

## Über dieses Dokument

### Inhalt

Das vorliegende Dokument ist eine Application Note über die Erstellung von Geräuschmetriken. Es beschreibt, was eine solche Metrik ist, wie sie genutzt wird und welche Vorteile sie bringt. Außerdem liefert das Dokument Hinweise, was bei der Erstellung von Geräuschmetriken beachten werden muss.

1. Einleitung \_\_\_\_\_ 1
2. Geeignete Daten für die Metrikerstellung \_\_\_\_\_ 3
3. Wichtige Hinweise zur Metrikerstellung \_\_\_\_\_ 5
- Beispiel \_\_\_\_\_ 6
4. Verwendung der Metrik \_\_\_\_\_ 8

### Zielgruppe

Der nachfolgende Text wendet sich an Akustik-Ingenieure<sup>1</sup>, die an der automatisierten Bewertung von Produktgeräuschen arbeiten, insbesondere an (potenzielle) Anwender der ArtemiS SUITE, die das Metrik-Projekt verwenden wollen.

### Fragen?

Sie haben Fragen? Wir freuen uns über Ihre Rückmeldungen!

Fragen zum Inhalt dieses Dokument: [Imke.Hauswirth@head-acoustics.com](mailto:Imke.Hauswirth@head-acoustics.com)

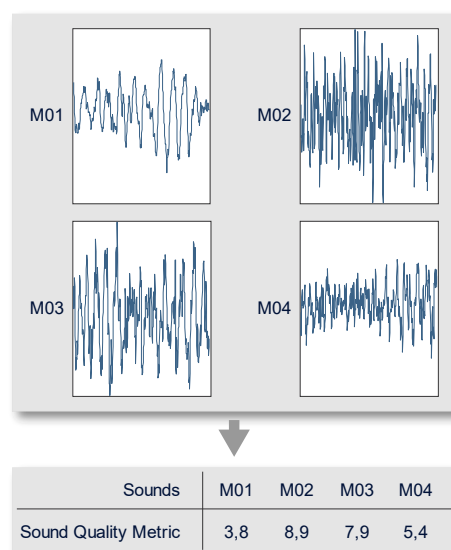
Technische Fragen zu unseren Produkten: [SVP-Support@head-acoustics.com](mailto:SVP-Support@head-acoustics.com)

## Metrikerstellung – Zielsetzung und Vorgehen

### 1. Einleitung

#### Aussagekräftige Geräuschbewertung

Die menschliche Wahrnehmung von Geräuschen ist sehr komplex und kann nicht durch einen einzigen messtechnischen Parameter – wie den Schalldruckpegel – repräsentiert werden. Möchten Sie einen aussagekräftigeren Qualitätsindex für Ihre Geräusche definieren, sollten Sie stattdessen eine Berechnungsvorschrift verwenden, die verschiedene Parameter verknüpft. Solche Berechnungsvorschriften, auch Metriken genannt, nutzen beispielsweise die Ergebnisse verschiedener messtechnischer Analysen und können so einen charakteristischen Einzahlwert für Ihre Produktgeräusche bestimmen. Durch die Verknüpfung relevanter Analysen werden



Verwendung einer Geräuschmetrik zur numerischen Bewertung der Geräuschqualität

<sup>1</sup> Im nachfolgenden Text wird verallgemeinernd das generische Maskulinum verwendet. Dies soll ausschließlich der besseren Lesbarkeit dienen. Selbstverständlich möchten wir gleichermaßen alle Geschlechter ansprechen bzw. einbeziehen.

verschiedene Geräuschaspekte berücksichtigt und fließen in das Endresultat ein. So kann z. B. nicht nur der Geräuschpegel in die Bewertung einbezogen werden, sondern auch Anteile hoher Frequenzen, Ausprägung tonaler Komponenten sowie Beiträge weiterer störender Geräuschmuster.

*Vorteile einer  
Geräuschmetrik*

Eine gute Geräuschmetrik hilft Ihnen dabei

- die akustische Qualität Ihrer Produkte zuverlässig und zeitsparend zu bewerten,
- Stärken und Schwächen Ihrer Produkte zu ermitteln
- und Zielgeräusche zuverlässig abzuleiten.

Metriken können z. B. basierend auf den Ergebnissen eines Hörversuchs entwickelt werden. Dabei werden die Ergebnisse des Hörversuchs durch messtechnisch ermittelte Analyseergebnisse abgebildet. Mit einer so ermittelten Metrik können Sie in der Folge die wahrgenommene Geräuschqualität Ihrer Produkte zeitsparend bestimmen, ohne dass weitere Hörversuche nötig sind.

*Produkte von HEAD acoustics  
für die Metrikentwicklung*

Der Entwicklungsprozess einer Geräuschmetrik umfasst mehrere Schritte, für die Ihnen HEAD acoustics verschiedene Hilfsmittel zur Verfügung stellt:

- **Binaurale Aufnahme:**  
Verwenden Sie z. B. das binaurale Kunstkopfmesssystem HMS für die Aufnahme Ihrer Geräusche. Das Kunstkopfmesssystem bildet alle akustisch relevanten Komponenten des menschlichen Außenohrs korrekt nach und dokumentiert die Geräuschsituation ganzheitlich.



*Binaurale Aufnahme mit Kunstkopfmesssystem HMS*

- **Gehörriichtige Wiedergabe:** Mit einem Wiedergabesystem labP2 können Sie eine binaurale Aufnahme gehörrichtig wiedergeben. Dies ermöglicht eine valide, perzeptive Beurteilung Ihrer Produktgeräusche.
- **Perzeptive Beurteilung:** Mit dem Jury Testing Modul SQala können Sie in nur wenigen Schritten einen Hörversuch designen und durchführen. Am Ende erhalten Sie eine übersichtliche Zusammenfassung der Geräuschbewertungen.



*Hörversuch mit SQala*

- **Messtechnische Analysen:** Die Analyse-Software ArtemiS SUITE bietet Ihnen eine Vielzahl von Analysen. Es stehen neben bekannten standardisierten Verfahren wie Pegelberechnung, Oktavanalyse und der Bestimmung psychoakustischer Parameter auch spezielle Analysemethoden wie Relative Approach oder Tonhaltigkeit (Gehörmodell) zur Verfügung.
- **Metrikdefinition:** Das Metrik-Projekt der ArtemiS SUITE bestimmt die Korrelation zwischen perceptiven Urteilen z. B. aus einem Hörversuch und den Einzahlwerten von Analyseergebnissen. Durch die Verknüpfung mehrerer unterschiedlich gewichteter Einzahlwerte aus verschiedenen messtechnischen Analysen in einem linearen Regressionsmodell ergibt sich eine Berechnungsvorschrift, die Sie anschließend für eine numerische Bewertung Ihrer Geräusche verwenden können.

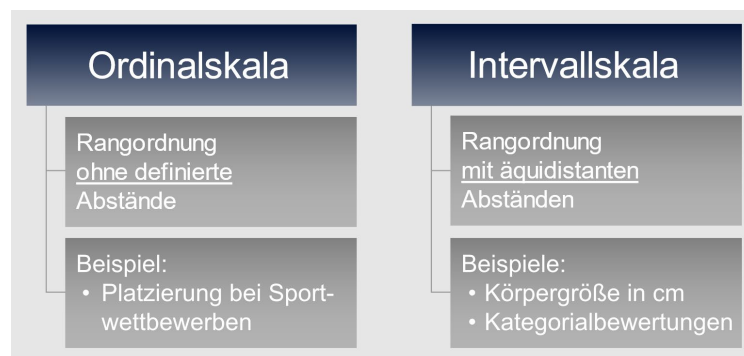


## 2. Geeignete Daten für die Metrikerstellung

Vor Metrikerstellung muss überprüft werden, ob die Eingangsdaten für die Metrikbestimmung tatsächlich geeignet sind.

*Ordinalskala ↔ Intervallskala*

Hörversuchsergebnisse, die für eine Metrikerstellung verwendet werden, sollten intervallskaliert vorliegen. Intervallskalierte Ergebnisse erhält man z. B. bei einem Hörversuch mit Kategorialbewertung. Die Ergebnisse aus einem Rankingtest oder Paarvergleich sind in der Regel ordinalskaliert und können nicht ohne Weiteres verwendet werden. Dies liegt daran, dass bei diesen Tests nur Informationen über die Rangfolge, nicht aber über den perceptiven Abstand der einzelnen Geräusche abgefragt werden. Es ist also nicht bekannt, ob der Abstand zwischen dem ersten und zweiten Rang gleich dem Abstand zwischen dem zweiten und dritten Rang ist. Werden ordinalskalierte Ergebnisse einfach in Zahlenwerte übertragen, suggeriert dies eine äquidistante Verteilung, die eventuell nicht der Realität entspricht. Wenn aber die Zahlenwerte die Hörversuchsergebnisse falsch abbilden, ist die Grundlage der Korrelationsanalyse falsch. Zwar sind statistische Hilfsmittel bekannt, um ordinalskalierte Daten in intervallskalierte Daten zu überführen (z. B. Bradley-Terry-Luce (BTL) Modelle) – diese sollten aber mit Bedacht berechnet werden und sind in vielen Fällen nicht zu empfehlen.



*Unterschiede Ordinalskala ↔ Intervallskala*

Informationen über die Rangfolge, nicht aber über den perceptiven Abstand der einzelnen Geräusche abgefragt werden. Es ist also nicht bekannt, ob der Abstand zwischen dem ersten und zweiten Rang gleich dem Abstand zwischen dem zweiten und dritten Rang ist. Werden ordinalskalierte Ergebnisse einfach in Zahlenwerte übertragen, suggeriert dies eine äquidistante Verteilung, die eventuell nicht der Realität entspricht. Wenn aber die Zahlenwerte die Hörversuchsergebnisse falsch abbilden, ist die Grundlage der Korrelationsanalyse falsch. Zwar sind statistische Hilfsmittel bekannt, um ordinalskalierte Daten in intervallskalierte Daten zu überführen (z. B. Bradley-Terry-Luce (BTL) Modelle) – diese sollten aber mit Bedacht berechnet werden und sind in vielen Fällen nicht zu empfehlen.

Um eine robuste Metrik zu erhalten, die die Durchführung von Hörversuchen tatsächlich ersetzen kann, sollten Sie die folgenden Hinweise beachten:

Um eine robuste Metrik zu erhalten, die die Durchführung von Hörversuchen tatsächlich ersetzen kann, sollten Sie die folgenden Hinweise beachten:

### Geeignetes Versuchsdesign

- Sofern die Metrikerstellung auf den Ergebnissen von Hörversuchen basiert, müssen die Hörversuche mit entsprechendem Verständnis für die Geräuschwahrnehmung designt werden. Werden Ergebnisse aus einem ungeeignet designten Hörversuch verwendet, basiert die berechnete Geräuschmetrik auf einem schlechten Fundament und liefert keine validen Resultate. Nur wenn die Basis, also die Ergebnisse des Hörversuchs, tatsächlich aussagekräftig sind und die Wahrnehmung der Geräusche adäquat abbilden, kann die resultierende Metrik vernünftige Vorhersagen für weitere Geräusche liefern. Beispiel: Sie führen einen Hörversuch durch, in dem Sie die Teilnehmer bitten, die Qualität der Geräusche von Sitzverstellermotoren zu beurteilen. Die bei dem Hörversuch verwendeten Geräusche wurden mit verschiedenen Aufnahmesystemen in unterschiedlichen Aufnahmesituationen akquiriert, so dass die Geräusche sich nicht nur von Motor zu Motor unterscheiden, sondern auch aufgrund des verwendeten Aufnahme-Equipments und der gewählten Umgebung. Dies führt dazu, dass die Teilnehmer neben der eigentlichen Motorgeräuschqualität auch die Aufnahmequalität in die Beurteilung einfließen lassen. Somit spiegeln die Ergebnisse des Hörversuchs nicht das wider, was eigentlich Gegenstand der Untersuchung war. Eine mithilfe dieser Hörversuchsergebnisse erzeugte Metrik kann Ihnen somit keine überzeugende Vorhersage für weitere Sitzverstellermotoren liefern.

### Sinnvolle statische Auswertung

- Bei der statistischen Auswertung der Hörversuchsergebnisse muss darauf geachtet werden, dass wertvolle Hinweise nicht einfach „weggemittelt“ werden. Beispiel: Sie haben einen Hörversuch durchgeführt und trotz aller Sorgfalt bei der Formulierung der Aufgabe haben die Teilnehmer bei der Bewertung bestimmter Geräusche Schwierigkeiten. Dies führt dazu, dass eine Gruppe von Teilnehmern diese Geräusche sehr gut und die andere Gruppe diese sehr schlecht bewertet. Wenn Sie an dieser Stelle einfach eine Mittelung der Ergebnisse durchführen, erhalten diese Geräusche ein mittleres Urteil. Eine solche mittlere Bewertung spiegelt allerdings nicht die Beurteilung der Teilnehmer wider. Eine Metrik, die Sie basierend auf diesen Werten erstellen, liefert Ihnen keine gute Voraussage der Geräuschqualität. In einem solchen Fall müssen Sie abschätzen, welche Ergebnisse Sie für Ihre Geräusche berücksichtigen möchten, und dürfen die Beurteilungen der anderen Gruppe nicht in die Mittelung miteinbeziehen. Eventuell sollten Sie Ihr Versuchsdesign überarbeiten und einen weiteren Hörversuch zur Kontrolle durchführen bzw. die Gründe der gegensätzlichen Bewertungen der Probanden zum Beispiel durch ein entsprechendes Interview abfragen und dokumentieren.



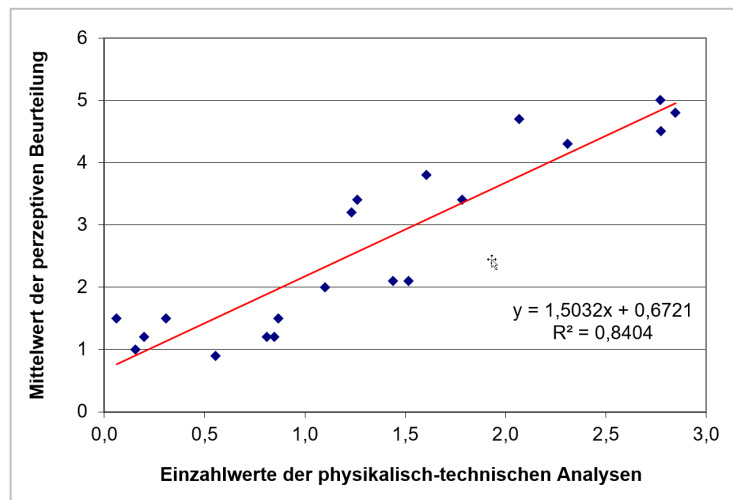
Sorgfalt bei der statistischen Auswertung der Hörversuchsergebnisse sichert gute Resultate

Weitere Hinweise zur Planung und Auswertung von Hörversuchen finden Sie auf unserer Webseite <https://www.head-acoustics.com/de/wissen/application-notes-schall-schwingungen> im Abschnitt „Hörversuche und Geräuschmetriken“.

### 3. Wichtige Hinweise zur Metrikerstellung

ArtemiS SUITE:  
Metrik-Projekt

Das Metrik-Projekt der ArtemiS SUITE berechnet eine Metrik basierend auf der Korrelation zwischen zwei Datenreihen, z. B. den Einzahlwerten aus physikalisch-technischen Analysen und den perceptiven Beurteilungen aus einem Hörversuch. Dabei ist sowohl eine manuelle Eingabe als auch eine teilautomatische Ermittlung der Berechnungsvorschrift möglich. Im teilautomatischen Modus unterstützt Sie das Metrik-Projekt und bildet die Hörversuchsergebnisse durch Berechnung eines linearen Regressionsmodells bestmöglich auf messtechnische Analyseergebnisse ab. Dabei können Sie aus vorher berechneten Analyse-Einzelwerten eine beliebige Anzahl auswählen und ArtemiS SUITE bestimmt automatisch eine entsprechende Metrik.



Beispiel für das Ergebnis einer Regressionsanalyse

#### Korrelation

- lineare Abhängigkeit zweier Datenreihen

#### Korrelationskoeffizient R

- Maß für die Stärke der Korrelation, Wertebereich  $\{-1; 1\}$
- $R = -1$ : starke, negative Korrelation
- $R = 0$ : stochastischer Zusammenhang
- $R = 1$ : starke, positive Korrelation

#### Regression

- numerische Modellierung der Beziehung zweier Datenreihen

#### Bestimmtheitsmaß $R^2$

- Maß für die Qualität der Modellierung, Wertebereich  $\{0; 1\}$
- Bei linearer Regression entspricht das Bestimmtheitsmaß dem Quadrat des Korrelationskoeffizienten
- $R^2 = 0$ : kein Zusammenhang
- $R^2 = 1$ : hohe Modellierungsgüte

Für jede berechnete Analyse wird u.a. der Korrelationskoeffizient  $R$  angezeigt. Bei einem starken linearen Zusammenhang zwischen der Analyse und den Daten aus dem Hörversuch ergibt sich ein hoher Korrelationskoeffizient (maximaler Wert:  $R = 1$ ).

Zusätzlich kann im Metrik-Projekt auch die Qualität der aktuellen Metrik überprüft werden. Hierzu dient z. B. das Bestimmtheitsmaß  $R^2$ , das den Anteil der durch das Regressionsmodell erklärten Varianz in den Hörversuchsdaten angibt. Ein hohes Bestimmtheitsmaß sagt also aus, dass die Ergebnisse des Hörversuchs sehr gut mithilfe der gefundenen mathematischen Formel und den Ergebnissen aus der messtechnischen Analyse wiedergegeben werden können (maximaler Wert:  $R^2 = 1$ ).

matischen Formel und den Ergebnissen aus der messtechnischen Analyse wiedergegeben werden können (maximaler Wert:  $R^2 = 1$ ).

Entwicklung einer  
robusten Metrik

Grundsätzlich sollte die Metrikentwicklung auf ein hohes Bestimmtheitsmaß der resultierenden Berechnungsvorschrift abzielen. Denn ein hohes Bestimmtheitsmaß deutet darauf hin, dass die Metrik die Ergebnisse des Hörversuchs gut mit den Einzahlwerten der messtechnischen Analysen abbildet. Allerdings darf ein hohes Bestimmtheitsmaß nicht das alleinige Optimierungskriterium sein.

Stattdessen ist das Ziel der Definition einer robusten Metrik, nicht nur die Ergebnisse des aktuellen Hörversuchs (Trainingsdaten) sinnvoll vorhersagen zu können, sondern auch die Geräuschqualität von weiteren Geräuschbeispielen.

*Konkrete  
Vorgehensweisen*

Folgende Vorgehensweisen sollten für Entwicklung einer robusten Metrik berücksichtigt werden:

- Der Einfluss jedes Einzahlwerts muss systematisch überprüft und mit Hinblick auf den kausalen Zusammenhang bzgl. des untersuchten Geräuschaspekts ausgewählt werden.  
Beispiel: Wenn Sie ausschließlich rauschhaltige Geräusche beurteilen möchten, kann eine hohe Korrelation zu den Einzahlwerten der Tonhaltigkeit nur durch Zufall zustande kommen. Dieser Einzahlwert sollte trotz einer scheinbar hohen Korrelation nicht in die Metrik einfließen.
- Die Hörversuchsergebnisse sollten nicht mit einer zu großen Anzahl von Einzahlwerten aus vielen verschiedenen messtechnischen Analysen (Prädikatoren) abgebildet werden. Dies führt meist nur zu einer Überanpassung der Metrik an die Geräuschbeispiele, die der Metrikerstellung als Trainingsdaten zugrunde liegen.  
Das heißt, eine hohe Anzahl an Prädikatoren kann zwar die Korrelation zu den verwendeten Hörversuchsergebnissen erhöhen. Sie erhöht aber meist nicht die Vorhersagequalität für unbekannte Geräusche, also Geräusche, die nicht für die Bestimmung der Metrik verwendet wurden. Für die Erstellung einer robusten Metrik ist es häufig sinnvoller, nur eine kleine Anzahl von Analysen als Prädikatoren zu verwenden.
- Ein bewährtes Vorgehen für die Erstellung einer robusten Metrik ist die zufällige Aufteilung Ihrer Daten in zwei Gruppen. Mit dem ersten Datensatz (Trainingsdatensatz) können Sie Ihre Metrik erstellen und mit dem zweiten Datensatz validieren (Validierungsdatsatz). Da für den Validierungsdatsatz ebenfalls perzeptive Beurteilungen vorliegen, können Sie so die berechneten Ergebnisse mit den Ergebnissen des Hörversuchs vergleichen und Ihre Metrik überprüfen. Wenn Sie bei der Metrikerstellung nicht ausschließlich auf ein hohes Bestimmtheitsmaß geachtet haben, sondern sich stattdessen auf die Verwendung von wenigen, plausiblen Einzahlwerten beschränkt haben, sollte Ihre Metrik auch die Ergebnisse des zweiten Datensatzes gut vorhersagen können.

*Weitere Hinweise*

Viele wertvolle Hinweise zum Erstellen von robusten Metriken gibt die folgende Veröffentlichung: Fiebig, Kamp; "Development of metrics for characterizing product sound quality", Proceedings Aachen Acoustics Colloquium 2015, 123–133.

### **Beispiel**

Das folgende Beispiel<sup>2</sup> soll verdeutlichen, dass der Einsatz von zusätzlichen Analysen nicht immer zielführend ist und auch die Auswahl der messtechnischen Analysen mit Bedacht erfolgen muss. Für das Beispiel wurden die Geräusche von zwölf Haartrockner in einem Hörversuch von mehreren Teilnehmern auf einer kategorialen, zehnstufigen Skala bewertet.

<sup>2</sup> Das Beispiel ist rein fiktiv und dient nur dazu, die Vorgehensweise zu verdeutlichen. Die angegebenen Zahlenwerte geben keinen Hinweis, wann eine ausreichend hohe Korrelation bzw. ein ausreichend hohes Bestimmtheitsmaß erreicht ist. Für diese Werte existieren keine allgemeingültigen Grenzwerte. Stattdessen muss im Einzelfall entschieden werden, wann die Übereinstimmung zwischen Hörversuchsergebnissen und Metrik ausreichend hoch ist.

Um eine Metrik zu bestimmen, wurden zunächst die Einzahlwerte der folgenden Analysen bestimmt:

- Lautheit
- Schärfe
- Tonhaltigkeit
- Sprachverständlichkeitsindex (Speech Intelligibility Index, SII)

### Interpretation der angezeigten Werte

Nach der Berechnung der Analyse-einzahlwerte werden die Korrelationswerte  $R$  zwischen den Analysewerten und den Hörversuchsergebnissen für jede Analyse in einer Tabelle angezeigt. In dieser Tabelle können dann die gewünschten Einzahlwerte für die Metrik aktiviert werden. Eine entsprechende Metrik basierend auf den aktivierten Einzahlwerten wird durch ArtemiS SUITE automatisch berechnet. Die Formel für diese Metrik wird ebenso wie deren Korrelationskoeffizient  $R$  und Bestimmtheitsmaß  $R^2$  direkt angezeigt.

#		Name	Math. Function	Scale	R	R <sup>2</sup>	P [%]	R resid.
1	<input checked="" type="checkbox"/>	Loudness.Max	None	Lin.	0,91	0,82	0	
2	<input checked="" type="checkbox"/>	Sharpness.Max	None	Lin.	0,87	0,76	0	
3	<input type="checkbox"/>	Tonality.Default	None	Lin.	0,45	0,20	14	0,50
4	<input type="checkbox"/>	SII.P5	None	Lin.	-0,83	0,68	0	-0,36

Korrelationswerte zwischen den Analysewerten und den Hörversuchsergebnissen

### $R_{resid}$

Im vorliegenden Beispiel wurden zunächst die Einzahlwert der Lautheit und der Schärfe aktiviert, da die Werte dieser Analysen eine besonders hohe Korrelation zu den Ergebnissen des Hörversuchs aufweisen ( $R = 0,91$  bzw.  $R = 0,87$ ). Das Bestimmtheitsmaß der Modellierung basierend auf diesen beiden Analysen beträgt  $R^2 = 0,88$ . Um dies weiter zu erhöhen, soll noch ein weiterer Einzahlwert in die Metrik integriert werden. Bei der Auswahl des zusätzlichen Parameters sollte nicht nur der Korrelationskoeffizienten  $R$  der jeweiligen Analyse berücksichtigt werden, sondern z. B. auch der Korrelationskoeffizienten zu den Residuen  $R_{resid}$ . Die Residuen sind in diesem Fall die Abweichungen zwischen den Werten aus dem Hörversuch und den mit der aktuellen Metrik berechneten Werten. Sind die Residuen klein, kann die aktuelle Metrik die Werte des Hörversuchs gut widerspiegeln. Der angezeigte Wert  $R_{resid}$  beschreibt die lineare Abhängigkeit zwischen den jeweiligen Analyse-Einzahlwerten und den Residuen. Ein hoher  $R_{resid}$ -Wert bedeutet, dass die Einzahlwerte dieser (deaktivierten) Analyse eine hohe Korrelation zu den Residuen aufweist. Das heißt, diese Analyse kann eventuell vorhandene Vorhersagefehler der bisherigen Metrik vermutlich reduzieren und das Bestimmtheitsmaß der Metrik verbessern.

Dies ist sogar dann möglich, wenn deren Korrelationskoeffizient  $R$  niedriger ist als der anderer Analysen. Ein kleiner  $R_{resid}$ -Wert deutet darauf hin, dass die Aktivierung dieser Analyse die Metrik kaum verbessert.

Im vorliegenden Beispiel besitzt der Sprachverständlichkeitsindex SII eigentlich eine höhere Korrelation<sup>3</sup> zu den Hörversuchsergebnissen als die Tonhaltigkeit. Die Korrelation zum Residuum ist aber für die Tonhaltigkeit höher:

- Tonhaltigkeit:  $R = 0,45$ ,  $R_{resid} = 0,50$
- SII:  $R = -0,83$ ,  $R_{resid} = -0,36$

<sup>3</sup> Der SII ist so definiert, dass hohe Werte auf eine gute und niedrige Werte auf eine schlechte Sprachverständlichkeit hinweisen. Die Hörversuchsergebnisse wurden so kodiert, dass eine gute Bewertung einem niedrigen Zahlenwert entspricht. Im Gegensatz zu Lautheit, Schärfe und Tonhaltigkeit ergibt sich so für die Sprachverständlichkeit eine negative Korrelation zu den Hörversuchsergebnissen.

#### Verbesserung durch zusätzlichen Prädiktor

Das heißt, die Aktivierung der Tonhaltigkeit wird das Bestimmtheitsmaß der resultierenden Metrik stärker erhöhen als die des Sprachverständlichkeitsindex. Dies liegt daran, dass der Sprachverständlichkeitsindex wie die Lautheit auf hohe Pegel reagiert. Die Aktivierung des Sprachverständlichkeitsindex liefert also keine zusätzlichen Informationen, wenn bereits ein Einzahlwert wie die Lautheit aktiviert ist. Im Gegensatz dazu liefert die Tonhaltigkeit zusätzliche Informationen (ein Maß für die im Geräusch enthaltenen tonalen Komponenten) und verbessert das Bestimmtheitsmaß der resultierenden Metrik auf  $R^2 = 0,9$ .

Die Steigerung von  $0,88$  auf  $0,9$  ist allerdings nur eine geringe Verbesserung. Um zu überprüfen, ob die Metrik durch den zusätzlichen Prädiktor tatsächlich verbessert werden kann, sollte sie mithilfe eines Validierungsdatensatzes überprüft werden. So kann ausgeschlossen werden, dass durch den zusätzlichen Prädiktor keine Überanpassung an die Trainingsdaten entsteht, sondern die Metrik auch für anderen Geräuschbeispiele die Vorhersagequalität verbessert.

#### Fazit

Das Beispiel zeigt somit, dass bei der Metrikerstellung nicht allein die Analysen mit hohen Korrelationskoeffizienten berücksichtigt werden sollten. Stattdessen muss der Anwender überlegen, welche Analyse zusätzliche Informationen über die Geräusche beinhalten und einen weiteren, relevanten Geräuschaspekt abdeckt.

## 4. Verwendung der erstellten Metrik

#### Geräuschmetrik anwenden

Sofern eine robuste Metrik erstellt werden konnte, lassen sich im Folgenden die Beurteilungen von weiteren Geräuschen numerisch mithilfe der mathematischen Formel und den Ergebnissen der messtechnischen Analyse vorhersagen. Dabei ist es sehr wichtig zu berücksichtigen, dass die Geräuschmetrik nur auf Geräusche mit ähnlicher Geräuschcharakteristik angewendet wird. Nur so lassen sich mit der Metrik sinnvolle Vorhersagen treffen. Die Verwendung der Metrik für andere Geräuscharten liefert in vielen Fällen keine überzeugenden Ergebnisse.

Beispiel: Für die Durchführung der Hörversuche und die Erstellung der Metrik wurden Geräusche von Sportwagen bei der Beschleunigung verwendet. Die resultierende Metrik gibt die Geräuschqualität vergleichbarer Aufnahmen sehr gut wieder. Allerdings wird die Metrik versagen, wenn Sie sie für die Beurteilung von Leerlaufmessungen von Luxuslimousinen einsetzen. Obwohl in beiden Fällen die Geräusche von Verbrennungsmotoren erzeugt wurden und an vergleichbaren Positionen (z. B. Beifahrerposition im Fahrzeuginnenraum) sowie mit vergleichbarem Equipment gemessen wurde, sind diese Geräusche kaum zu vergleichen und können nicht sinnvoll mit derselben Metrik untersucht werden.

Gerne beraten wir Sie bei der Entwicklung Ihrer Geräuschmetriken. Unsere erfahrenen Ingenieure können Sie im gesamten Entwicklungsprozess mit fachlichem Know-how und messtechnischer Infrastruktur unterstützen. Profitieren Sie von unserer langjährigen Erfahrung im Bereich der automatisierten Bewertung von Produktgeräuschen, der akustischen Messmethodik sowie der Akquisition von Hörversuchsdaten!

Kontaktieren Sie uns: [engineering@HEAD-acoustics.com](mailto:engineering@HEAD-acoustics.com)

