

# Untersuchung des Brummtton-Phänomens

Ergebnisse der durchgeführten Messungen



## Impressum

<b>Herausgeber</b>	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg Sachgebiet 33.2 Lärm, des Referates Luftqualität, Lärm, Verkehr  75157 Karlsruhe Postfach 210752  <a href="http://www.lfu.baden-wuerttemberg.de">http://www.lfu.baden-wuerttemberg.de</a>
<b>Umschlaglayout</b>	Stephan May Grafik-Design, 76227 Karlsruhe
<b>Titelbild</b>	Jutta Ruloff Dipl.-Designerin, 76275 Ettlingen
<b>Druck</b>	ReproKopie, Hans-Sachs-Str. 2/11, 76133 Karlsruhe

Nachdruck - auch auszugsweise - nur mit Zustimmung des Herausgebers unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.

# INHALT

	Seite
1 Zusammenfassung	4
2 Einleitung	5
3 Auswahl der Messorte	6
4 Messgrößen und verwendete Messgeräte	6
5 Vorgehensweise bei der Messung	9
6 Vorgehensweise bei der Auswertung	11
7 Hörschwellen und Wahrnehmungsschwellen	12
8 Ergebnisse	12
9 Anhang - Verwendete Messgeräte	57

## 1 Zusammenfassung

Die Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU) führte in der Zeit von August bis November 2001 an insgesamt 13 Orten Messungen zur Klärung des Brummtton-Phänomens durch. Erfasst wurden Schallwellen mit Frequenzen von 3 Hz bis 20 000 Hz, Erschütterungen von 1 Hz bis 314 Hz sowie Magnetfelder im Frequenzbereich von 10 Hz bis 2 500 Hz.

### Schallmessungen

Generell wurden bei den Schallmessungen sehr niedrige Pegel festgestellt. Nur an zwei Orten (Messort E und Messort M, Schlafzimmer) überschritten die gemessenen Werte bei Frequenzen unter 500 Hz die durchschnittliche Hörschwelle. Dies waren auch die einzigen Orte, an denen während der Messung auch die Bediensteten der Landesanstalt für Umweltschutz Geräusche wahrnehmen konnten.

Mit einer Ausnahme (Messort E) nahmen alle in die Untersuchung einbezogenen Personen während der Messungen den Brummtton wahr. Ein Vergleich der gemessenen Schallpegel mit den an der HNO-Klinik der Universität Tübingen ermittelten individuellen Hörschwellen ergibt für die verbleibenden 12 Orte folgendes:

- In sechs Fällen (Messorte A, B, D, G, I und K) kann eine akustische Ursache für den Brummtton ausgeschlossen werden. In einem weiteren Fall (Messort C) erscheint eine akustische Ursache eher unwahrscheinlich, kann aber nicht sicher ausgeschlossen werden.
- In zwei Fällen (Messorte J und M) wurden im Frequenzbereich oberhalb von 200 Hz Schallpegel gemessen, die von den Bewohnern der untersuchten Wohnung mit einem Ohr wahrgenommen werden können. Allerdings werden Geräusche mit diesen Frequenzen im allgemeinen nicht als tieffrequent empfunden. Deshalb bleibt zweifelhaft, ob der während der Messzeit wahrgenommene Brummtton wirklich

durch die vorhandenen Geräusche hervorgerufen wurde.

- Am Messort L wurde der Brummtton von drei Personen wahrgenommen und auch ähnlich beschrieben. Die Gehöruntersuchungen ergaben für zwei Personen ein überdurchschnittlich empfindliches Gehör. Es erscheint möglich, dass diese Personen während der Messung Geräusche (allerdings bei unterschiedlichen Frequenzen) wahrnehmen konnten. Für die dritte Person kann dies sicher ausgeschlossen werden. Es ist daher unsicher, ob an diesem Messort der Brummtton tatsächlich eine akustische Ursache hat.
- In den letzten beiden Fällen (Messorte F und H) wurde ein überdurchschnittliches Hörvermögen für Frequenzen um 100 Hz bzw. 150 Hz festgestellt. Da in beiden Fällen die Schallpegel der gemessenen Geräusche oberhalb der individuellen Hörschwellen lagen, können die von diesen Personen geschilderten Brummttonwahrnehmungen auf akustische Einwirkungen zurückzuführen sein.

Angesichts dieser unterschiedlichen Ergebnisse kann eine gemeinsame akustische Ursache bzw. Quelle für den Brummtton ausgeschlossen werden.

### Erschütterungsmessungen

Die gemessenen Erschütterungseinwirkungen waren an allen Messorten sehr gering. Der höchste überhaupt festgestellte Messwert erreichte 7 Prozent der durchschnittlichen Wahrnehmungsschwelle. An 9 der 13 Messorte lag der Maximalwert unter 4 Prozent der Schwellenwerte. Es ist unwahrscheinlich, dass so schwache Schwingungen subjektiv wahrgenommen werden können.

### Magnetfeldmessungen

Die mittleren Stärken der jeweils vor Ort gemessenen Magnetfelder differieren stark und liegen

zwischen 0,005  $\mu\text{T}$  (Messort C) und 1,946  $\mu\text{T}$  (Messort J). An 11 Messorten wurden Mittelwerte unter 0,1  $\mu\text{T}$  gemessen. Hauptquelle des Magnetfelds war die öffentliche Stromversorgung. Einzig am Messort E dominierte das Magnetfeld der in unmittelbarer Nähe vorbeiführenden Bahnstrecke.

Aber auch an anderen Orten konnten Magnetfelder von Eisenbahnanlagen nachgewiesen werden. Weitere Quellen für Magnetfelder wurden nicht gefunden. An allen Orten waren die gesetzlichen Grenzwerte (100  $\mu\text{T}$  für die Stromversorgung und 300  $\mu\text{T}$  für Eisenbahnanlagen) deutlich unterschritten.

Nach dem aktuellen Wissensstand über die Wirkungen von Magnetfeldern auf den menschlichen Körper kommen so geringe Magnetfelder nicht als Ursache für den Brummtton in Frage.

## 2 Einleitung

Beschwerden über Belästigungen durch tieffrequente Geräusche sind für Umweltschutzbehörden nichts Neues. Seit langem ist bekannt, dass es bei der Ausbreitung tieffrequenter Schalle und bei deren subjektiven Wahrnehmungen Besonderheiten gibt.

Die üblichen Beurteilungsmethoden für Lärm und die darauf aufbauenden Richtwerte trugen diesem Umstand in der Vergangenheit oft nur unzureichend Rechnung. In Folge dessen wurden spezielle Verfahren zur Beurteilung tieffrequenter Geräuscheinwirkungen entwickelt. Beispielsweise wurde mit der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) aus dem Jahr 1998 das Vorgehen zur der Berücksichtigung tieffrequenter Geräuschmissionen, sofern diese von gewerblichen Anlagen ausgehen, rechtlich geregelt.

In den Jahren 1999 und 2000 traten im Zuständigkeitsbereich des Staatlichen Gewerbeaufsichtsamtes Stuttgart Beschwerdefälle über tieffrequente Geräusche auf. Trotz intensiver Untersuchungen des Staatlichen Gewerbeaufsichtsamtes Stuttgart konnten keine eindeutigen Quellen ermit-

telt werden. Zeitgleich mit zunächst regionalen und später auch überregionalen Zeitungsmeldungen zum Brummtton-Phänomen, wurden auch aus anderen Landesteilen Beschwerden über das Auftreten eines tieffrequenten Brummttons vorgetragen. Damit verbunden wurde in der Öffentlichkeit die Frage aufgeworfen, ob dieser Brummtton möglicherweise eine gemeinsame Ursache hat.

Im Januar 2001 beauftragte das Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (UVM) die Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU) in Karlsruhe mit der Recherche nach ähnlichen Fällen, deren wissenschaftliche Beurteilung sowie der Erstellung eines Verfahrenskonzeptes für ggf. notwendige weiterführende Untersuchungen.

Im Mai 2001 fand dazu ein Treffen von Vertretern des UVM, des Sozialministeriums, des Staatlichen Gewerbeaufsichtsamtes Stuttgart und der LfU statt. Hierbei wurde das weitere Vorgehen vereinbart.

- Aus den eingegangenen Beschwerden sollten zur weiteren Problemanalyse 10 bis 15 geeignete Fälle ausgewählt werden. Anschließend waren die ausgewählten Personen zu informieren und um deren Mitarbeit bei der Klärung des Phänomens zu bitten.
- Zur Klärung der Frage, ob der Brummtton durch Luft- oder Bodenschwingungen hervorgerufen wird, sollten in deren Wohnungen von der LfU Schall- und Erschütterungsmessungen durchgeführt werden. Die in Zusammenhang mit dem Stromnetz vorhandenen Magnetfelder wurden mit erfasst.
- Das Gehör der ausgewählten Personen sollte an der HNO-Klinik der Universität Tübingen einer medizinisch-physiologischen Untersuchung unterzogen werden. U. a. sollten die Untersuchungsergebnisse auch Aussagen zum individuellen Hörvermögen im tieffrequenten Bereich enthalten. Die Ergebnisse der Messungen und der medizinischen Untersuchung soll



ten zusammengeführt werden. Soweit möglich sollten Aussagen zu den tatsächlichen Einwirkungen und zu deren Quellen abgeleitet werden.

Die Auswahl der Messorte konnte Ende Juli 2001 abgeschlossen werden. Die Messungen fanden von August bis November 2001 in den Wohnungen der ausgewählten Personen statt.

Der vorliegende Bericht stellt die Ergebnisse der Messungen vor. Gleichzeitig werden die gemessenen Schallpegel, den an der HNO-Klinik der Universität Tübingen ermittelten individuellen Hörschwellen gegenüber gestellt.

### 3 Auswahl der Messorte

Zur Vorbereitung der Auswahl der maximal 15 Untersuchungsorte wurden nach Sammlung und Sichtung aller bis dahin eingegangener Meldungen im Juni 2001 an 33 Bürger Fragebögen verschickt.

Dabei wurden vorrangig solche Beschwerdefälle berücksichtigt, bei denen vorab lokale Quellen, wie Hausinstallationen oder gewerbliche Anlagen in der Umgebung, als Verursacher von tieffrequenten Geräuscheinwirkungen ausgeschlossen werden konnten.

Die mit den Fragebögen erhobenen Angaben ermöglichten einerseits die akustischen Gegebenheiten des unmittelbaren Wohnumfeldes genauer zu erfassen, andererseits aber auch zu charakterisieren, wie der Brummtton subjektiv wahrgenommen wird.

Zusammen mit den Fragebögen erhielten die angeschriebenen Personen Informationen zum geplanten Ablauf der physikalischen Messungen sowie zu Art und Umfang der ebenfalls vorgesehenen medizinischen Untersuchungen an der HNO-Klinik der Universität Tübingen.

Insgesamt wurden 22 Fragebögen beantwortet. Zwei Personen teilten mit, dass der Brummtton zwischenzeitlich nicht mehr wahrnehmbar sei. Auf

der Grundlage der eingegangenen Antwortschreiben wurden Ende Juli 2001 insgesamt 13 geeignet erscheinende Messorte in ganz Baden-Württemberg ausgewählt.

Dabei wurden versucht, nur Wohnungen zu berücksichtigen, deren Inhaber sich bereit erklärten, während der Messungen störende Hausinstallationen (elektrische Verbraucher, Heizungsanlagen etc.) abzuschalten und zusätzlich versicherten, sich den geplanten medizinischen Untersuchung zu unterziehen.

Die Messpunkte waren in Baden-Württemberg verteilt, wobei 2 im Regierungsbezirk Freiburg, 3 im Regierungsbezirk Karlsruhe, 5 im Regierungsbezirk Stuttgart und 3 im Regierungsbezirk Tübingen lagen.

### 4 Messgrößen und verwendete Messgeräte

Folgende physikalischen Größen wurden messtechnisch erfasst:

- der Schalldruckpegel im Frequenzbereich von 3 Hz bis 20 000 Hz
- die Schwinggeschwindigkeit des Bodens im Frequenzbereich von 1 Hz bis 314 Hz
- die magnetische Flussdichte im Frequenzbereich von 10 Hz bis 2 500 Hz

Die Schallmessungen wurden mit Kondensator-Mikrofonen durchgeführt (Abbildung 1).

Diese Mikrofone sind genau, sehr empfindlich und können Schallschwingungen über einen weiten Frequenzbereich erfassen. Bei diesem Mikrofontyp wird eine elektrisch geladene Metallmembran durch die Schallwellen zum Schwingen gebracht.

Die dadurch bewirkte geringfügige Ladungsänderung wird elektronisch verstärkt und das verstärkte Spannungssignal anschließend dem eigentlichen Messgerät zugeführt. Dieses ermittelt die



Abbildung 1: Bei der Messung verwendetes Kondensator-Mikrofon

Frequenzzusammensetzung des momentanen Geräusches und bestimmt für die einzelnen Frequenzbereiche<sup>1</sup> sowie für das Gesamtsignal die momentanen Werte des Schalldruckpegels<sup>2</sup>. Die Ergebnisse werden 10 mal pro Sekunde abgespeichert und können direkt vor Ort oder auch nachträglich ausgewertet werden. Gleichzeitig wurden digitale Tonbandaufnahmen mit einem DAT-Recorder gemacht, sodass das Originalgeräusch ohne Qualitätsverlust bei Bedarf im Labor weiter untersucht werden konnte.

Abbildung 2 zeigt die komplett aufgebauten Messgeräte.

Bei der Messung niedriger Schallpegel muss das Eigenrauschen des Mikrofons und der Messgeräte beachtet werden. Unabhängig von Einwirkung durch Schallschwingungen können auch empfindliche Geräte intern kleine Signale erzeugen und diese den eigentlichen Messsignalen überlagern.

Tendenziell kann dies zu überhöhten, bei kleinen Schallschwingungen zu grundlegend falschen, Messergebnissen führen. Bei der Auswahl der verwendeten Geräte wurde deshalb - neben der hohen Empfindlichkeit - besonders auf ein geringes Eigenrauschen geachtet.

Die hohe Empfindlichkeit und das geringe Rauschen der Messgeräte reichte aus, um in einzelnen Frequenzbereichen Schallpegel von weniger als 0 dB nachzuweisen. Das entspricht einer Schallintensität von  $0,000\ 000\ 000\ 001\ \text{W/m}^2$ . Eine vergleichbare Intensität wird durch das Licht einer 100 W Glühbirne in 630 km Entfernung hervorgerufen.

Zur Erfassung der Erschütterungen kamen Schwinggeschwindigkeitsaufnehmer zum Einsatz (Abbildung 3). Bei ihnen befindet sich eine frei bewegliche Spule im Magnetfeld eines Dauermagneten. Durch Erschütterungen hervorgerufene Bewegungen der Spule erzeugen Spannungssignale, die weiter verstärkt und dann durch einen

<sup>1</sup> Terzbandfrequenzen nach DIN EN 61260

<sup>2</sup> mit der Zeitbewertung FAST nach DIN EN 60651





Abbildung 2: Schallmessgeräte

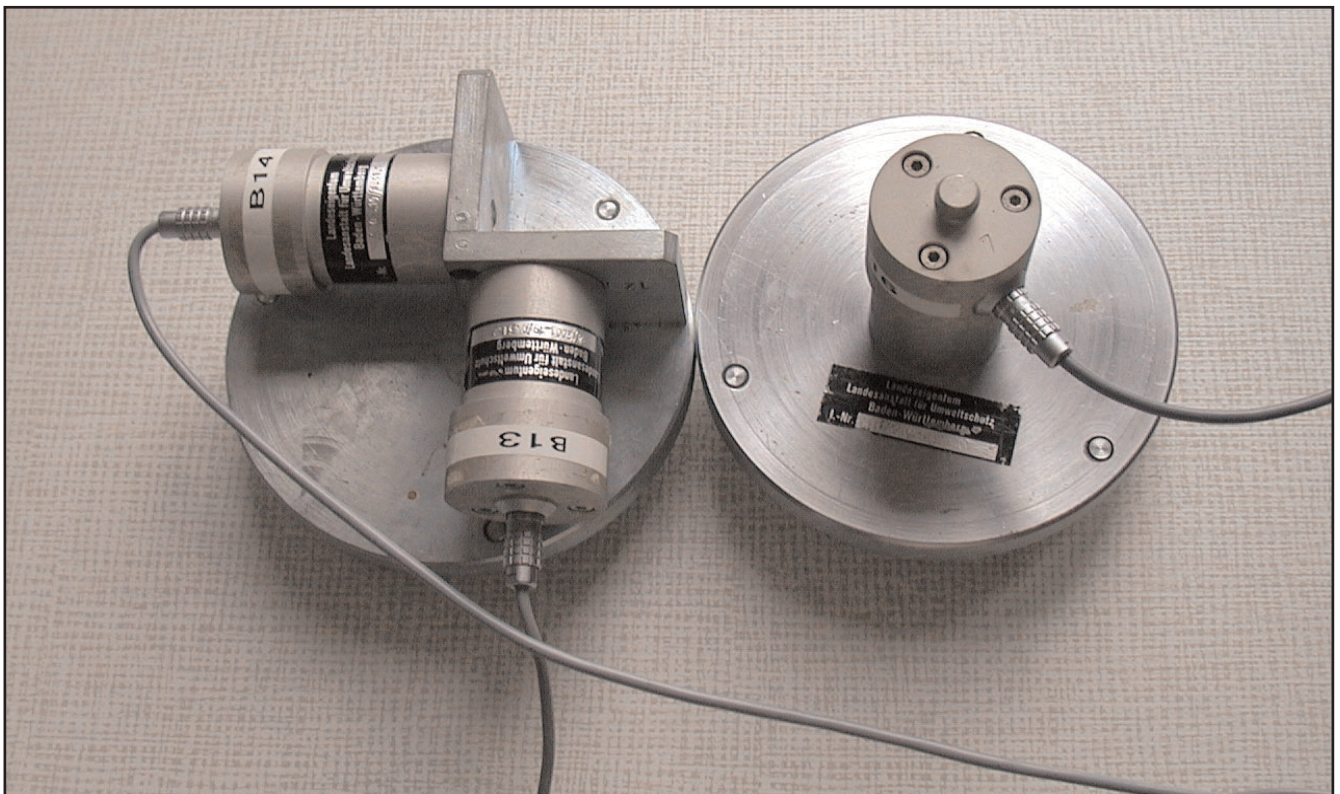


Abbildung 3: Aufnehmer zur Messung der Schwinggeschwindigkeit





Abbildung 4: Messplatz für die Schwingungsmessung

AD-Wandler digitalisiert werden. Die Messwerte werden an einen PC übertragen (siehe Abbildung 4) und können dort direkt ausgewertet oder für eine spätere Auswertung abgespeichert werden. Da nur Bewegungen in Richtung der Spulenachsen zu einem Signal führen, werden zur vollständigen Erfassung der Erschütterungen drei Aufnehmer verwendet.

Das Mess-System registriert Erschütterungen mit Frequenzen zwischen 1 Hz und 314 Hz, wobei noch Schwinggeschwindigkeiten von 0,001 mm/s nachweisbar sind. Das entspricht bei einer Frequenz von 16 Hz einer Bewegung des Bodens um 0,00001 mm (rund 100 Atomdurchmesser).

Bei der Magnetfeldmessung fanden als Messwertaufnehmer drei senkrecht aufeinander stehende Induktionsspulen mit einer Messfläche von je 100 cm<sup>2</sup> Verwendung (siehe Abbildung 5).

Die darin induzierten Spannungen sind proportional zur magnetischen Flussdichte und damit ein Maß für die Stärke des Magnetfeldes. Die Nachweisgrenze beträgt 0,001  $\mu$ T, der Messbereich erstreckt sich bis zu einem Maximalwert von

10000  $\mu$ T. Mit den verwendeten Spulen können Wechselfelder im Frequenzbereich von 10 bis 2500 Hz nachgewiesen werden.

Neben der Gesamtfeldstärke wurde auch der Anteil der einzelnen Frequenzen mit einer Bandbreite von 10 Hz bestimmt. Die Messungen erfolgten automatisch in Abständen von einer Minute.

## 5 Vorgehensweise bei der Messung

Für die Schallmessungen wurden die beiden Mikrofone (je ein Aufnehmer für die Schallpegelmessung und die digitale Tonaufnahme) in dem Raum und an der Stelle der Wohnung aufgestellt, an dem nach Angaben der Bewohner der Brummtton von ihnen am deutlichsten wahrnehmbar war.

Um Störungen der Messung durch die Gerätetechnik oder durch anwesende Personen zu vermeiden, wurden die Messgeräte in anderen Wohnbereichen installiert.



Abbildung 5: Messsystem zur automatischen Magnetfeldmessung

Die Fenster und Türen der Räume, in denen die Messmikrofone aufgestellt waren, wurden im Messzeitraum geschlossen. Weiterhin hielten sich während der Messungen keine Personen in diesen Räumen auf.

Soweit notwendig, waren Heizungsanlagen und das Stromnetz der Wohnungen bzw. der Gebäude abgeschaltet. Lediglich die elektrische Versorgung der Messgeräte musste gewährleistet sein.

Zwischen den Einzelmessungen wurden die Anwohner gebeten mitzuteilen, ob der Brummton in den Messräumen von ihnen wahrgenommen werden kann.

Zur Kontrolle wurde das Mikrofonsignal verstärkt und einem hochwertigen Kopfhörer zugeführt. Damit konnten auch solche Geräusche hörbar gemacht werden, die auf Grund ihres geringen Pegels direkt nicht hörbar waren.

Vor Ort konnte mit den Messungen erst begonnen werden, nachdem alle sonstigen Umgebungsgeräusche weitgehend abgeklungen waren. Dies war oft erst nach Mitternacht der Fall.

Aber auch dann ließ es sich nicht vermeiden, dass die etwa 10 bis 15 Minuten dauernden Einzelmessungen gestört wurden, beispielsweise durch Verkehrsgerausche oder Geräusche aus Nachbarwohnungen.

Das Auftreten solcher Störgeräusche wurde protokolliert, um diese bei der späteren Auswertung ausschließen zu können. Die Einzelmessungen wurden mehrfach wiederholt. Der Zeitraum für gesamte Messung betrug an jedem Messort etwa 1 bis 2 Stunden.

Die Erfassung der Erschütterungen fand im selben Raum wie die Schallmessungen statt. Die beiden Aufnehmer für horizontale Schwingungen wurden in Wandnähe (in der Regel eine Außenwand), der



Aufnehmer für vertikale Schwingungen in Raummitte positioniert.

An diesen Messpunkten sind nach den Erfahrungen der LfU die stärksten Schwingungen zu erwarten. Falls sich diese Messorte nicht bereits im Kellergeschoss befanden, wurden weitere Erschütterungsaufnehmer im Keller direkt auf das Hausfundament aufgestellt.

Damit konnte überprüft werden, ob eventuell vorhandene Schwingungen von außen in das Gebäude eingetragen oder im Haus selbst erzeugt wurden.

Während der Einzelmessungen sollten sich die in der Wohnung anwesenden Personen nicht bewegen. Die Zeiten der Einzelmessungen wurden protokolliert und festgestellte Besonderheiten schriftlich festgehalten. Erschütterungsmessungen konnten bereits durchgeführt werden, wenn wegen vorherrschender Störgeräusche keine Schallmessungen möglich waren. Davon unabhängig, wurden Schwingungsmessungen auch immer zeitlich parallel zu den Schallmessungen durchgeführt.

Auch die Magnetfeldmessungen wurden in den Räumen durchgeführt, in denen die Schallpegel gemessen wurden. Das Messgerät befand sich in einem Plastikkoffer, der direkt neben dem Mikrofonstativ positioniert wurde. Die Messung vor Ort wurde stets vor den Schall- und Erschütterungsmessungen gestartet und lief - ohne weitere Eingriffe - bis zum Ende der Messaktion.

## 6 Vorgehensweise bei der Auswertung

Bei der Auswertung der Schallmessungen werden nur solche Zeiträume berücksichtigt, in denen die für die Untersuchung ausgewählten Personen tieffrequente Geräuscheinwirkungen in ihrer Wohnung wahrnehmen und gleichzeitig keine Störgeräusche vorhanden sind.

Diese Zeiten können mit Hilfe der Messprotokolle sowie der digitalen Bandaufnahmen identifiziert werden. Aus den vor Ort abgespeicherten Momentanschallpegeln (10 Werte pro Sekunde) werden für jeden Frequenzbereich der (energetische) Mittelwert<sup>3</sup> gebildet. Man erhält damit ein Maß für die mittlere Lautstärke während der Messzeit.

Ein zusätzliches Charakterisierungsmerkmal der akustischen Einwirkungen stellt die ermittelte Schwankungsbreite der Messwerte dar. Als Obergrenze des Schwankungsbereichs wurde derjenige Pegel definiert, der zu 5 Prozent der Messzeit<sup>4</sup> überschritten wird.

Die untere Grenze des Schwankungsbereichs entspricht dem Pegel, der zu 5 Prozent der Messzeit<sup>5</sup> unterschritten wird. Während 90 Prozent der Messzeit liegt somit der momentane Pegel zwischen diesen beiden Werten.

Bei der Erschütterungsmessung wird die Messzeit in Abschnitte von je 30 Sekunden unterteilt. Für jeden Abschnitt wird der Maximalwert der gemessenen Schwinggeschwindigkeit sowie die sogenannte "bewertete Schwingstärke  $KB_F$ "<sup>6</sup> ermittelt. Bei der bewerteten Schwingstärke wird die unterschiedliche Empfindlichkeit des Menschen für verschiedene Schwinggeschwindigkeiten berücksichtigt.

Sie ist ein direktes Maß für die Erschütterungswahrnehmung. Für die Auswertung werden ebenfalls nur solche Zeiten berücksichtigt, in denen das Messsignal störungsfrei aufgezeichnet werden kann.

Für die Auswertung der Magnetfeldmessung werden alle Messungen des Gesamtzeitraums herangezogen. Es wird sowohl der (energetische) Mittelwert für das Gesamtfeld als auch für die einzelnen Frequenzbereiche berechnet.

<sup>3</sup> Es wurde der äquivalente Dauerschallpegel  $L_{TerzFeq}$  nach DIN 45641 gebildet.

<sup>4</sup> Überschreitungspegel  $L_{F5\%}$  ( $L_5$ ) nach DIN 45657

<sup>5</sup> Überschreitungspegel  $L_{F95\%}$  ( $L_{95}$ ) nach DIN 456575

<sup>6</sup> Bewertete Schwingstärke  $KB_F$  nach DIN 4150-2



## 7 Hörschwellen und Wahrnehmungsschwellen

Um hörbar zu sein, muss ein Ton eine gewisse Mindestlautstärke haben, die von dessen Frequenz abhängt. Diese Mindestlautstärke wird als Hörschwelle bezeichnet. Angaben über die Hörschwelle eines durchschnittlich guten Gehörs finden sich in der Norm DIN 45680<sup>7</sup>.

Da das Hörvermögen individuell verschieden ist, wurden durch die HNO-Klinik der Universität Tübingen an den für die Untersuchung ausgewählten Personen entsprechende Untersuchungen durchgeführt.

Dadurch wurde festgestellt, inwieweit das Hörvermögen der einzelnen Personen besser oder schlechter als der Durchschnitt ist. Bei drei Personen wurde aus medizinischen Gründen nur auf einer Seite die Hörschwelle bestimmt. In einem Fall wurde auf eine Hörschwellenbestimmung vom Dezember 2000 an der HNO-Klinik der Universität Tübingen zurückgegriffen.

Auch die Wahrnehmungsschwelle von Bodenschwingen, Erschütterungen, ist individuell verschieden. Dabei ist die Schwelle abhängig von der Intensität der Schwingung, der Schwingfrequenz und der Einwirkungsrichtung.

Diese Einflüsse wurden in Laborversuchen untersucht und daraus vereinfachte Verfahren zum Umgang mit Schwingungseinwirkung auf den Menschen abgeleitet. Die durchschnittliche Wahrnehmungsschwelle liegt laut DIN 4150-2 bei einem Wert für bewerteten Schwingstärke  $KB_F$  von 0,1 bis 0,2.

## 8 Ergebnisse

Für jeden Messort werden die Ergebnisse der Schallmessung für Frequenzen bis 500 Hz in einem Diagramm wiedergegeben. Geräusche mit höheren Frequenzen werden nicht als tieffrequent wahrgenommen, daher wird auf die Darstellung

der Resultate für diesen Frequenzbereich verzichtet.

Im Diagramm ist der mittlere Schallpegel als dicke schwarze Kurve dargestellt. Zusätzlich wird durch zwei graue Kurven (durchgezogen und unterbrochen) die Schwankungsbreite des gemessenen Pegels wiedergegeben.

Während 90 % der Messzeit lag der Pegel zwischen diesen beiden Kurven. Als gelbe Kurve ist die mittlere Hörschwelle nach der Norm DIN 45680 in dem Diagramm wiedergegeben. Die individuelle Hörschwelle ist als rote Kurve für das rechte Ohr und als blaue Kurve für das linke Ohr dargestellt.

Generell wurden bei den Schallmessungen sehr niedrige Pegel festgestellt. Nur an zwei Orten (Messort E und Messort M, Schlafzimmer) überschritten die gemessenen Werte bei Frequenzen unter 500 Hz die durchschnittliche Hörschwelle. Dies waren die einzigen Orte, an denen während der Messung auch die Bediensteten der Landesanstalt für Umweltschutz Geräusche wahrnehmen konnten.

Mit einer Ausnahme (Messort E) nahmen alle in die Untersuchung einbezogenen Personen während der Messungen den Brummtton wahr. Ein Vergleich der gemessenen Schallpegel mit den an der HNO-Klinik der Universität Tübingen ermittelten individuellen Hörschwellen ergibt für die verbleibenden 12 Orte folgendes:

In sechs Fällen (Messorte A, B, D, G, I und K) kann eine akustische Ursache für den Brummtton ausgeschlossen werden. In einem weiteren Fall (Messort C) erscheint eine akustische Ursache eher unwahrscheinlich, kann aber nicht sicher ausgeschlossen werden.

In zwei Fällen (Messorte J und M) wurden im Frequenzbereich oberhalb von 200 Hz Schallpegel gemessen, die von den Bewohnern der untersuchten Wohnung mit einem Ohr wahrgenommen werden

<sup>7</sup> Die DIN 45680 wird zur Beurteilung von tieffrequenten Geräuschen im Umweltschutz verwendet. Nach anderen Normen (DIN EN ISO389-7 vom Dezember 1998 und Normentwurf ISO/DIS 226 vom Juli 2001) liegt die Hörschwelle bei Frequenzen unter 500 Hz geringfügig höher.

können. Allerdings werden Geräusche mit diesen Frequenzen im allgemeinen nicht als tieffrequent empfunden. Deshalb bleibt zweifelhaft, ob der während der Messzeit wahrgenommene Brummtton wirklich durch die vorhandenen Geräusche hervorgerufen wurde.

Am Messort L wurde der Brummtton von drei Personen wahrgenommen und auch ähnlich beschrieben. Die Gehöruntersuchungen ergaben für zwei Personen ein überdurchschnittlich empfindliches Gehör. Es erscheint möglich, dass diese Personen während der Messung Geräusche (allerdings bei unterschiedlichen Frequenzen) wahrnehmen konnten. Für die dritte Person kann dies sicher ausgeschlossen werden. Es ist daher unsicher, ob an diesem Messort der Brummtton tatsächlich eine akustische Ursache hat.

In den letzten beiden Fällen (Messorte F und H) wurde ein überdurchschnittliches Hörvermögen für Frequenzen um 100 Hz bzw. 150 Hz festgestellt. Da in beiden Fällen die Schallpegel der gemessenen Geräusche oberhalb der individuellen Hörschwellen lagen, können die von diesen Personen geschilderten Brummttonwahrnehmungen auf akustische Einwirkungen zurückzuführen sein.

Die Ergebnisse der Erschütterungsmessungen werden getrennt für die drei Aufnehmer (einer für jede Raumrichtung) dargestellt. In der zweiten und dritten Zeile sind die Ergebnisse für waagrechte Schwingungen wiedergegeben.

Dabei sind die Schwingungen in Richtung der Längsachse des Gebäudes mit "horizontal (x)", in Richtung der Querachse mit "horizontal (y)" gekennzeichnet. In der vierten Zeile "vertikal (z)" stehen die Ergebnisse für die Schwingungen senkrecht zum Fußboden. Es werden die Werte für die größte gemessene Schwinggeschwindigkeit und die höchste bewertete Schwingstärke aufgeführt.

In der letzten Spalte wird die bewertete Schwingstärke mit der durchschnittlichen Wahrnehmungsschwelle<sup>8</sup> verglichen.

Die gemessenen Erschütterungseinwirkungen waren an allen Messorten sehr gering. Der höchste überhaupt festgestellte Messwert erreichte 7 Prozent der durchschnittlichen Wahrnehmungsschwelle. An 9 der 13 Messorte lag der Maximalwert unter 4 Prozent der Schwellenwerte.

Es ist unwahrscheinlich, dass so schwache Schwingungen subjektiv wahrgenommen werden können.

Bei allen Messungen wurde das Magnetfeld des öffentlichen Stromnetzes von den Geräten aufgezeichnet.

Hier wird bei ungestörtem Spannungsverlauf ein Feld mit einer Frequenz von 50 Hz erzeugt. Außerdem führen elektrische Geräte und Transformatoren des Leitungsnetzes zu Verzerrungen, durch die auch Felder mit Frequenzen von 150 Hz, 250 Hz, 350 Hz usw. entstehen.

In einigen Fällen konnte auch das Magnetfeld von Bahnanlagen gemessen werden. Es hat eine Frequenz von 16 2/3 Hz sowie ganzzahlige Vielfache dieses Wertes.

Nur an zwei Orten lag die mittlere Stärke des Magnetfelds über 0,1 µT. Messort J liegt in unmittelbarer Nähe einer Hochspannungsleitung. Hier wurde ein Mittelwert von 1,946 µT gemessen. Direkt an Messort E führt eine Bahnlinie vorbei.

Das Magnetfeld erreichte hier einen Wert von 0,353 µT. Aber auch an diesen beiden Orten werden die Grenzwerte für Magnetfelder deutlich unterschritten. Für 50 Hz-Felder (Stromnetz) beträgt dieser 100 µT, bei 16 2/3 Hz-Felder (Eisenbahnanlagen) sind es 300 µT.

Im Folgenden werden die Ergebnisse für die einzelnen Messorte sowie deren Bewertung dargestellt.

<sup>8</sup> Nach der DIN 4150-2 liegt die durchschnittliche Wahrnehmungsschwelle im Bereich von 0,1 bis 0,2. Für den Vergleich mit den Messergebnissen wird eine Wahrnehmungsschwelle von 0,1 angenommen

## Messort A

### Messzeitraum

28. August 2001 in der Zeit von 0:10 Uhr bis 3:00 Uhr.

### Bewertung der Messergebnisse

Die in der Wohnung gemessenen Schallpegel liegen im Frequenzbereich bis 500 Hz unterhalb der durchschnittlichen Hörschwelle nach DIN 45680.

Die Gehöruntersuchung an der HNO-Klinik der Universität Tübingen ergab für das rechte Ohr keine überdurchschnittliche Empfindlichkeit.

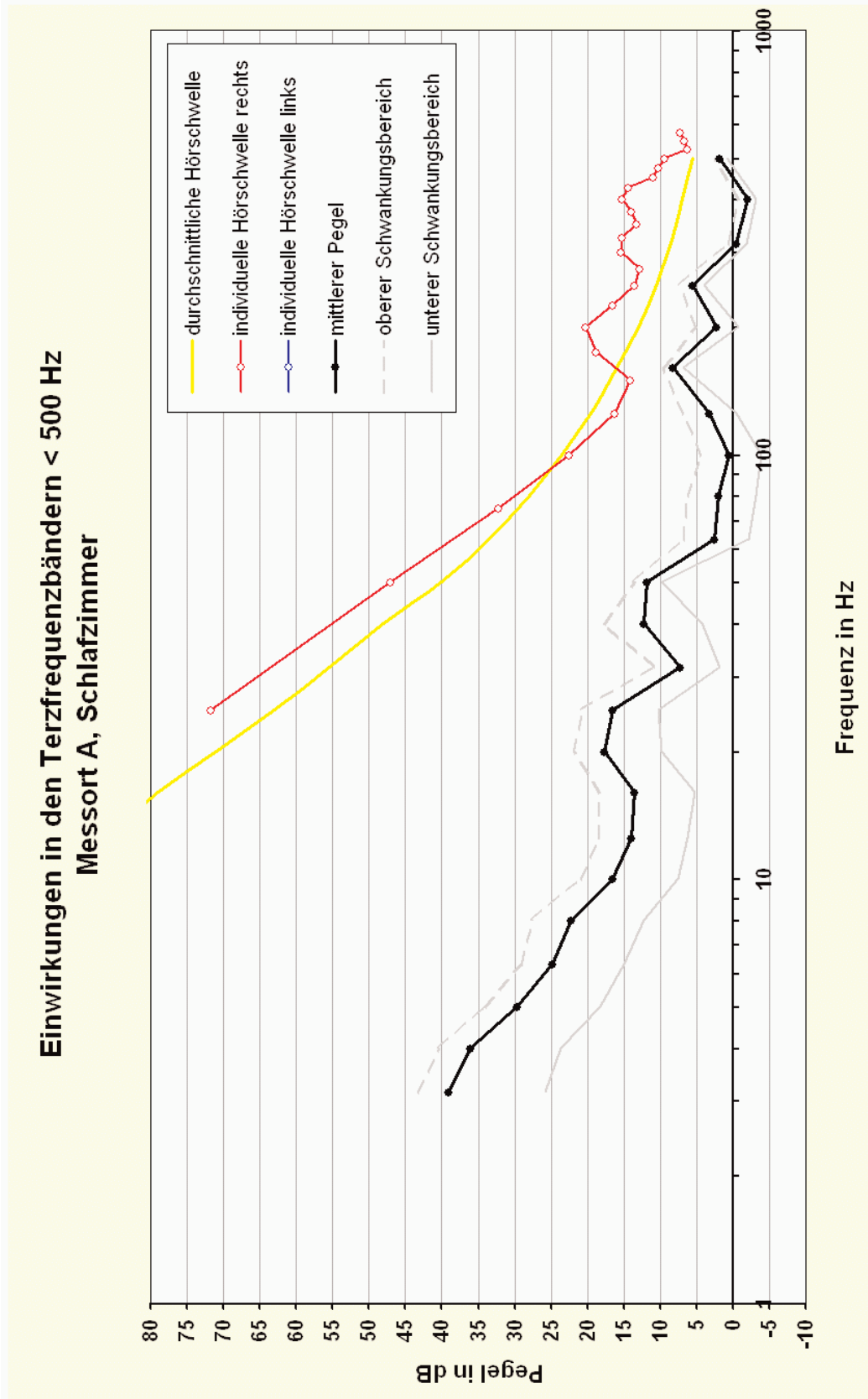
Aus medizinischen Gründen wurde das Hörvermögen links nicht weiter untersucht. Für alle Frequenzen liegen die gemessenen Schallpegel unter der ermittelten Hörschwelle. Daher ist es unwahrscheinlich, dass der während der Messzeit wahrgenommene Brummtton eine akustische Ursache hat.

Die bei der Erschütterungsmessungen festgestellten Schwingungen liegen weit unter der durchschnittlichen Wahrnehmungsschwelle. Es ist unwahrscheinlich, dass diese Schwingungen subjektiv wahrgenommen werden können.

Außer den durch die öffentliche Stromversorgung hervorgerufenen Magnetfeldern wurde auch das deutlich schwächere Magnetfeld einer nahegelegenen Bahnstrecke gemessen. Die gültigen Grenzwerte werden sehr deutlich unterschritten.



# Schallmessung am Messort A

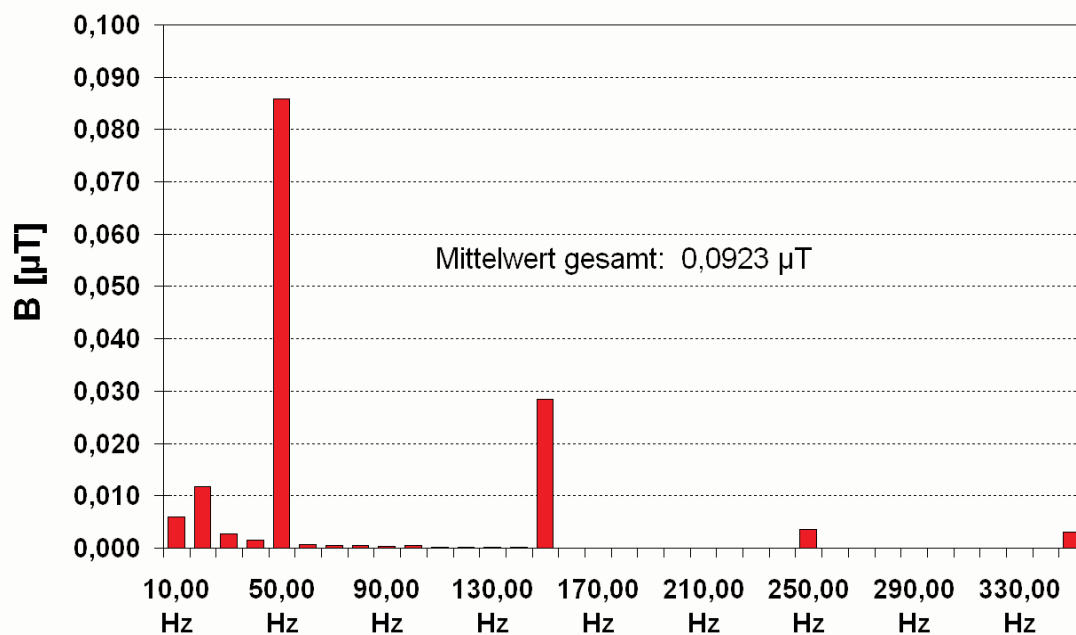


## Erschütterungsmessung am Messort A

Messrichtung	Maximalwerte der Schwinggeschwindigkeiten $v_{\max}$ (mm/sec)	Maximalwerte der bewerteten Schwingstärken $KB_{F\max}$	Maximale Einwirkungsstärken in % der durchschnittl. Wahrnehmungsschwelle
horizontal (x)	0,004	0,002	2 %
horizontal (y)	0,006	0,002	2 %
vertikal (z)	0,007	0,003	3 %

## Magnetfeldmessung am Messort A

### Mittelwerte der magnetischen Flussdichten



## Messort B

### Messzeitraum

19. Oktober 2001 in der Zeit von 00:30 Uhr bis 3:45 Uhr.

### Bewertung der Messergebnisse

Die in der Wohnung gemessenen Schallpegel liegen im Frequenzbereich bis 500 Hz unterhalb der durchschnittlichen Hörschwelle nach DIN 45680.

Die Gehöruntersuchung an der HNO-Klinik der Universität Tübingen ergab für beide Ohren keine überdurchschnittliche Empfindlichkeit.

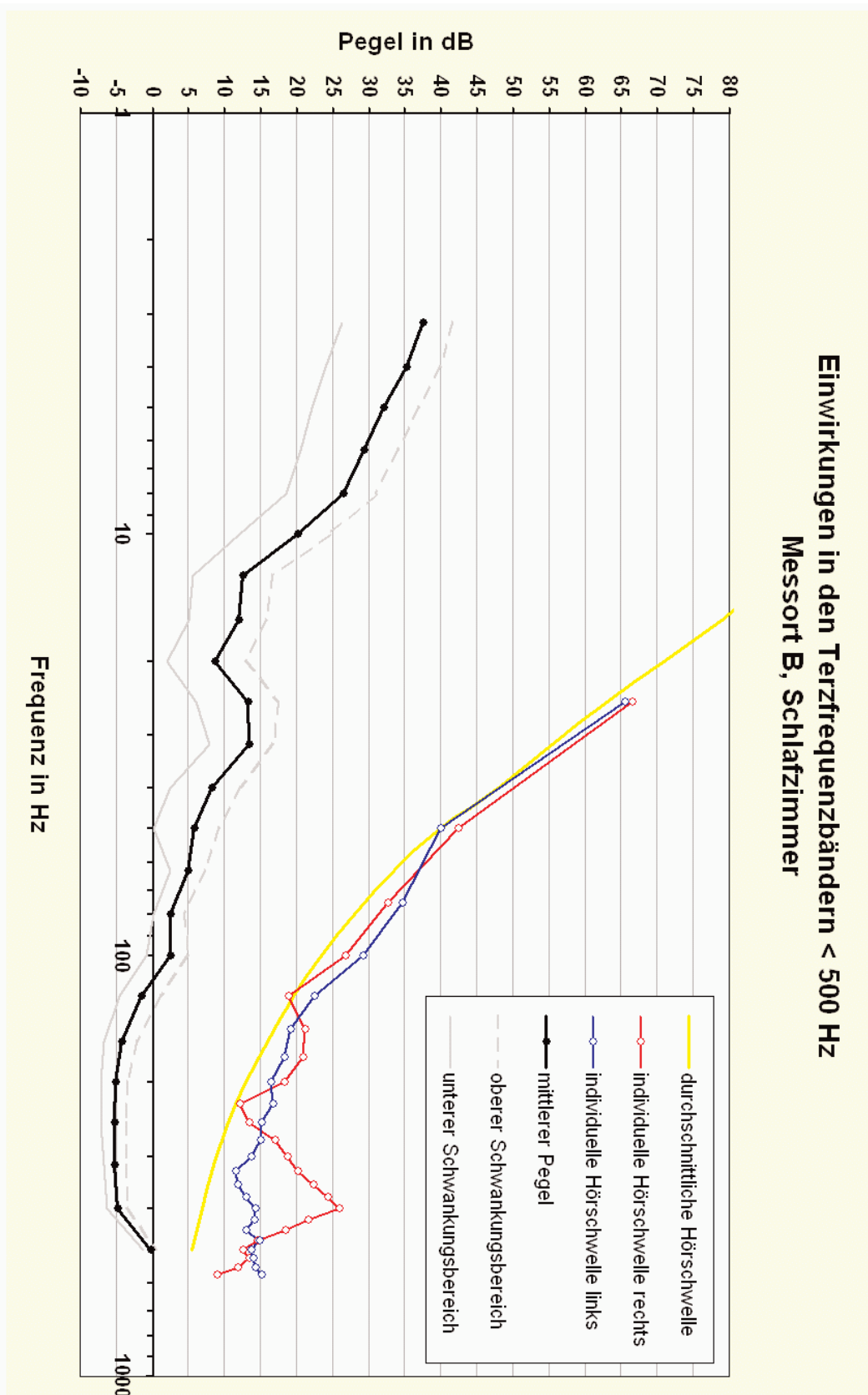
Für alle Frequenzen liegen die gemessenen Schallpegel deutlich unter der jeweils ermittelten Hörschwelle. Es kann daher ausgeschlossen werden, dass der während der Messzeit wahrgenommene Brummtönen eine akustische Ursache hat.

Die bei der Erschütterungsmessung festgestellten Schwingungen liegen weit unter der durchschnittlichen Wahrnehmungsschwelle. Es ist unwahrscheinlich, dass diese Schwingungen subjektiv wahrgenommen werden können.

Außer den durch die öffentliche Stromversorgung hervorgerufenen Magnetfeldern wurden keine weiteren Felder gemessen. Die Stärke liegt sehr deutlich unter den gültigen Grenzwerten.



## Schallmessung am Messort B

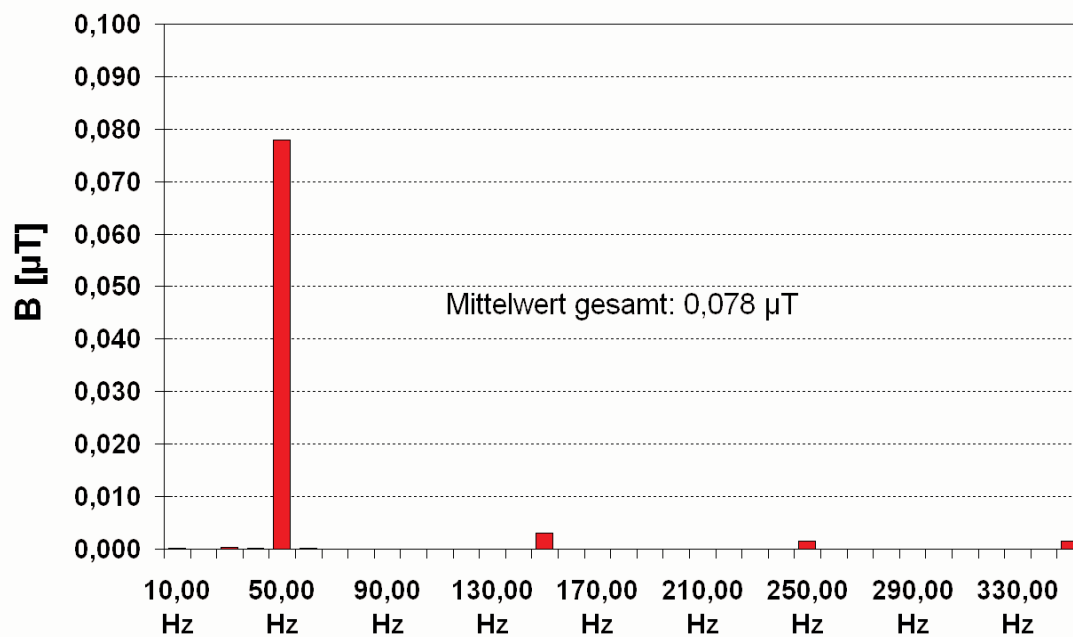


## Erschütterungsmessung am Messort B

Messrichtung	Maximalwerte der Schwinggeschwindigkeiten $v_{\max}$ (mm/sec)	Maximalwerte der bewerteten Schwingstärken $KB_{F\max}$	Maximale Einwirkungstärken in % der durchschnittl. Wahrnehmungsschwelle
horizontal (x)	0,002	0,001	1 %
horizontal (y)	0,003	0,002	2 %
vertikal (z)	0,003	0,001	1 %

## Magnetfeldmessung am Messort B

### Mittelwerte der magnetischen Flussdichten



## Messort C

### Messzeitraum

27. Oktober 2001 in der Zeit von 0:20 Uhr bis 3:30 Uhr.

### Bewertung der Messergebnisse

Die in der Wohnung gemessenen Schallpegel liegen im Frequenzbereich bis 500 Hz unterhalb der durchschnittlichen Hörschwelle nach DIN 45680.

Die Gehöruntersuchung an der HNO-Klinik der Universität Tübingen ergab für das rechte Ohr eine überdurchschnittliche Empfindlichkeit. Da die gemessenen Schallpegel die Hörschwelle nicht

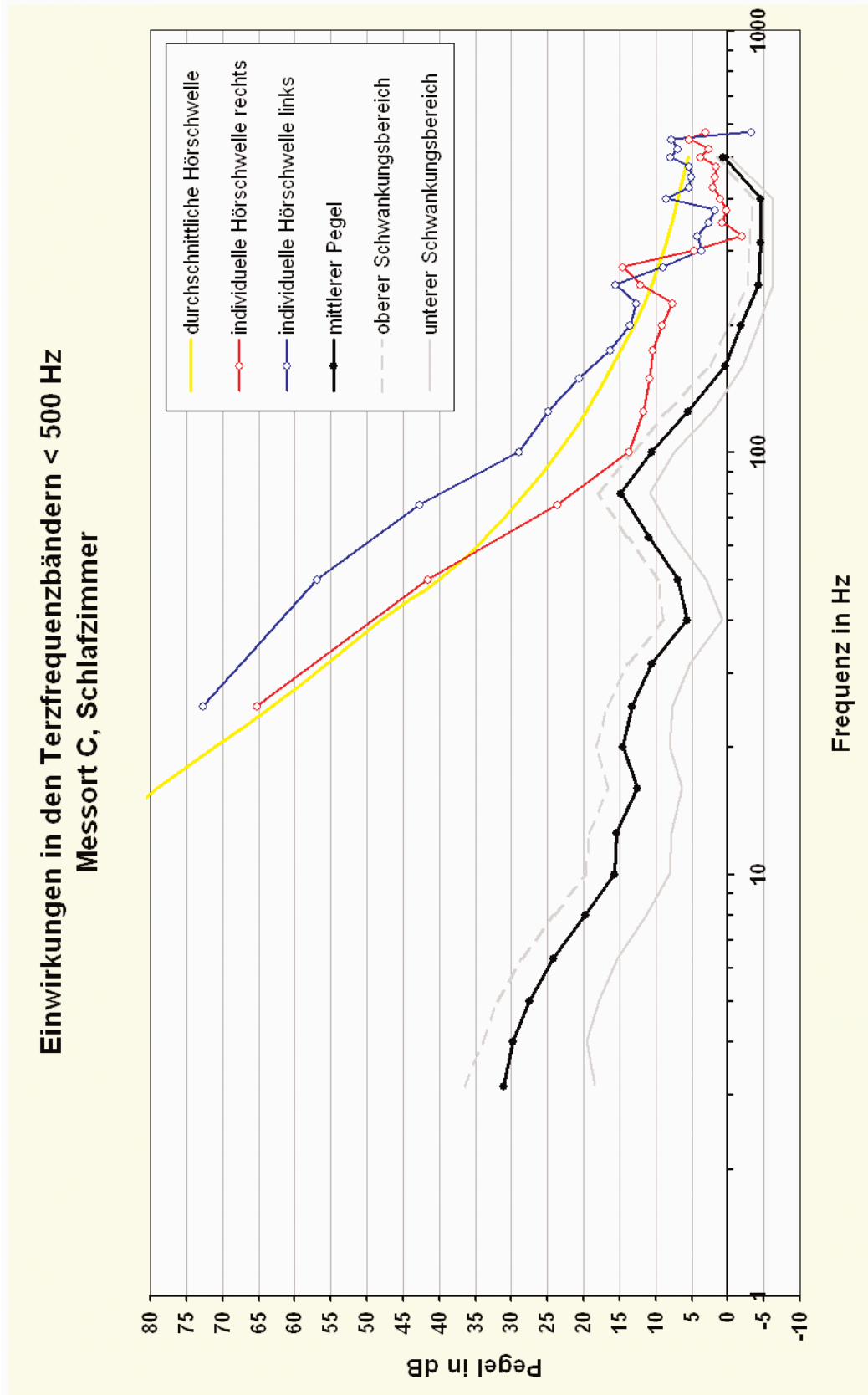
überschreiten, erscheint eine akustische Ursache für den Brummtton unwahrscheinlich.

Allerdings kann nicht sicher ausgeschlossen werden, dass im Messzeitraum - zumindest zeitweise - Töne im Frequenzbereich um 100 Hz mit dem rechten Ohr gehört werden konnten.

Die bei der Erschütterungsmessung festgestellten Schwingungen liegen weit unter der durchschnittlichen Wahrnehmungsschwelle. Es ist unwahrscheinlich, dass diese Schwingungen subjektiv wahrgenommen werden können.

Außer den durch die öffentliche Stromversorgung hervorgerufenen Magnetfeldern wurden keine weiteren Felder gemessen. Die Stärke liegt sehr deutlich unter den gültigen Grenzwerten.

# Schallmessung am Messort C



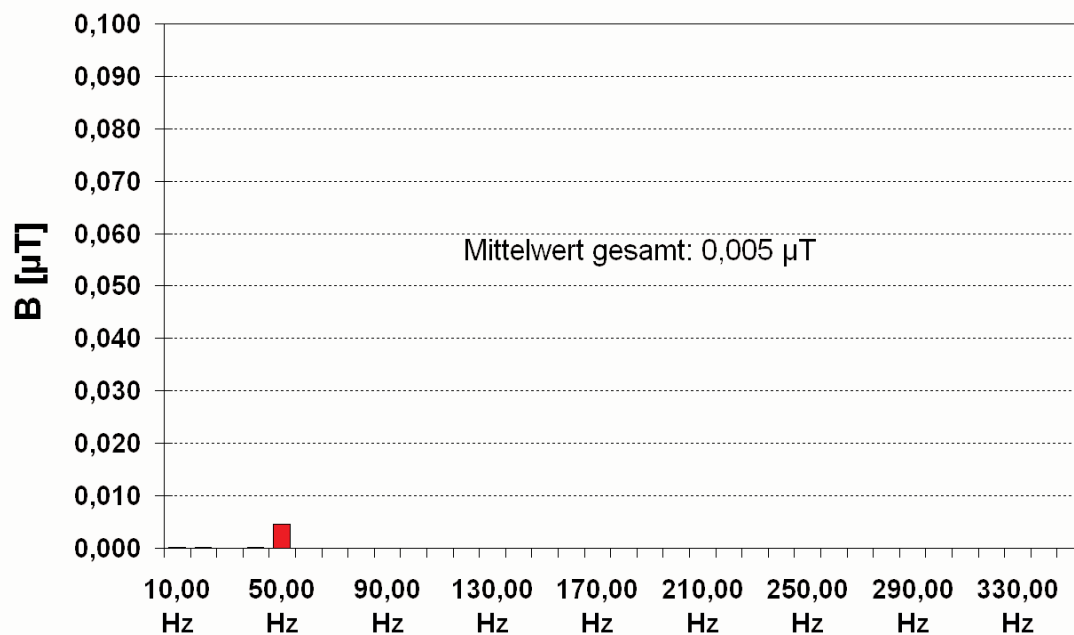


## Erschütterungsmessung am Messort C

Messrichtung	Maximalwerte der Schwinggeschwindigkeiten $v_{\max}$ (mm/sec)	Maximalwerte der bewerteten Schwingstärken $KB_{F\max}$	Maximale Einwirkungsstärken in % der durchschnittl. Wahrnehmungsschwelle
horizontal (x)	0,002	0,001	1 %
horizontal (y)	0,003	0,002	2 %
vertikal (z)	0,003	0,001	1 %

## Magnetfeldmessung am Messort C

### Mittelwerte der magnetischen Flussdichten



## Messort D

### Messzeitraum

14. auf 15. August 2001 in der Zeit von 23:50 Uhr bis 4:10 Uhr.

### Bewertung der Messergebnisse

Die in der Wohnung gemessenen Schallpegel liegen im Frequenzbereich bis 500 Hz unterhalb der durchschnittlichen Hörschwelle nach DIN 45680.

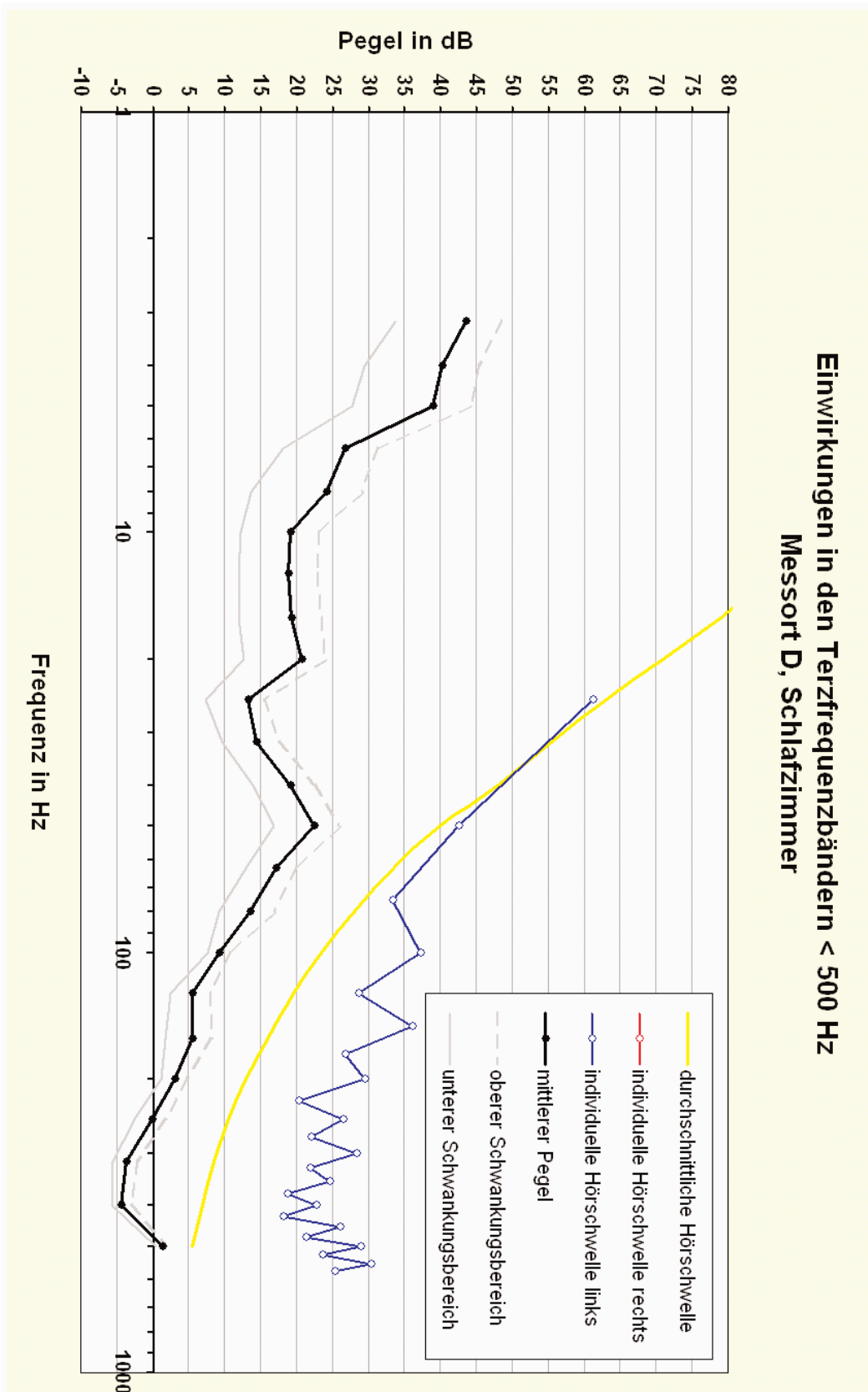
Die Gehöruntersuchung an der HNO-Klinik der Universität Tübingen ergab für das linke Ohr keine überdurchschnittliche Empfindlichkeit.

Aus medizinischen Gründen wurde das Hörvermögen rechts nicht weiter untersucht. Für alle Frequenzen liegen die gemessenen Schallpegel deutlich unter der ermittelten Hörschwelle. Es kann daher ausgeschlossen werden, dass der während der Messzeit wahrgenommene Brummtönen eine akustische Ursache hat.

Die bei der Erschütterungsmessung festgestellten Schwingungen liegen weit unter der durchschnittlichen Wahrnehmungsschwelle. Es ist unwahrscheinlich, dass diese Schwingungen subjektiv wahrgenommen werden können.

Außer den durch die öffentliche Stromversorgung hervorgerufenen Magnetfeldern wurden keine weiteren Felder gemessen. Die Stärke liegt sehr deutlich unter den gültigen Grenzwerten.

# Schallmessung am Messort D

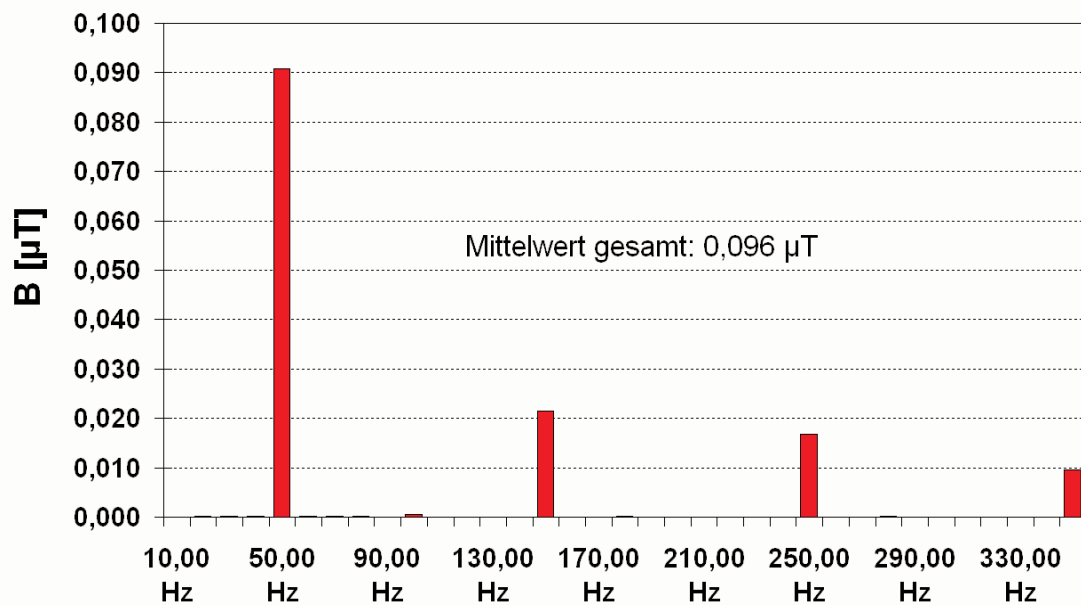


## Erschütterungsmessung am Messort D

Messrichtung	Maximalwerte der Schwinggeschwindigkeiten $v_{\max}$ (mm/sec)	Maximalwerte der bewerteten Schwingstärken $KB_{F\max}$	Maximale Einwirkungsstärken in % der durchschnittl. Wahrnehmungsschwelle
horizontal (x)	0,003	0,001	1 %
horizontal (y)	0,004	0,002	2 %
vertikal (z)	0,004	0,001	1 %

## Magnetfeldmessung am Messort D

### Mittelwerte der magnetischen Flussdichten





## Messort E

Die untersuchte Wohnung befand sich in einem Mehrfamilienhaus. Während der Messung konnte nur die Stromversorgung für diese Wohnung, aber nicht für das gesamte Gebäude abgeschaltet werden. Es ist daher nicht auszuschließen, dass auch Elektrogeräte (wie z.B. Kühlschränke) aus Nachbarwohnungen bei der Messung miterfasst wurden. Ebenso war es nicht möglich, die Zentralheizung während der Messung abzuschalten.

## Messzeitraum

02. Oktober 2001 in der Zeit von 0:00 Uhr bis 3:10 Uhr.

## Bewertung der Messergebnisse

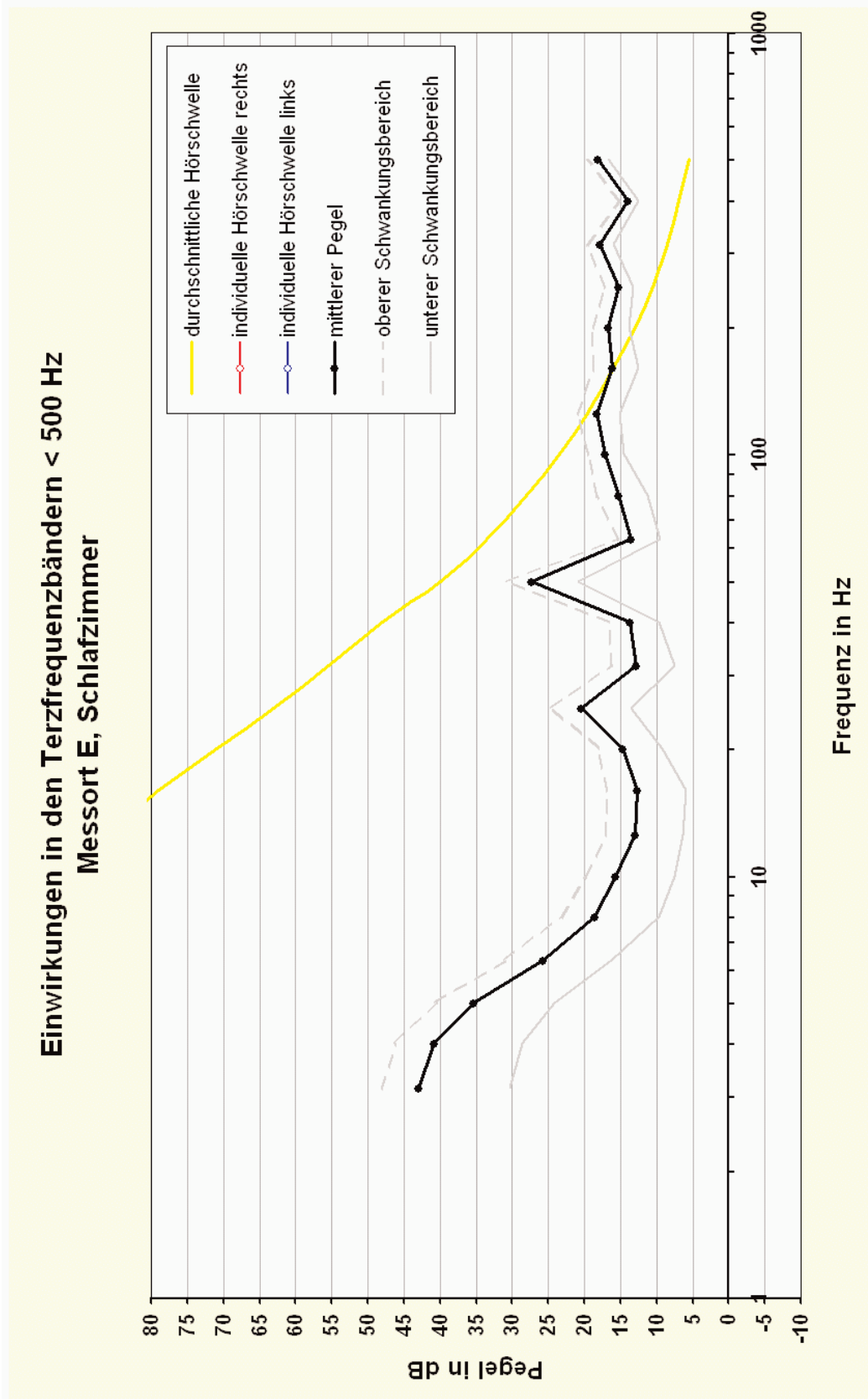
Die in der Wohnung gemessenen Schallpegel liegen im Frequenzbereich bis 125 Hz unterhalb der durchschnittlichen Hörschwelle nach DIN 45680.

Die Pegel bei höheren Frequenzen wurden durch Heizungsgeräusche verursacht. Diese Geräusche waren für alle anwesenden Personen deutlich hörbar. Da der Brummtton während der Messzeit nicht auftrat und auch keine Gehöruntersuchung an der HNO-Klinik der Universität Tübingen durchgeführt worden ist, können keine Aussagen zur Hörbarkeit des Brummttons oder dessen mögliche Ursache gemacht werden.

Die bei der Erschütterungsmessung festgestellten Schwingungen liegen weit unter der durchschnittlichen Wahrnehmungsschwelle. Es ist unwahrscheinlich, dass diese Schwingungen subjektiv wahrgenommen werden können.

Das gemessene Magnetfeld wird vor allem durch die Oberleitung der direkt benachbarten Bahnlinie hervorgerufen. Ein etwas geringerer Beitrag entsteht durch die öffentliche Stromversorgung. Die gültigen Grenzwerte werden deutlich unterschritten.

# Schallmessung am Messort E

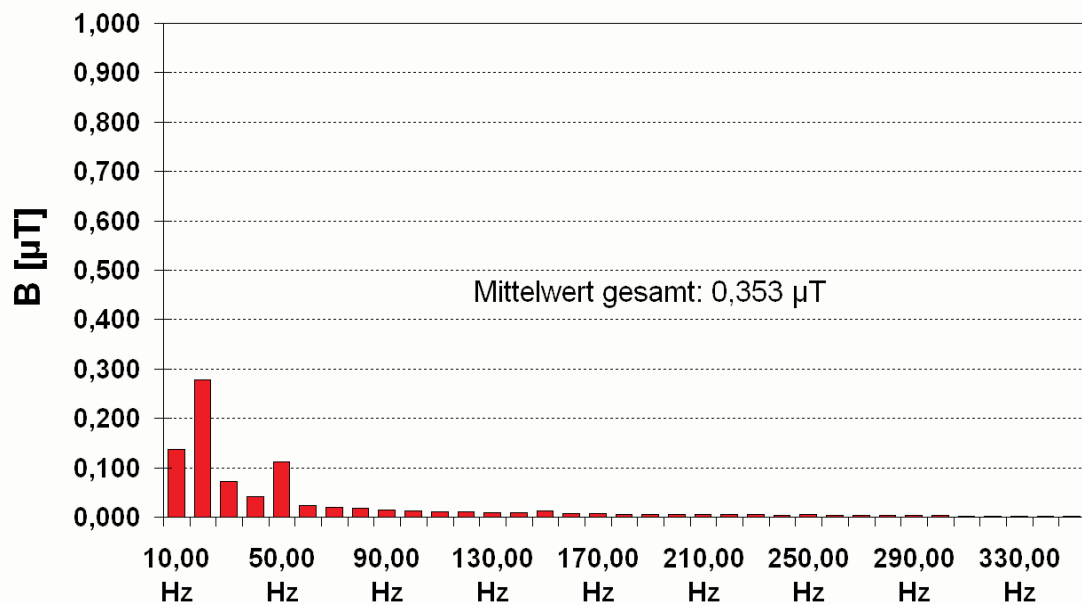


## Erschütterungsmessung am Messort E

Messrichtung	Maximalwerte der Schwinggeschwindigkeiten $v_{\max}$ (mm/sec)	Maximalwerte der bewerteten Schwingstärken $KB_{F\max}$	Maximale Einwirkungsstärken in % der durchschnittl. Wahrnehmungsschwelle
horizontal (x)	0,011	0,004	4 %
horizontal (y)	0,012	0,007	7 %
vertikal (z)	0,008	0,003	3 %

## Magnetfeldmessung am Messort E

Mittelwerte der magnetischen  
Flussdichten



## Messort F

### Messzeitraum

10. November 2001 in der Zeit von 0:10 Uhr bis 5:00 Uhr.

### Bewertung der Messergebnisse

Die in der Wohnung gemessenen Schallpegel liegen im Frequenzbereich bis 500 Hz deutlich unterhalb der durchschnittlichen Hörschwelle nach DIN 45680.

Die Gehöruntersuchung an der HNO-Klinik der Universität Tübingen ergab für das rechte Ohr im Tieftonbereich eine überdurchschnittliche Empfindlichkeit.

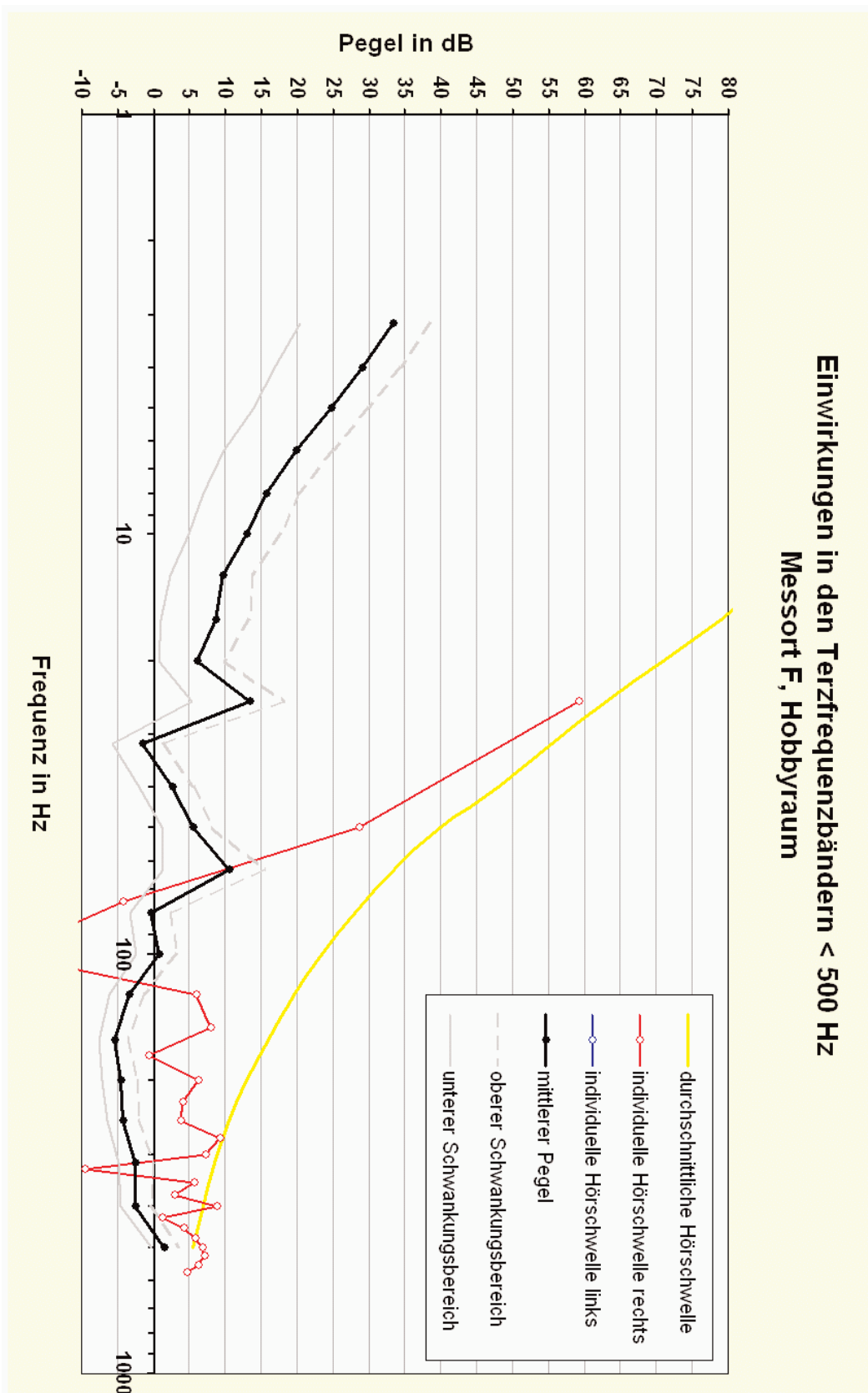
Insbesondere im Frequenzbereich von 75 bis 100 Hz ist die Hörschwelle stark erniedrigt. Da die Schallpegel der gemessenen Geräusche für diese Frequenzen oberhalb der Hörschwelle liegen, ist es plausibel, dass diese als Brummen hörbar sind. Das linke Ohr wurde nicht untersucht.

Die bei der Erschütterungsmessung festgestellten Schwingungen sind sehr gering und liegen weit unter der durchschnittlichen Wahrnehmungsschwelle. Es ist unwahrscheinlich, dass diese Schwingungen subjektiv wahrgenommen werden können.

Außer den durch die öffentliche Stromversorgung hervorgerufenen Magnetfeldern wurden sehr geringe Felder im Frequenzbereich von 10 bis 20 Hz gemessen. Diese stammen wahrscheinlich von einer Bahnstrecke in knapp 2 km Entfernung. Die Stärke liegt sehr deutlich unter den gültigen Grenzwerten.



## Schallmessung am Messort F

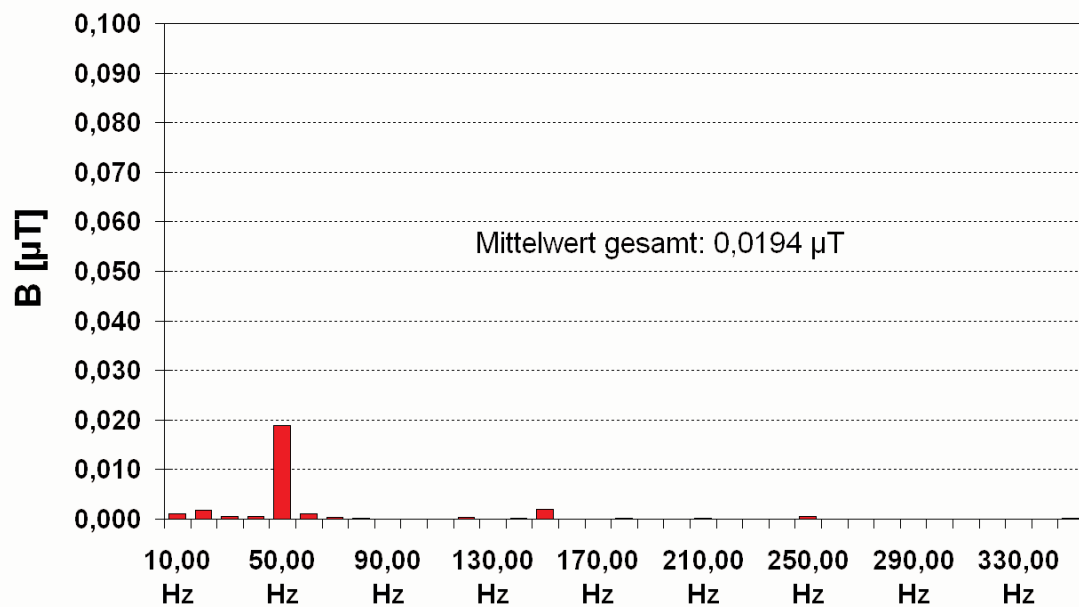


## Erschütterungsmessung am Messort F

Messrichtung	Maximalwerte der Schwinggeschwindigkeiten $v_{\max}$ (mm/sec)	Maximalwerte der bewerteten Schwingstärken $KB_{F\max}$	Maximale Einwirkungsstärken in % der durchschnittl. Wahrnehmungsschwelle
horizontal (x)	0,001	< 0,001	< 1 %
horizontal (y)	0,001	0,001	1 %
vertikal (z)	0,001	0,001	1 %

## Magnetfeldmessung am Messort F

### Mittelwerte der magnetischen Flussdichten



## Messort G

### Messzeitraum

18. auf 19. September 2001 in der Zeit von 23:45 Uhr bis 3:15 Uhr.

### Bewertung der Messergebnisse

Die in der Wohnung gemessenen Schallpegel liegen im Frequenzbereich bis 500 Hz unterhalb der durchschnittlichen Hörschwelle nach DIN 45680.

Die Gehöruntersuchung an der HNO-Klinik der Universität Tübingen ergab für beide Ohren keine überdurchschnittliche Empfindlichkeit.

Für alle Frequenzen liegen die gemessenen Schallpegel deutlich unter der jeweils ermittelten

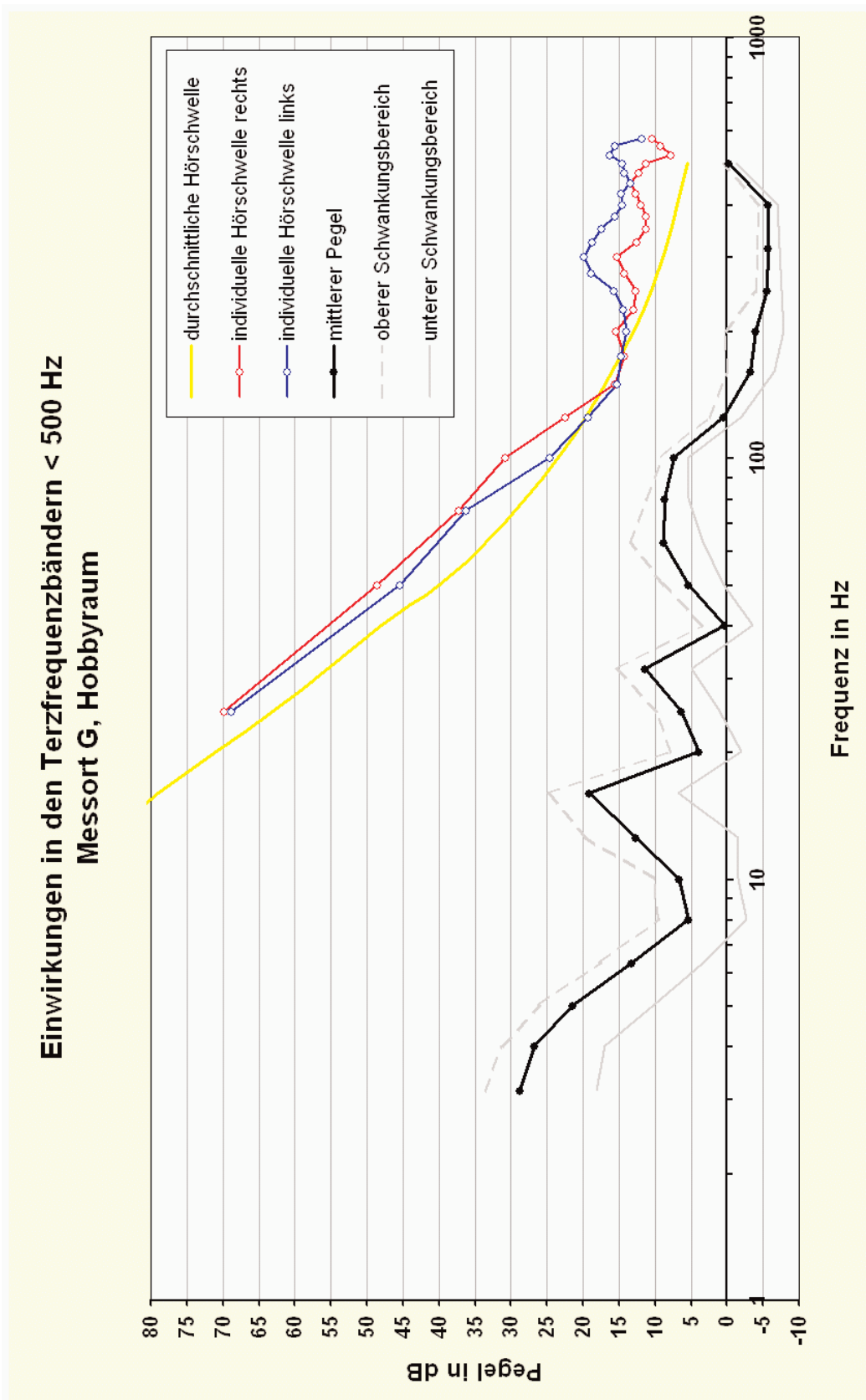
Hörschwelle. Es kann daher ausgeschlossen werden, dass der während der Messzeit wahrgenommene Brummtton eine akustische Ursache hat.

Die bei der Erschütterungsmessung festgestellten Schwingungen sind sehr gering und liegen weit unter der durchschnittlichen Wahrnehmungsschwelle. Es ist unwahrscheinlich, dass diese Schwingungen subjektiv wahrgenommen werden können.

Außer den durch die öffentliche Stromversorgung hervorgerufenen Magnetfeldern wurden sehr geringe Felder im Frequenzbereich von 10 bis 20 Hz gemessen.

Diese stammen wahrscheinlich von einer Bahnstrecke in rund 1 km Entfernung. Die Stärke liegt sehr deutlich unter den gültigen Grenzwerten.

# Schallmessung am Messort G

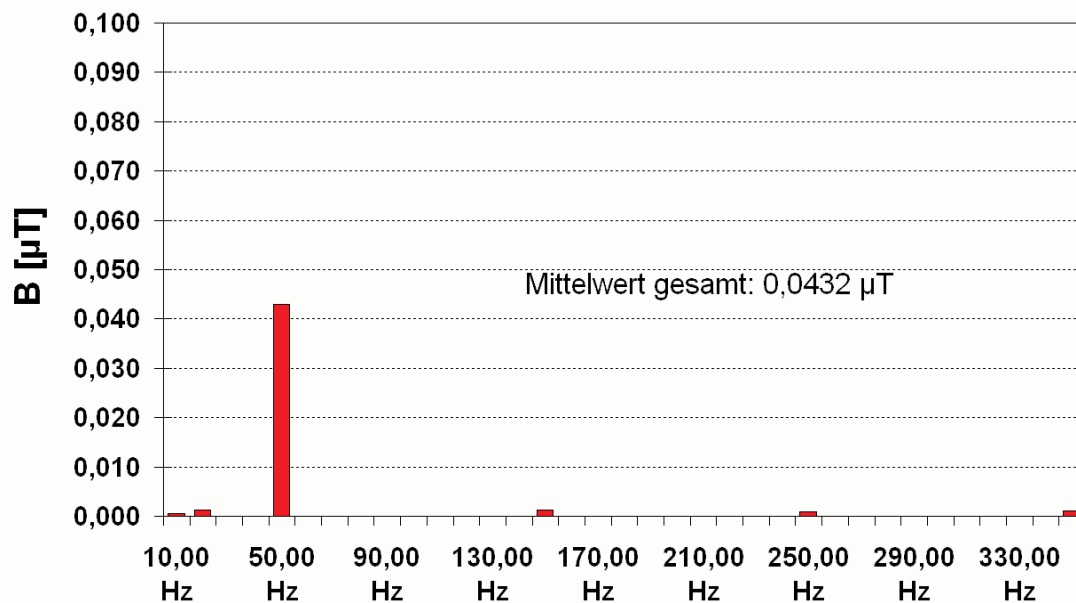


## Erschütterungsmessung am Messort G

Messrichtung	Maximalwerte der Schwinggeschwindigkeiten $v_{\max}$ (mm/sec)	Maximalwerte der bewerteten Schwingstärken $KB_{F\max}$	Maximale Einwirkungsstärken in % der durchschnittl. Wahrnehmungsschwelle
horizontal (x)	0,001	0,001	1
horizontal (y)	0,001	< 0,001	< 1
vertikal (z)	0,002	0,001	1

## Magnetfeldmessung am Messort G

### Mittelwerte der magnetischen Flussdichten





## Messort H

Die untersuchte Wohnung befand sich in einem Mehrfamilienhaus. Während der Messung konnte nur die Stromversorgung für diese Wohnung, aber nicht für das gesamte Gebäude abgeschaltet werden. Es ist daher nicht auszuschließen, dass auch Elektrogeräte (wie z.B. Kühlschränke) aus Nachbarwohnungen bei der Messung miterfasst wurden.

## Messzeitraum

01. auf 02. August 2001 in der Zeit von 22:15 Uhr bis 2:20 Uhr.

## Bewertung der Messergebnisse

Die in der Wohnung gemessenen Schallpegel liegen im Frequenzbereich bis 500 Hz unterhalb der durchschnittlichen Hörschwelle nach DIN 45680.

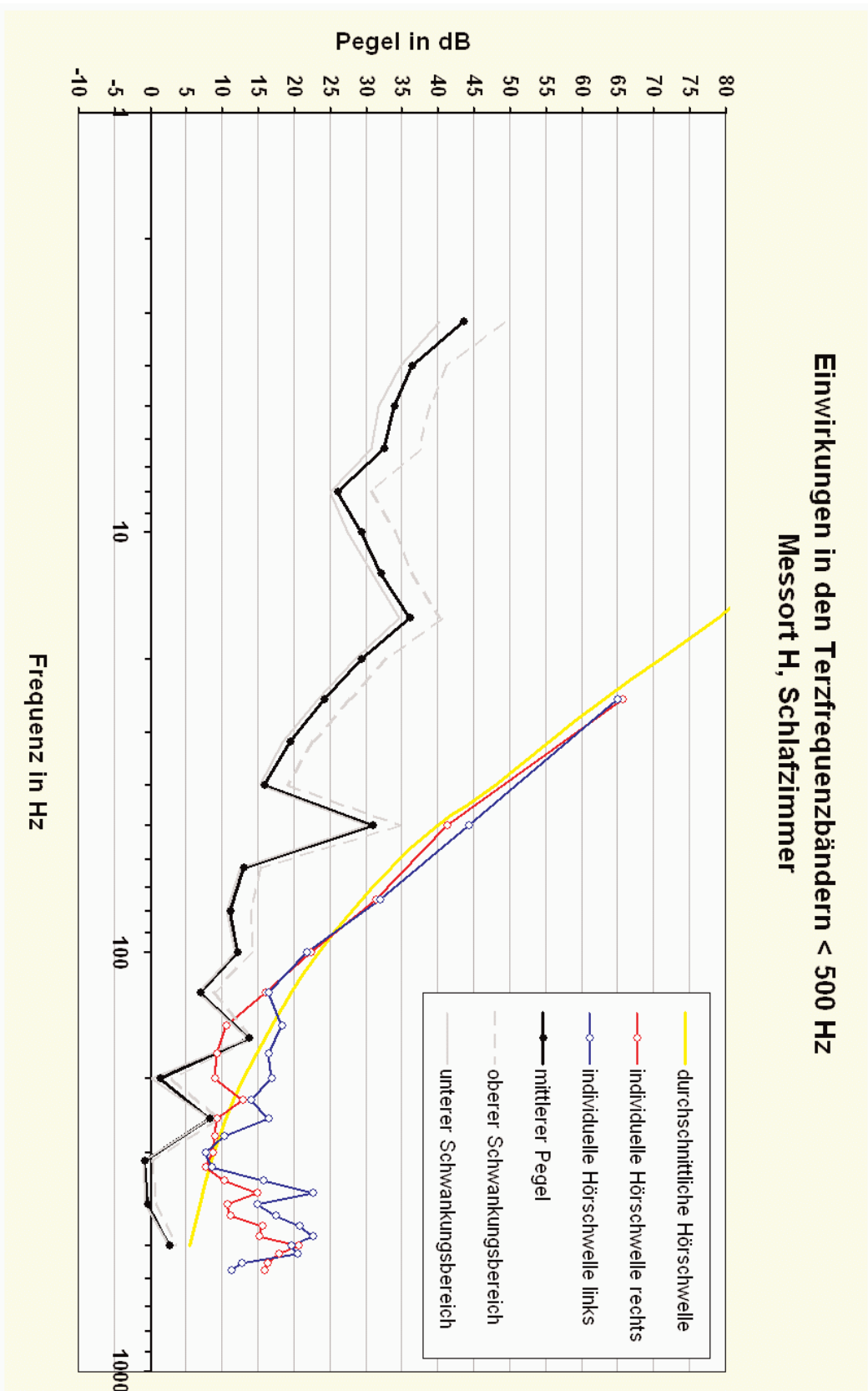
Die Gehöruntersuchung an der HNO-Klinik der Universität Tübingen ergab für das rechte Ohr im Frequenzbereich von 100 bis 200 Hz eine überdurchschnittliche Empfindlichkeit.

Da die gemessenen Schallpegel um 160 Hz oberhalb der Hörschwelle liegen, ist es plausibel, wenn während der Messung vorhandene Geräusche dieser Frequenz mit dem rechten Ohr als Brummen wahrnehmbar waren.

Die bei der Erschütterungsmessung festgestellten Schwingungen liegen weit unter der durchschnittlichen Wahrnehmungsschwelle. Es ist unwahrscheinlich, dass diese Schwingungen subjektiv wahrgenommen werden können.

Außer den durch die öffentliche Stromversorgung hervorgerufenen Magnetfeldern wurden keine weiteren Felder gemessen. Die Stärke liegt sehr deutlich unter den gültigen Grenzwerten.

## Schallmessung

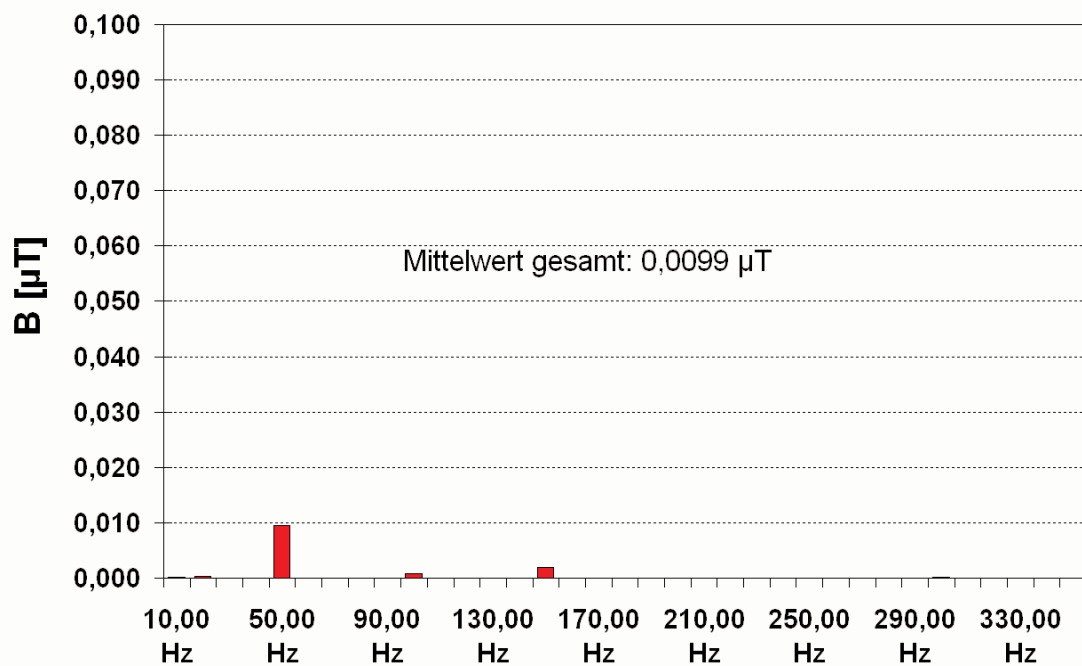


## Erschütterungsmessung am Messort H

Messrichtung	Maximalwerte der Schwinggeschwindigkeiten $v_{\max}$ (mm/sec)	Maximalwerte der bewerteten Schwingstärken $KB_{F\max}$	Maximale Einwirkungsstärken in % der durchschnittl. Wahrnehmungsschwelle
horizontal (x)	0,012	0,005	5 %
horizontal (y)	0,013	0,006	6 %
vertikal (z)	0,010	0,004	4 %

## Magnetfeldmessung am Messort H

### Mittelwerte der magnetischen Flussdichten



## Messort I

### Messzeitraum

12. Oktober 2001 in der Zeit von 0:10 Uhr bis 3:00 Uhr.

### Bewertung der Messergebnisse

Die in der Wohnung gemessenen Schallpegel liegen im Frequenzbereich bis 500 Hz unterhalb der durchschnittlichen Hörschwelle nach DIN 45680.

Die Gehöruntersuchung an der HNO-Klinik der Universität Tübingen ergab für das linke Ohr keine überdurchschnittliche Empfindlichkeit.

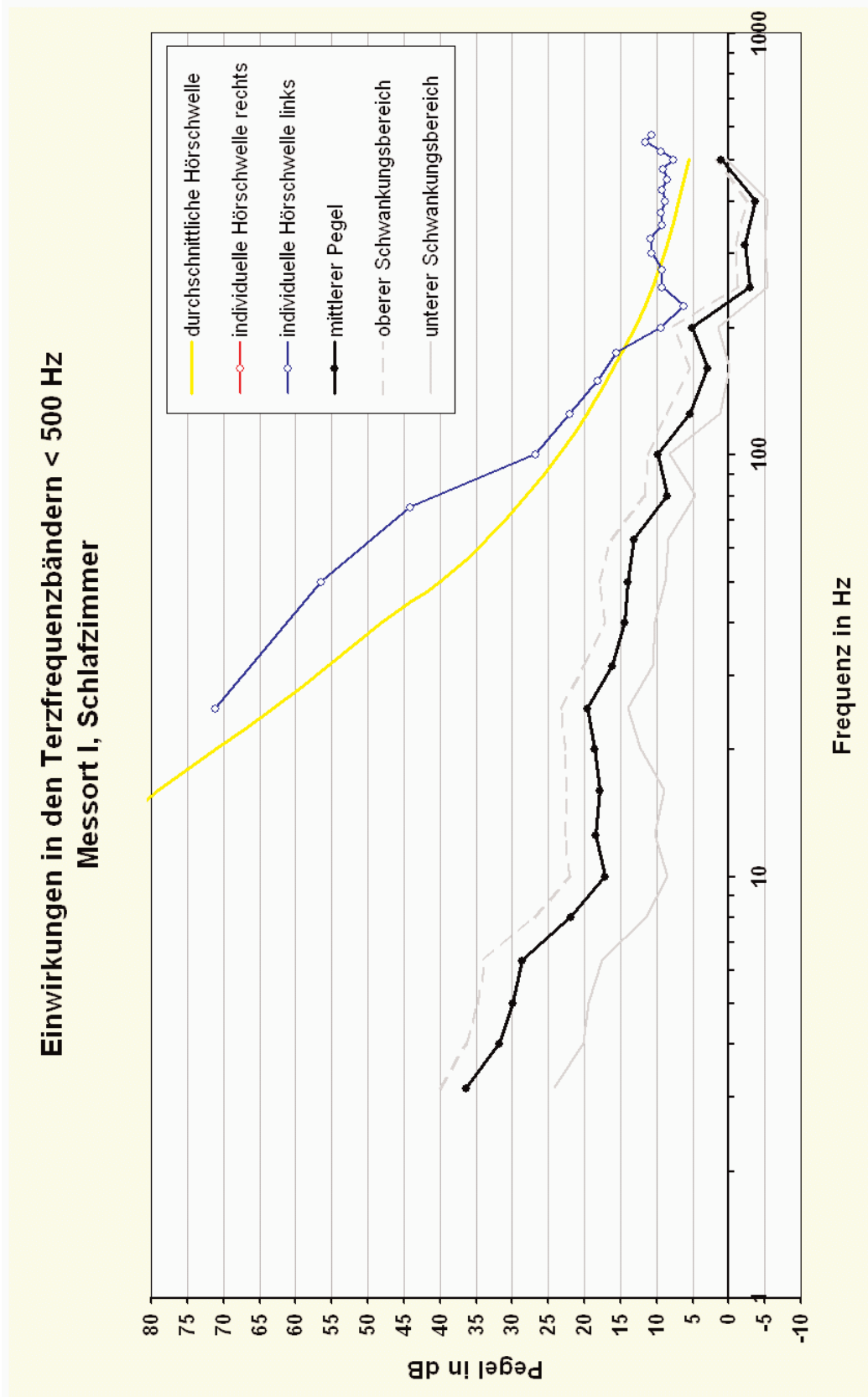
Aus medizinischen Gründen wurde das Hörvermögen rechts nicht weiter untersucht. Für alle Frequenzen liegen die gemessenen Schallpegel unter der jeweils ermittelten Hörschwelle.

Daher ist es unwahrscheinlich, dass der während der Messzeit wahrgenommene Brummtton eine akustische Ursache hat.

Die bei der Erschütterungsmessung festgestellten Schwingungen liegen weit unter der durchschnittlichen Wahrnehmungsschwelle. Es ist unwahrscheinlich, dass diese Schwingungen subjektiv wahrgenommen werden können.

Außer den durch die öffentliche Stromversorgung hervorgerufenen Magnetfeldern wurden keine weiteren Felder gemessen. Die Stärke liegt sehr deutlich unter den gültigen Grenzwerten.

# Schallmessung am Messort I



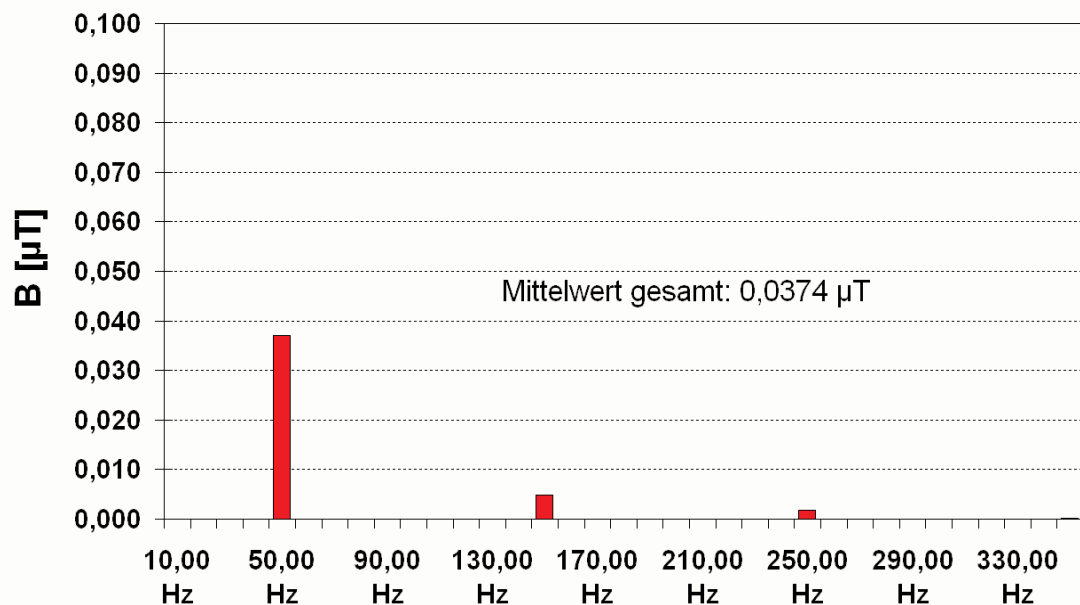


## Erschütterungsmessung am Messort I

Messrichtung	Maximalwerte der Schwinggeschwindigkeiten $v_{\max}$ (mm/sec)	Maximalwerte der bewerteten Schwingstärken $KB_{F\max}$	Maximale Einwirkungsstärken in % der durchschnittl. Wahrnehmungsschwelle
horizontal (x)	0,009	0,004	4 %
horizontal (y)	0,007	0,003	3 %
vertikal (z)	0,006	0,003	3 %

## Magnetfeldmessung am Messort I

### Mittelwerte der magnetischen Flussdichten



## Messort J

### Messzeitraum

05. September 2001 in der Zeit von 0:10 Uhr bis 3:40 Uhr.

### Bewertung der Messergebnisse

Die in der Wohnung gemessenen Schallpegel liegen im Frequenzbereich bis 500 Hz unterhalb der durchschnittlichen Hörschwelle nach DIN 45680. Die Gehöruntersuchung an der HNO-Klinik der Universität Tübingen ergab für beide Ohren eine überdurchschnittliche Empfindlichkeit.

Allerdings überschreiten die gemessenen Schallpegel nur im Bereich um 300 Hz die Hörschwelle

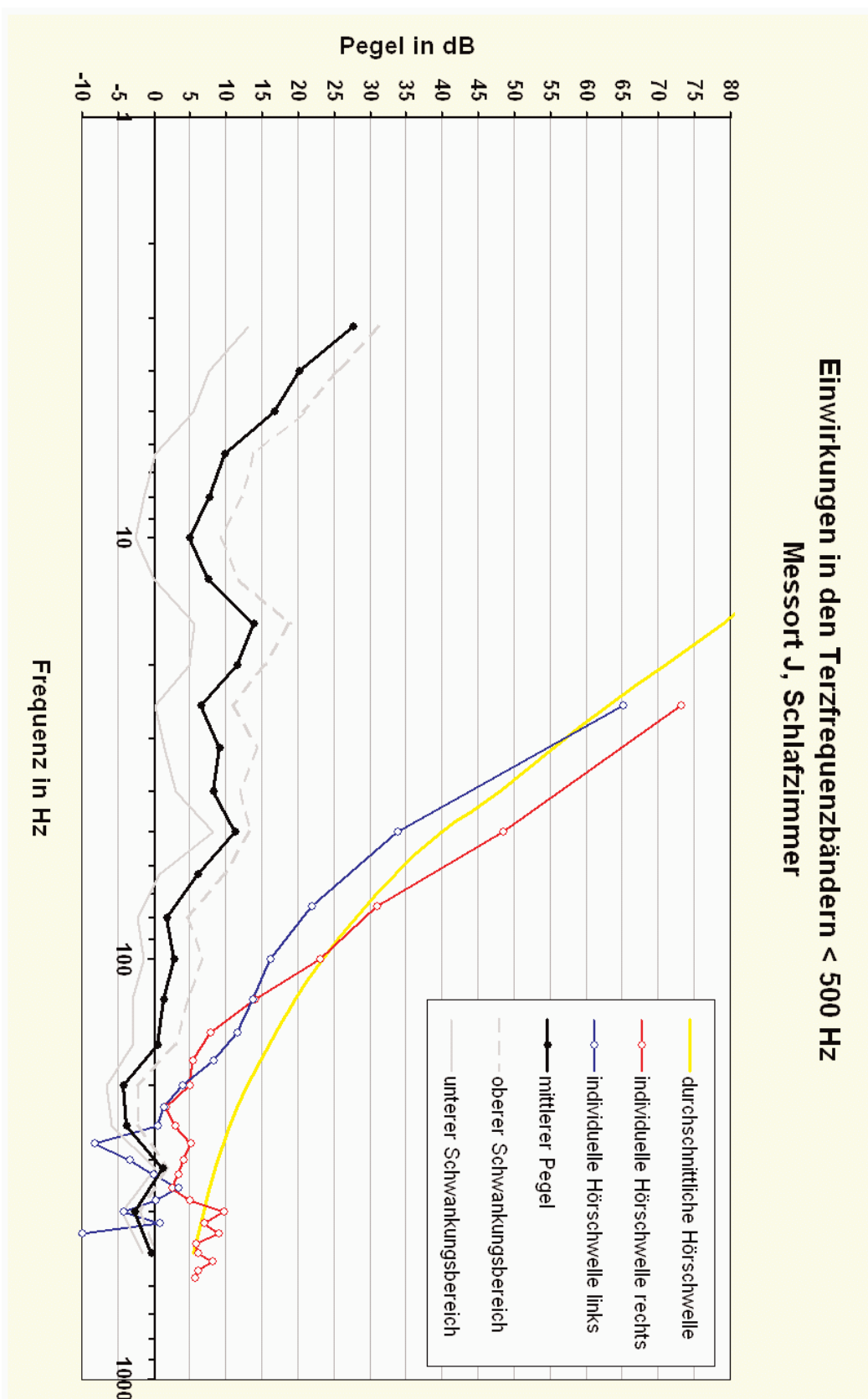
des linken Ohrs. Geräusche mit dieser Frequenz werden im allgemeinen nicht als tieffrequent empfunden.

Es ist daher nicht zweifelsfrei nachweisbar, ob der während der Messzeit wahrgenommene Brummtönen durch die vorhandenen Geräusche hervorgerufen wurde.

Die bei der Erschütterungsmessung festgestellten Schwingungen liegen weit unter der durchschnittlichen Wahrnehmungsschwelle. Es ist unwahrscheinlich, dass diese Schwingungen subjektiv wahrgenommen werden können.

Das im Haus vorhandene Magnetfeld wird durch die direkt benachbarte Hochspannungsleitung hervorgerufen. Magnetfelder aus anderen Quellen wurden nicht festgestellt. Die Stärke liegt unter den gültigen Grenzwerten.

## Schallmessung am Messort J

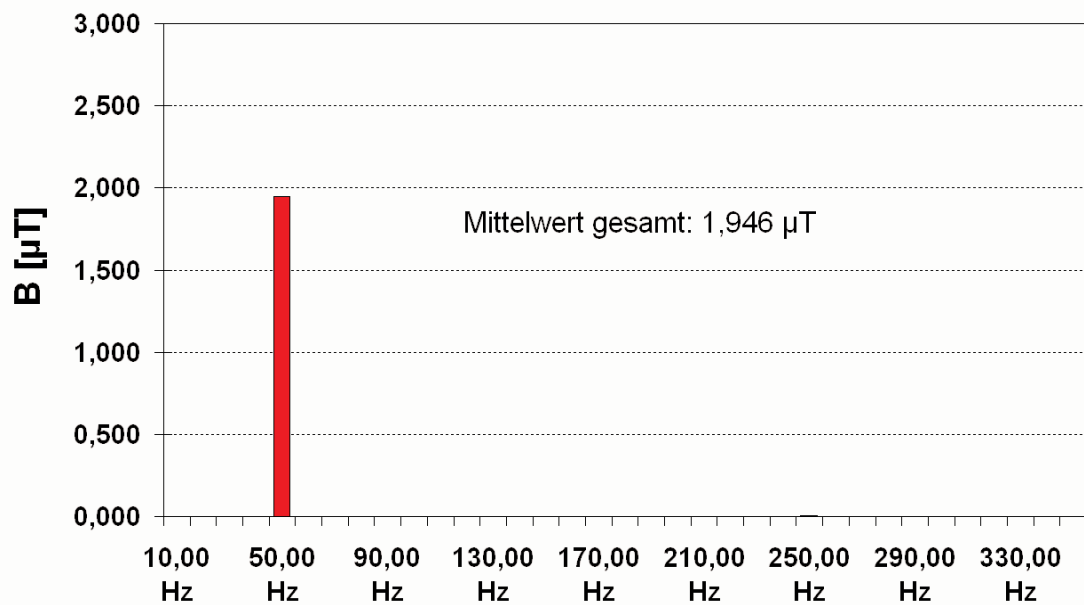


## Erschütterungsmessung am Messort J

Messrichtung	Maximalwerte der Schwinggeschwindigkeiten $v_{\max}$ (mm/sec)	Maximalwerte der bewerteten Schwingstärken $KB_{F\max}$	Maximale Einwirkungsstärken in % der durchschnittl. Wahrnehmungsschwelle
horizontal (x)	0,003	0,002	2 %
horizontal (y)	0,003	0,001	1 %
vertikal (z)	0,002	0,001	1 %

## Magnetfeldmessung am Messort J

### Mittelwerte der magnetischen Flussdichten



## Messort K

### Messzeitraum

31. August 2001 in der Zeit von 0:20 Uhr bis 3:20 Uhr.

### Bewertung der Messergebnisse

Die in der Wohnung gemessenen Schallpegel liegen im Frequenzbereich bis 500 Hz unterhalb der durchschnittlichen Hörschwelle nach DIN 45680.

Die Gehöruntersuchung an der HNO-Klinik der Universität Tübingen ergab für beide Ohren keine überdurchschnittliche Empfindlichkeit. Für alle Fre-

quenzen liegen die gemessenen Schallpegel deutlich unter der jeweils ermittelten Hörschwelle.

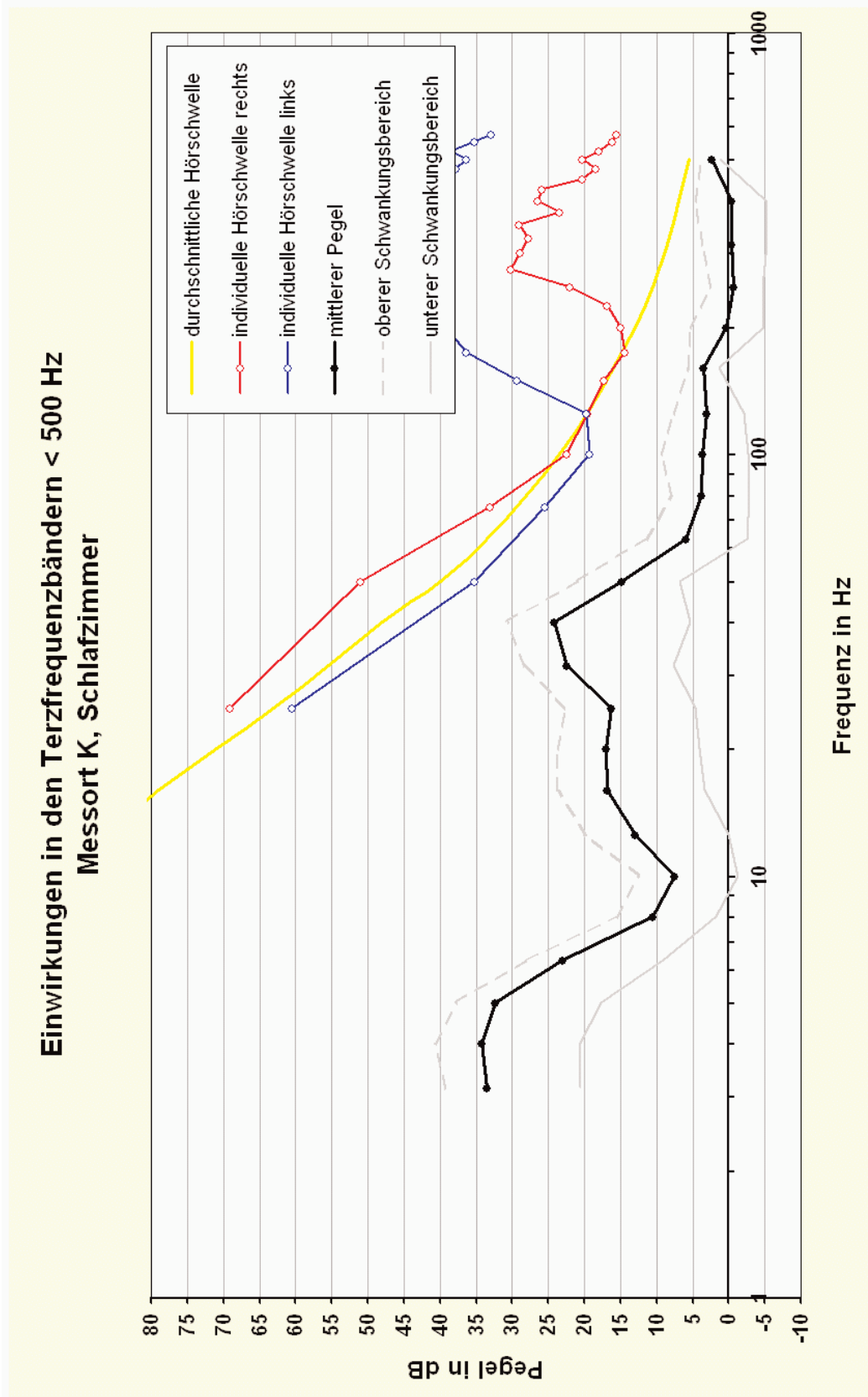
Es kann daher ausgeschlossen werden, dass der während der Messzeit wahrgenommene Brummtton eine akustische Ursache hat.

Die bei der Erschütterungsmessung festgestellten Schwingungen sind sehr gering und liegen weit unter der durchschnittlichen Wahrnehmungsschwelle. Es ist unwahrscheinlich, dass diese Schwingungen subjektiv wahrgenommen werden können.

Außer den durch die öffentliche Stromversorgung hervorgerufenen Magnetfeldern wurden keine weiteren Felder gemessen. Die Stärke liegt sehr deutlich unter den gültigen Grenzwerten.



# Schallmessung am Messort K

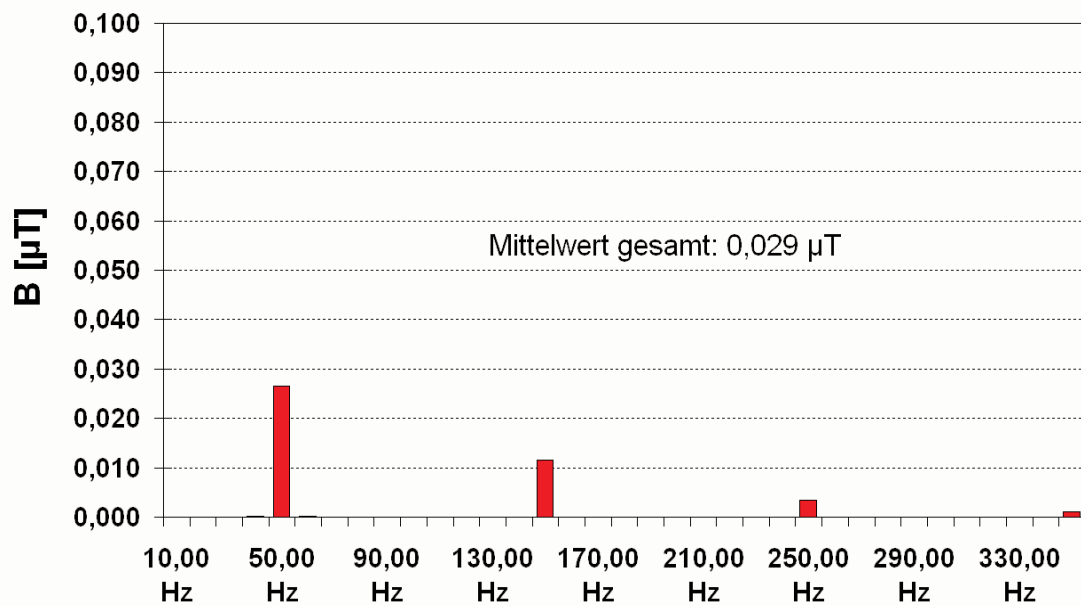


## Erschütterungsmessung am Messort K

Messrichtung	Maximalwerte der Schwinggeschwindigkeiten $v_{\max}$ (mm/sec)	Maximalwerte der bewerteten Schwingstärken $KB_{F\max}$	Maximale Einwirkungsstärken in % der durchschnittl. Wahrnehmungsschwelle
horizontal (x)	0,001	< 0,001	< 1 %
horizontal (y)	0,001	< 0,001	< 1 %
vertikal (z)	0,001	< 0,001	< 1 %

## Magnetfeldmessung am Messort K

Mittelwerte der magnetischen  
Flussdichten



## Messort L

An diesem Messort wird der Brummtton von drei Personen wahrgenommen, die auch alle an der Gehöruntersuchung teilnahmen.

Der Vergleich der gemessenen Schallpegel und der Hörschwelle wird für die drei Personen getrennt vorgenommen. Die untersuchte Wohnung befand sich in einem Mehrfamilienhaus. Während der Messung konnte nur die Stromversorgung für die Wohnung, aber nicht für das gesamte Gebäude abgeschaltet werden.

Es ist daher nicht auszuschließen, dass auch Elektrogeräte (wie z.B. Kühlschränke) aus Nachbarwohnungen bei der Messung miterfasst wurden.

### Messzeitraum

08. auf 09. August 2001 in der Zeit von 20:00 Uhr bis 2:40 Uhr.

### Bewertung der Messergebnisse

Die in der Wohnung gemessenen Schallpegel liegen im Frequenzbereich bis 500 Hz deutlich unterhalb der durchschnittlichen Hörschwelle nach DIN 45680. Die Gehöruntersuchung an der HNO-Klinik der Universität Tübingen ergab für die drei Personen folgendes Bild:

Person 1 besitzt für Frequenzen unter 200 Hz ein überdurchschnittliches Hörvermögen. Im Frequenzbereich um 50 Hz liegt der gemessene Schallpegel bei der Hörschwelle des linken Ohres. Es ist daher plausibel, dass Geräusche mit dieser Frequenz während der Messung als Brummen wahrgenommen wurden.

Bei Person 2 ist das Gehör im Frequenzbereich von 100 bis 200 Hz besonders empfindlich. Auch hier erscheint es möglich, dass die bei der Messung erfassten Geräusche - diesmal aber bei Frequenzen um 100 Hz - als Brummen wahrgenommen wurden.

Für Person 3 ergaben die Untersuchungen in Tübingen kein überdurchschnittliches Hörvermögen. Für alle Frequenzen liegen die gemessenen Schallpegel deutlich unter der jeweils ermittelten Hörschwelle. Somit kann eine akustische Ursache für den während der Messzeit wahrgenommenen Brummtton ausgeschlossen werden.

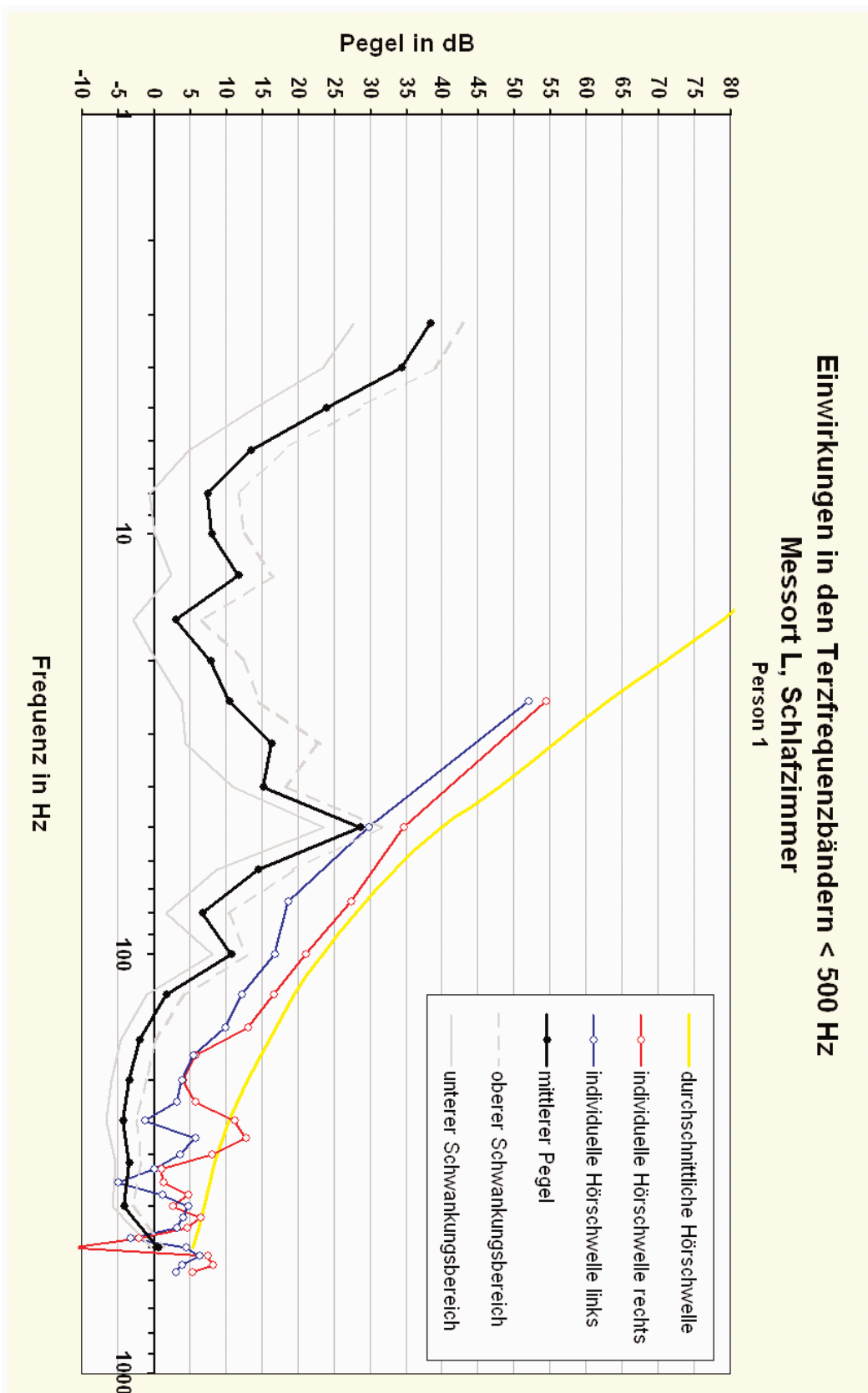
Insgesamt ergibt sich für diesen Messort folgendes Ergebnis:

Alle drei Personen konnten einen Brummtton während der Messung wahrnehmen und beschrieben ihn ähnlich. Andererseits ergibt der Vergleich der ermittelten Schallpegel mit den Hörschwellen, dass die erfassten Geräusche entweder nicht oder aber bei unterschiedlichen Frequenzen hörbar sein mussten. Es bleibt daher zweifelhaft, ob der während der Messung wahrgenommene Brummtton tatsächlich eine akustische Ursache hat.

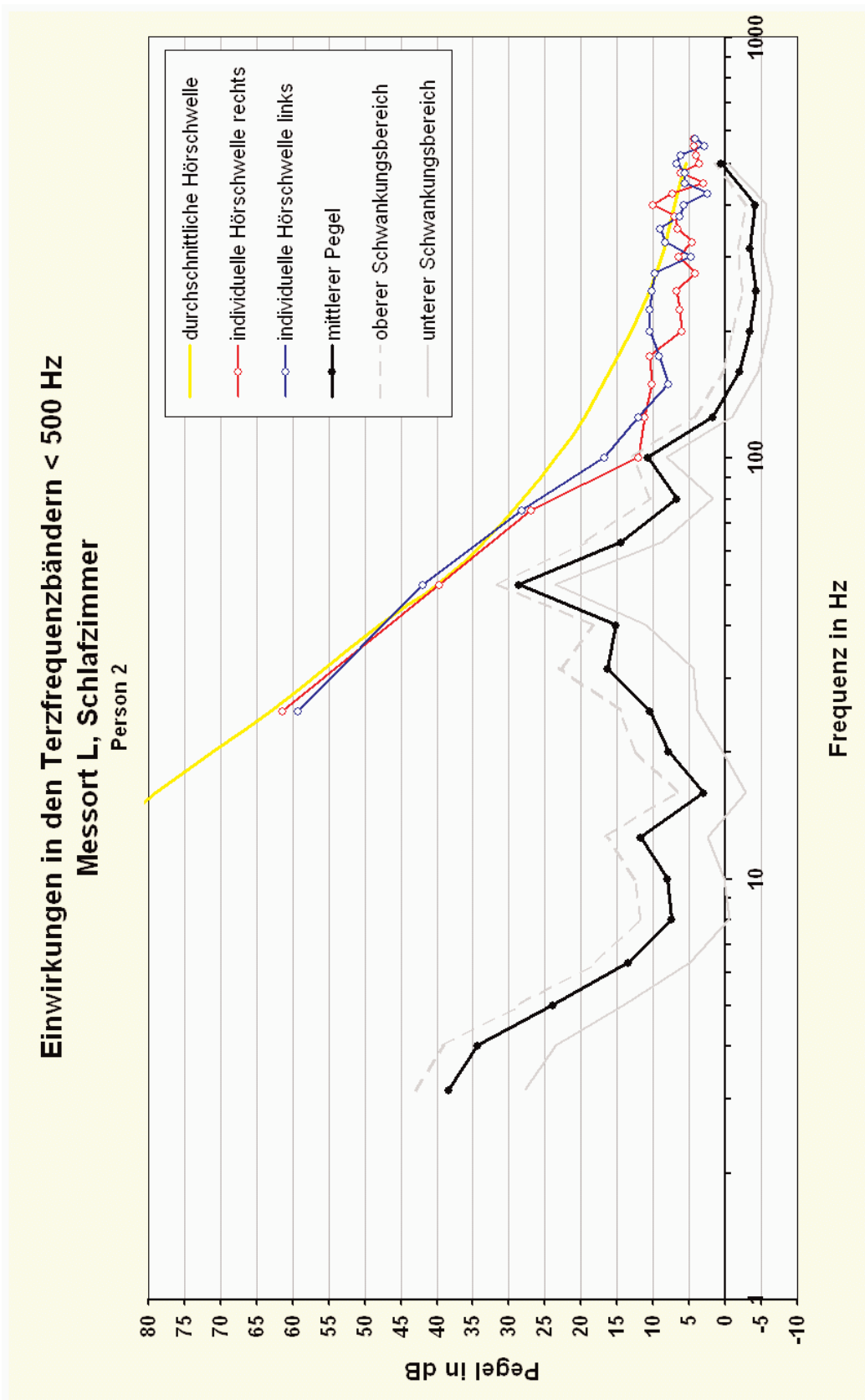
Die bei der Erschütterungsmessung festgestellten Schwingungen liegen weit unter der durchschnittlichen Wahrnehmungsschwelle. Es ist unwahrscheinlich, dass diese Schwingungen subjektiv wahrgenommen werden können.

Außer den durch die öffentliche Stromversorgung hervorgerufenen Magnetfeldern wurden keine weiteren Felder gemessen. Die Stärke liegt sehr deutlich unter den gültigen Grenzwerten.

## Schallmessung am Messort L, Person 1

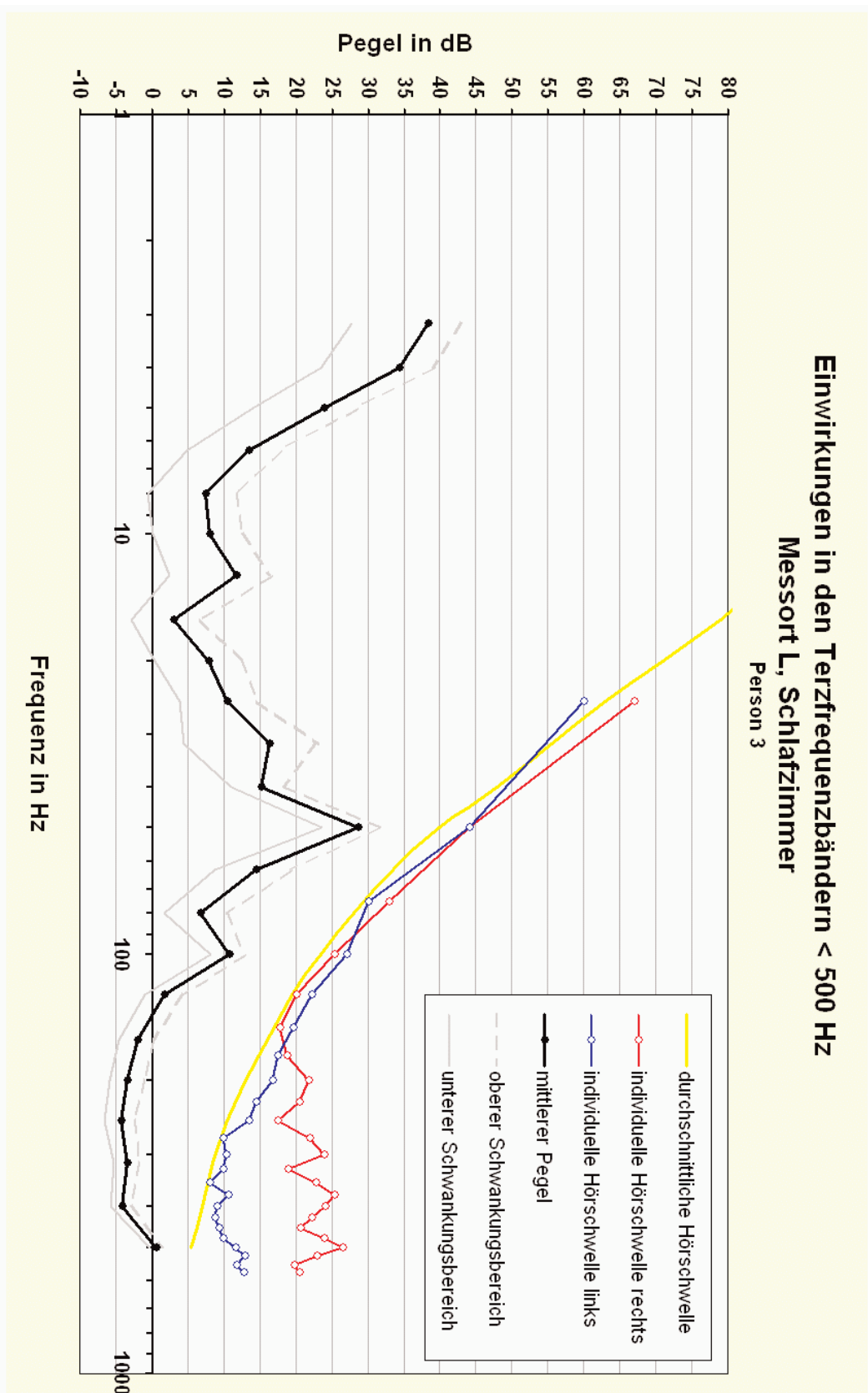


### Schallmessung am Messort L, Person 2





## Schallmessung

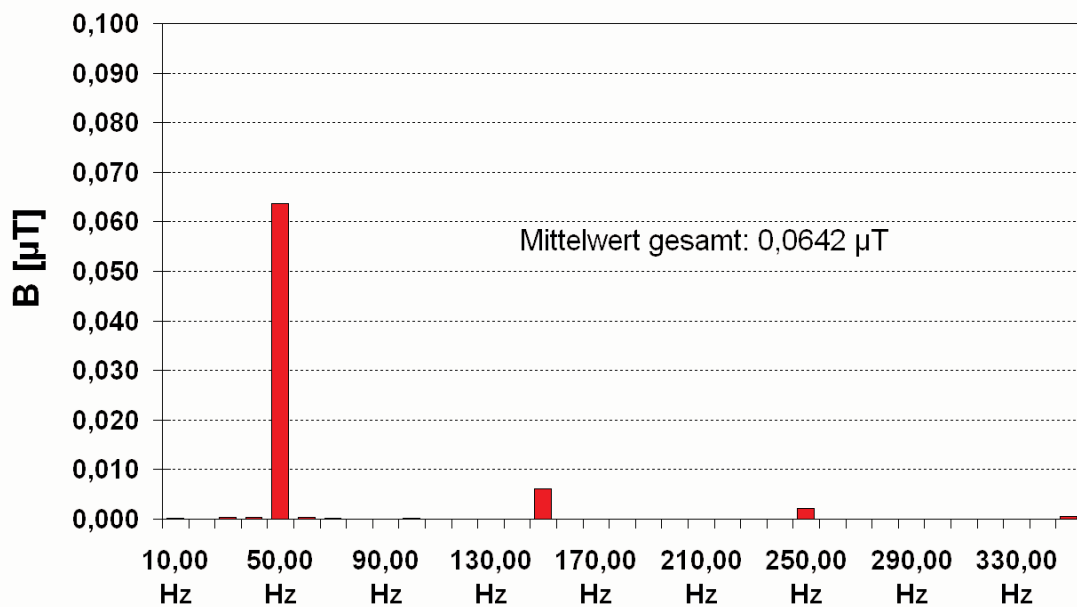


## Erschütterungsmessung am Messort L

Messrichtung	Maximalwerte der Schwinggeschwindigkeiten $v_{\max}$ (mm/sec)	Maximalwerte der bewerteten Schwingstärken $KB_{F\max}$	Maximale Einwirkungsstärken in % der durchschnittl. Wahrnehmungsschwelle
horizontal (x)	0,003	0,002	2 %
horizontal (y)	0,004	0,002	2 %
vertikal (z)	0,006	0,004	4 %

## Magnetfeldmessung am Messort L

### Mittelwerte der magnetischen Flussdichten



## Messort M

Für diesen Messort werden die Messergebnisse gezeigt, die in zwei verschiedenen Räumen (Büro und Schlafzimmer) ermittelt wurden.

## Messzeitraum

13. September 2001 in der Zeit von 00:00 Uhr bis 3:00 Uhr.

## Bewertung der Messergebnisse

Die in der Wohnung gemessenen Schallpegel überschreiten im Frequenzbereich bis 500 Hz nicht die durchschnittliche Hörschwelle nach DIN 45680. Die Gehöruntersuchung an der HNO-Klinik in Tübingen ergab für beide Ohren keine überdurchschnittliche Empfindlichkeit.

Im Schlafzimmer im Erdgeschoss wurde im Frequenzbereich um 250 Hz ein Geräusch aufgezeichnet, dessen Schallpegel gerade die Hörschwelle erreichte und bei entsprechender Verstärkung auch über Kopfhörer wahrnehmbar war. Dieses Geräusch stammte aus einem rund 1 km entfernten Gewerbegebiet und war im Freien deutlich zu hören.

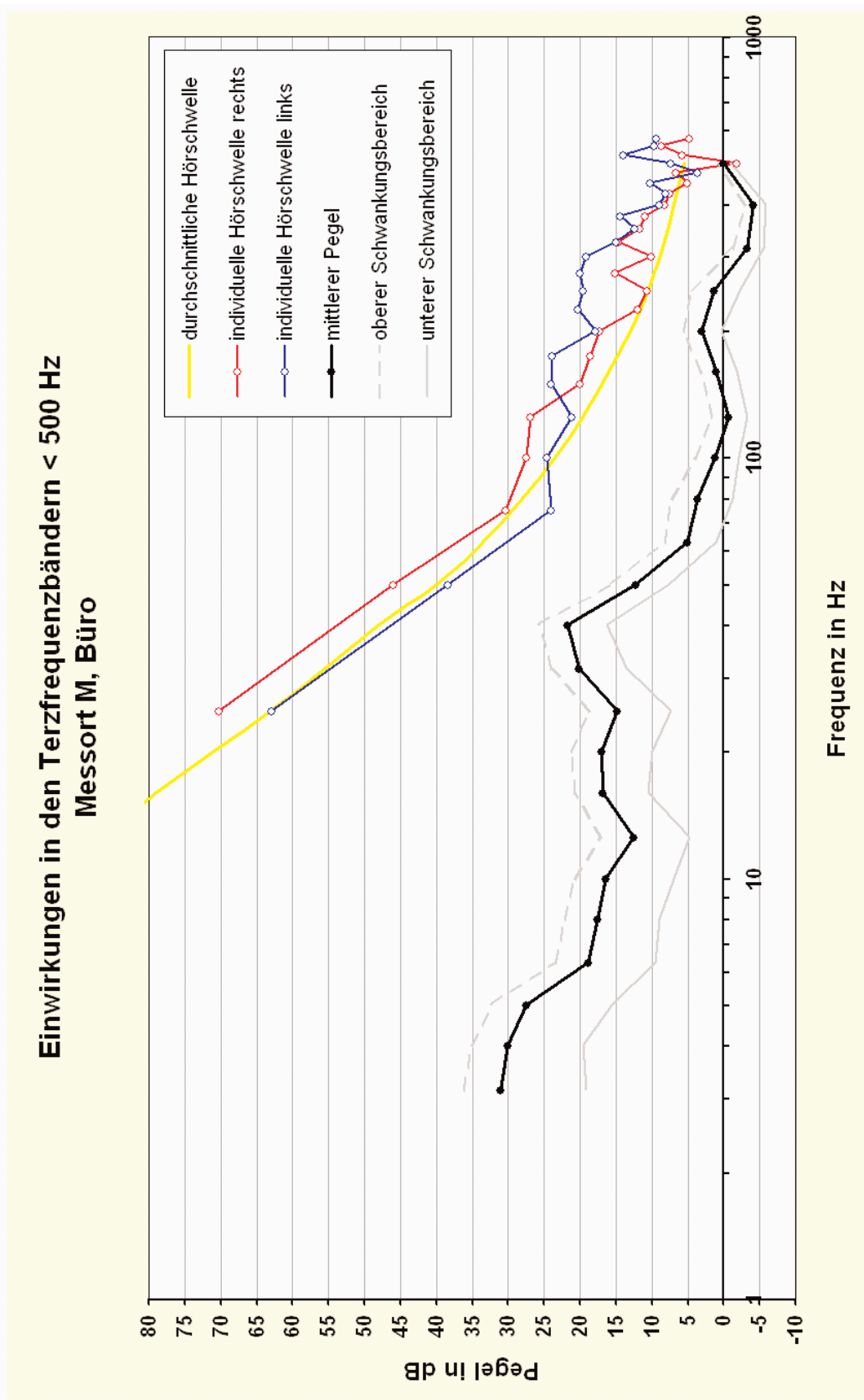
Das Geräusch war ebenfalls im Büro im Keller messtechnisch nachzuweisen, allerdings nur mit einem Pegel, der deutlich unter der Hörschwelle lag.

Auch in diesem Raum konnten die Bewohner der untersuchten Wohnung jedoch ein Brummen wahrnehmen. Da zudem Töne im Bereich von 250 Hz im Allgemeinen nicht als besonders tieffrequent empfunden werden, bleibt es zweifelhaft, ob der während der Messung wahrgenommene Brummtton tatsächlich durch dieses Geräusche hervorgerufen wurde.

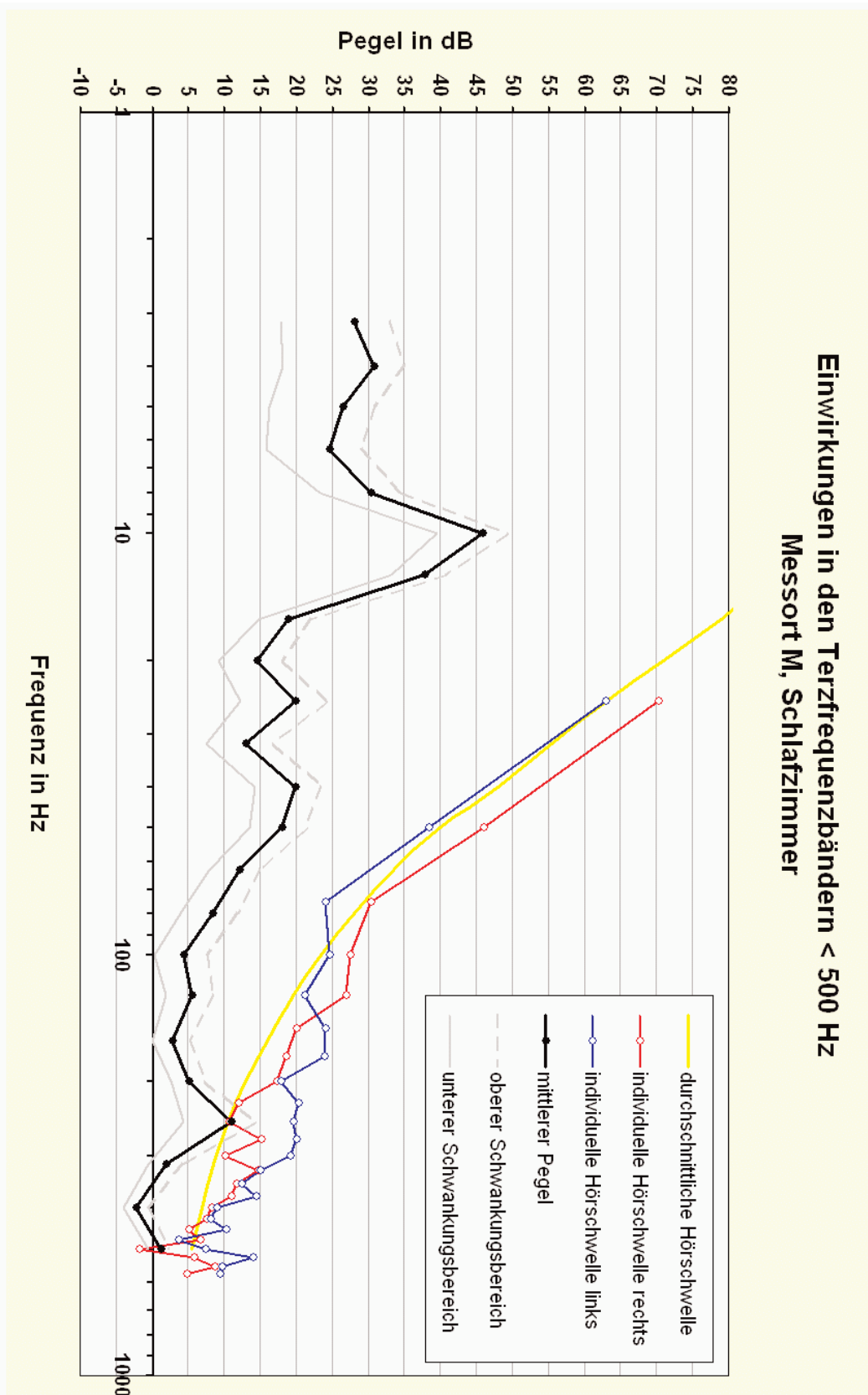
Die bei der Erschütterungsmessung festgestellten Schwingungen sind sehr gering und liegen weit unter der durchschnittlichen Wahrnehmungsschwelle. Es ist unwahrscheinlich, dass diese Schwingungen subjektiv wahrgenommen werden können.

Außer den durch die öffentliche Stromversorgung hervorgerufenen Magnetfeldern wurden sehr geringe Felder im Frequenzbereich von 10 bis 20 Hz gemessen. Diese stammen wahrscheinlich von einer knapp 2 km entfernten Bahnstrecke. Die Stärke liegt sehr deutlich unter den gültigen Grenzwerten.

# Schallmessung am Messort M



# Schallmessung am Messort M

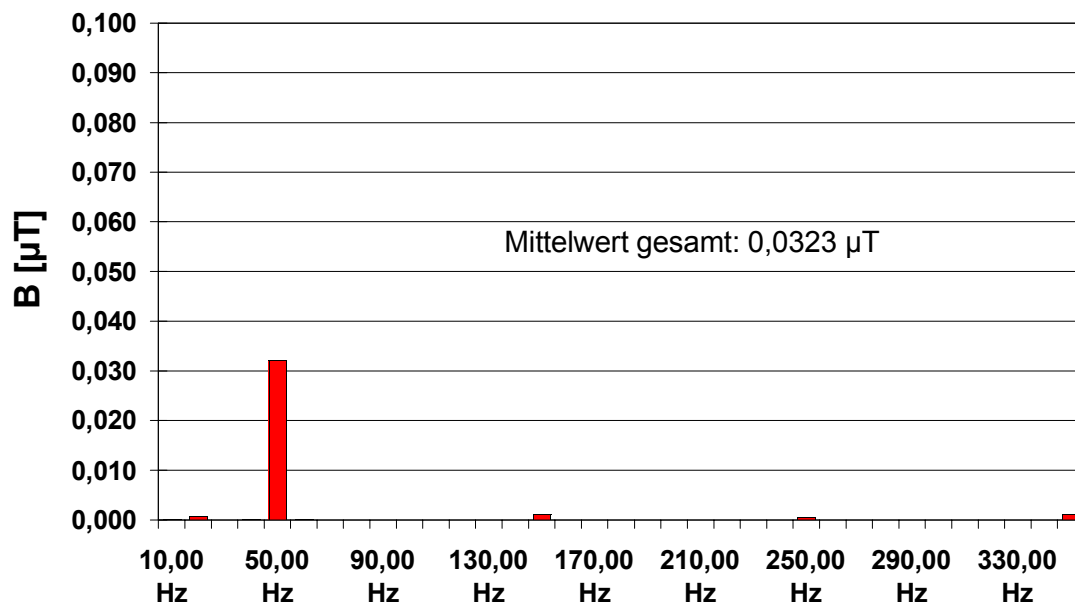


## Erschütterungsmessung am Messort M

Messrichtung	Maximalwerte der Schwinggeschwindigkeiten $v_{\max}$ (mm/sec)	Maximalwerte der bewerteten Schwingstärken $KB_{F\max}$	Maximale Einwirkungsstärken in % der durchschnittl. Wahrnehmungsschwelle
Büro: horizontal (x)	0,001	< 0,001	< 1 %
Büro: horizontal (y)	0,001	< 0,001	< 1 %
Büro: vertikal (z)	0,002	0,001	1 %
Schlafz.: horizontal (x)	0,001	< 0,001	< 1 %
Schlafz.: horizontal (y)	0,001	< 0,001	< 1 %
Schlafz.: vertikal (z)	0,001	< 0,001	< 1 %

## Magnetfeldmessung am Messort M

### Mittelwerte der magnetischen Flussdichten





## 9 Anhang - Verwendete Messgeräte

### Schallmessung

#### Messkette

##### Messmikrofon

Typ 4145

Hersteller: Brüel & Kjaer, Dänemark

Letzte DKD-Prüfung 2001

##### Mikrofonvorverstärker

Typ 2639

Hersteller: Brüel & Kjaer, Dänemark

Letzte DKD-Prüfung 2001

##### Messverstärker

Typ 2636

Hersteller: Brüel & Kjaer, Dänemark

Letzte Werks-Prüfung 2000

##### Schallpegelanalysator

Typ 121

Hersteller: Norsonic, Norwegen

Geeicht bis 2002

### Erschütterungsmessung

#### Messaufnehmer

Typ: HS 1 B

Hersteller: Geo - Space

Eigenfrequenz: 4.5 Hz

Empfindlichkeit: 25 mV pro mm/sec

#### Schwingungsmesssystem I (nach DIN 45669, Teil 1, Juni 1995)

Typ: 8000 Genauigkeitsklasse 1 (8 Messkanäle)

Nr. 2001.19/34

Hersteller: Marlen Beitzer

Messbereich:  $f_{min} = 1$  Hz bis  $f_{max} = 80$  Hz bzw.  $f_{max} = 314$  Hz

## Letzte Schwingtischkalibrierung: Juni 2001

### Prüfgenerator

Hersteller: Marlen Beitzer  
Frequenz: 15,9 Hz ( $\Omega = 100/s$ )  
Frequenzkonstanz: 2%  
Amplitude: 20 mV  
Amplitudenkonstanz: 1 %

### Magnetfeldmessung

Typ: EM 400  
Hersteller: SYMANN & TREBBAU  
Ser. Nr.: 100.04.033

### Magnetfeld-Sonde M210

Richtcharakteristik H/V: isotrop, dreidimensional  
Messbereiche: 0,1 / 1 / 10 / 100 / 1000 / 10 000  $\mu T$   
Auflösung: 0,1 % vom Messbereich  
Bandbreite (-3dB) bei Filtereinstellungen:  
"10 Hz - 3,2 kHz" 10 Hz bis 3,2 kHz  
"RMS 2 kHz HP" 2 kHz bis 30 kHz  
"RMS Breitband" 10 Hz bis 30 kHz  
Einstellbare Filter: 16,67 Hz / 50 Hz / 150 Hz und 250 Hz

### Messunsicherheiten:

"10 Hz - 3,2 kHz" im Bereich 16 Hz bis 2,5 kHz 3 % vom Messwert 2 Digits  
"RMS 2 kHz HP" im Bereich 8 kHz bis 10 kHz 5 % vom Messwert 2 Digits  
"RMS Breitband" im Bereich 16 Hz bis 2,5 kHz 5 % vom Messwert 2 Digits