



eines Realtime-FFT-Analysers in seine spektralen Anteile zerlegt und diese vom PC-Rechenprogramm eingeleitet. Die Tonzuschläge werden automatisch ermittelt und ausgegeben. Durch die Berechnung werden die Tonzuschläge unabhängig von Gutachtern bestimmt, etwaige Unsicherheiten bei der Vergabe werden vermieden. In der folgenden Abbildung 3 werden die vom Programm berechneten Tonzuschläge mit den Angaben der Versuchspersonen verglichen, wobei folgende Zuordnung gilt: 6 dB entsprechen 100% Tonhaltigkeit, 3 dB entsprechen 50% der subjektiven Empfindung. Die nach DIN 45 681 berechneten Tonzuschläge liegen oft über den Zuschlägen, wie sie nach dem Höreindruck der Gutachter vergeben werden. Vor allem bei Schallen, deren tonale Komponenten weit über das Hintergrundgeräusch hinausragen, wird zwar oft der maximale Tonzuschlag von 6 dB berechnet, aber die Versuchspersonen vergeben einen niedrigeren Wert. Daraus kann man schließen, daß der Wertebereich für den Tonzuschlag von 0 bis 6 dB ausreicht, um Industrieemissionen entsprechend zu bewerten [6].

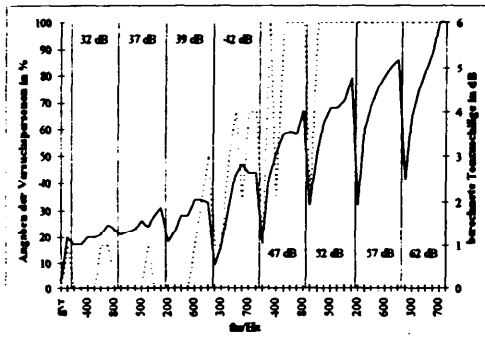


Abb. 3: Vergleich der berechneten Werte und der Angaben der VPn zu den Schallen GVR-SBR. Gestrichelte Linie: berechnete Werte des Programms, durchgezogene Linie: Medianwerte aus Abb. 1

#### Diskussion der Ergebnisse und Verbesserungsvorschlag

Ein Vergleich der Ergebnisse zeigt, daß die Angaben der Versuchspersonen, bzw. Gutachter und die Tonzuschläge, die das Rechenprogramm vergibt, nur tendenziell übereinstimmen. Trotz der 1 dB-Abstufung der berechneten Tonzuschläge werden die Empfindungen der Versuchspersonen durch diese nur grob nachgebildet, insbesondere ist eine Frequenzabhängigkeit bei gleichem Pegel über der Mithörschwelle nur schwach ausgeprägt. Besonders bei tonalen Komponenten mit einem hohen Pegel berechnet das Programm meist konstant einen maximalen Tonzuschlag ohne Differenzierung der einzelnen Frequenzbereiche. Versuchspersonen und auch die Gutachter lassen jedoch eine deutliche Frequenzabhängigkeit bei der Beurteilung der Geräusche erkennen. Je höher die Frequenz, desto tonhaltiger bewerten sie die Schalle.

Bisher wird das Verdeckungsmaß im Rechenprogramm mit konstant -6 dB angenommen. Das Verdeckungsmaß ist jedoch frequenzabhängig und könnte so die subjektive Empfindung der Versuchspersonen nachbilden. Es sind aber noch weitere Untersuchungen notwendig.

Als Alternative könnte man die Frequenzabhängigkeit durch eine einfache Gewichtungsfunktion im Programm berücksichtigen. Als Grundlage für die Berechnung einer Gewichtungsfunktion wurden die ganzzahligen Tonzuschläge verwendet, die das Rechenprogramm ausgibt. Die gewichteten Tonzuschläge wurden ebenfalls auf ganzzahlige Werte gerundet. Als eine geeignete Funktion wurde für den untersuchten Frequenzbereich eine Wurzelfunktion ermittelt.

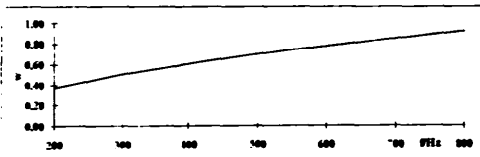


Abb. 4: Gewichtungsfunktion  $w$  zwischen 200 Hz und 800 Hz.

Die berechneten, ungewichteten Tonzuschläge weichen bei GVR-SBR bis zu 4 dB von den Angaben der Versuchspersonen ab, im Vergleich zu den gewichteten Tonzuschlägen sind es nur noch maximal 2 dB. Bei den amplitudenmodulierten Sinustönen sinkt die Differenz von 5 dB auf 3 dB.

In Abbildung 5 sind die Angaben der Versuchspersonen den Ergebnissen des Programms mit Gewichtungsfunktion gegenübergestellt.

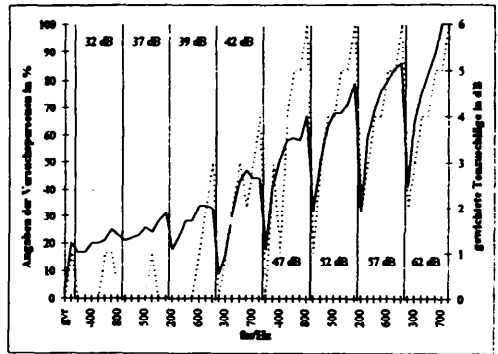


Abb. 5: Vergleich der Angaben der VPn und der gewichteten Rechenergebnisse für GVR-SBR. Gestrichelte Linie: gewichtete Rechenergebnisse, durchgezogene Linie: Medianwerte aus Abb. 1

#### Zusammenfassung

Bei der Beurteilung von Geräuschen, wie sie in der Nachbarschaft von Gewerbe- und Industriegebieten vorkommen, muß der erhöhten Störwirkung tonaler Komponenten Rechnung getragen werden.

In früheren Untersuchungen wurden Tonzuschlagsberechnungen nach einem Entwurf der DIN 45 681 (1992) mit Kategorialurteilen der Tonhaltigkeit von tonalen Geräuschen verglichen [5]. Durch die Methode der Größenschätzung konnte in dieser Untersuchung über die Tonhaltigkeit der Schalle nicht nur ein qualitatives sondern auch ein quantitatives Urteil abgegeben werden.

Es hat sich bei der Gegenüberstellung der Verfahren gezeigt, daß Beurteilungen tonhaltiger Geräusche durch Versuchspersonen oder Gutachter bzw. durch ein Rechenprogramm nur teilweise ähnliche Ergebnisse liefern. Es können Differenzen von bis zu 5 dB auftreten. Neben dem Pegel über der Mithörschwelle spielt für die Personen vor allem die Höhe der Frequenz der tonalen Komponente für die Tonhaltigkeitsempfindung eine entscheidende Rolle, und nicht ob als tonale Komponenten Schmalbandrauschen oder amplitudenmodulierte Sinustöne verwendet wurden.

Das Berechnungsverfahren nach DIN 45 681 berücksichtigt jedoch keine Frequenzabhängigkeiten bei der Höhe des Tonzuschlages.

Ein Vorschlag zur Anpassung des Programms wäre, es so zu modifizieren, daß die Frequenzabhängigkeit, welche die Versuchspersonen und Gutachter in ihrem Urteil zeigen, durch eine Gewichtungsfunktion im Rechenprogramm realisiert wird.

Diese Arbeit wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft im Rahmen des SFB 204 „Gehör“ München gefördert.

#### Literatur

- [1] DIN 45 681, Entwurf, „Bestimmung der Tonhaltigkeit von Geräuschen und Ermittlung eines Tonzuschlages für die Beurteilung von Geräuschmissionen“ (Februar 1995).
- [2] Zwicker, E., Fastl, H., (1990), Psychoacoustics, Facts and Models, Springer Verlag, Berlin.
- [3] Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm), (1968).
- [4] VDI-Richtlinie 2058 „Beurteilung von Arbeitsplatzlärm in der Nachbarschaft“, (1985).
- [5] Dreesen, T., Weber, R., (1995), Validierung von Tonhaltigkeitsberechnungsverfahren, Fortschritte der Akustik - DAGA '95, Verl. DPG-GmbH, Bad Honnef, 835 - 838.
- [6] Beckenbauer, Th., (1993), Anwendung der DIN 45 681 (Entwurf) „Bestimmung der Tonhaltigkeit von Geräuschen“ in der Praxis, Fortschritte der Akustik - DAGA '93, Verl. DPG-GmbH, Bad Honnef, 620 - 623.