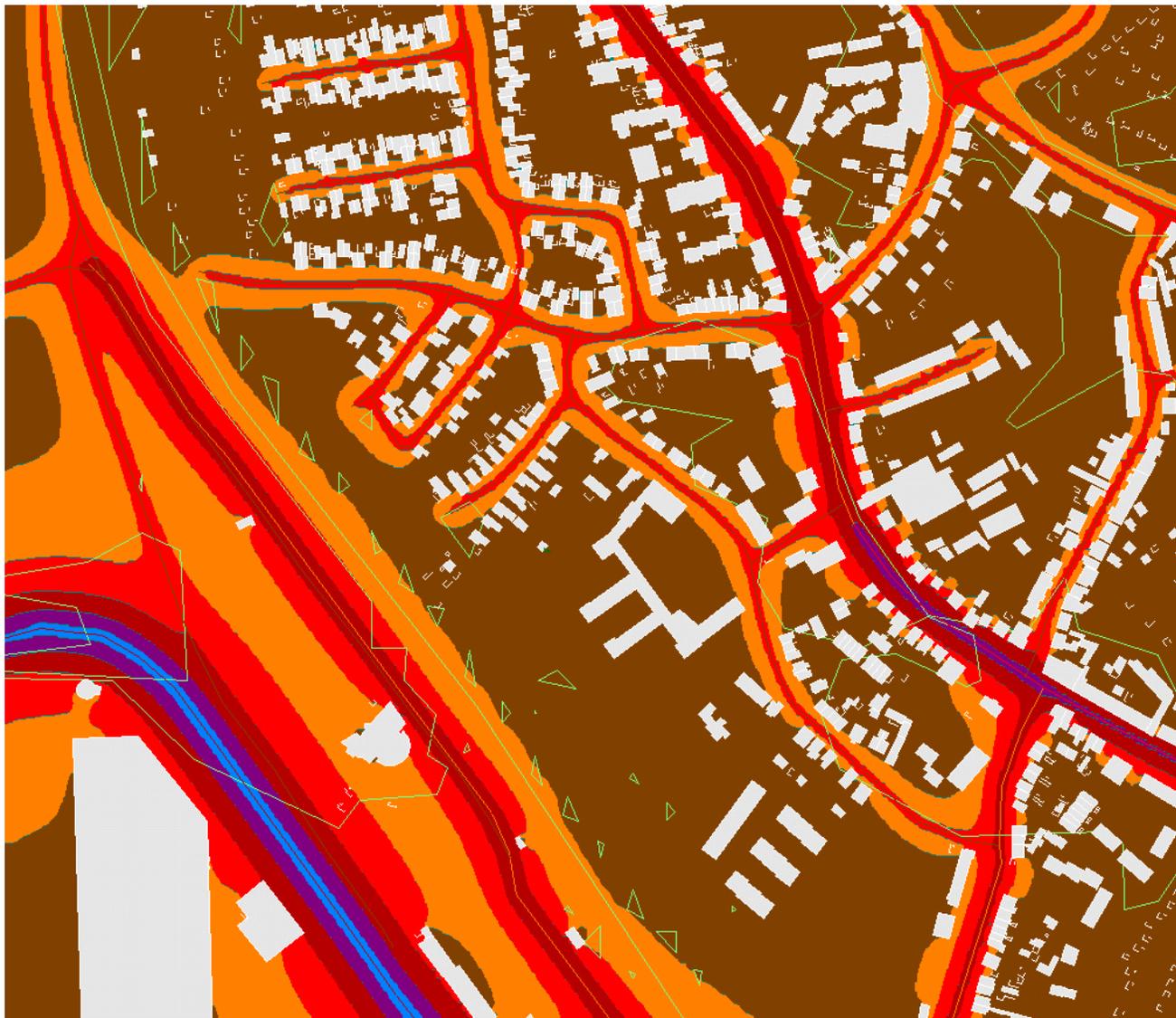
Station: 7 - Dorfkampsweg
Näherung



Station: 7 - Dorfkampsweg



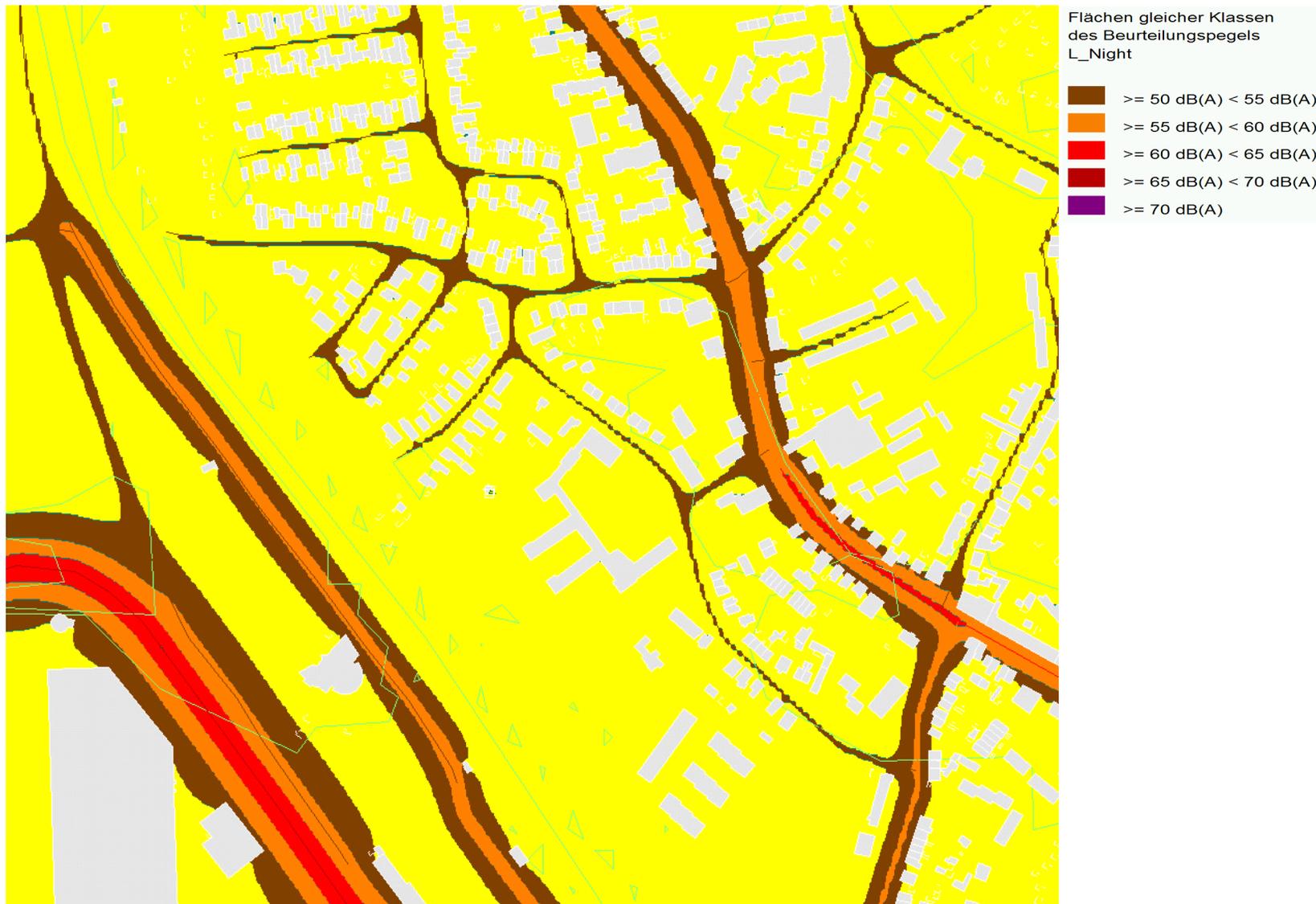
Station 7 - Dorfkampsweg



Flächen gleicher Klassen
des Beurteilungspegels
L_{DEN}

- $\geq 55 \text{ dB(A)} < 60 \text{ dB(A)}$
- $\geq 60 \text{ dB(A)} < 65 \text{ dB(A)}$
- $\geq 65 \text{ dB(A)} < 70 \text{ dB(A)}$
- $\geq 70 \text{ dB(A)} < 75 \text{ dB(A)}$
- $\geq 75 \text{ dB(A)}$

Station 7 - Dorfkampsweg



EMUDA08 - Dunger Straße Ecke Auf der Fredewisch
 Bremen, Sadtteil: Burglesum Ortsteil: Burg-Grambke
 O: 8° 41' 50" N: 53° 9' 21"

08

die Station steht direkt an einer Kreuzung in einer Eigenheimsiedlung, die Entfernung zur Straße beträgt 2m bzw. 4m

Hauptschallquellen:

Straßenlärm
Schienerlärm
Gewerbe-/Industrielärm
Sport- und Freizeitlärm

Potentielle Störquellen:

Naturgeräusche

Bemerkungen:

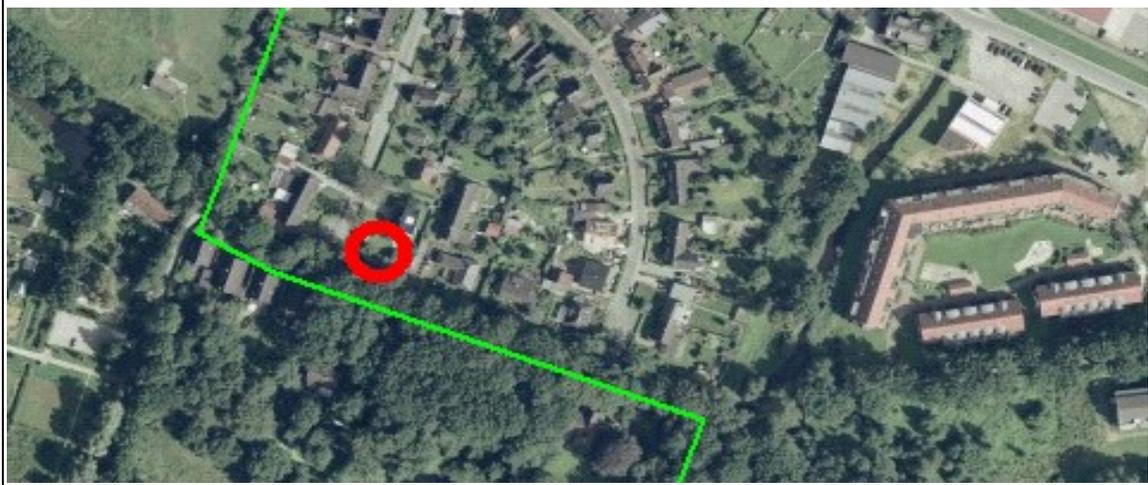
--

Messzeit:

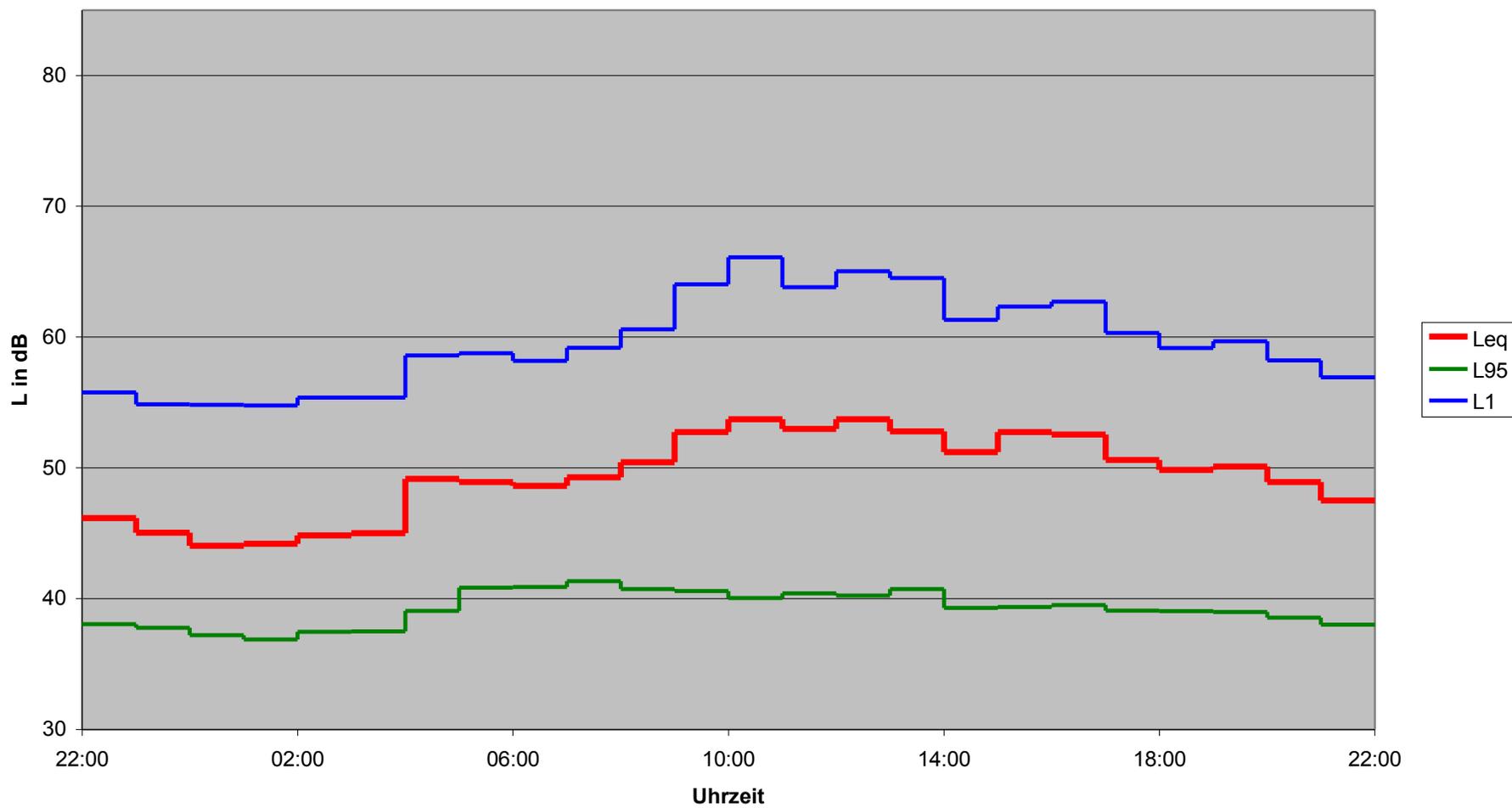
aufgestellt am: 12.05.2006
mittl. Tagesgang: 12.05.2006 13:00 Uhr - 19.09.2006 13:00

Einstellungen der Station:

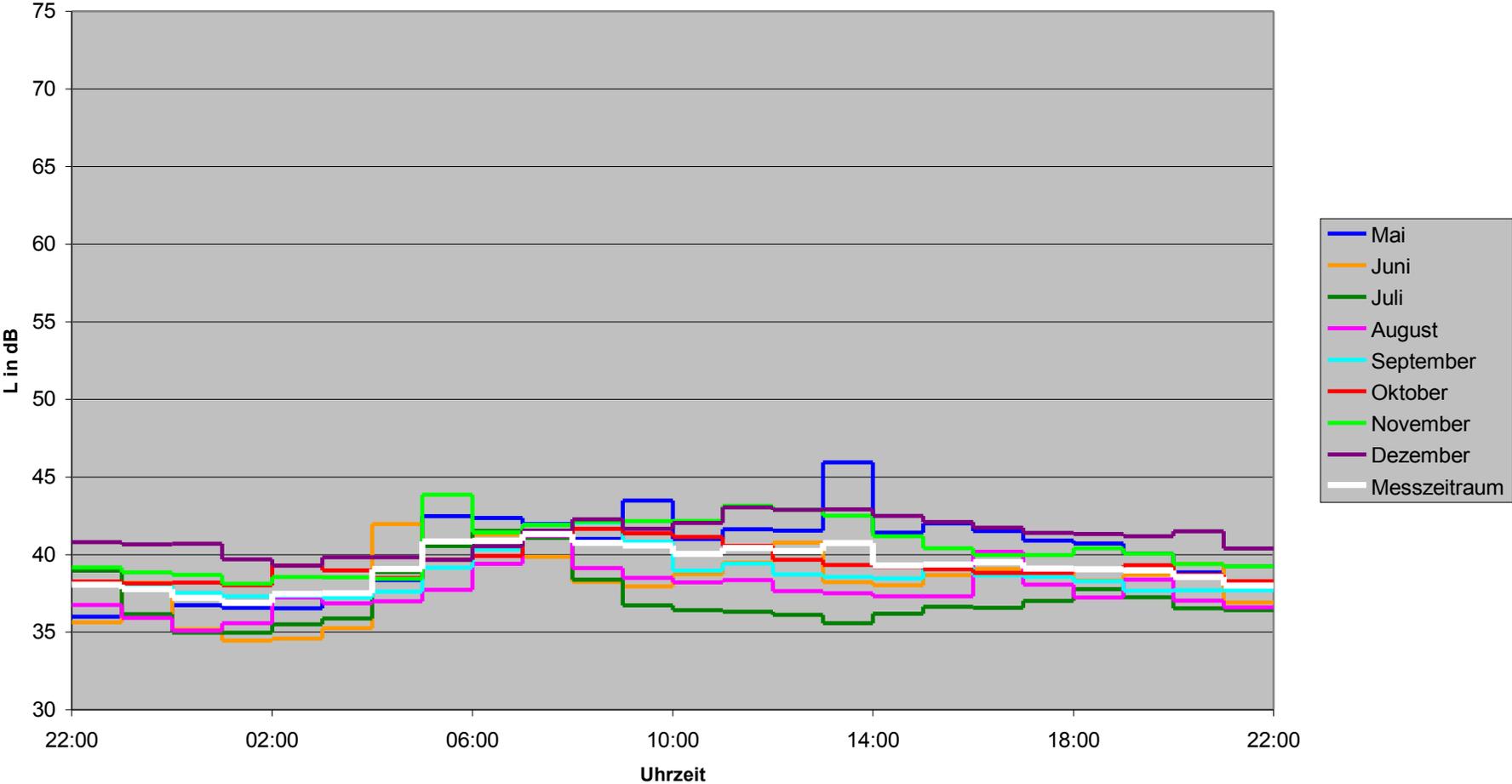
Ref. Level	115,4 dB	Min. Duration	10 sec
SETL	70 dB	End Duration	0 sec
NSETL	55 dB		
SENL	90 dB		



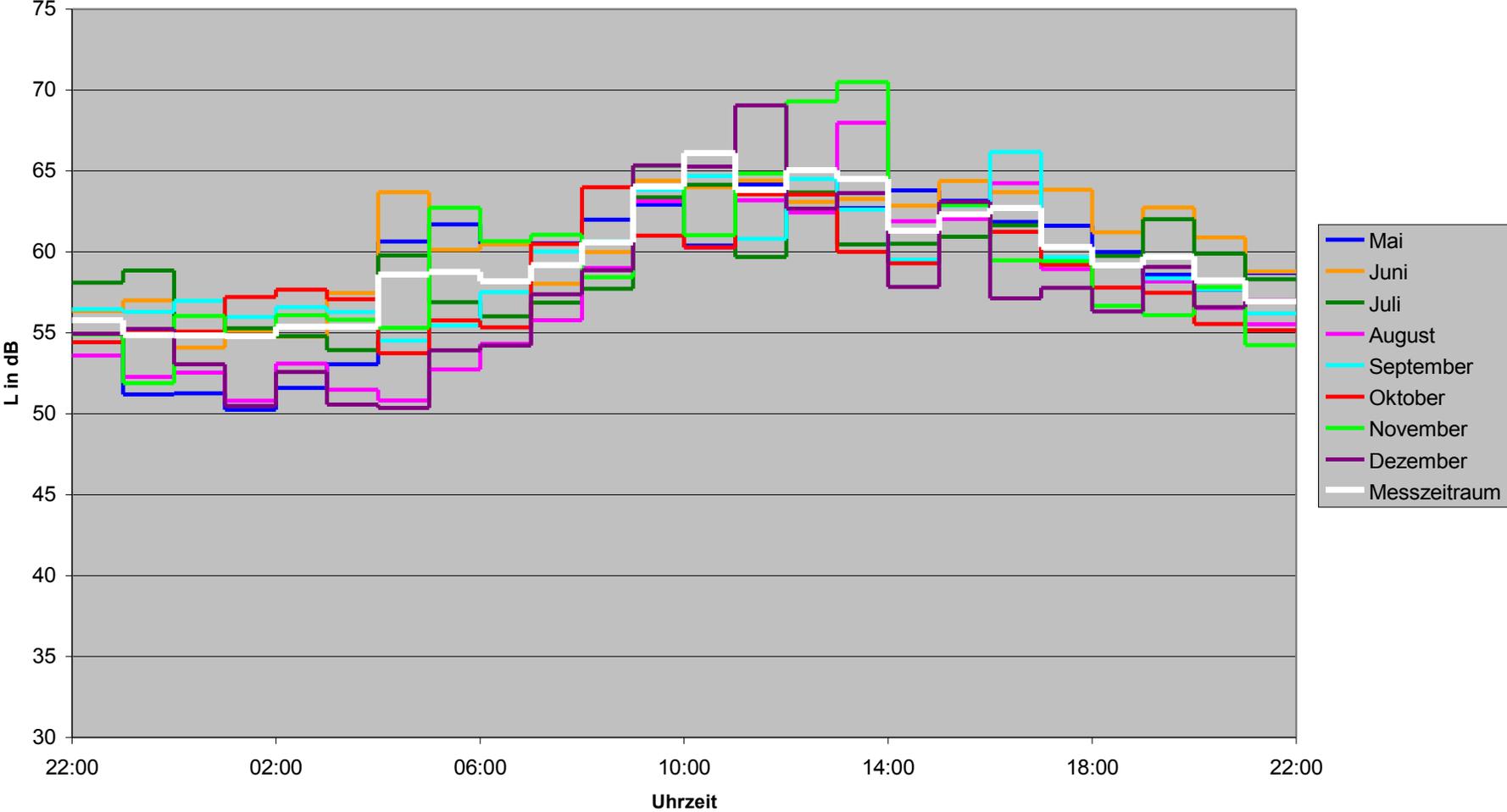
Station: 8 - Dungerstraße



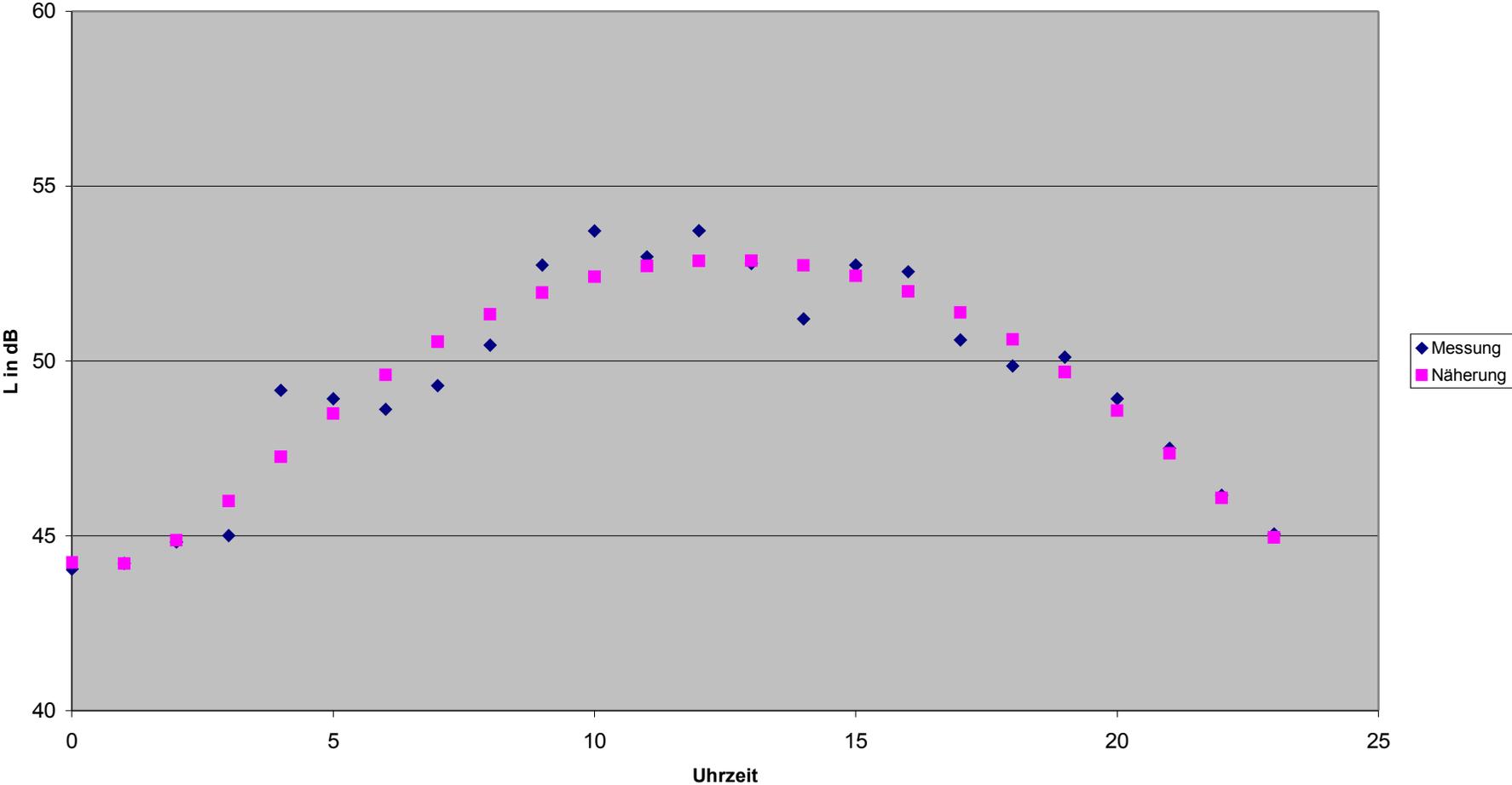
Station: 8 - Dungerstraße
L95 monatweise aufgetragen



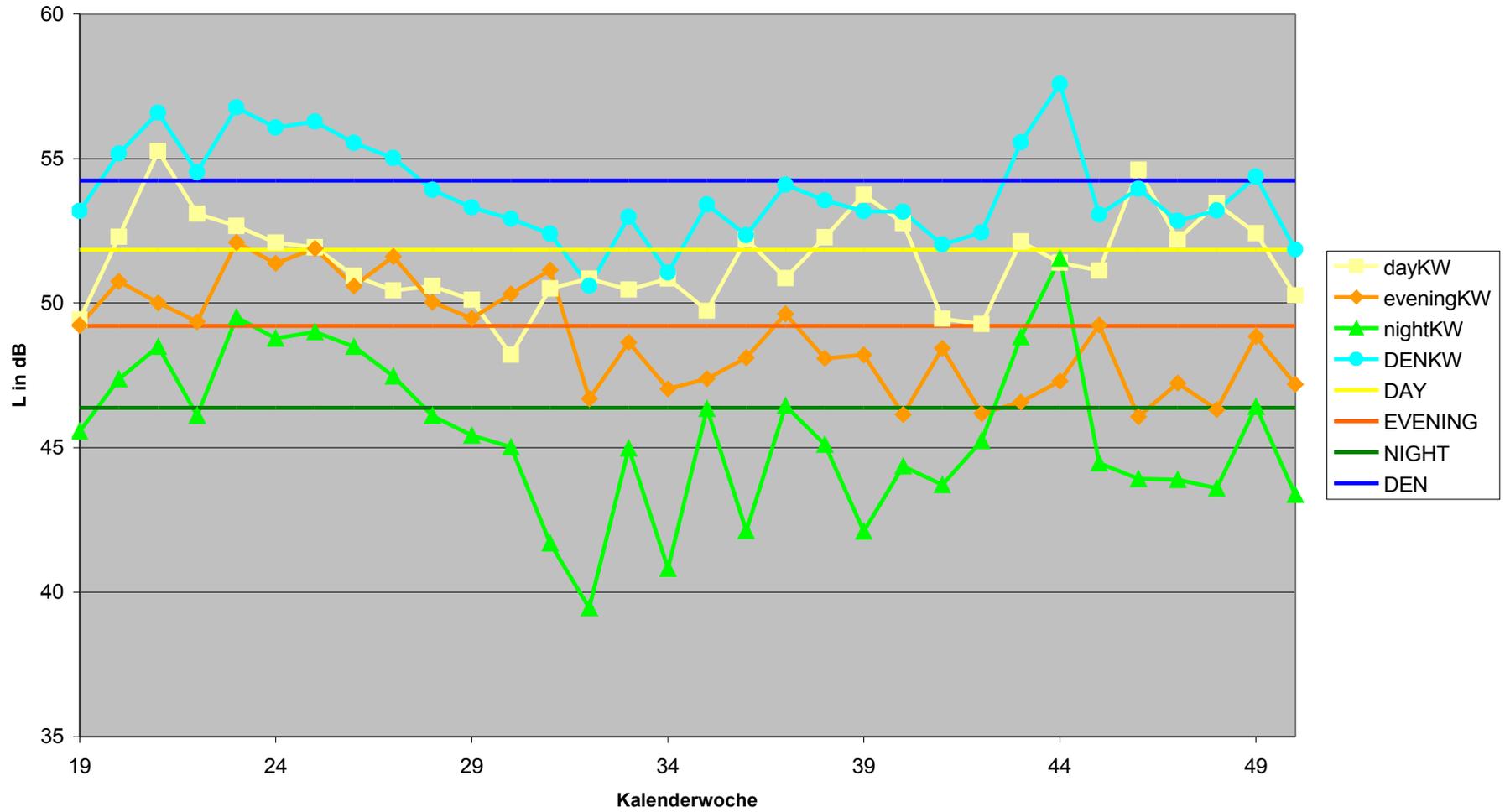
Station: 8 - Dungerstraße
L1 monatweise aufgetragen



Station: 8 - Dungerstraße
Näherung



Station: 8 - Dungerstraße



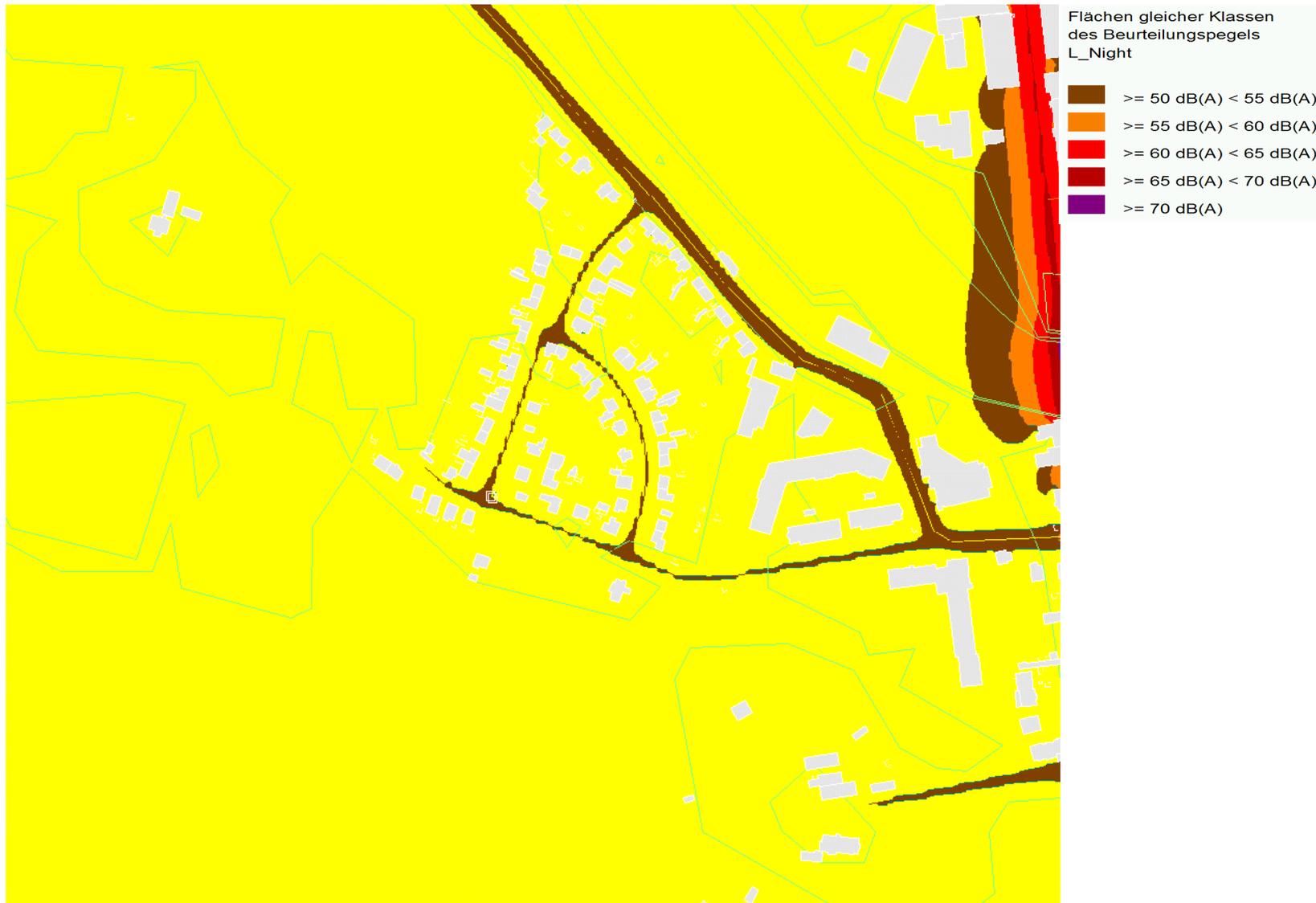
Station 8 – Dunger Straße



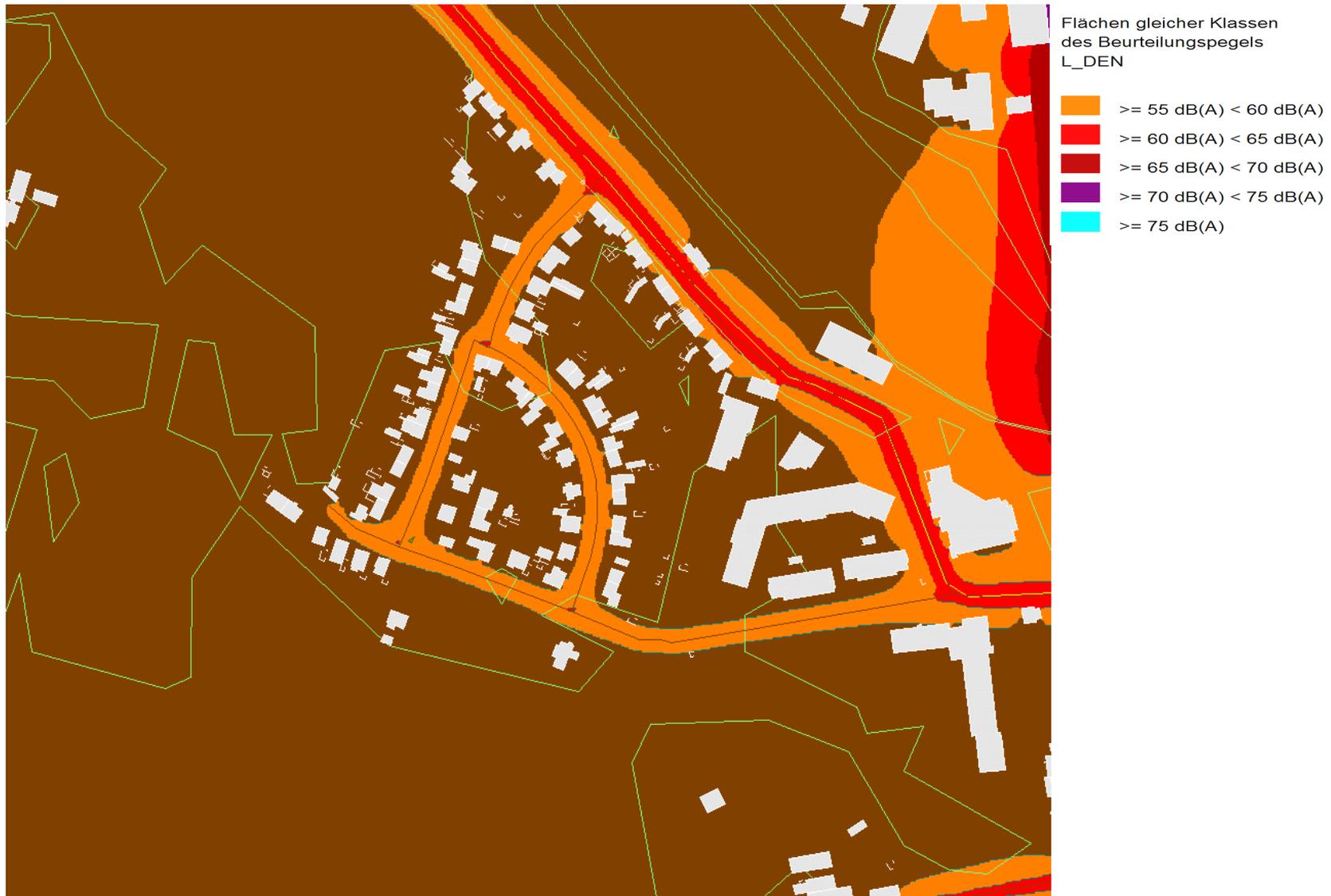
Flächen gleicher Klassen
des Beurteilungspegels
L_DEN

- $\geq 55 \text{ dB(A)} < 60 \text{ dB(A)}$
- $\geq 60 \text{ dB(A)} < 65 \text{ dB(A)}$
- $\geq 65 \text{ dB(A)} < 70 \text{ dB(A)}$
- $\geq 70 \text{ dB(A)} < 75 \text{ dB(A)}$
- $\geq 75 \text{ dB(A)}$

Station 8 – Dunger Straße



Station 8 – Dunger Straße - korrigiert



EMUDA09 - Seehausen, Am Glockenstein
 Bremen, Sadtteil: Seehausen Ortsteil: Seehausen
 O: 8° 41' 36" N: 53° 7' 5"

09

die Station steht direkt am Deich im Garten eines Wohnhauses

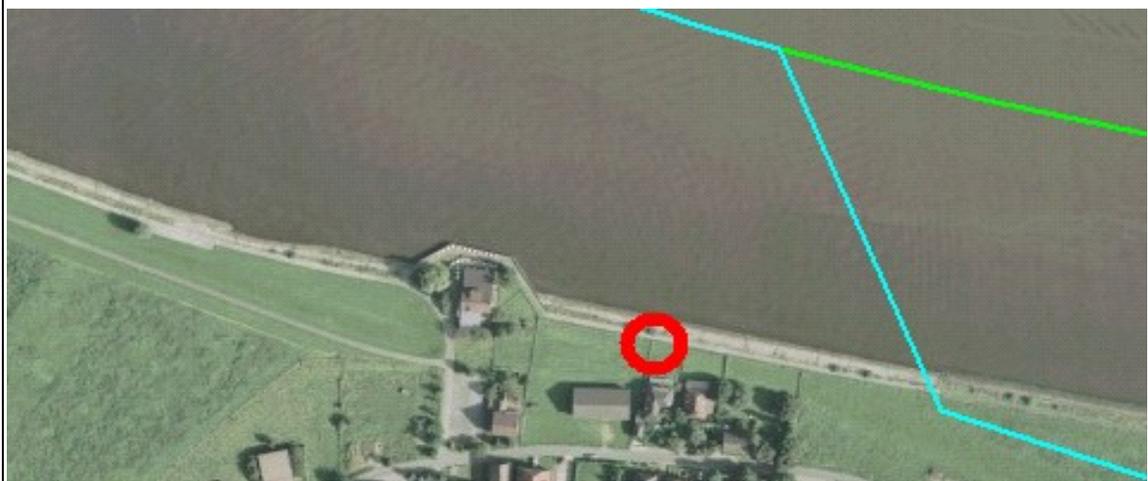
Hauptschallquellen:
 Industrielärm

Potentielle Störquellen:
 Naturgeräusche

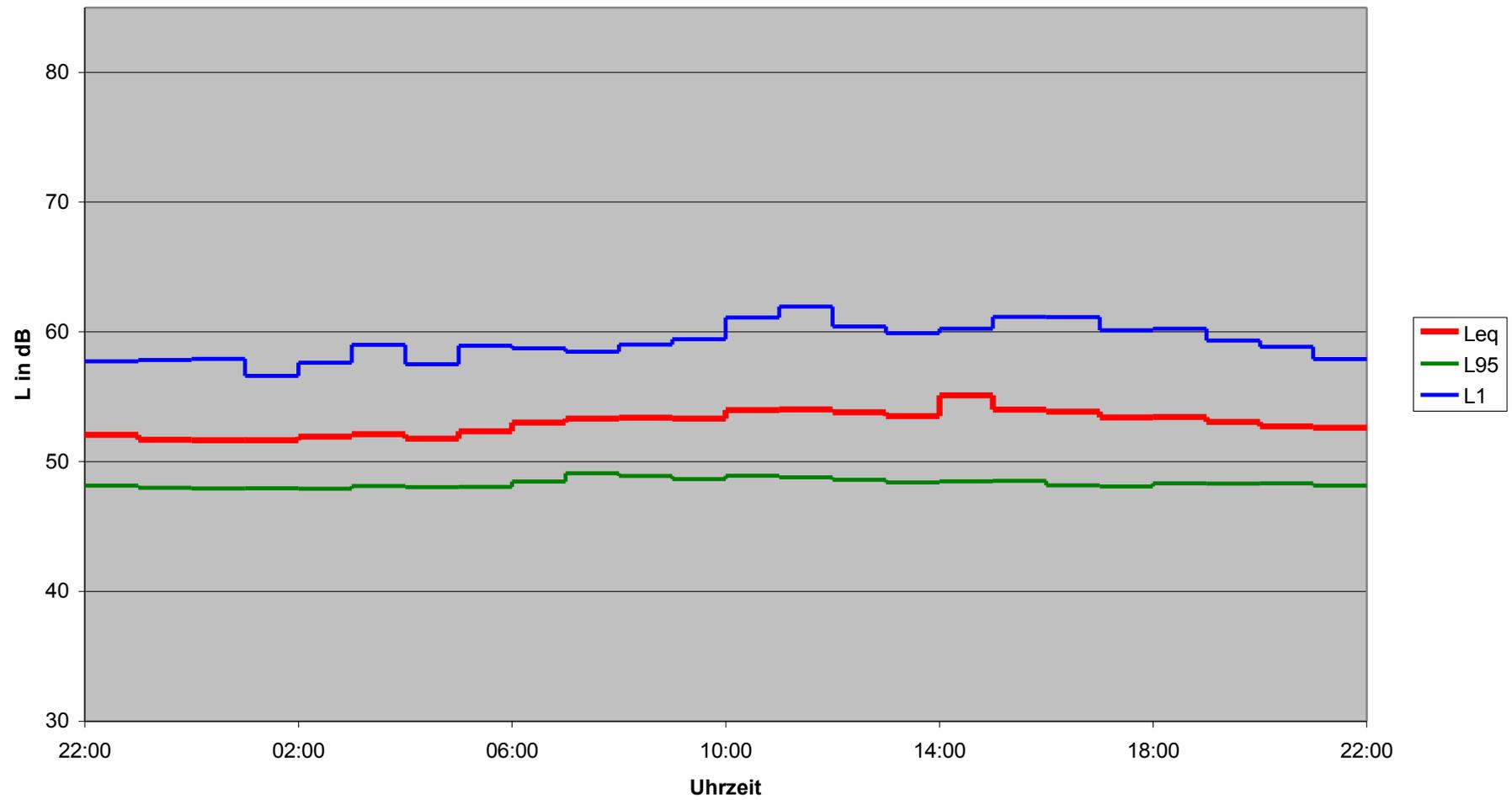
Bemerkungen:

Messzeit:
 aufgestellt am: 25.07.2006
 mittl. Tagesgang: 25.07.2006 15:00 Uhr - 16.10.2006 11:00

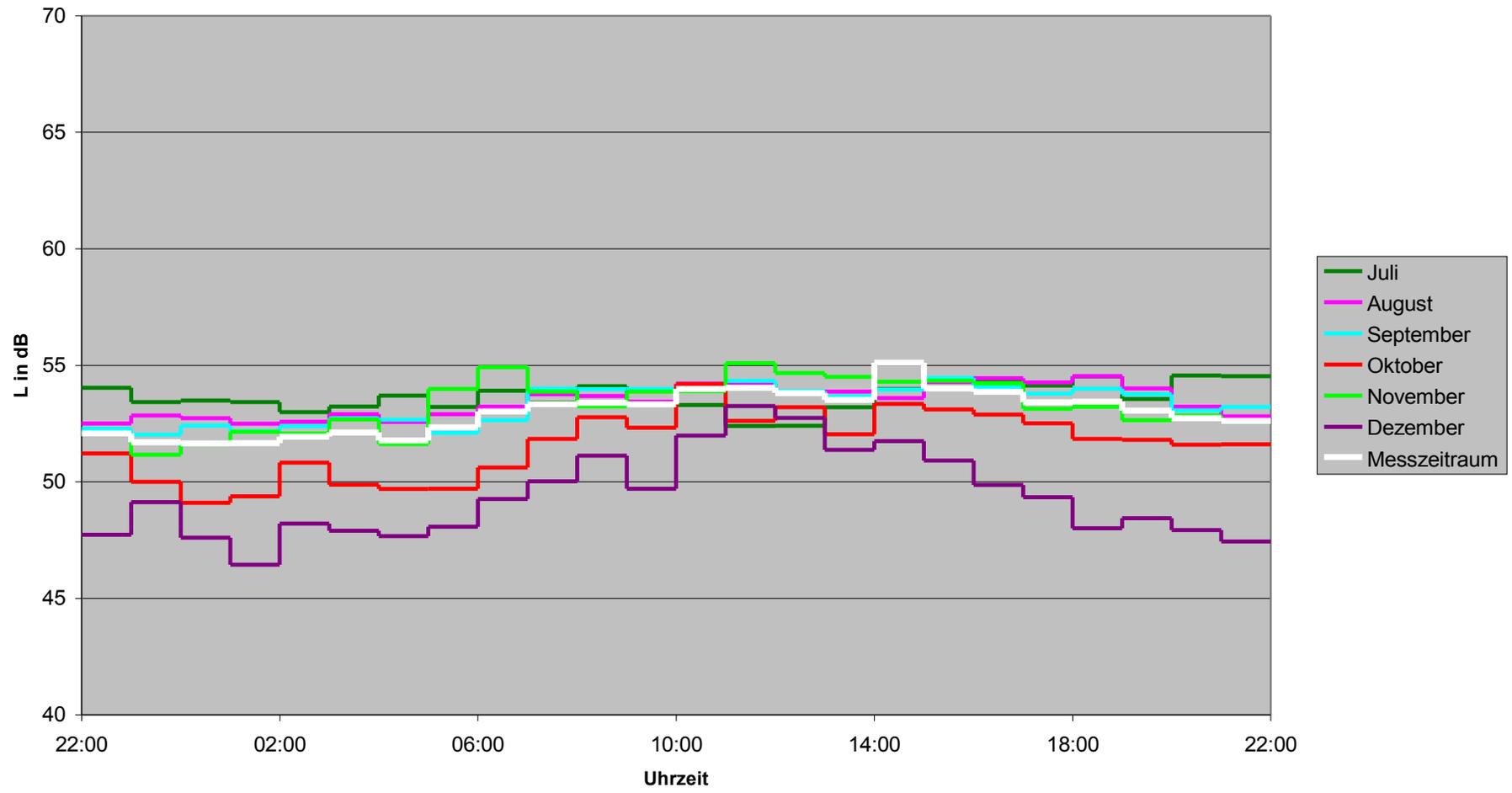
Einstellungen der Station:



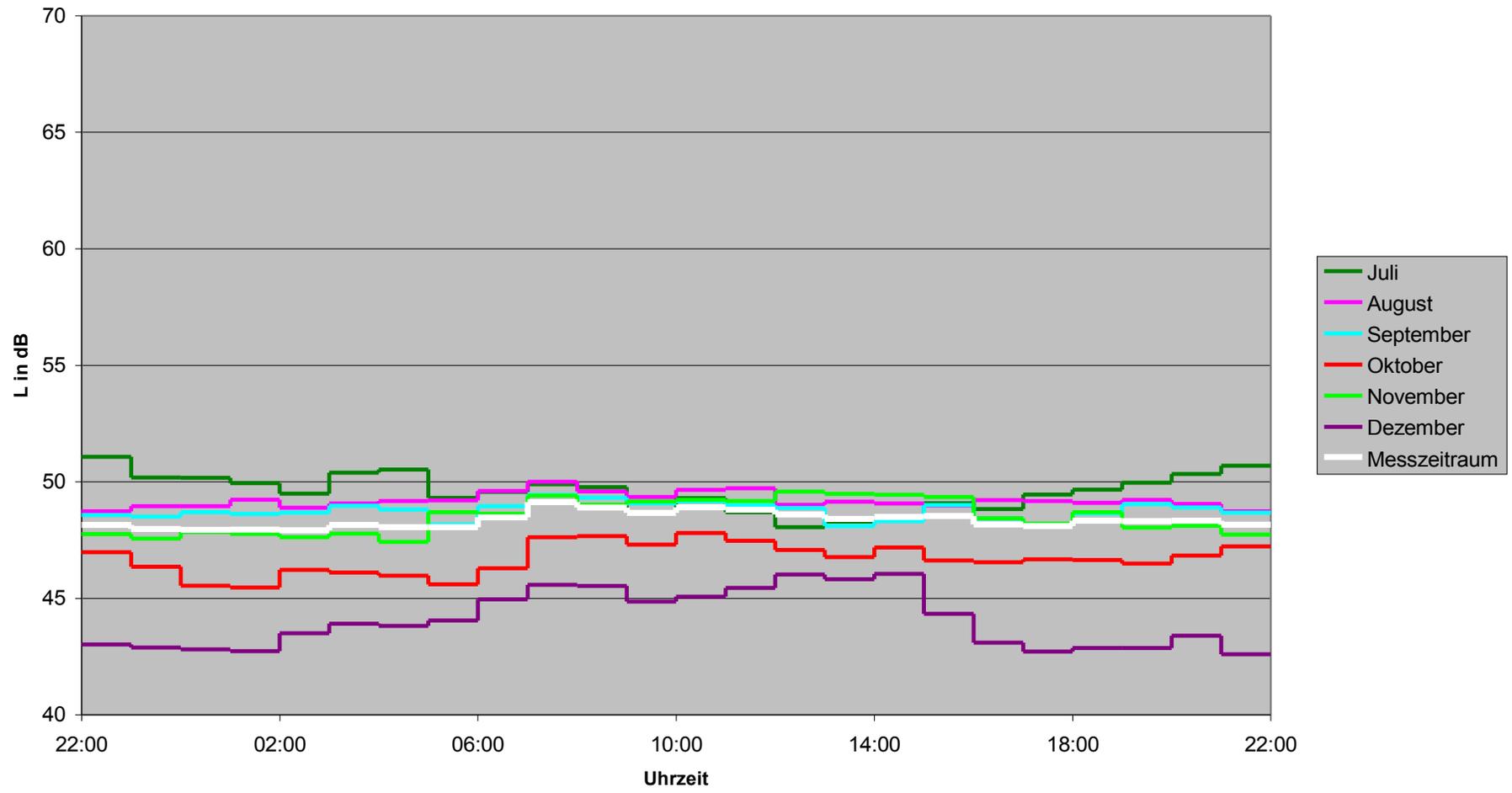
Station: 9 - Seehausen



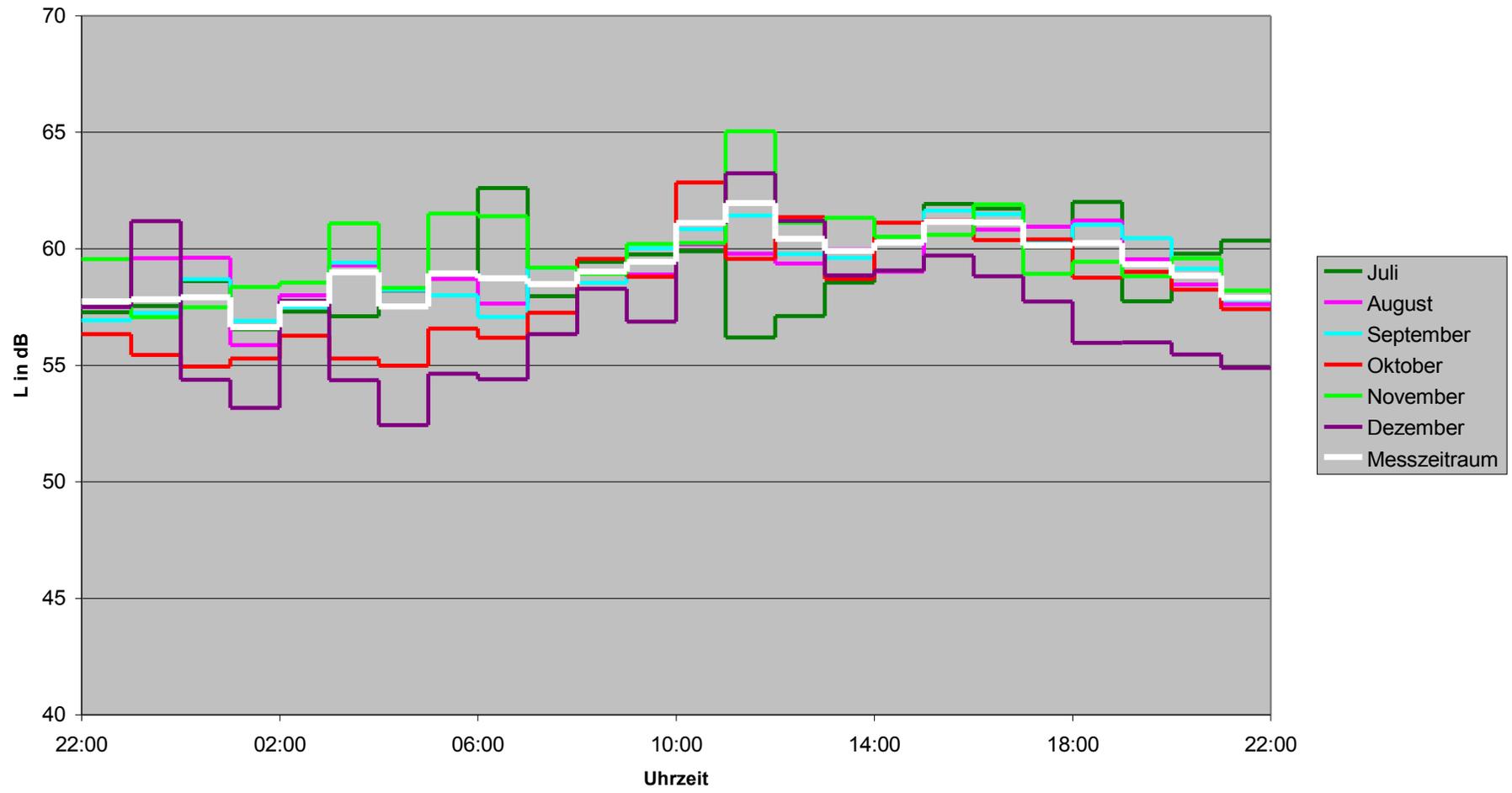
Station: 9 - Seehausen
Leq monatsweise aufgetragen



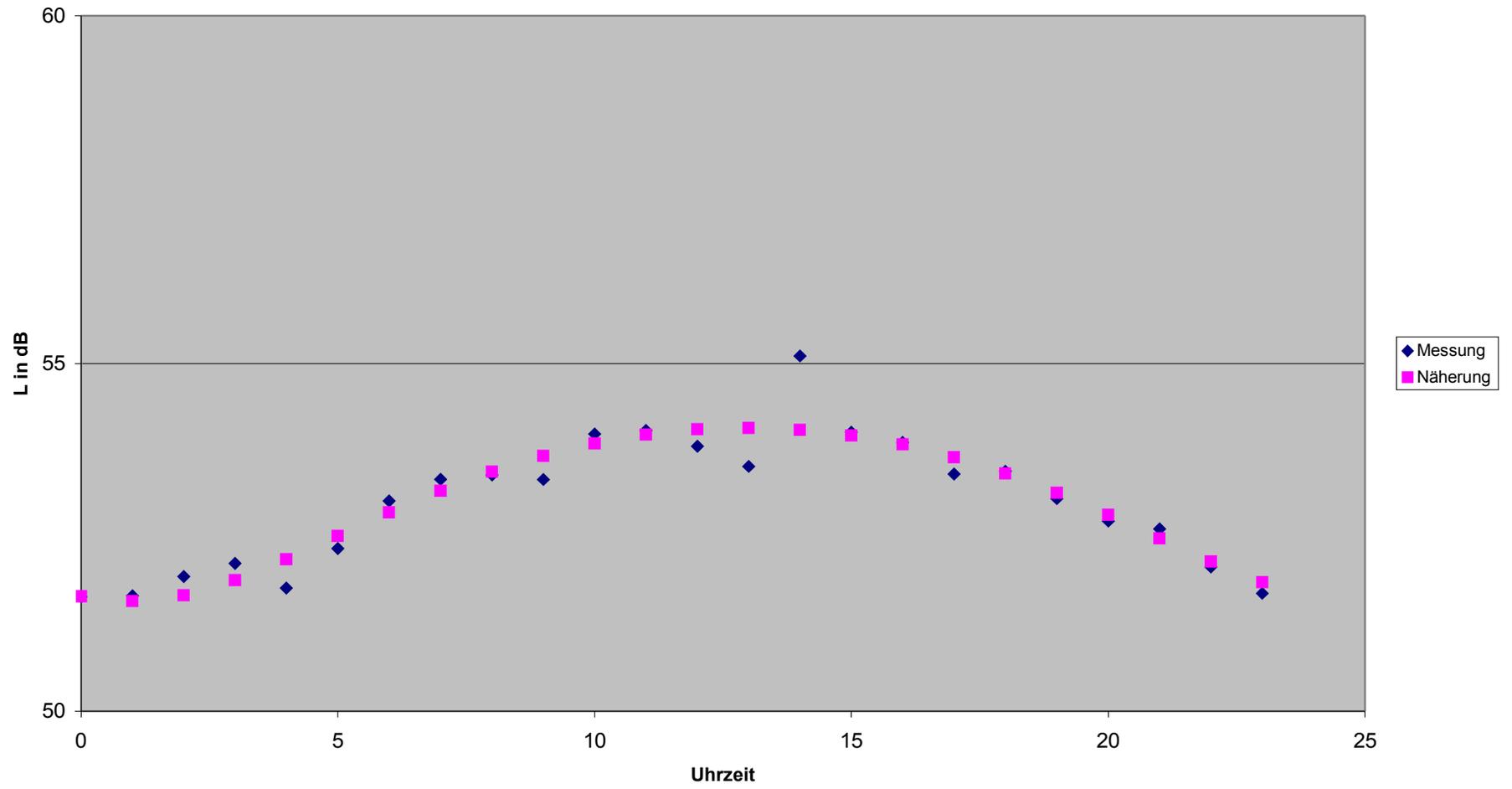
Station: 9 - Seehausen
L95 monatweise aufgetragen



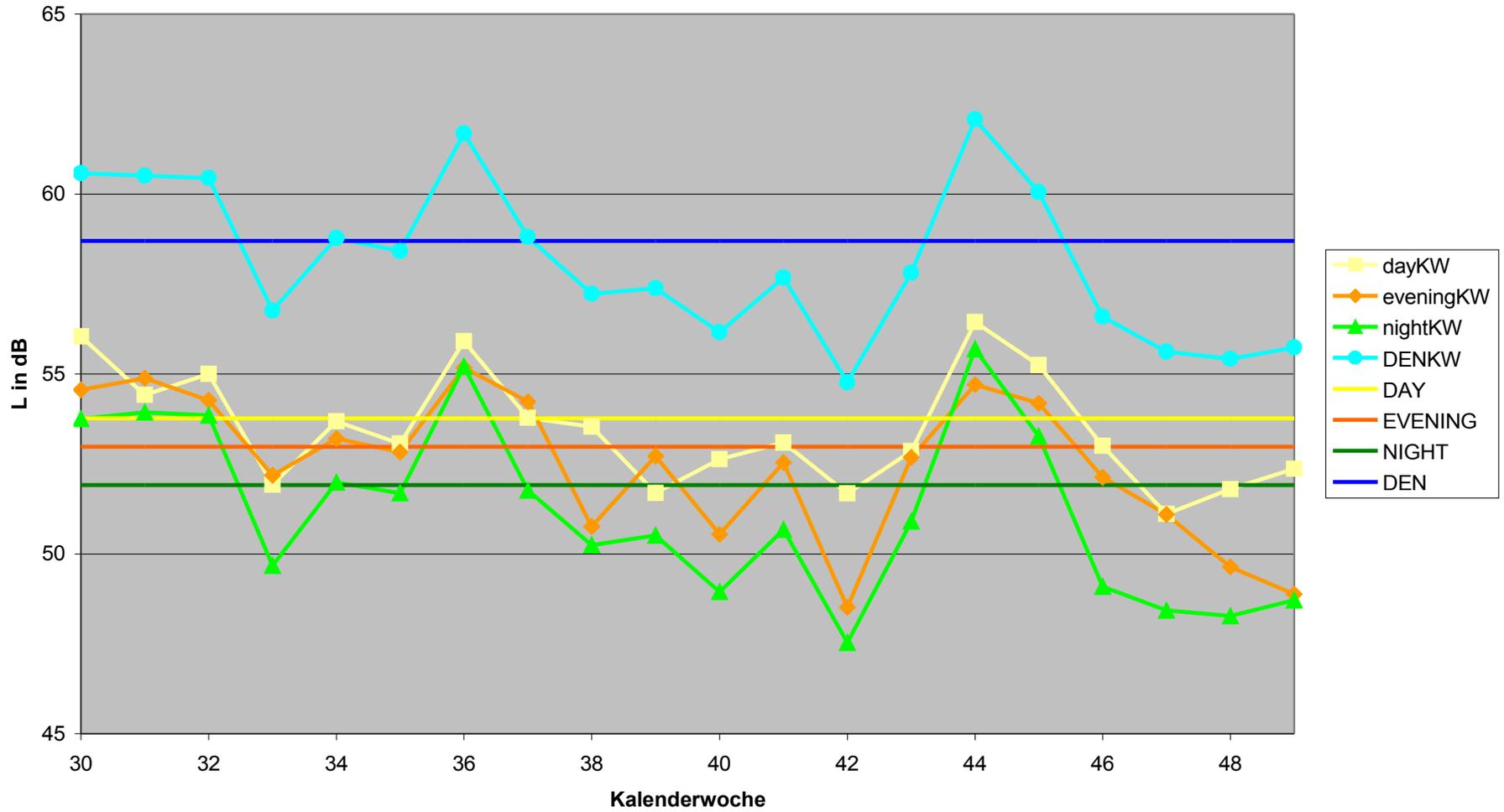
Station: 9 - Seehausen
L1 monatsweise aufgetragen



Station: 9 - Seehausen
Nahrung



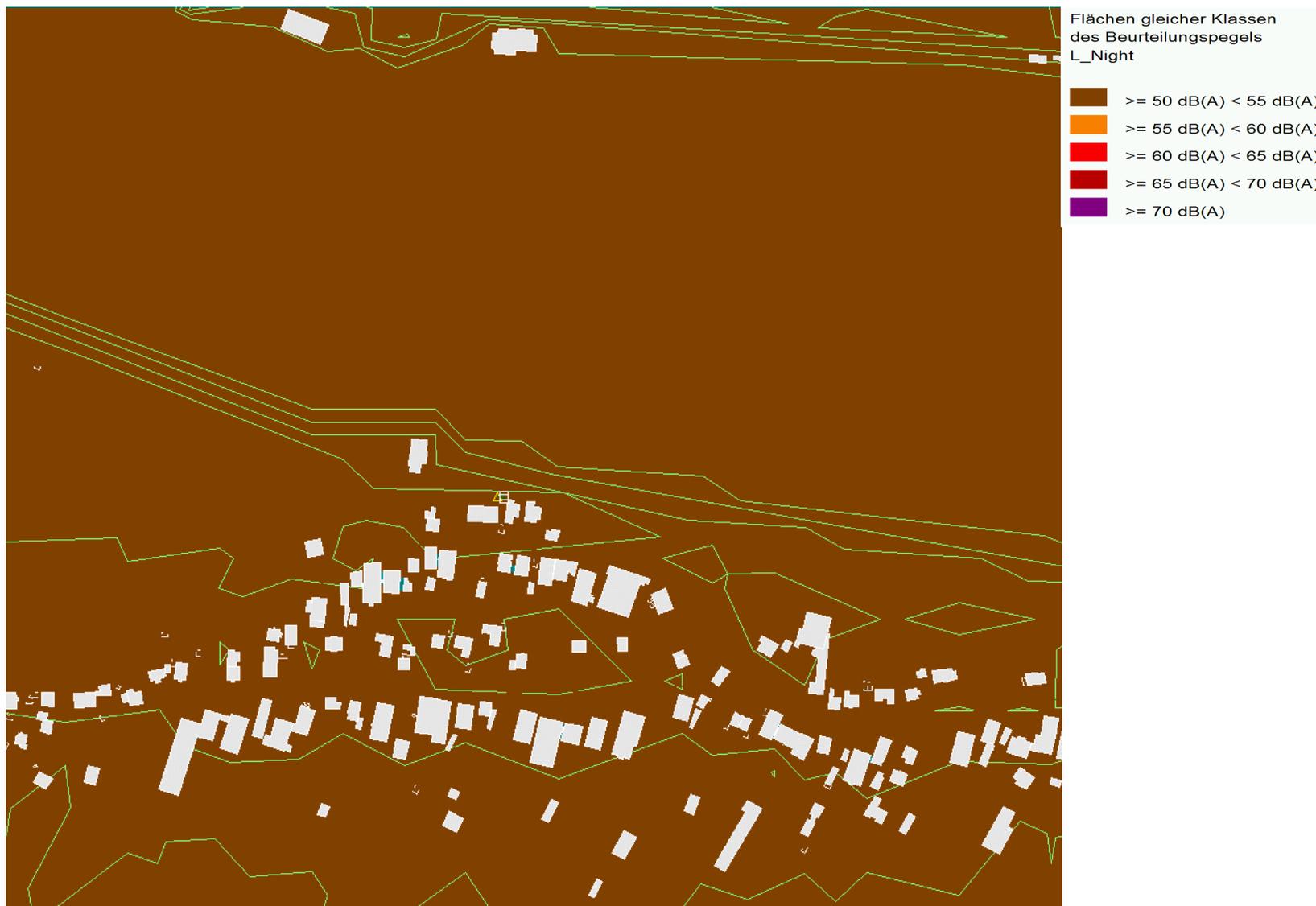
Station: 9 - Seehausen



Station 9 - Seehausen



Station 9 - Seehausen



EMUDA 10 - Baumschulenweg
 Bremen, Sadtteil: Schwachhausen Ortsteil: Neu-Schwachhausen
 O: 8° 50' 40" N: 53° 5' 39"

10

die Station steht auf dem Gelände von Bremen 1860, die Entfernung zur Straße beträgt ca. 30m

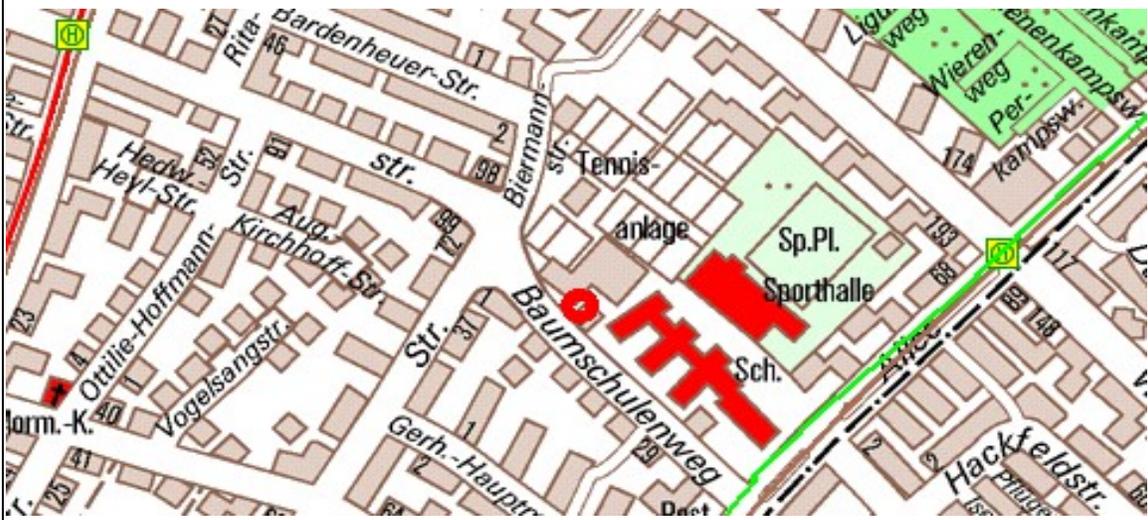
Hauptschallquellen:
 ruhiges Gebiet

Potentielle Störquellen:
 Naturgeräusche
 temp. Baustelle

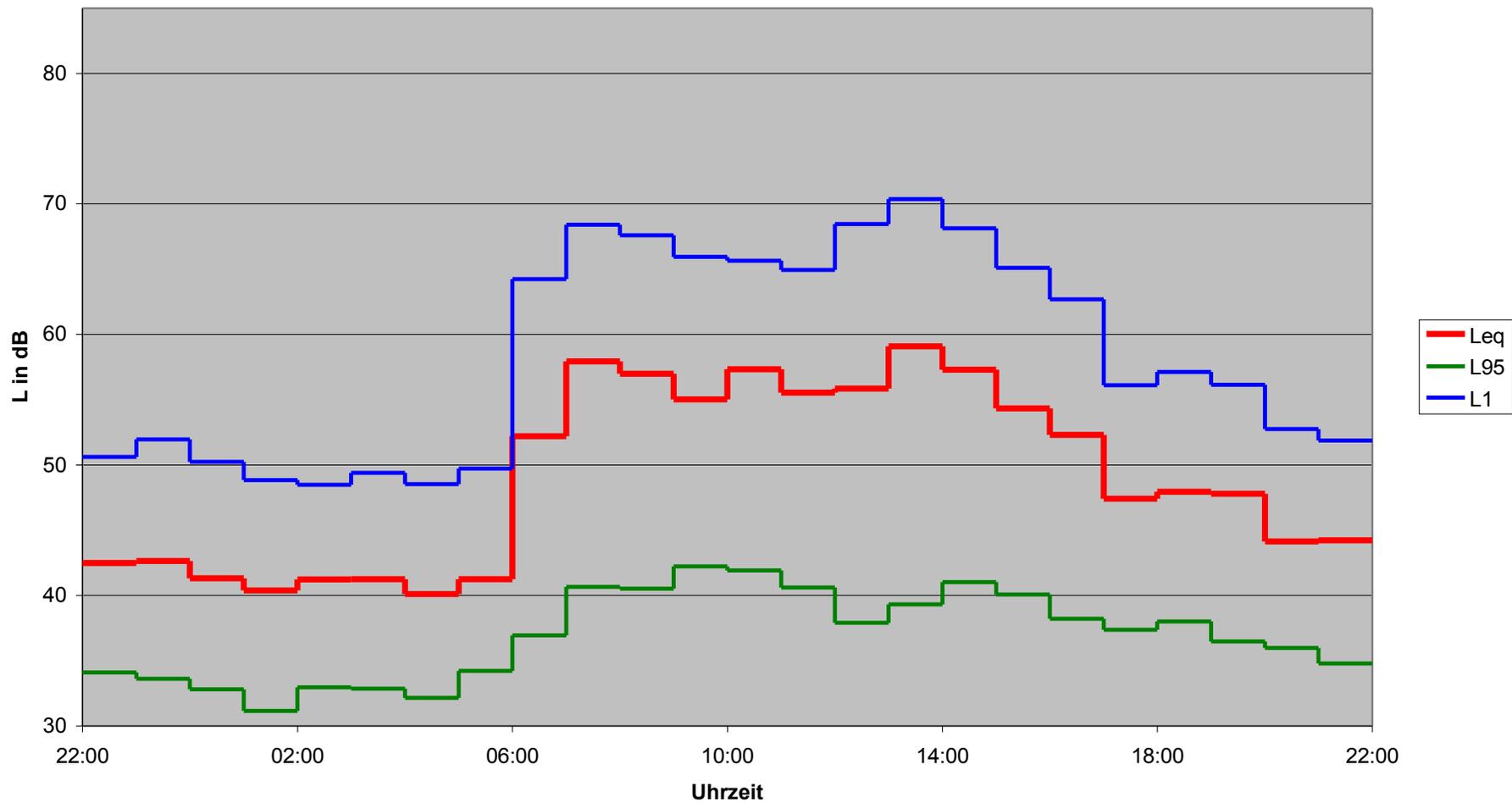
Bemerkungen:

Messzeit:
 aufgestellt am : 26.07.2006
 mittl. Tagesgang: 26.07.2006 15:00 Uhr - 16.10.2006 09:00

Einstellungen der Station:

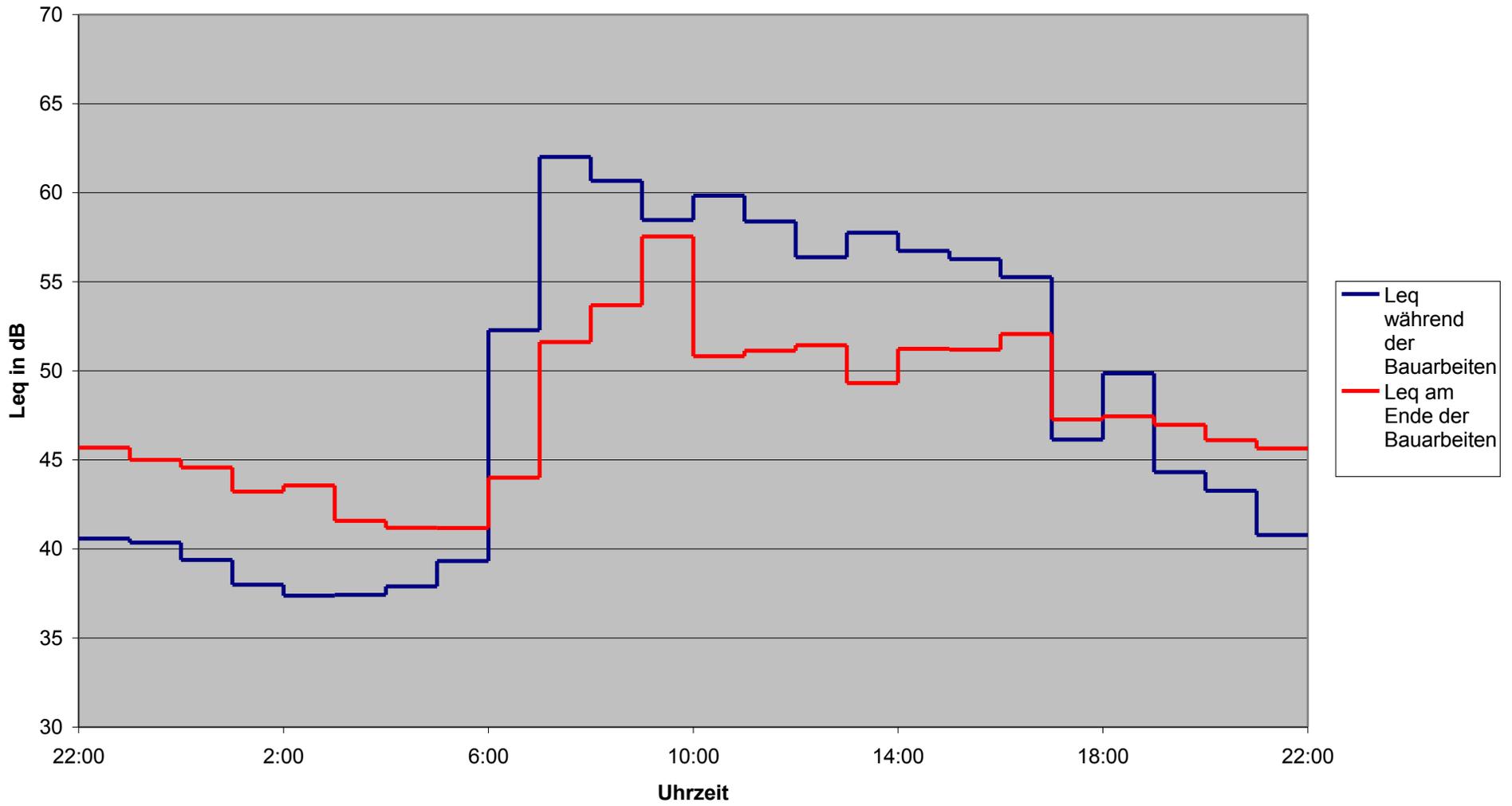


Station: 10 - Baumschulenweg



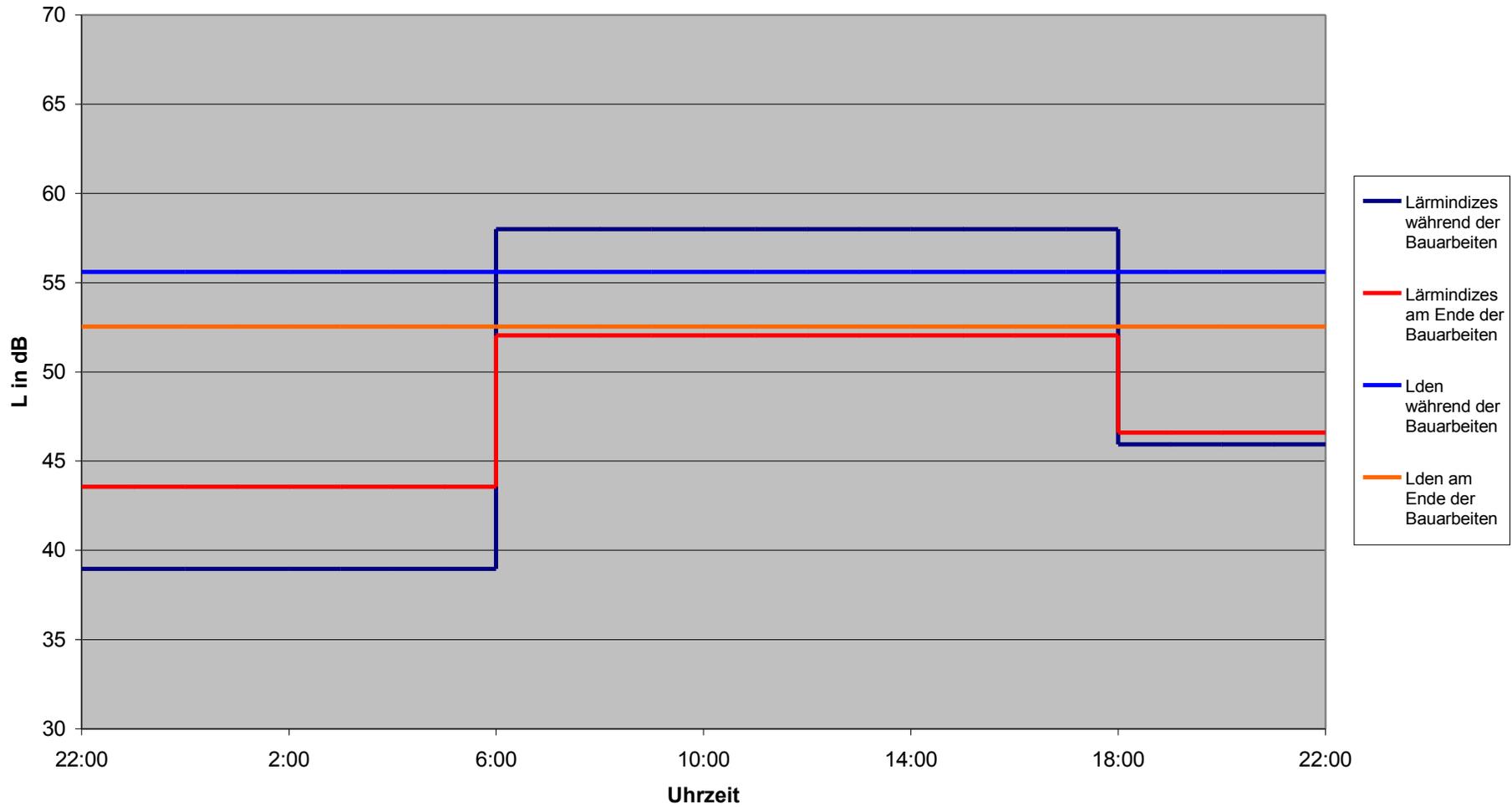
Station: 10 - Baumschulenweg

Leq vor und nach den Bauarbeiten - Zeitraum, der hier betrachtet wird sind jeweils 14 Tage

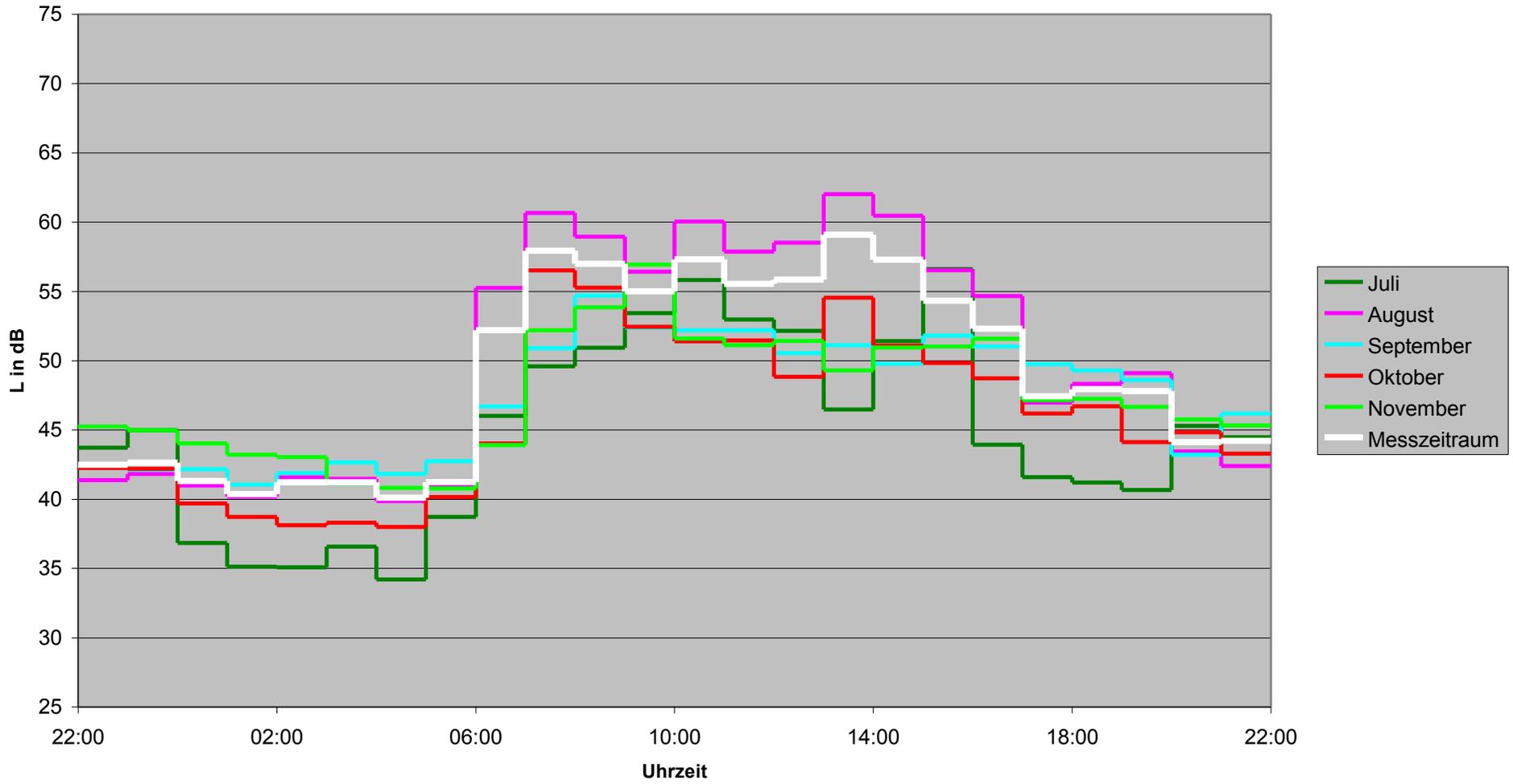


Station: 10 - Baumschulenweg

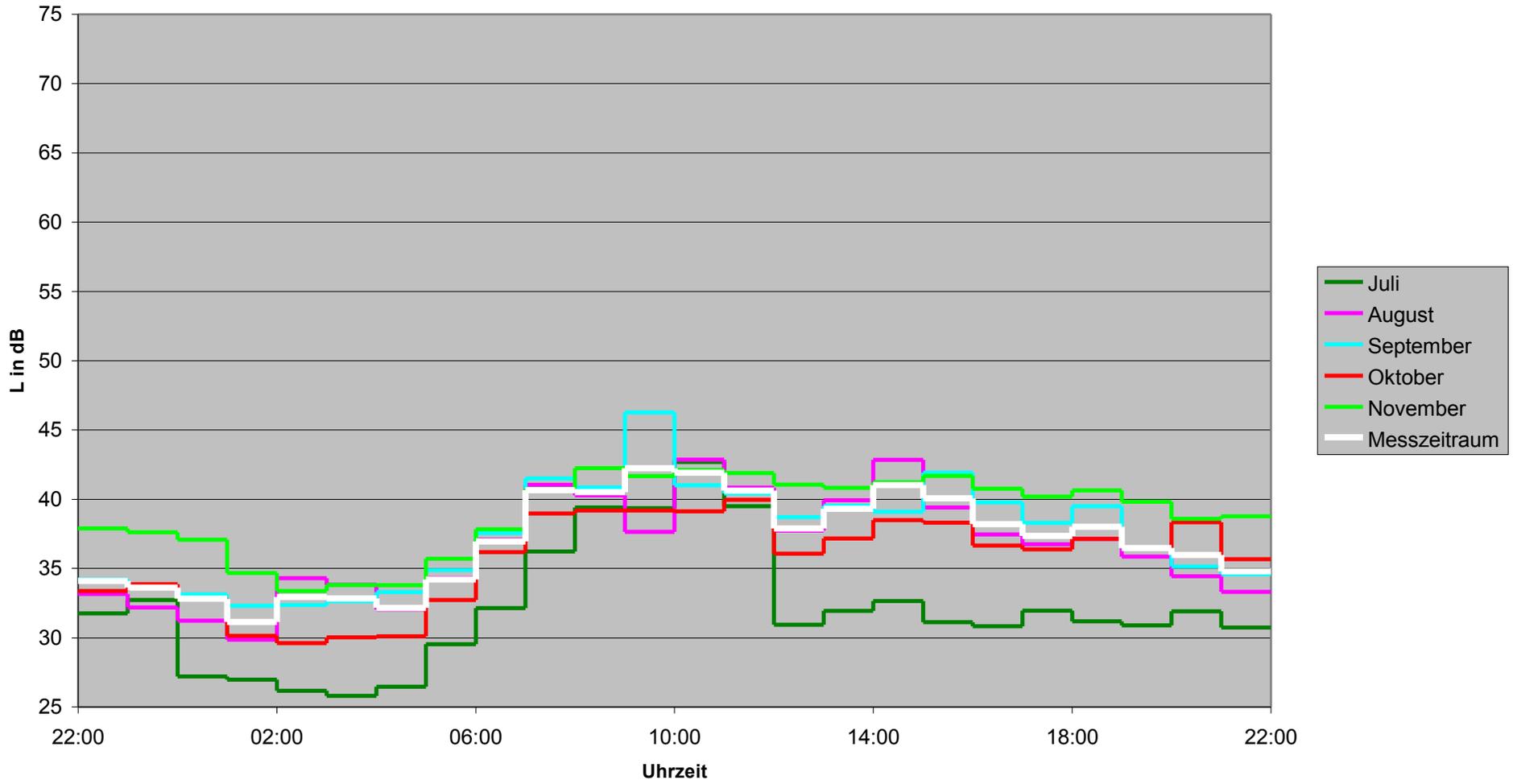
Lärmindizes vor und nach den Bauarbeiten - Zeitraum, der hier betrachtet wird sind jeweils 14 Tage



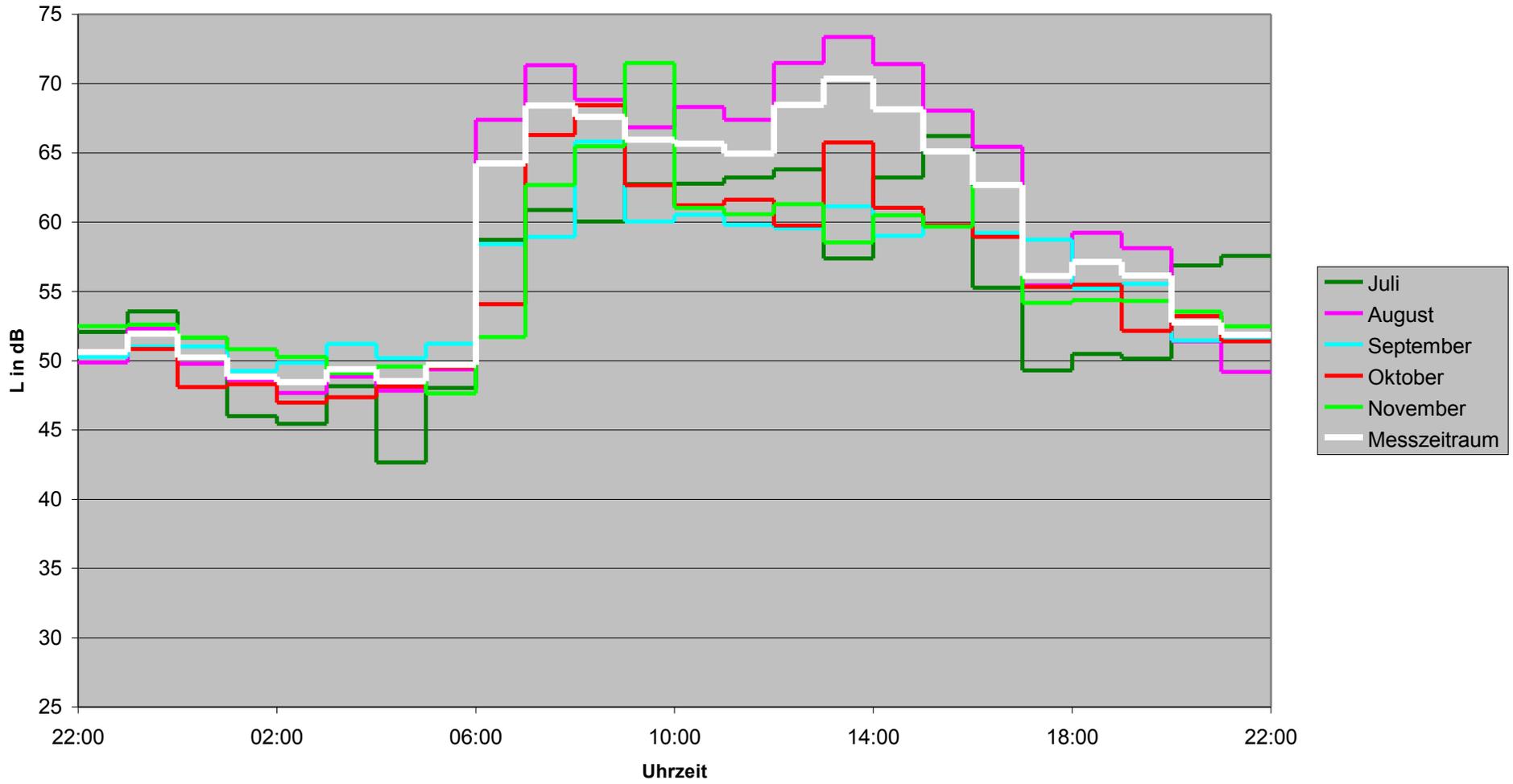
Station: 10 - Baumschulenweg
Leq monatweise aufgetragen



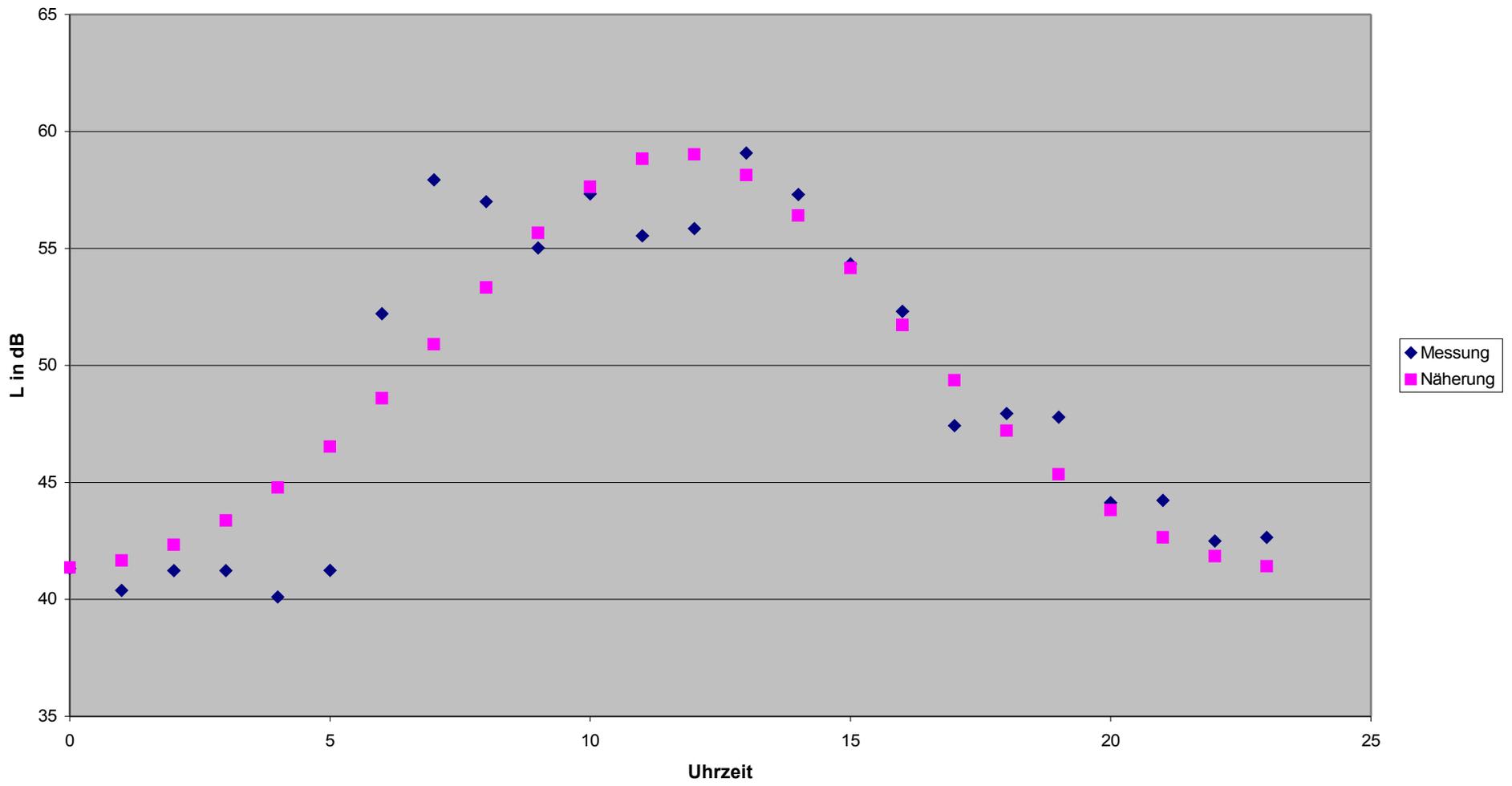
Station: 10 - Baumschulenweg
L95 monatweise aufgetragen



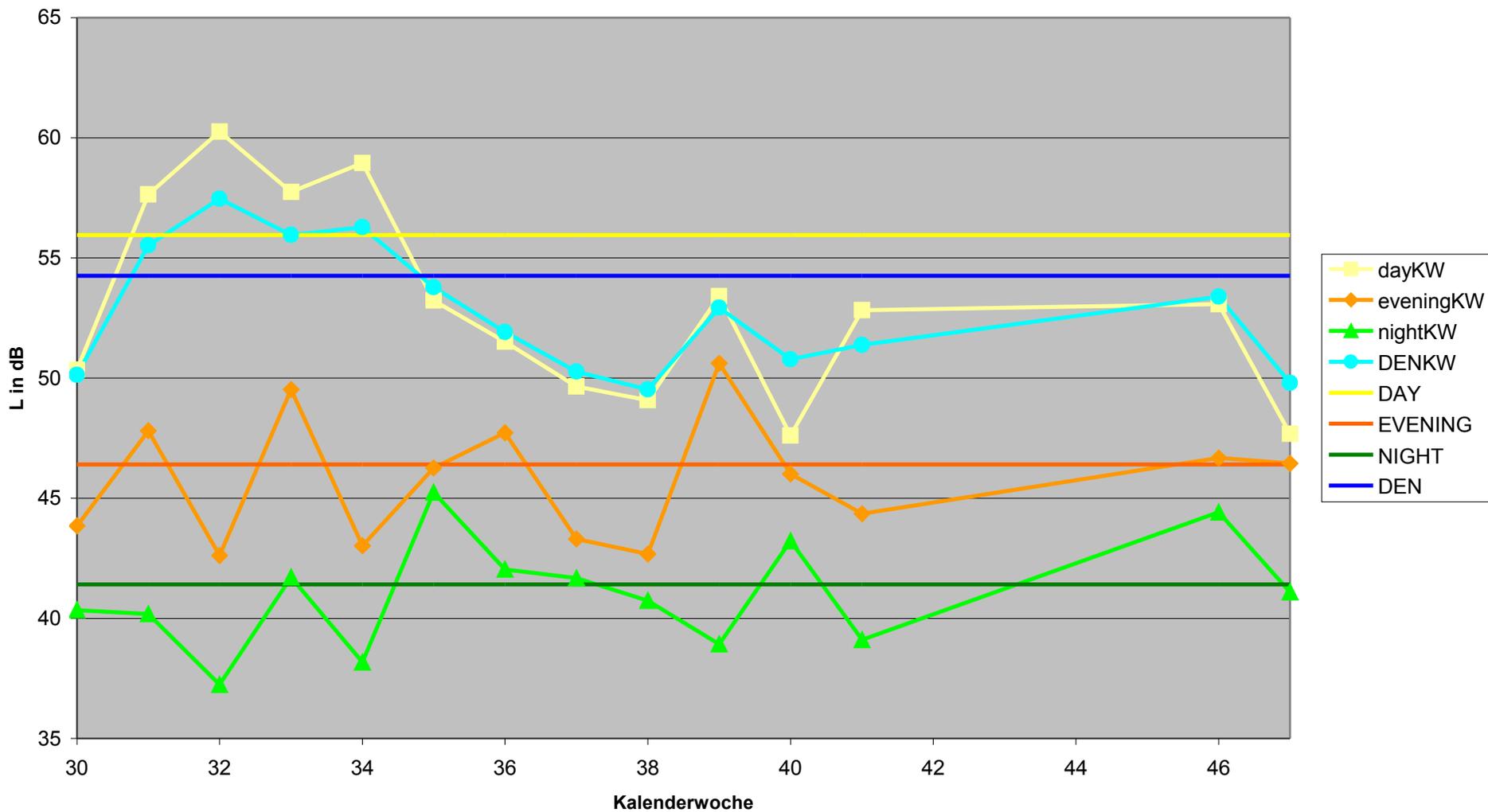
Station: 10 - Baumschulenweg
L1 monatweise aufgetragen



Station: 10 - Baumschulenweg
Näherung



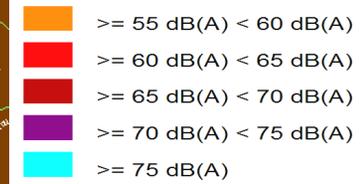
Station: 10 - Baumschulenweg



Station 10 - Baumschulenweg



Flächen gleicher Klassen
des Beurteilungspegels
L_DEN



Station 10 - Baumschulenweg



Flächen gleicher Klassen
des Beurteilungspegels
L_{Night}

- $\geq 50 \text{ dB(A)} < 55 \text{ dB(A)}$
- $\geq 55 \text{ dB(A)} < 60 \text{ dB(A)}$
- $\geq 60 \text{ dB(A)} < 65 \text{ dB(A)}$
- $\geq 65 \text{ dB(A)} < 70 \text{ dB(A)}$
- $\geq 70 \text{ dB(A)}$

EMUDA 11 - Schlosspark
 Bremen, Sadtteil: Schwachhausen Ortsteil: Neu-Schwachhausen
 O: 8° 54' 09" N: 53° 03' 50"

11

die Station steht auf dem Betriebshof des Hallenbads Sebaldsbrück

Hauptschallquellen:
Straßenlärm
Fluglärm
Gewerbe-/Industrielärm
Sport- und Freizeitlärm

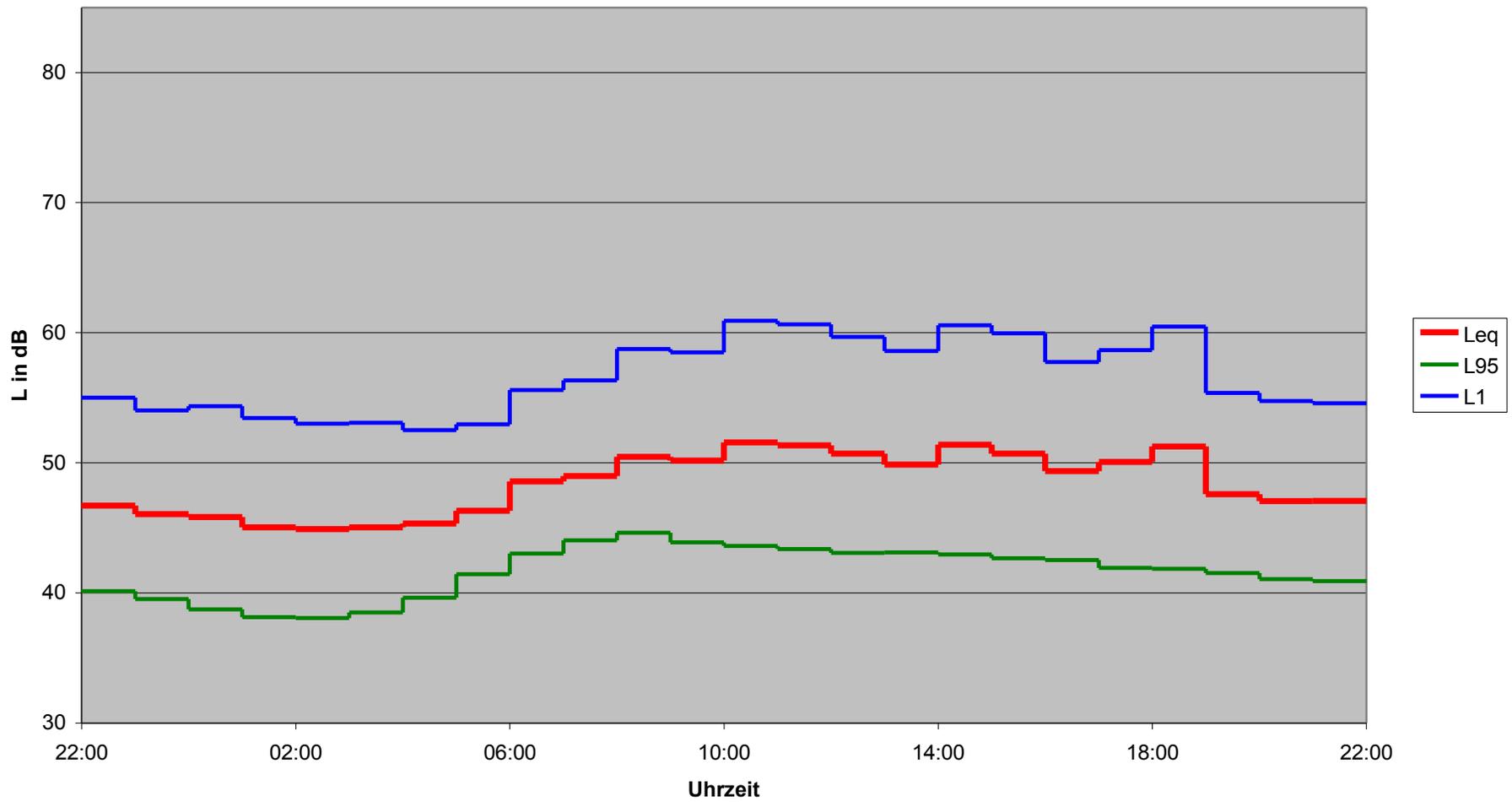
Potentielle Störquellen:
Naturgeräusche

Bemerkungen:

Messzeit:
aufgestellt am: 07.08.2006
mittl. Tagesgang: 08.08.2006 16:00 Uhr - 06.09.2006 12:00
Einstellungen der Station:
Ref. Level 117,2 dB Min. Duration 5 sec
SETL 70 dB End Duration 1 sec
NSETL 65 dB
SENL 70 dB

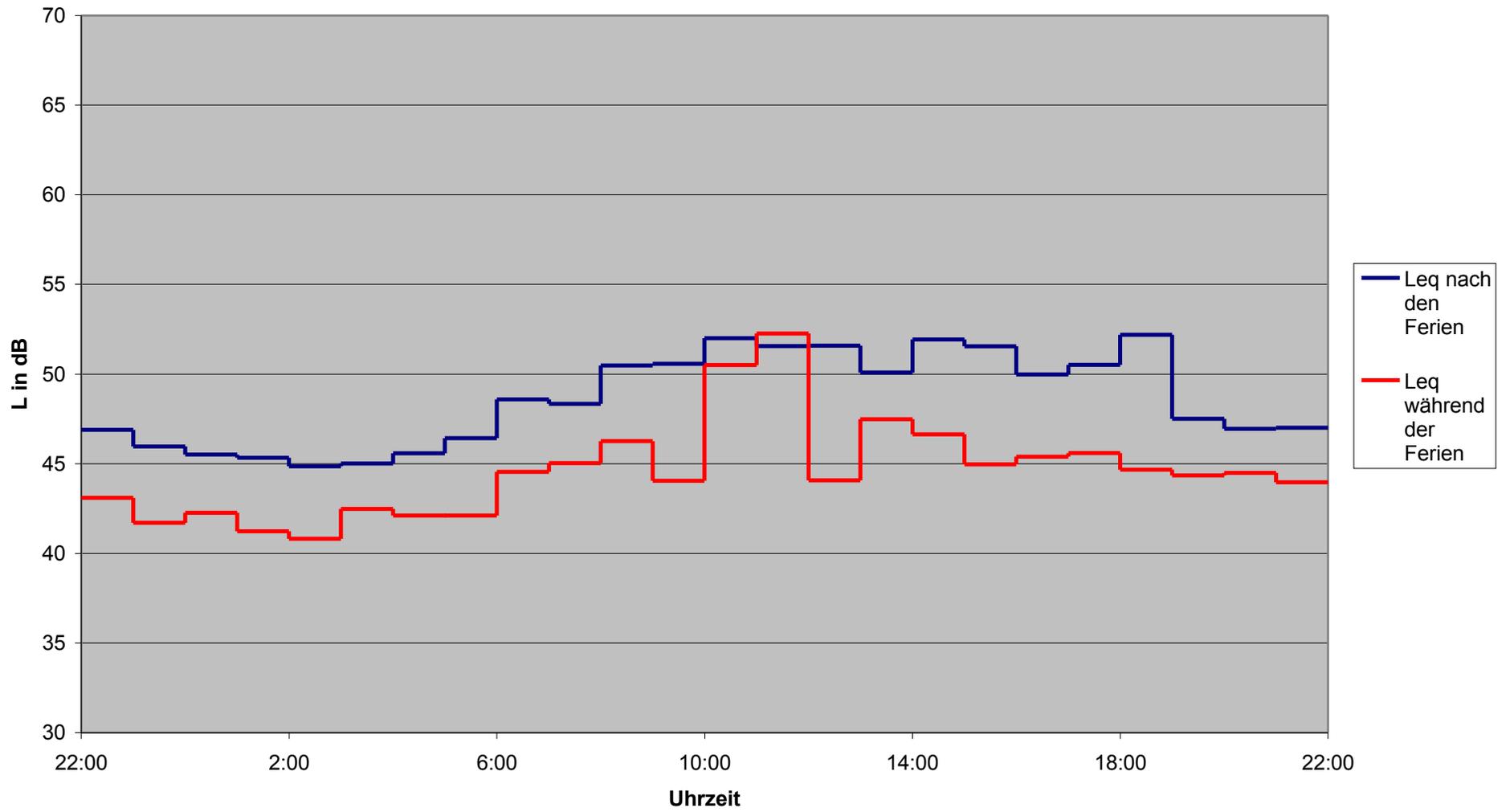


Station: 11 - Schloßpark



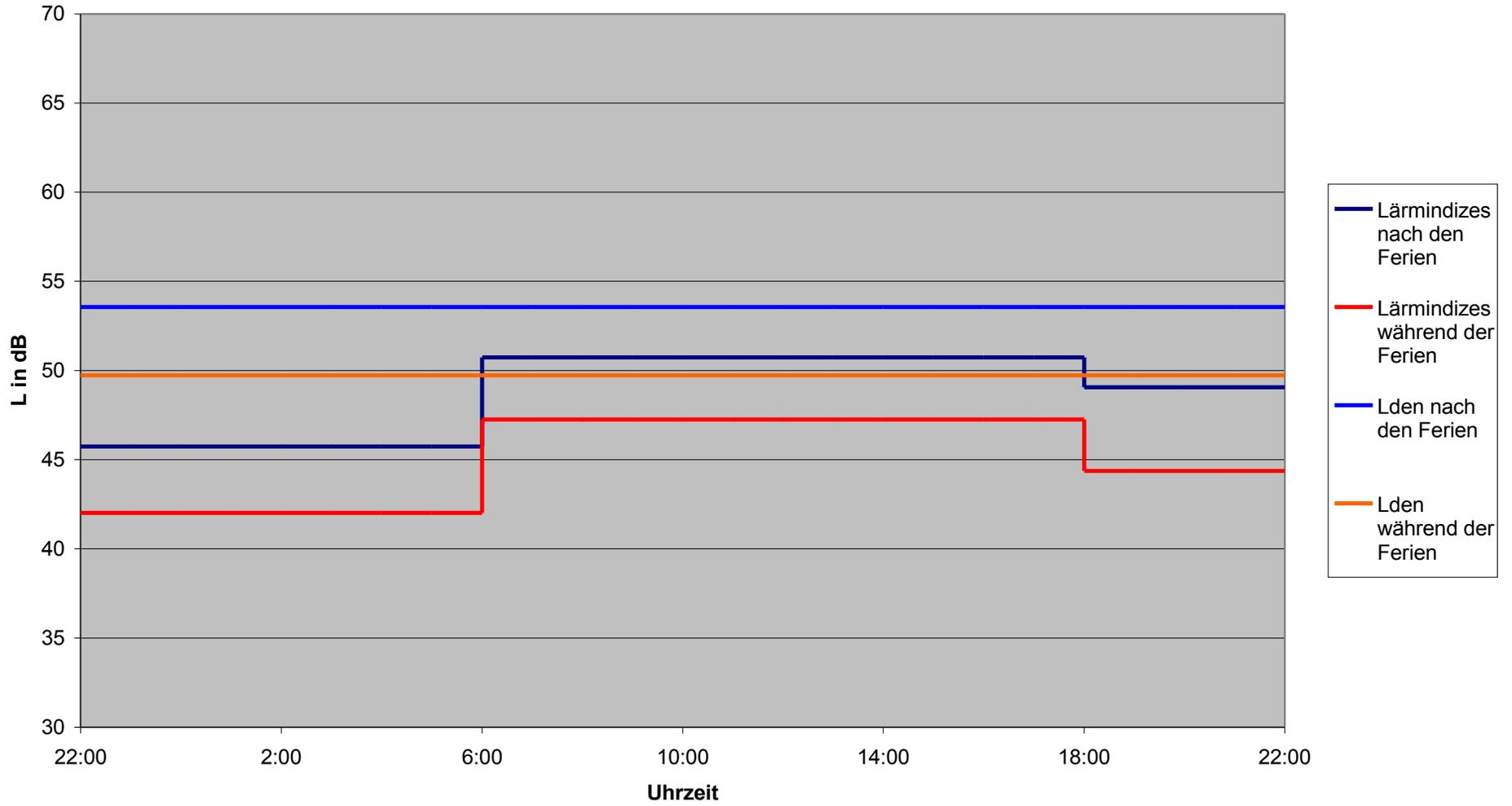
Station: 11 - Schloßpark

Leq vor und nach den Betriebsferien - Zeitraum, der hier betrachtet wird sind jeweils 14 Tage

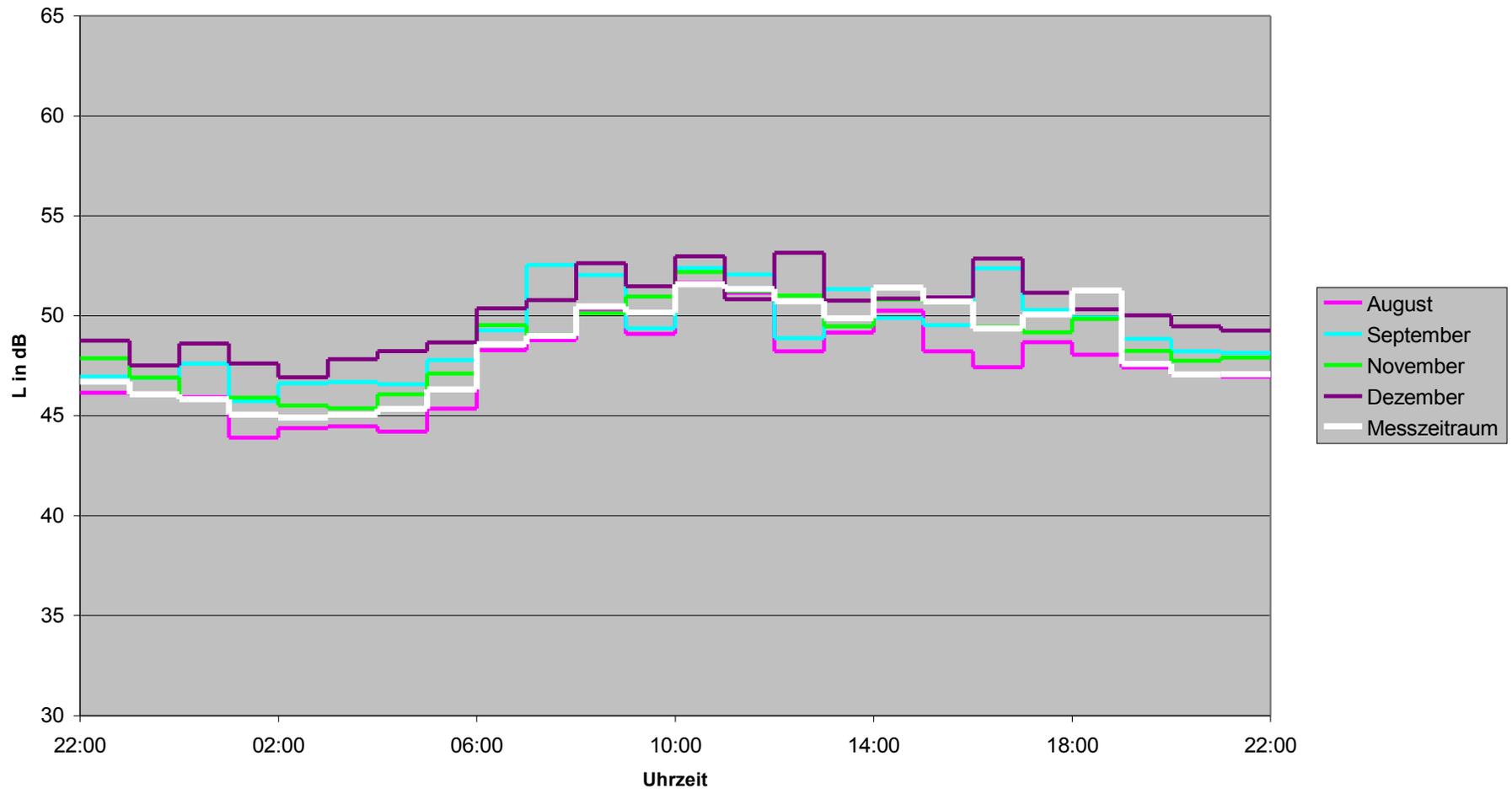


Station: 11 - Schloßpark

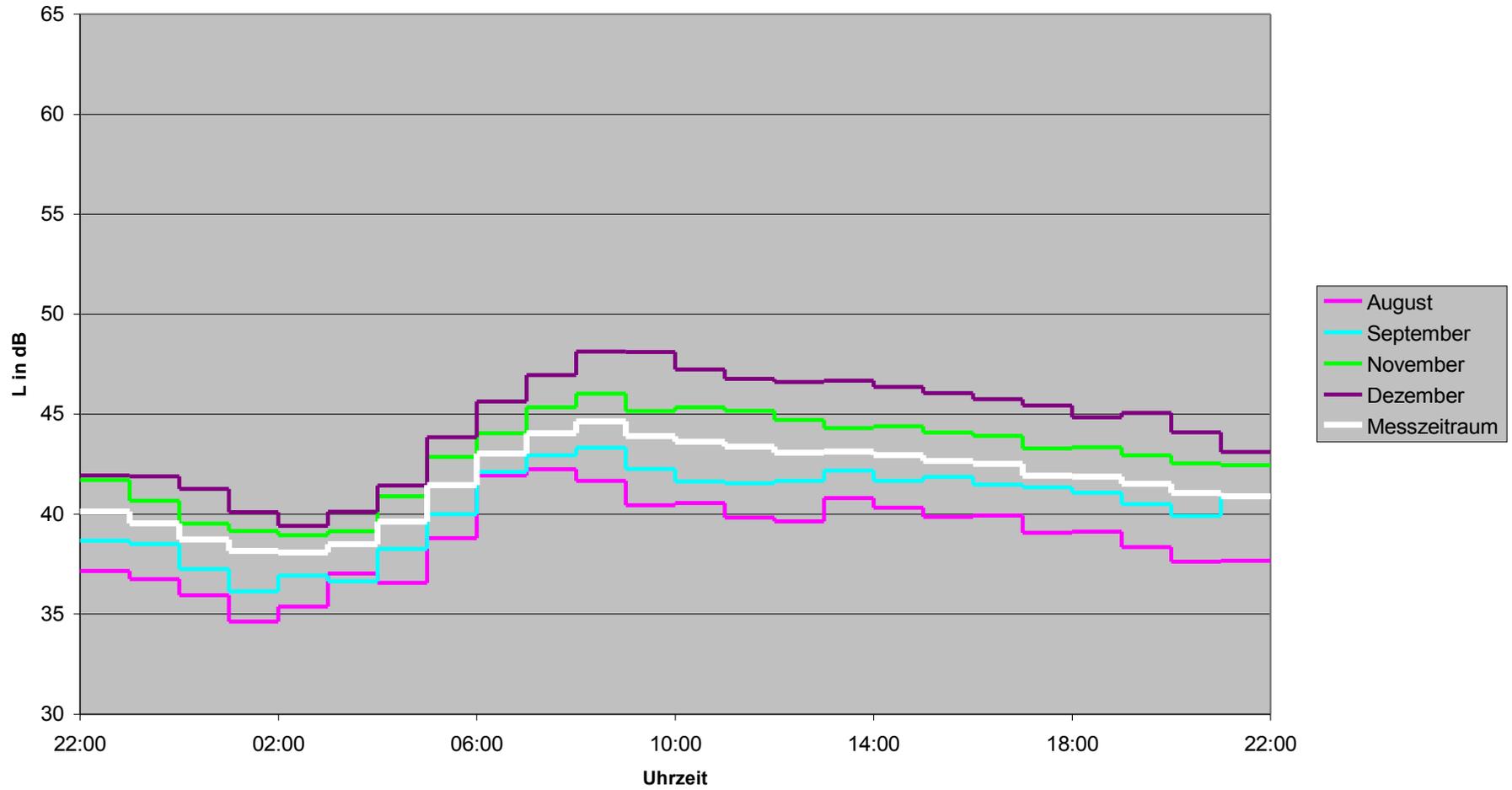
Lärmindizes vor und nach den Betriebsferien - Zeitraum, der hier betrachtet wird sind jeweils 14 Tage



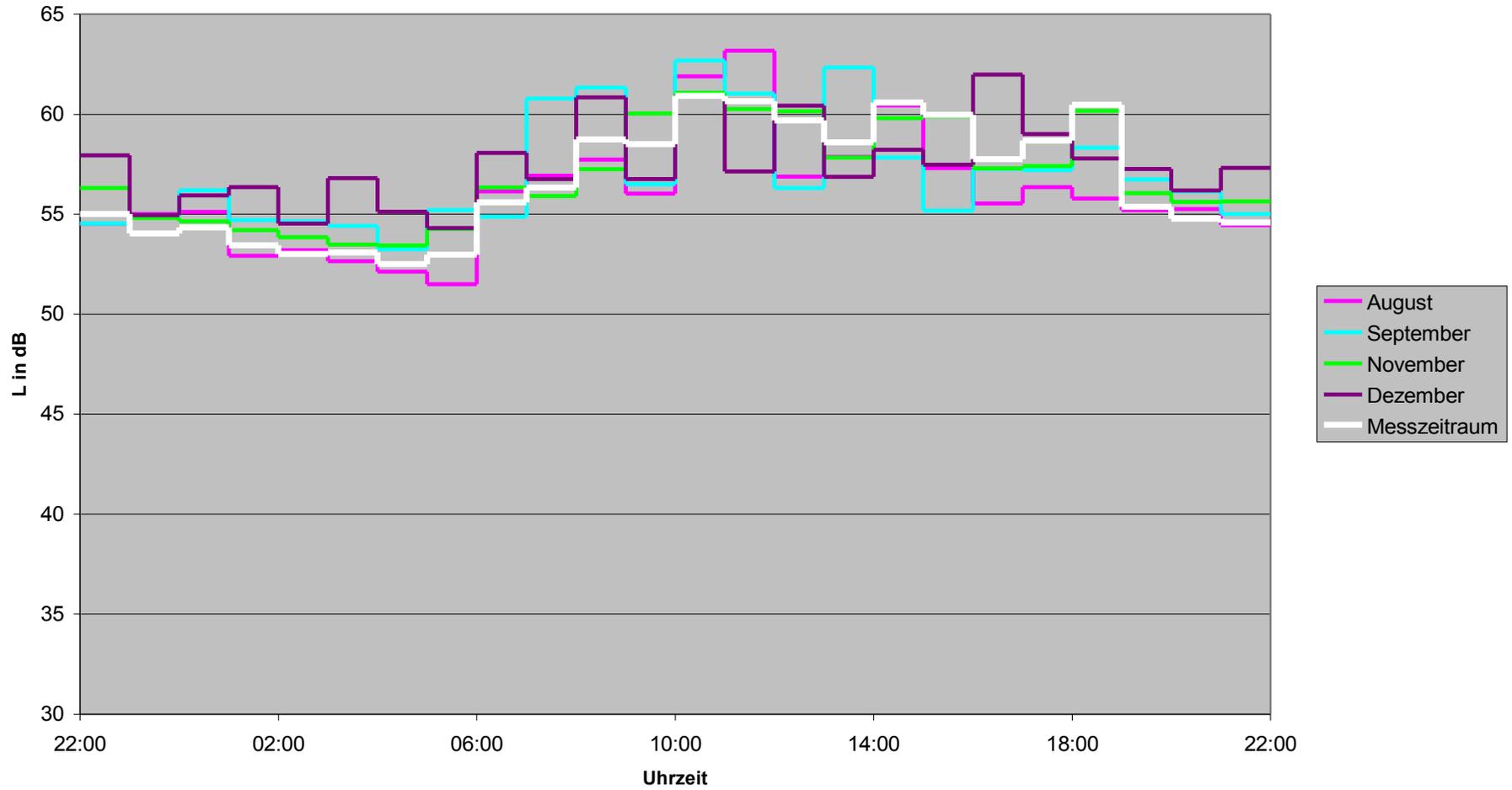
Station: 11 - Schloßpark
Leq monatsweise aufgetragen



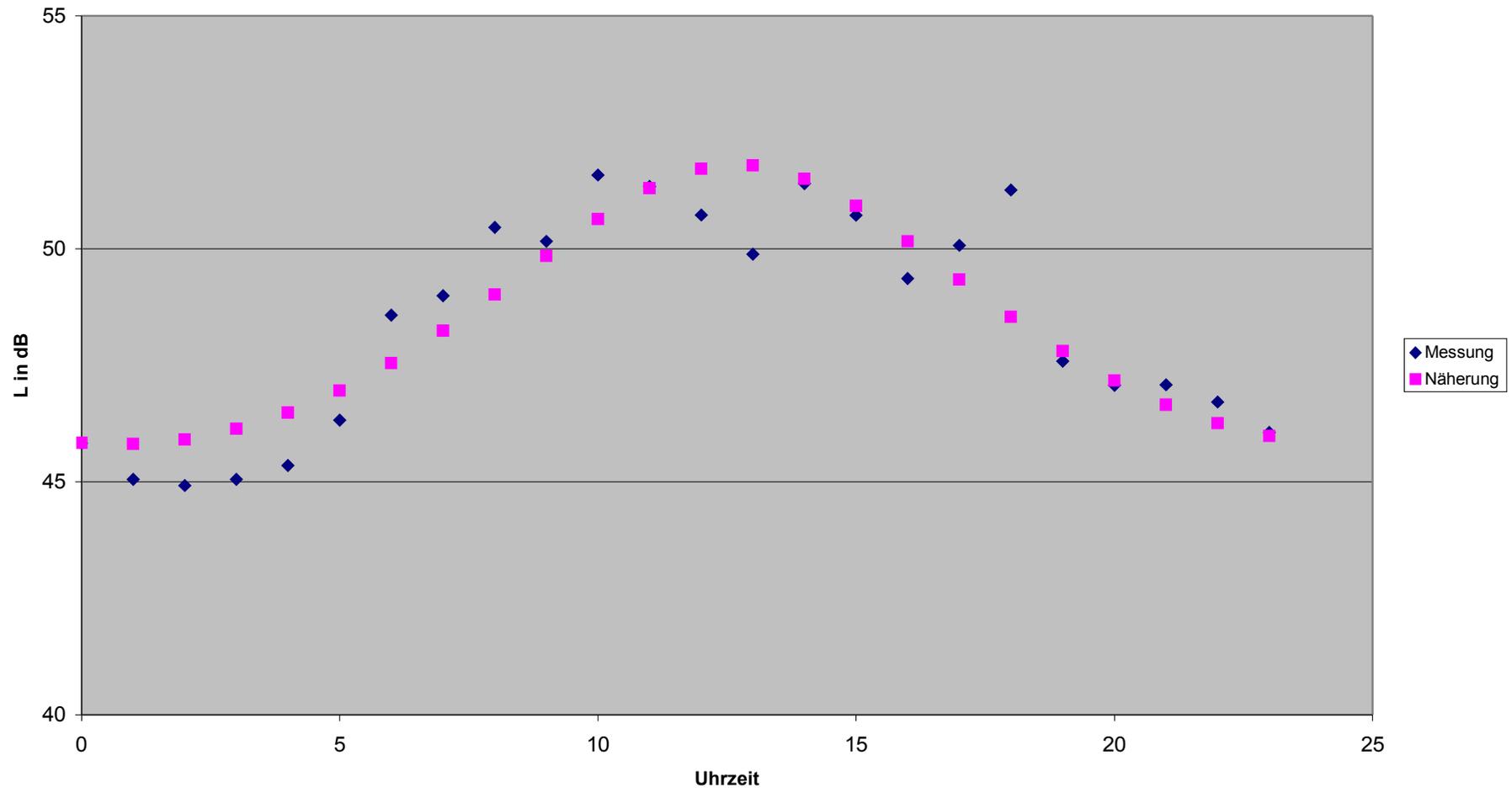
Station: 11 - Schloßpark
L95 monatsweise aufgetragen



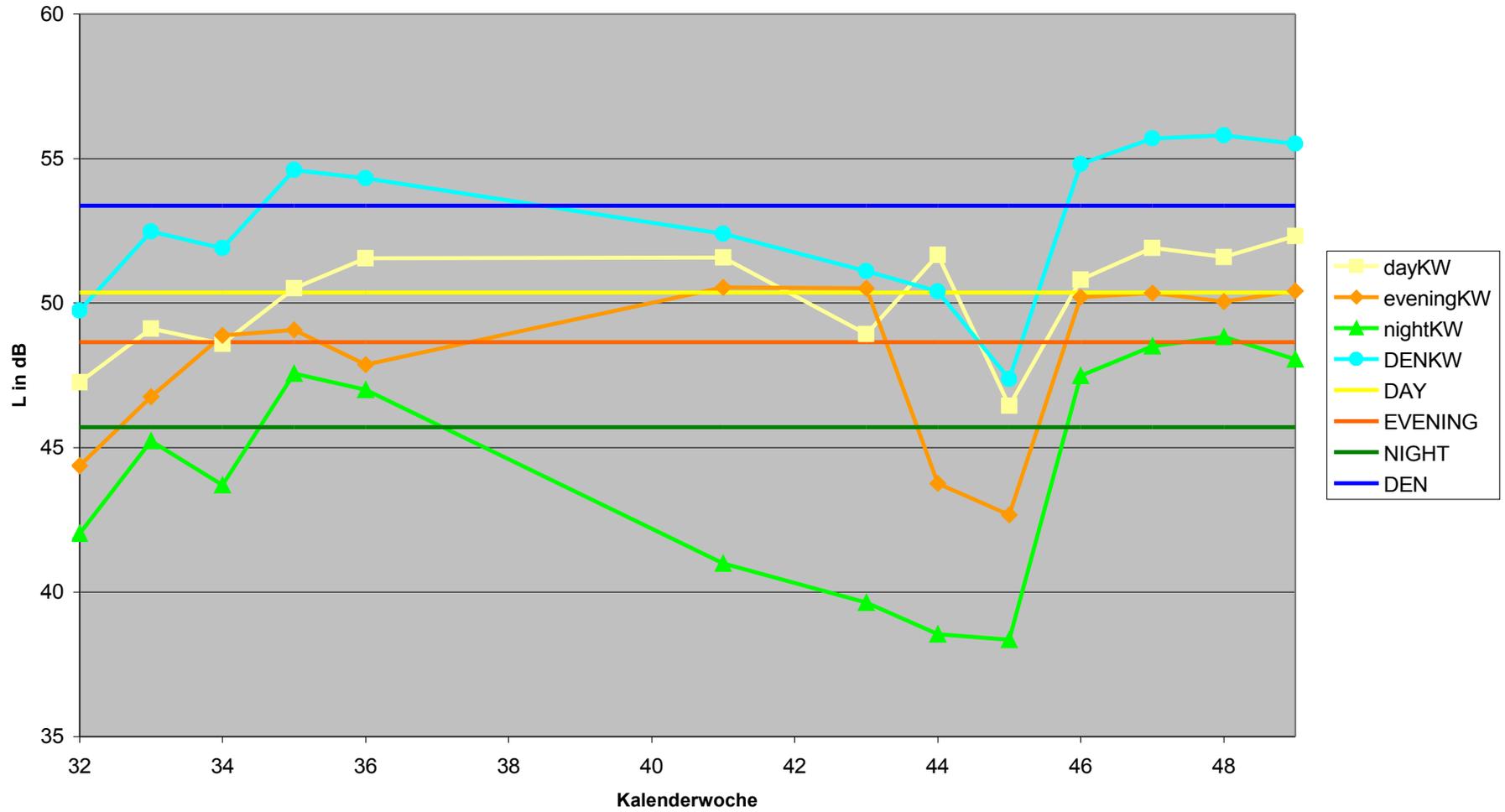
Station: 11 - Schloßpark
L1 monatsweise aufgetragen



Station: 11 - Schloßpark
Näherung



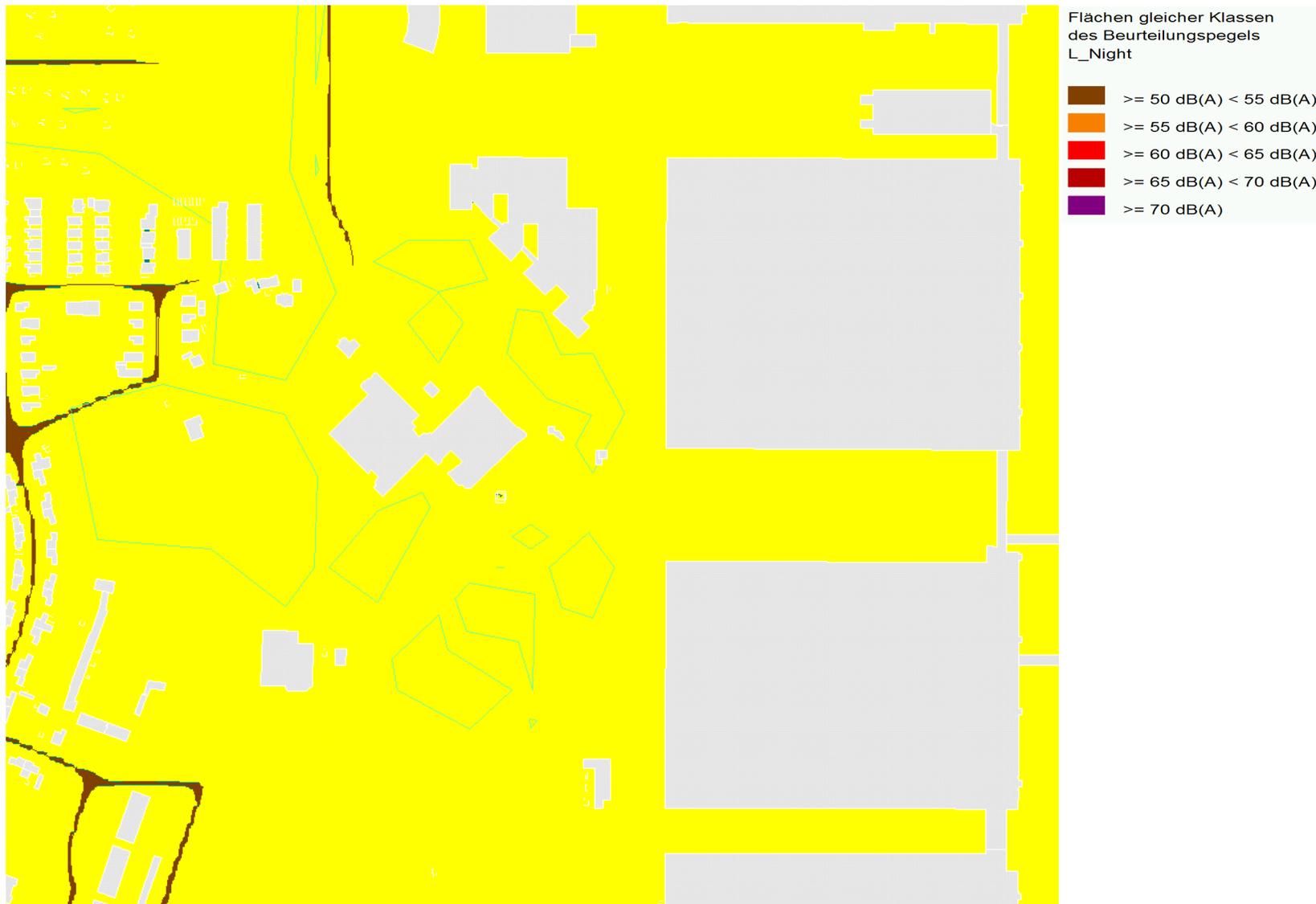
Station: 11 - Schloßpark



Station 11 - Schloßpark



Station 11 - Schloßpark



EMUDA12 - Osterdeich Ecke Stader Straße
 Bremen, Sadtteil: Ostliche Vorstadt Ortsteil: Peterswerder
 O: 8° 50' 54" N: 53° 3' 57"

12

die Station steht 23,5m von einer Ampelkreuzung entfernt, die Entfernung zur Straße beträgt 4,3m

Hauptschallquellen:
 Straßenlärm
 Sport- und Freizeitlärm

Potentielle Störquellen:

Bemerkungen:

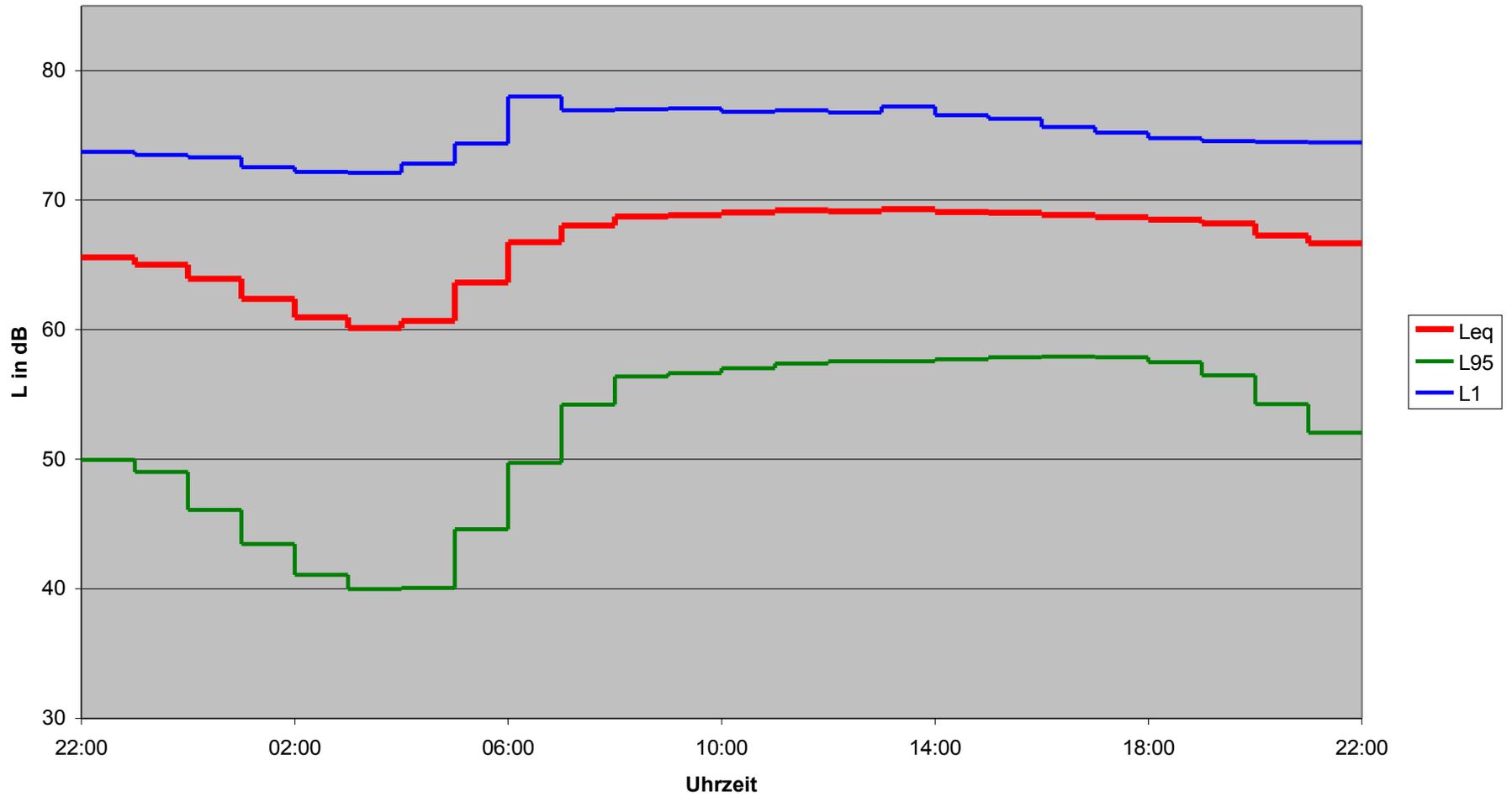
Messzeit:
 aufgestellt am: März 2006
 mittl. Tagesgang: 01.04.2006 17:00 Uhr - 17.10.2006 11:00

Einstellungen der Station:

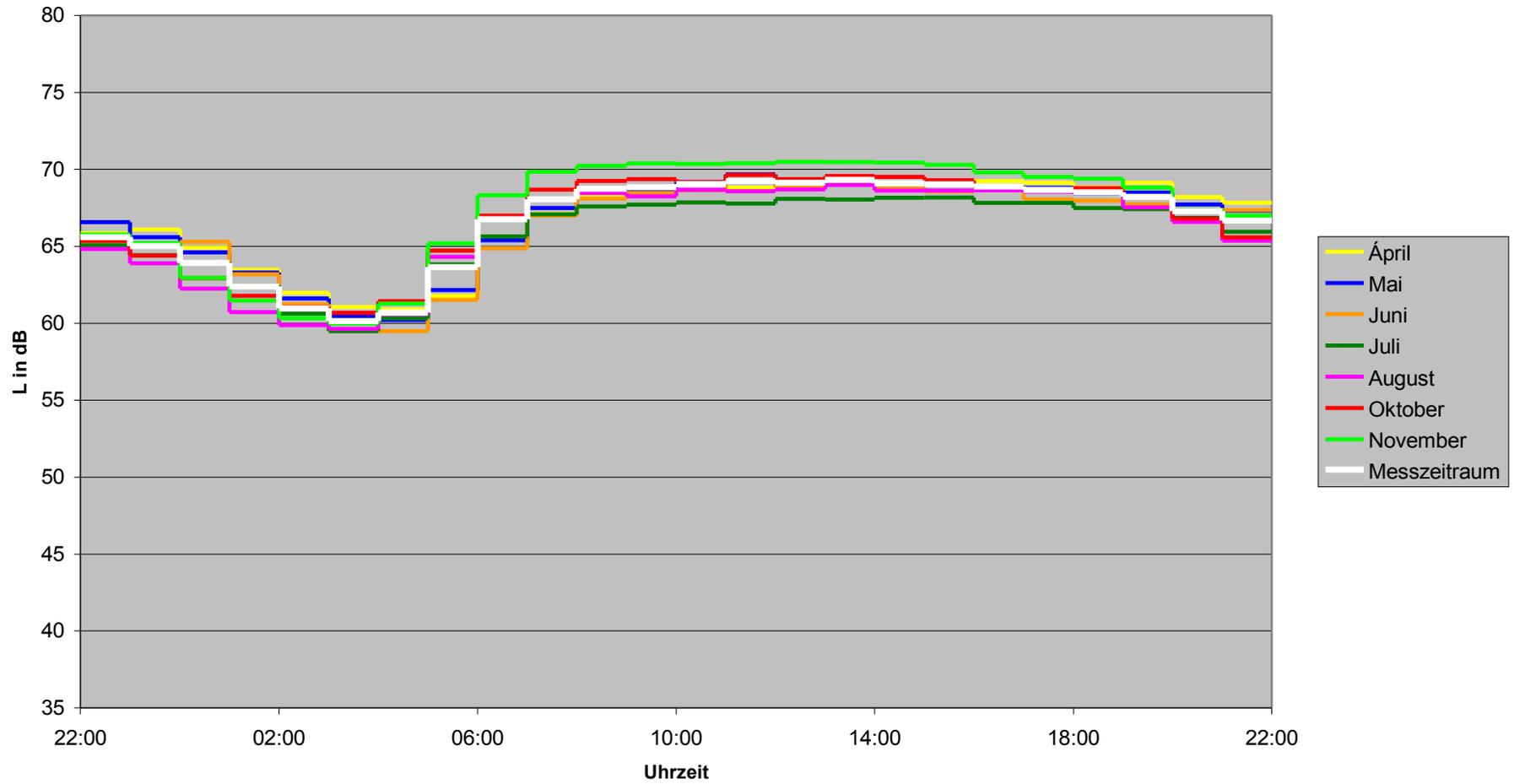
Ref. Level	116,2 dB	Min. Duration	5 sec
SETL	70 dB	End Duration	2 sec
NSETL	70 dB		
SENL	90 dB		



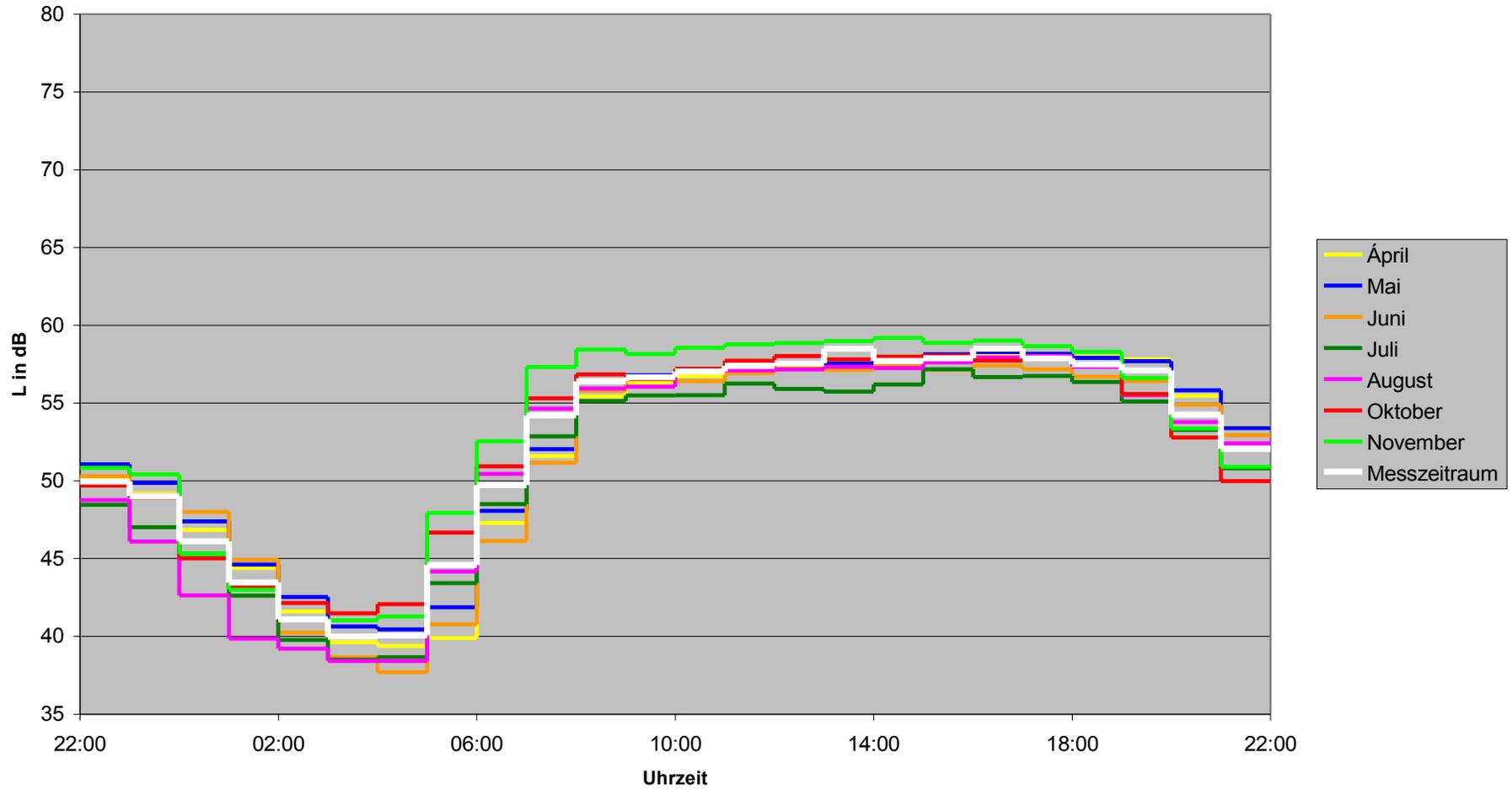
Station: 12 - Osterdeich



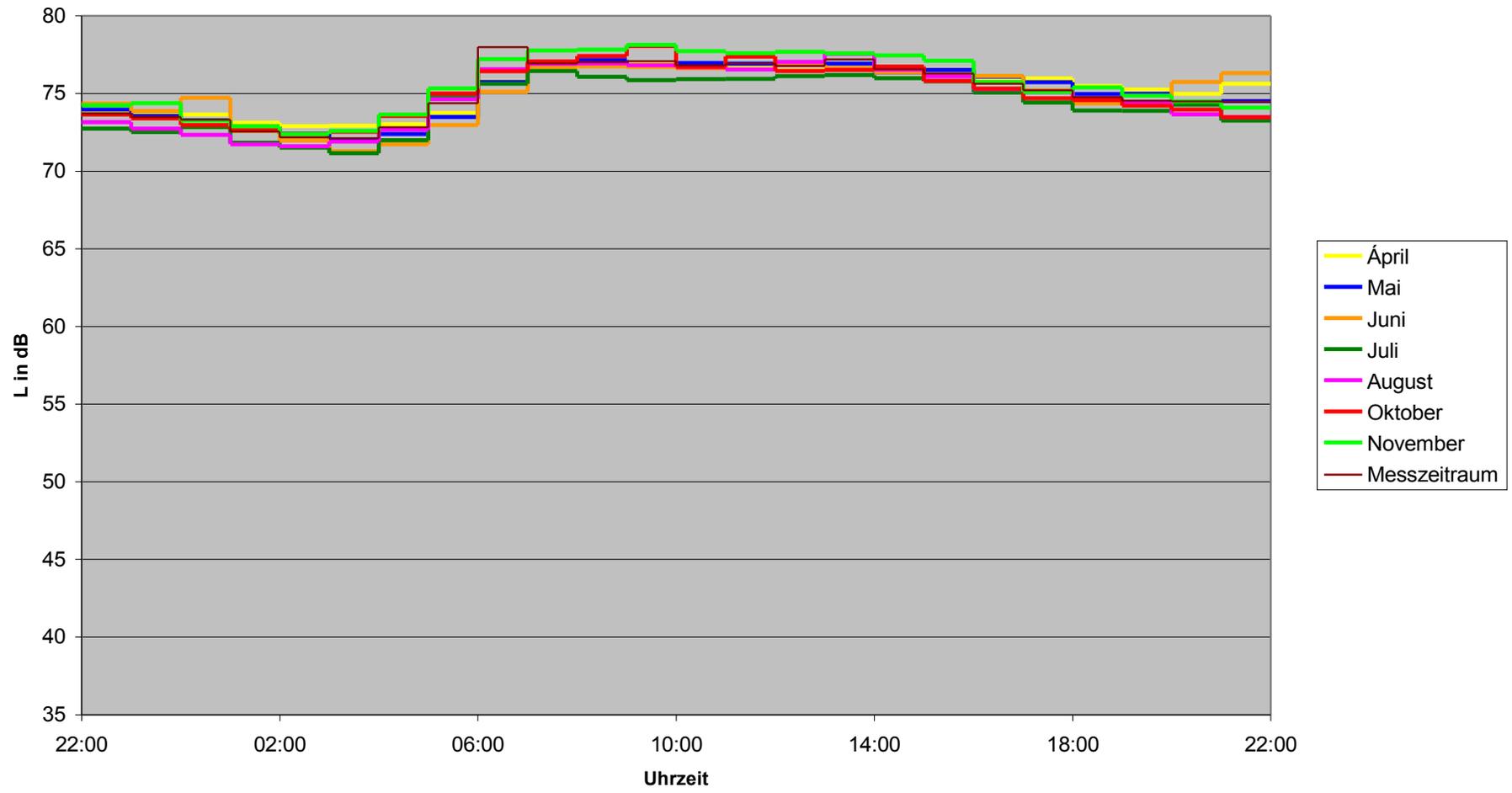
Station: 12 - Osterdeich
Leq monatsweise aufgetragen



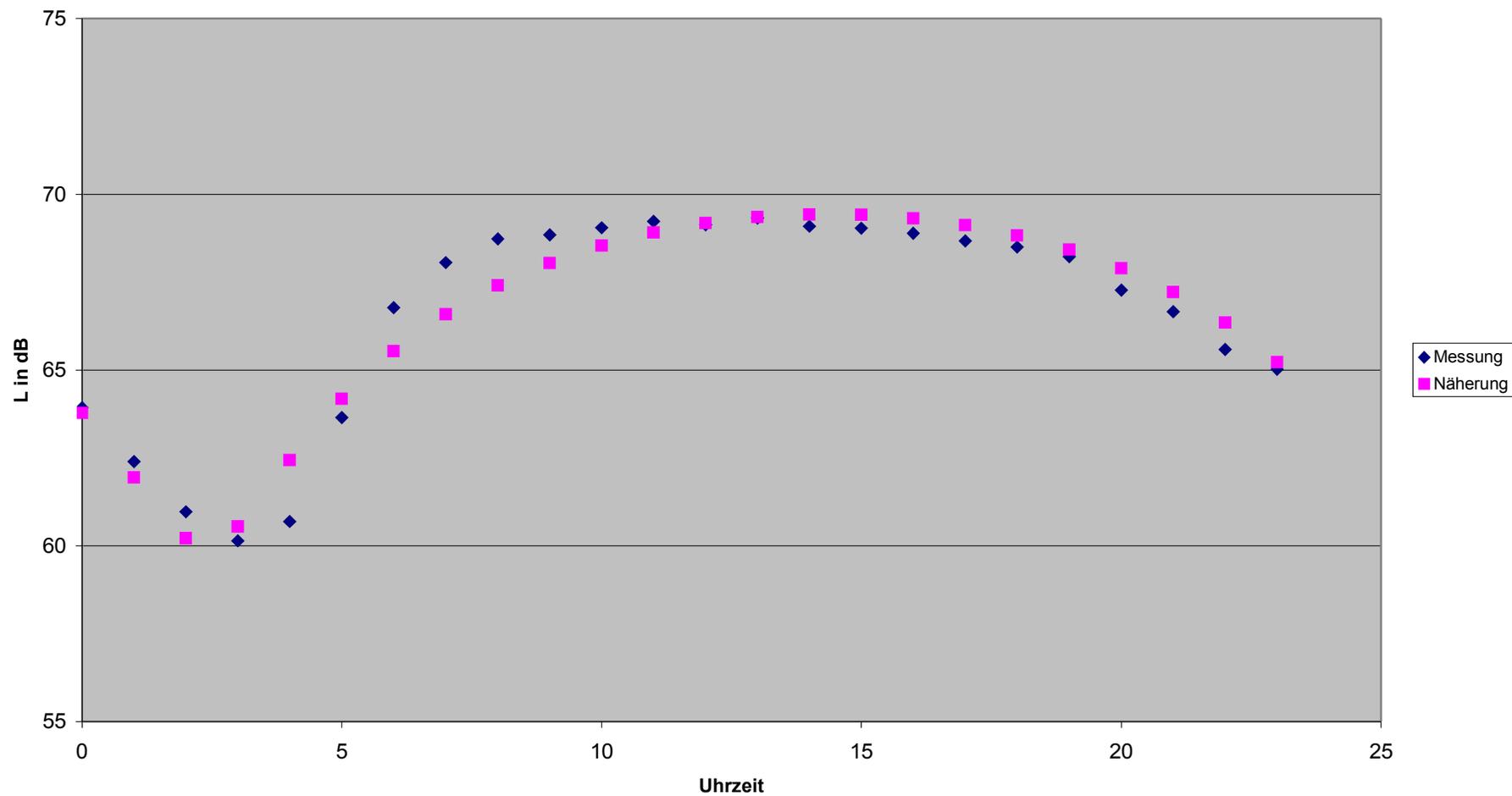
Station: 12 - Osterdeich
L95 monatsweise aufgetragen



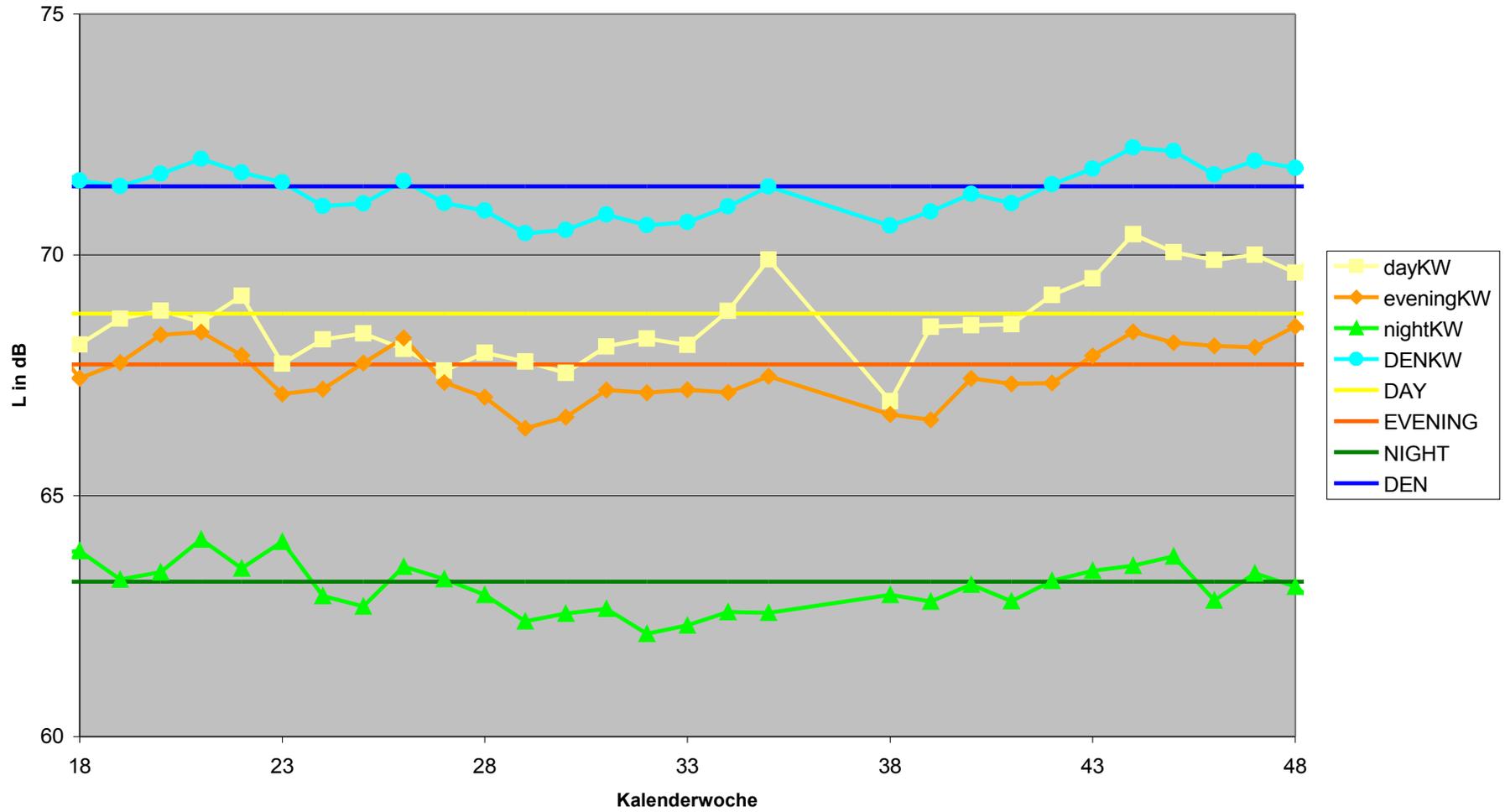
Station: 12 - Osterdeich
L1 monatsweise aufgetragen



Station: 12 - Osterdeich
Näherung



Station: 12 - Osterdeich



Station 12 - Osterdeich



Flächen gleicher Klassen
des Beurteilungspegels
L_{DEN}

- $\geq 55 \text{ dB(A)} < 60 \text{ dB(A)}$
- $\geq 60 \text{ dB(A)} < 65 \text{ dB(A)}$
- $\geq 65 \text{ dB(A)} < 70 \text{ dB(A)}$
- $\geq 70 \text{ dB(A)} < 75 \text{ dB(A)}$
- $\geq 75 \text{ dB(A)}$

Station 12 - Osterdeich



EMUDA 13 - Schlosspark
 Bremen, Sadtteil: Obervieland Ortsteil: Kattenturm
 O: 8° 48' 53" N: 53° 2' 28"

13

die Station steht ca. 7 m von der Straße entfernt

Hauptschallquellen:
Straßenlärm
Fluglärm

Potentielle Störquellen:
Naturgeräusche

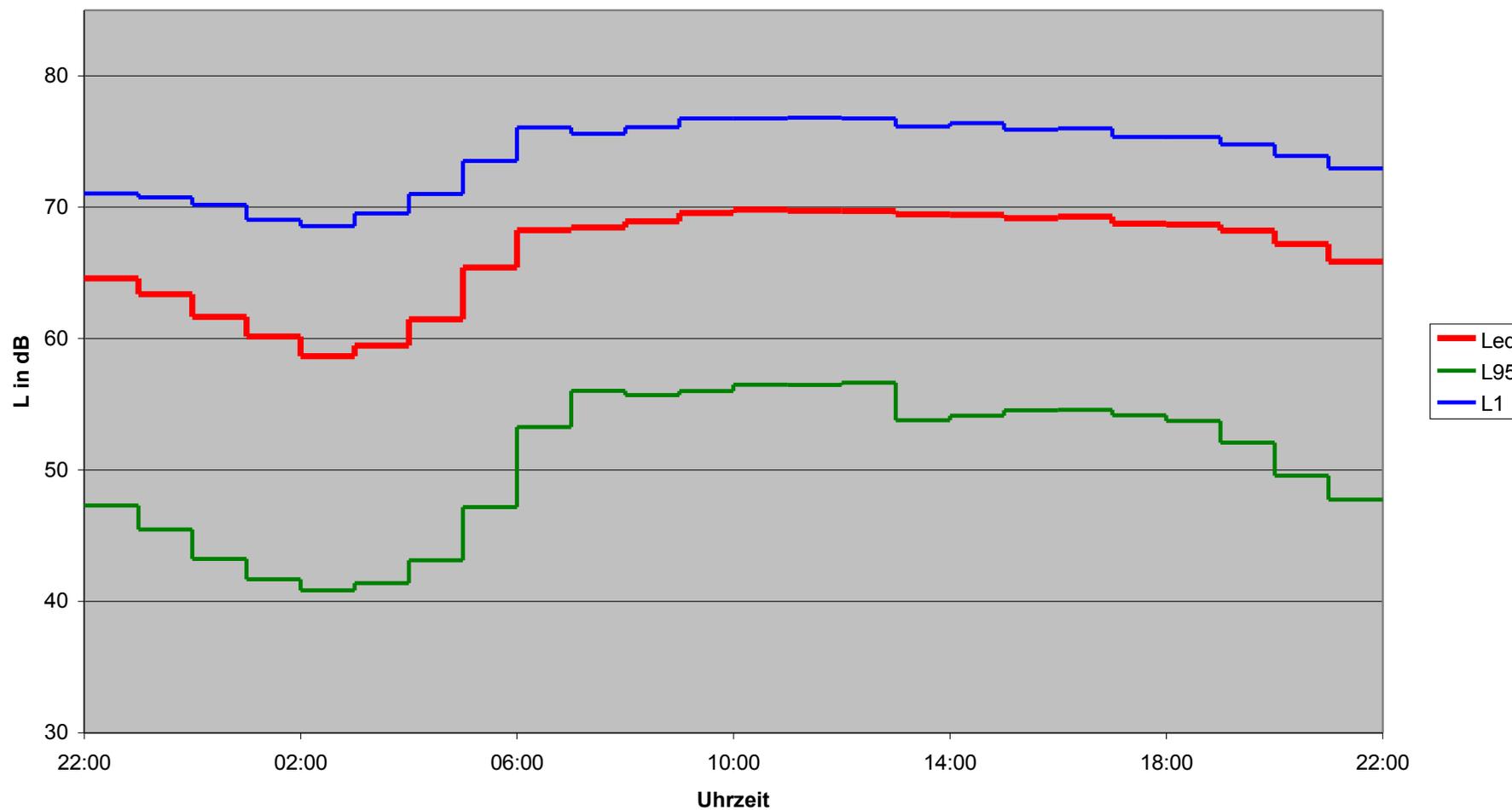
Bemerkungen:

Messzeit:
aufgestellt am 30.08.2006
mittl. Tagesgang: 30.08.2006 10:00 Uhr - 16.10.2006 14:00

Einstellungen der Station:			
Ref. Level	115,9 dB	Min. Duration	3 sec
SETL	85 dB	End Duration	1 sec
NSETL	75 dB		
SENL	85 dB		

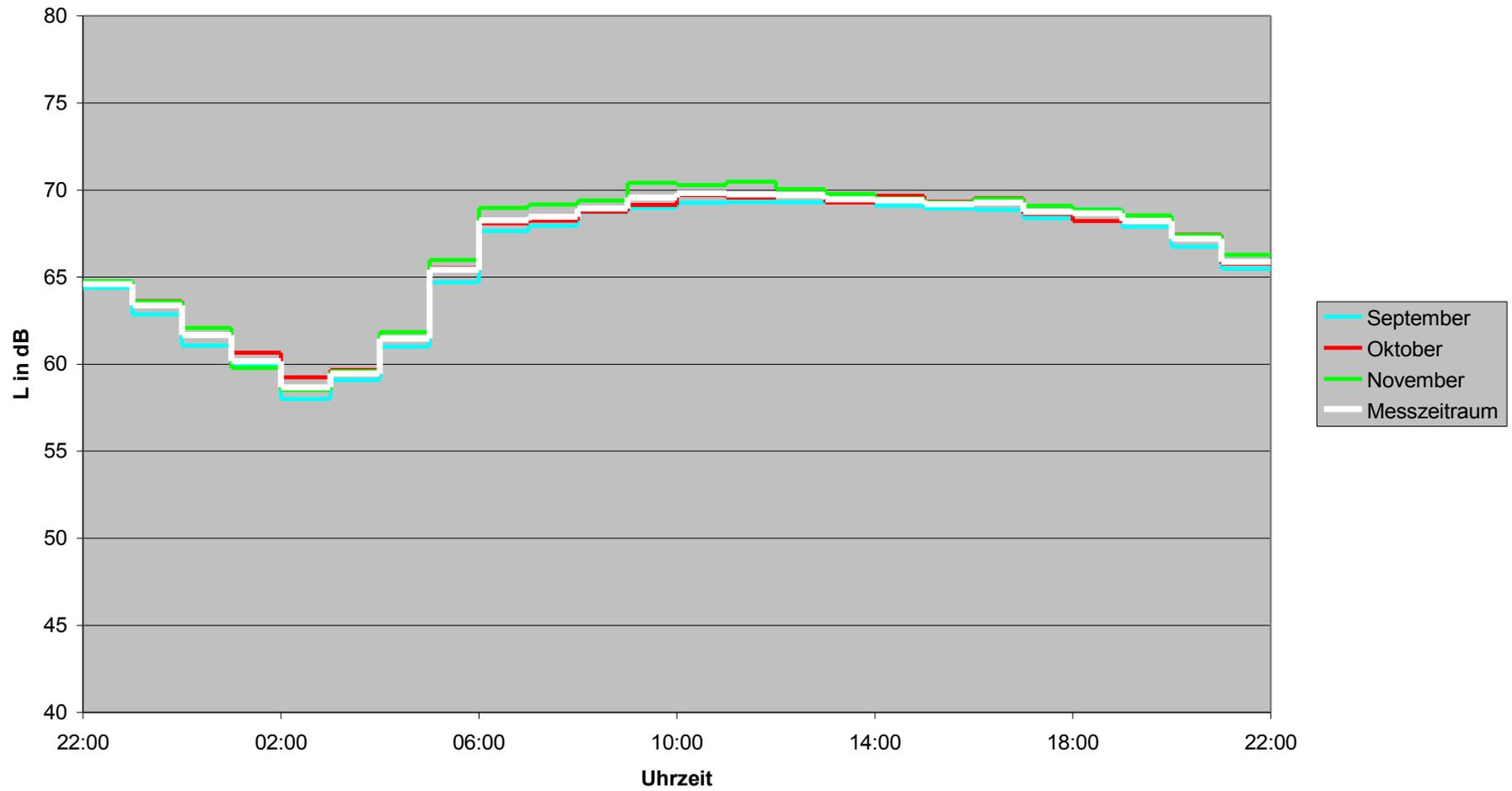


Station: 13 - Kattenturmer Heerstraße

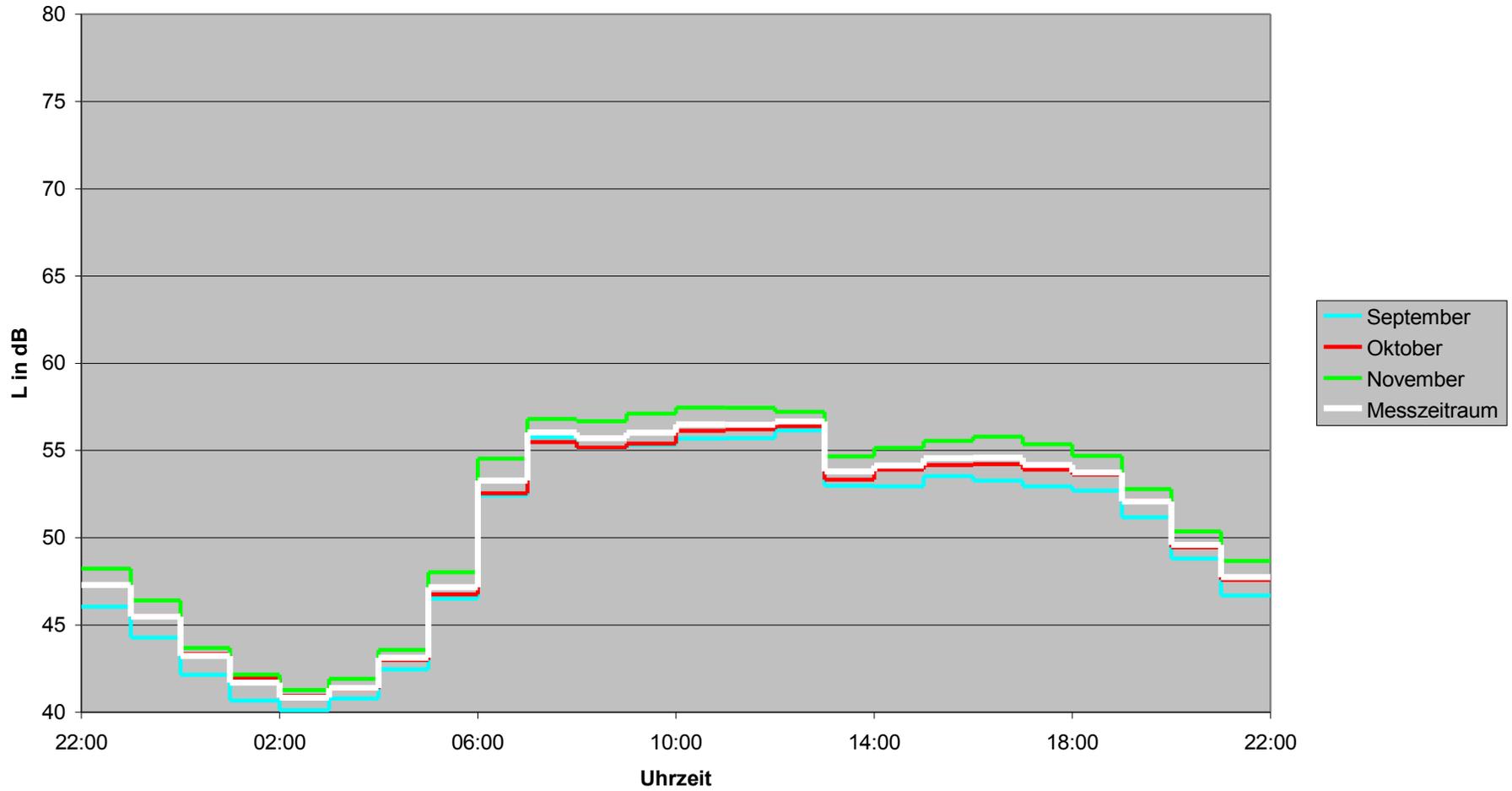


Station 13- Kattenturmer Heerstraße

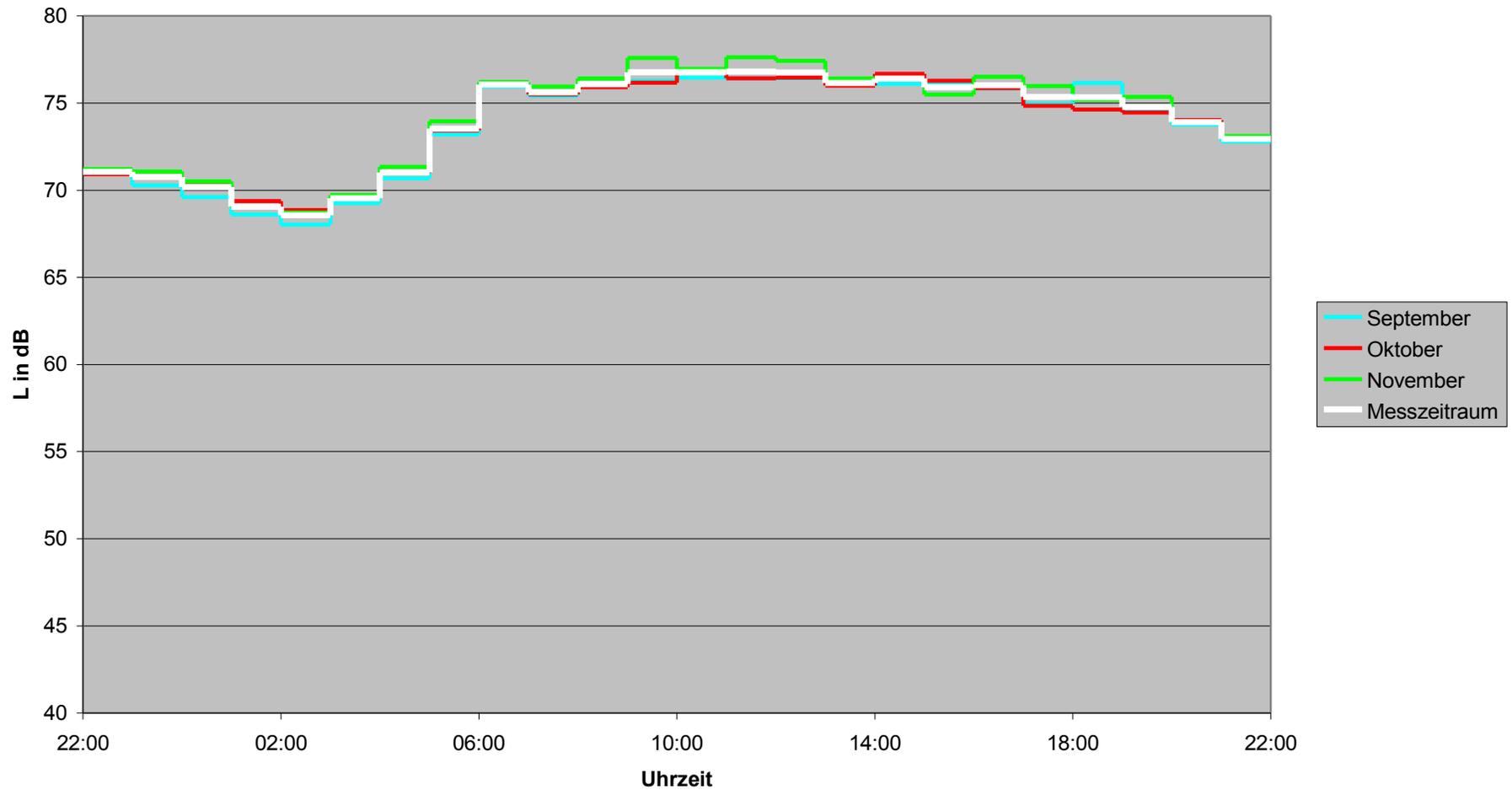
Leq monatsweise aufgetragen



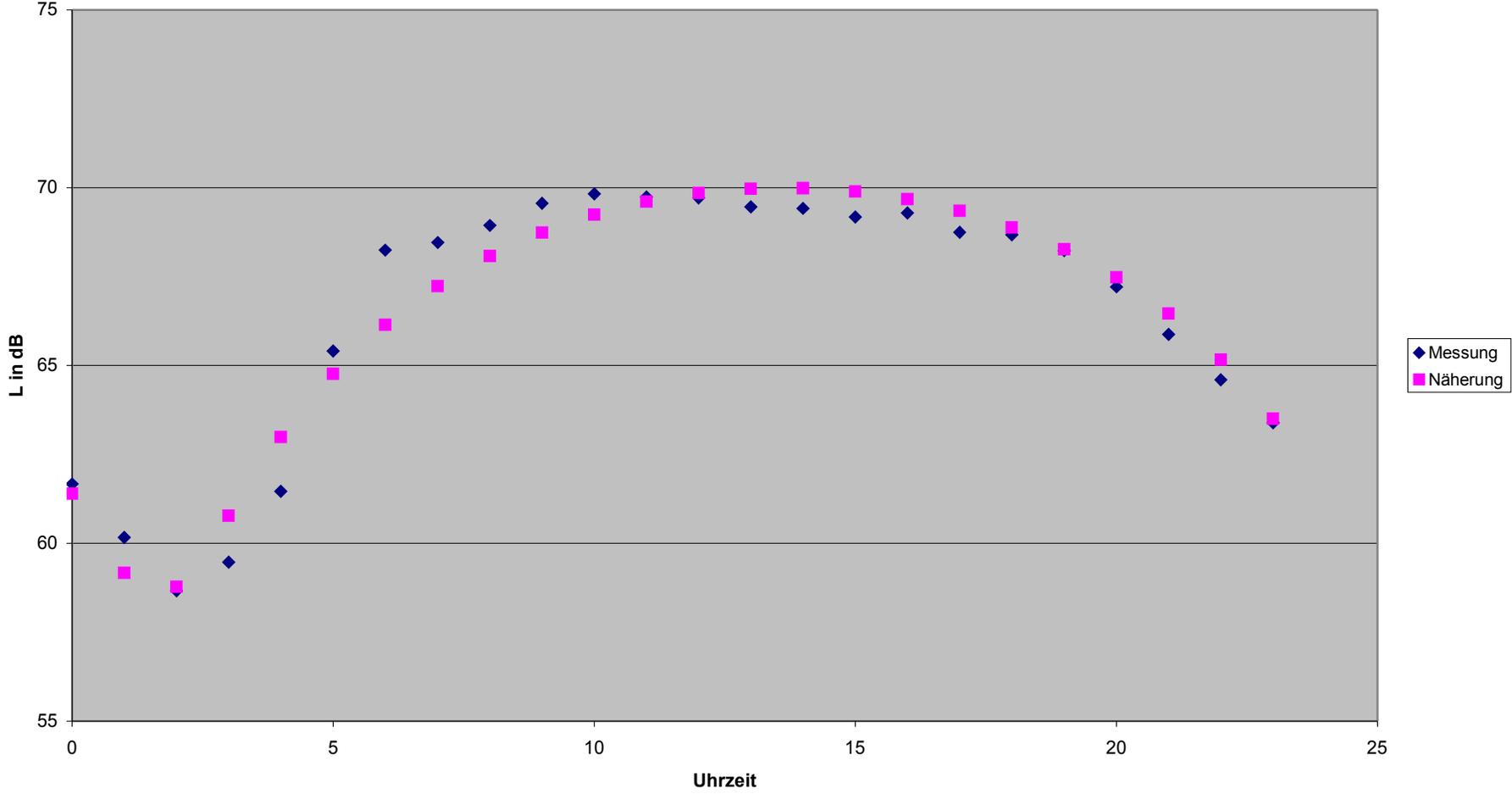
Station 13- Kattenturmer Heerstraße
L95 monatsweise aufgetragen



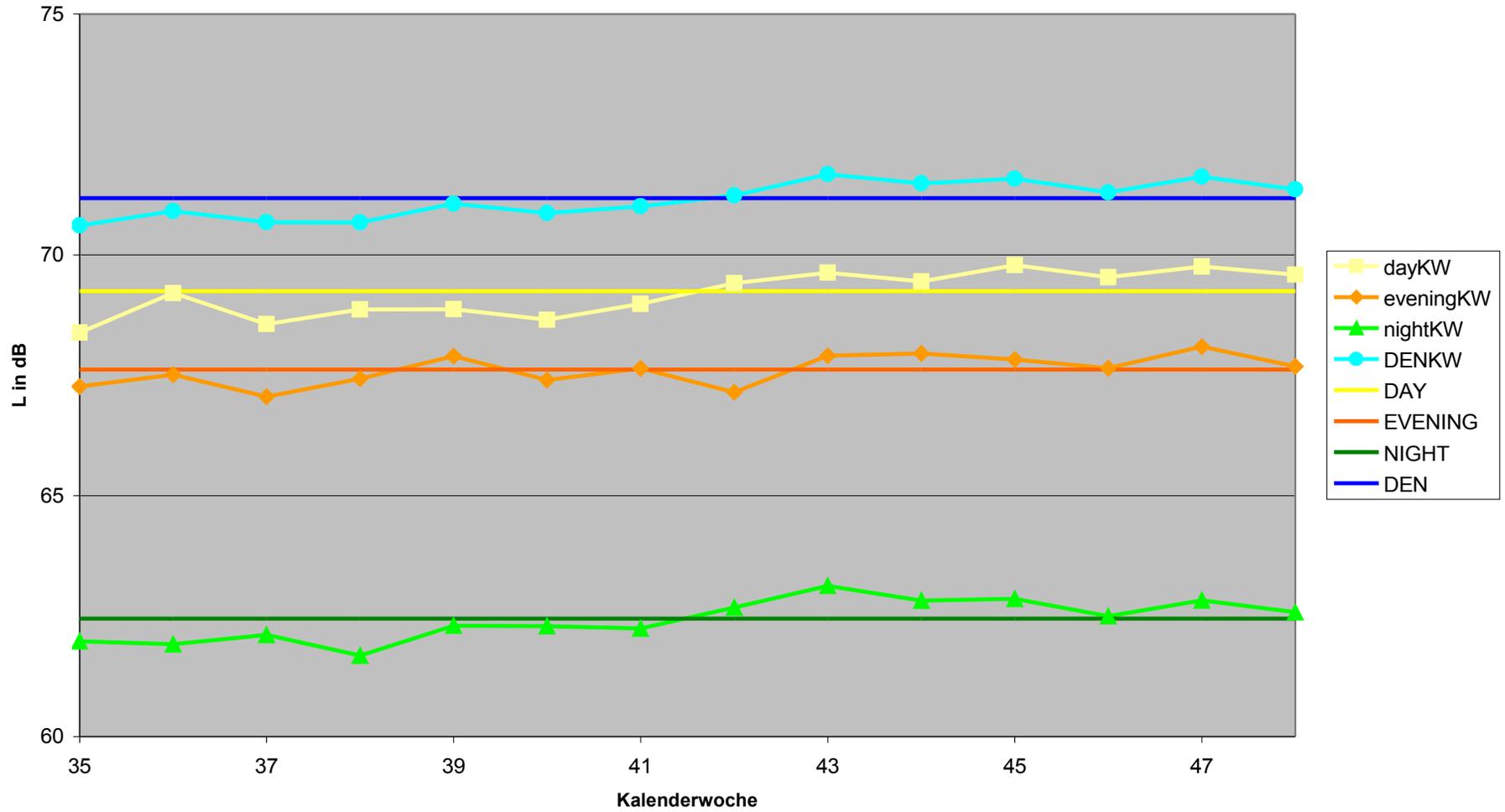
Station 13- Kattenturmer Heerstraße
L1 monatsweise aufgetragen



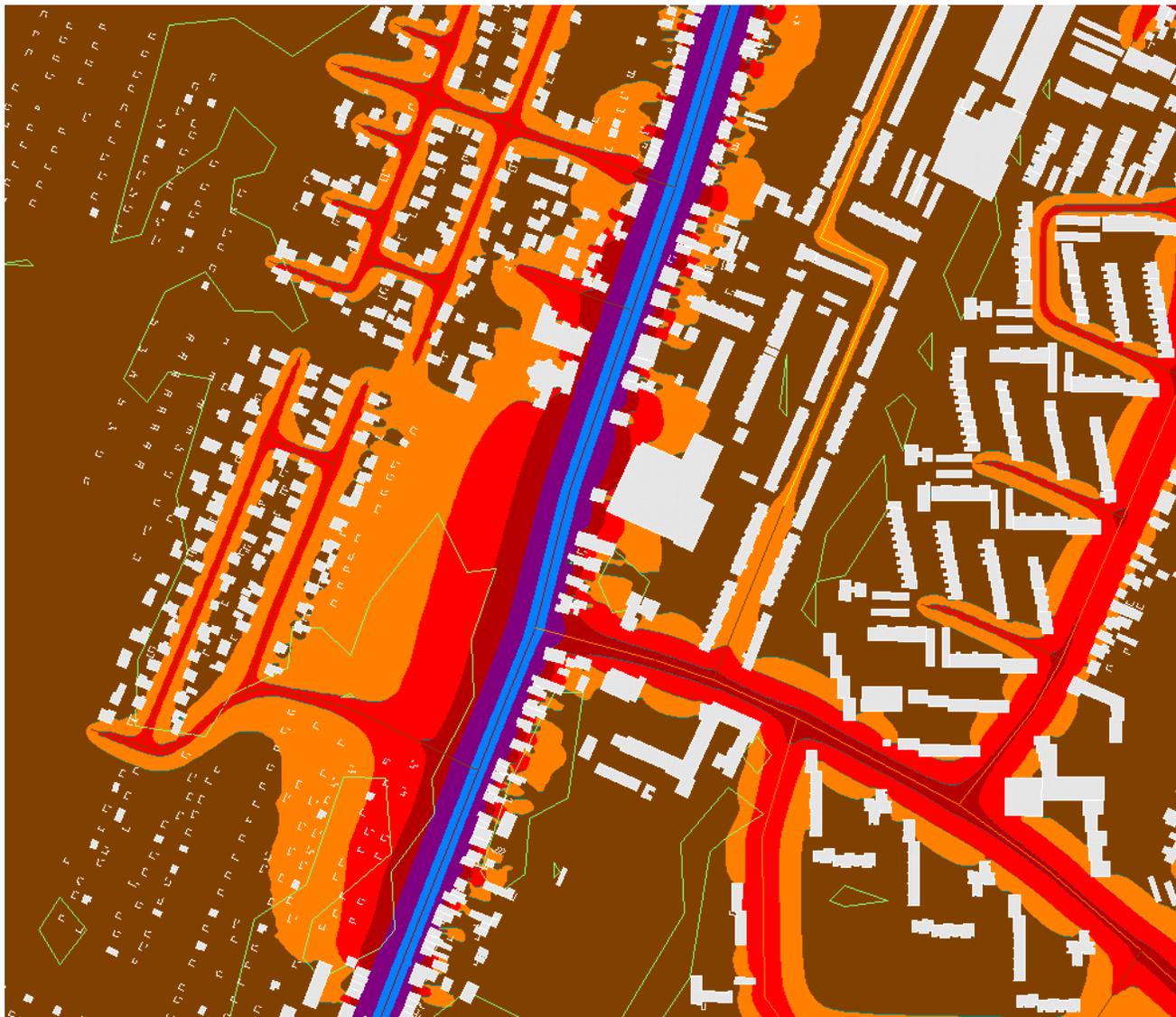
Station 13 - Kattenturmer Heerstraße
Näherung



Station: 13 - Kattenturmer Heerstraße



Station 13 – Kattenturmer Heerstraße



Flächen gleicher Klassen
des Beurteilungspegels
L_{DEN}

- $\geq 55 \text{ dB(A)} < 60 \text{ dB(A)}$
- $\geq 60 \text{ dB(A)} < 65 \text{ dB(A)}$
- $\geq 65 \text{ dB(A)} < 70 \text{ dB(A)}$
- $\geq 70 \text{ dB(A)} < 75 \text{ dB(A)}$
- $\geq 75 \text{ dB(A)}$

Station 13 – Kattenturmer Heerstraße

