

# DIN 38455:2024-11 (D)

## Berechnung der Hörempfindung Rauigkeit

---

Inhalt	Seite
Vorwort . . . . .	4
Einleitung . . . . .	5
1 Anwendungsbereich . . . . .	6
2 Normative Verweisungen . . . . .	6
3 Begriffe . . . . .	6
4 Symbole und Abkürzungen . . . . .	7
5 Modell zur Berechnung der Rauigkeit . . . . .	10
5.1 Allgemeines . . . . .	10
5.2 Übersicht . . . . .	10
5.3 Vorverarbeitung der Eingangsdaten . . . . .	12
5.4 Außen- und Mittelohrfilterung . . . . .	12
5.5 Auditorische Filterbank . . . . .	14
5.6 Segmentierung . . . . .	17
5.7 Berechnung der spezifischen Lautheit . . . . .	17
5.7.1 Gleichrichtung . . . . .	17
5.7.2 Berechnung blockweiser Effektivwerte . . . . .	17
5.7.3 Nichtlineare Signalverarbeitung . . . . .	18
5.7.4 Berücksichtigung der Hörschwelle . . . . .	19
5.8 Berechnung der Rauigkeit . . . . .	20
5.8.1 Allgemeines . . . . .	20
5.8.2 Hüllkurvenberechnung . . . . .	20
5.8.3 Skaliertes Leistungsspektrum der Hüllkurven . . . . .	21
5.8.4 Rauschunterdrückung . . . . .	21
5.8.5 Gewichtung in Abhängigkeit von der Modulationsfrequenz . . . . .	23
5.8.6 Optionale Entropiegewichtung . . . . .	28
5.8.7 Berechnung der spezifischen Rauigkeit . . . . .	29
5.9 Berechnung binauraler Rauigkeitswerte . . . . .	31
5.10 Berechnung repräsentativer Größen . . . . .	31
Anhang A (informativ) Vergleich der in psychoakustischen Experimenten ermittelten mit berechneten Werten der Rauigkeit . . . . .	33
Anhang B (informativ) Perzeptive und messtechnische Beurteilung der Rauigkeit technischer Geräusche . . . . .	41
Literaturhinweise . . . . .	43

## Bilder

Bild 1 — Grundlegende Struktur des Gehörmodells zur Berechnung der Rauigkeit . . . . .	11
Bild 2 — Isophonen (DIN ISO 226:2006-04), die als Zielkurven für die Optimierung des Filters für die Außen- und Mittel-/Innenohrfilterung verwendet wurden . . . . .	13
Bild 3 — Betrag der Übertragungsfunktion des Außen- und Mittel-/Innenohrfilters nach Tabelle 1 . . . . .	14
Bild 4 — Exemplarische Darstellung des Tiefpassfilters für $z = 9$ ( $\Delta f = 185,27$ Hz) . . . . .	16
Bild 5 — Nichtlineare Funktion zwischen spezifischer Lautheit und Schalldruckpegel (bezogen auf $\bar{p}_0 = 20$ $\mu$ Pa) entsprechend Gleichung (22) . . . . .	18
Bild 6 — Schwellwert der spezifischen Lautheit als Funktion der Frequenz . . . . .	19
Bild 7 — Veranschaulichung der Wirkungsweise der Gewichtungsfunktion $w(l,k)$ . . . . .	22
Bild A.1 — Berechnete Rauigkeiten sinusförmig amplitudenmodulierter Sinustöne für verschiedene Trägerfrequenzen und verschiedene Modulationsfrequenzen im Vergleich zu den von Fastl und Zwicker in [8] veröffentlichten Daten . . . . .	33

<b>Bild A.2 — Abhängigkeit der Rauigkeit für dreieckförmige Einhüllendenformen . . . . .</b>	<b>34</b>
<b>Bild A.3 — Berechnete Rauigkeit (in asper) für die nach Oetjen et al. [12] ermittelten Geräuschpaare gleicher Rauigkeit (siehe Bild A.2) . . . . .</b>	<b>35</b>
<b>Bild A.4 — Berechnete relative Rauigkeiten amplitudenmodulierter Breitbandrauschsignale für verschiedene Modulationsfrequenzen im Vergleich zu den von Fastl und Zwicker in [8] veröffentlichten Daten . . . . .</b>	<b>36</b>
<b>Bild A.5 — Berechnete relative Rauigkeiten von frequenzmodulierten Sinustönen für verschiedene Modulationsfrequenzen im Vergleich zu den von Fastl und Zwicker in [8] veröffentlichten Daten . . . . .</b>	<b>37</b>
<b>Bild A.6 — Berechnete relative Rauigkeiten von frequenzmodulierten Sinustönen für verschiedene Schalldruckpegel im Vergleich zu den von Fastl und Zwicker in [8] veröffentlichten Daten. Zusätzlich ist die von Fastl und Zwicker [8] hergeleitete, idealisierte Abhängigkeit vom Schalldruckpegel dargestellt . . . . .</b>	<b>38</b>
<b>Bild A.7 — Berechnete relative Rauigkeiten von frequenzmodulierten Sinustönen für verschiedene Frequenzhübe im Vergleich zu den von Fastl und Zwicker in [8] veröffentlichten Daten . . . . .</b>	<b>39</b>
<b>Bild A.8 — Vergleich der von Vogel [13] ermittelten Abhängigkeit der wahrgenommenen Rauigkeit vom Modulationsgrad mit berechneten Ergebnissen . . . . .</b>	<b>40</b>
<b>Bild B.1 — Vergleich der in einem Hörversuch mittels Größenschätzung bewerteten Rauigkeit mit der berechneten Rauigkeit für verschiedene technische Geräusche . . . . .</b>	<b>41</b>

## **Tabellen**

<b>Tabelle 1 — Filterkoeffizienten des Außen- und Mittel-/Innenohrfilters . . . . .</b>	<b>13</b>
<b>Tabelle 2 — <math>M = 8</math> Schwellwerte und Exponenten für die nichtlineare Funktion in Gleichung (22) . . . . .</b>	<b>18</b>
<b>Tabelle 3 — Schwellwert der spezifischen Lautheit (in <math>sone_{HMS}/Bark_{HMS}</math>) als Funktion der Frequenzgruppe <math>z</math> in <math>Bark_{HMS}</math> . . . . .</b>	<b>19</b>
<b>Tabelle 4 — Korrekturwerte <math>E(\theta)</math> . . . . .</b>	<b>25</b>
<b>Tabelle 5 — Parameter für die Gewichtungsfunktion . . . . .</b>	<b>26</b>
<b>Tabelle B.1 — Beschreibung der technischen Geräusche aus Bild B.1 . . . . .</b>	<b>41</b>