

DISS. ETH Nr. 9568

**Wahrnehmung und Empfindung
von komplexen, kombinierten Belastungen
durch Vibration und Schall**

ABHANDLUNG
Zur Erlangung des Titels
DOKTOR DER NATURWISSENSCHAFTEN
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von
TOMMASO MARCO MELONI
Dipl. Phys. ETH und Dipl. Informatik-Ing. ETH
geboren am 27. Dezember 1951
von Biasca (TI)

Angenommen auf Antrag von:
Prof. Dr. Dr. H. Krueger, Referent
Prof. Dr. Th. Koller, Korreferent

1991

ZUSAMMENFASSUNG

Die Entwicklung zu immer höherer Mobilität im Transportwesen und die zunehmende Technisierung brachten dem Menschen und seiner Umwelt neue Belastungen. Zu diesen Belastungen zählen auch Gebäudeerschütterungen, denen der Mensch am Arbeitsplatz oder im Wohnbereich ausgesetzt ist. Beispiele für Quellen sind Strassen- und Schienenverkehr, aber auch Bauaktivitäten. Diese Immisionen treten meist mit Lärm gekoppelt auf. Die Signale sind stochastisch und enthalten transiente Ereignisse. Ihre Wirkungen sind weniger sinnesspezifische Überlastungen, vielmehr belästigen sie den Menschen im Sinne eines Zustands verminderten Wohlbefindens oder sie beeinträchtigen seine Leistung. Zur Beurteilung solcher Belastungen muss die Wahrnehmung des Menschen dieser kombinierten, komplexen Reizen im schwellennahen Bereich studiert werden.

Zur Untersuchung der Wahrnehmung auf diese Reize im Labor wurde ein Simulator von Grund auf konzipiert und realisiert. Mit diesem Simulator können dem Menschen reale (komplexe) Vibrationen kombiniert mit quellenbezogenem Schall dargeboten werden. Dabei sitzt der Mensch auf einem Stuhl (Ganzkörpervibrationen), der auf allen Einleitungsflächen eine homogene Vibrationsamplitude aufweist. Mit dem Simulator können ebenfalls sinusförmige Vibrationen oder künstlich erzeugte Vibrationsgemische erzeugt werden. Der Schall wird wahlweise über Kopfhörer oder Lautsprecher dargeboten. Der subjektive Eindruck der Versuchspersonen zu den dargebotenen Reizsituationen wird im Versuch erfragt. Durch die Eigenschaften dieser neu geschaffenen Vorrichtung, gegenüber jenen von käuflichen, kostspieligen Simulatoren, wurden Effekte dieser Kombinationsbelastung messbar. Für eine zusätzliche Quantifizierung der Einwirkung von Vibrationen kombiniert mit Schall wurde ein Leistungsmessinstrument für Laboruntersuchungen entwickelt. Als Hauptaufgabe muss die Versuchsperson ununterbrochen während den Expositionen eine Trackingaufgabe ausführen. Gleichzeitig wird in zufälliger Reihenfolge zu stochastisch veränderten Zeitpunkten eine Aufgabe aus zwei verschiedenen Nebenaufgaben präsentiert. Die Nebenaufgabe ist einmal ein Gedächtnistest (Experiment von Sternberg), ein andermal eine Aufmerksamkeitsaufgabe, die das periphere Gesichtsfeld fordert.

In einer ersten Untersuchung wurden Kurven gleicher Vibrationswahrnehmung (Isolinien) des Menschen bezüglich der aufgebauten Reizanordnung ermittelt. Diese basieren auf der Wahrnehmung von sinusförmigen Vibrationen und erlau-

ben den Vergleich zu älteren Messungen und zu bestehende Normen. Bezüglich des Einflusses von Schall sind die Wahrnehmungsschwellen der Vibration ab einem Schallpegel von 64 dB(A) erhöht. Für die Wahrnehmungsschwellen von realen, komplexen Vibrationen konnten immissionspezifische Unterschiede gemessen werden. Skalierungen der Vibration (wahrgenommene Stärke der Vibration) im überschwelligen Bereich hingegen stellten sich eher einheitlich dar. Eine Untersuchung mit kombinierten komplexen Vibrations-Lärm Situationen zeigte, dass die Intensitäten der einzelnen Qualitäten isoliert relativ gut geschätzt werden können. Werden die Versuchspersonen hingegen aufgefordert, die kombinierte Darbietung der Situation als Ganzes einzuschätzen, was der menschlichen Wahrnehmung auch näher liegt, so sieht man, dass die bisher monosensorische Beurteilung zu einem falschen Urteil der gesamten Reizsituation führt. Daraus geht hervor, dass Umwelteinflüsse unter dem Gesichtspunkt einer gesamthaften Beurteilung betrachtet werden müssen.

SUMMARY

Introduction: Growth in transportation systems to meet the demand for greater mobility, as well as increasing mechanisation, have caused new environmental stress for the human being. One such stress results from vibration in buildings, where man either works or lives. The sources of this vibration are, for example, road and railway traffic and may also include building activities. These emissions occur usually accompanied by noise. These signals are stochastic and they contain transient events. The effects do not cause primary damage to the organs of perception, however they are annoying in the sense of producing a feeling of reduced well being. To evaluate such an environmental stress we have to study the perception of these combined, complex stimuli in the range of human perception thresholds.

Apparatus: A test rig was built to enable a laboratory investigation of the effects of these real, complex vibrations combined with source related noise. Using this simulator, sinusoidal vibrations and complex signals (real or artificial) can produce whole-body vibration in subjects. These signals are generated solely in a vertical direction, and are transmitted equally through all of the chair's contact surfaces. Noise may be presented either using head-phones or loudspeakers.

Procedure: Subjective impressions resulting from these presented, low-energy stimuli, were recorded. In an attempt to obtain an objective measure of the effects under these conditions, a methodology for measuring human performance was established. For this purpose, a complex task was designed to measure performance in the laboratory. It consisted of a primary, continuous tracking task, with two secondary tasks, each of which was presented in parallel to the primary task. The presentation of these secondary tasks was randomised with respect to the primary task. The secondary tasks tested memory (as detailed in Sternberg's experiment) and attention (peripheral visual field).

Findings: Firstly, curves of equal perception of vibration in respect to the stimuli presented, were investigated. These curves are based on the perception of sinusoidal vibration. They enable comparisons to be made with previous studies in this field as well as defined standards. Under conditions of noise above 64 dB(A), perception thresholds are raised. Secondly, the perception thresholds of real, complex vibrations show source-dependent differences. However, scaling of intensities of vibration i.e. perceived strength of vibration, in the mid-range (above

threshold) does not show this dependence. Thirdly, an investigation with combined, complex vibration-noise situations shows that separate ratings of vibration or noise are possible. However, if attention is directed to the combined stimuli as a whole, the results show that monosensory judgement - while possible - is not a reliable measure, as human perception of real-world situations is not based on such monosensory judgement.