

Prognose und Bewertung von Ballschlaggeräuschen bei Tennis, Pickleball und Padel

Alfons Geltinger

Datakustik GmbH, 82205 Gilching, E-Mail: alfons.geltinger@datakustik.com

Einleitung

Charakteristisch für Ballsportarten wie Tennis, Padel und Pickleball sind impulshaltige Schlaggeräusche mit hoher Pegeldynamik. Die erhöhte Lästigkeitswirkung solcher Impulse soll international nach ISO 1996-1 [1] durch einen entsprechenden Zuschlag zum A-bewerteten energieäquivalenten Mittelungspegel berücksichtigt werden.

In Deutschland ist die Beurteilung nach dem Taktmaximalpegelverfahren zur Berücksichtigung des Impulzzuschlags mit der VDI 3770 [2] seit nunmehr 30 Jahren bei Tennis eingeführt und mit der 18. BImSchV [3] auch gesetzlich verankert. Neuere und inzwischen auf einer zunehmenden Zahl von Anlagen angebotene Ballsportarten wie Pickleball und Padel erfordern deren Einbeziehung in diese Methodik der Lärmprognose. Mit [4] und [5] ist die prinzipielle Vorgehensweise entwickelt und über die Ermittlung repräsentativer Werte für Maximalpegel und Zeitanteile zu einem Berechnungsverfahren für diese Anlagen ergänzt worden. Damit liegt ein für Anlagen mit reinem oder kombiniertem Betrieb der Ballsportarten Tennis, Pickleball und Padel geeignetes Prognosekonzept für die in der Nachbarschaft zu erwartenden Geräuschimmissionen vor.

Methodischer Hintergrund

Bei Anwendung des Taktmaximalpegelverfahrens wird der kennzeichnende Pegel $L_{AFT,5s}$ für jedes 5-s-Zeitintervall am Immissionsort durch den höchsten darin auftretenden Pegel L_{AFmax} bestimmt. Aus den $L_{AFT,5s}$ -Werten wird mit energieäquivalenter Mittelung über den Bezugszeitraum der Wirkpegel L_{AFTm} gebildet.

Für die Prognose des L_{AFTm} ist die Kenntnis des aus gemessenen L_{AFmax} -Werten bestimmten repräsentativen Emissionswerts L_{WAFmax} für jede ballsportartbezogene Schallquelle sowie die ebenfalls repräsentative mittlere Belegungshäufigkeit k der noch nicht durch höhere Pegelspitzen belegten Zeittakte erforderlich. Die Berechnung erfolgt nach dem auf [6] basierenden „Genauen Verfahren“ der VDI 3770 zur Berechnung der von Tennisanlagen verursachten Geräuschimmissionen.

Für die Anwendung bei Anlagen mit gleichzeitig stattfindendem Betrieb von verschiedenen Ballsportarten wurde das Verfahren unter Bezug auf Tennis und Pickleball bereits in [4] beschrieben. Dabei wird jeder Quelle n der genannte sportart- bzw. quelltypspezifische Zeitanteil k_{sp} zugeordnet.

Das Berechnungsverfahren erfolgt für jeden Immissionsort in drei Schritten. Im ersten Schritt wird unter Berücksichtigung des L_{WAFmax} jeder Quelle ein von dieser allein verursachter Teilpegel nach ISO 9613-2 unter Einbeziehung aller Umgebungseinflüsse wie Bodendämpfung und Abschirmung berechnet und die Quellen werden nach der Höhe dieser Teilpegel in absteigender Reihenfolge sortiert. Im zweiten Schritt wird – beginnend mit der Quelle des höchsten Teilpegels – der von

jeder Quelle n belegte Zeitanteil k_n aus dem bereits von den Quellen 1 bis $n-1$ belegten Zeitanteil s_{n-1} mit Gleichung (1) berechnet, wobei k_{sp} der für die Quelle n geltende sportartspezifische Zeitanteil ist. Daraus werden mit Gleichung (3) und (4) die korrigierten Emissionswerte $L_{WAFTeq,n}$ ermittelt. Im dritten Schritt erfolgt die Ausbreitungsberechnung unter Verwendung dieser korrigierten Emissionswerte. Mit $s_0 = 0$ gilt:

$$k_n = (1 - s_{n-1}) \cdot k_{sp} \quad (1)$$

$$s_n = s_{n-1} + k_n \quad (2)$$

Dabei beschreibt s_n den kumulierten belegten Zeitanteil der bis Rang n berücksichtigten Quellen.

Aus dem wirksamen Zeitanteil k_n ergibt sich für jede Quelle eine Pegelkorrektur von

$$\Delta L_n = 10 \log_{10}(k_n) \quad \text{dB} \quad (3)$$

und damit ein zeitanteilig korrigierter Emissionswert nach

$$L_{WAFTeq,n} = L_{WAF,max,n} + \Delta L_n \quad \text{dB(A)} \quad (4)$$

Auf diese Weise werden für nachrangige Quellen reduzierte Emissionswerte bestimmt, da diese in Realität nur einen entsprechend kleineren Teil der 5-s-Intervalle bestimmen.

Neben dem „Genauen Verfahren“ enthält die VDI 3770 [2] auch ein „Überschlägiges Verfahren“. Dabei werden zur vereinfachten Berechnung des Beurteilungswertes die sportartspezifischen L_{WAFTeq} -Werte verwendet. Da dieses Verfahren bei mehreren Quellen stets zu einer Überschätzung der Immissionen führt, ist es im Wesentlichen zur vereinfachten Vorbeurteilung geeignet. Sind die geltenden Immissionsrichtwerte bei Anwendung des „Überschlägigen Verfahrens“ eingehalten, ist eine weitergehende Untersuchung nicht erforderlich.

Bekannte Emissionsbedingungen für Tennis und Pickleball

Gemäß VDI 3770 werden Tennisplätze durch zwei Punktschallquellen je Spielfeld beschrieben, die in den Bereichen der Aufschlagpositionen (Grundlinienmitten) mit einer Quelhöhe von 2,0 m berücksichtigt werden. Für Pickleball wird je Spielfeld eine Punktschallquelle in der Spielfeldmitte mit einer Quelhöhe von 1,5 m verwendet. Die anzusetzenden Emissionskennwerte für das „Genauere Verfahren“ k_{sp} und L_{WAFmax} sowie für das „Überschlägige Verfahren“ L_{WAFTeq} sind in Tabelle 1 zusammengefasst [3, 4].

Tabelle 1: Emissionskennwerte je Quelle für Tennis und Pickleball

Sportart	Quellen pro Platz	L_{WAFmax} [dB(A)]	k_{sp}	L_{WAFTeq} [dB(A)]
Tennis	2	95,0	0,3	90,0
Pickleball	1	102,5	0,5	99,5

Erweiterung des Prognoseverfahrens auf Padel

Zur Charakterisierung der Geräuschemissionen von Padel wurden Einzelschlag- und Betriebsmessungen an insgesamt vier Messtagen unter realem Spielbetrieb durchgeführt. Dabei wurden 16 Messungen im regulären Spielbetrieb bei gleichzeitigem Spiel auf einem bis drei Plätzen ausgewertet. Unterschiedliche Spielstärken, Platzbelegungen, Messpositionen und Ausrüstungen wurden dabei berücksichtigt. Die Einzelschlagmessungen dienten einer ersten Abschätzung des maximalen Schalleistungspegels L_{WAFmax} . Ausgewertet wurden der L_{AFeq} , der L_{AFmax} , der gemäß 18. BImSchV aus den 5-s-Taktmaximalpegeln $L_{AFT,5s}$ gebildete Wirkpegel L_{AFTm} sowie der Anteil der durch Ballschlaggeräusche belegten 5-s-Zeitintervalle.

Die Pegelzeitreihen zeigen, dass Padel eine mit Tennis und Pickleball vergleichbare Geräuschcharakteristik besitzt. Der reguläre Spielbetrieb ist durch impulshaltige Pegelspitzen gekennzeichnet, die fast ausschließlich auf Ball-Schläger-Kontakte zurückzuführen sind. Abbildung 1 zeigt beispielhaft den zeitlichen Verlauf von L_{AFmax} und den daraus abgeleiteten $L_{AFT,5s}$.

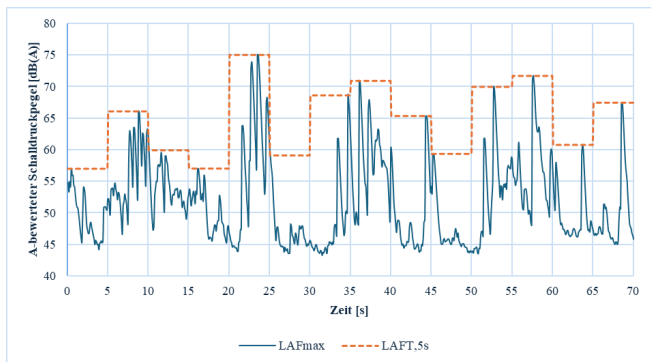


Abbildung 1: Beispielhafte Messreihe eines Padelspiels mit L_{AFmax} und $L_{AFT,5s}$.

Zur Bestimmung repräsentativer Emissionskennwerte wurden die gemessenen Immissionspegel mit Berechnungsergebnissen verglichen [5]. Dabei wurde die Schallemission durch eine Punktschallquelle in Spielfeldmitte mit einer Höhe von 2,0 m beschrieben, die Glaswände wurden durch vertikale reflektierende Schirme einbezogen. Aus dem Abgleich von Messung und Prognose wurden repräsentative Werte für L_{WAFmax} und k_{sp} abgeleitet. Unter Berücksichtigung der ermittelten Spannweite und der Abhängigkeit vom Spielniveau werden die in Tabelle 2 angegebenen Kennwerte als repräsentativ für Prognose und Beurteilung von Padelanlagen vorgeschlagen [5].

Tabelle 2: Emissionskennwerte für Padel

Sportart	Quellen pro Platz	L_{WAFmax} [dB(A)]	k_{sp}	L_{WAFeq} [dB(A)]
Padel	1	100	0,5	97,0

Beispielberechnung für einen Immissionsort

Das Verfahren wird beispielhaft auf eine Anlage mit vier Tennisplätzen und zwei Padelplätzen angewendet (vgl. Abbildung 2), wobei sich die Berechnung auf einen Zeitabschnitt mit Spielbetrieb auf allen Plätzen bezieht. Vor der

Prognoseberechnung werden die sportartspezifischen Quellpositionen festgelegt. Hierzu werden je Tennisplatz zwei Punktschallquellen in den Grundlinienmitten und je Padelplatz eine Punktschallquelle in der Spielfeldmitte einbezogen. Die Quellen werden jeweils mit einer Höhe von 2,0 m berücksichtigt; die Glaswände der Padelplätze werden durch vertikale reflektierende Schirme einbezogen. Im Folgenden wird die Berechnung exemplarisch für den Immissionsort R1 dargestellt.

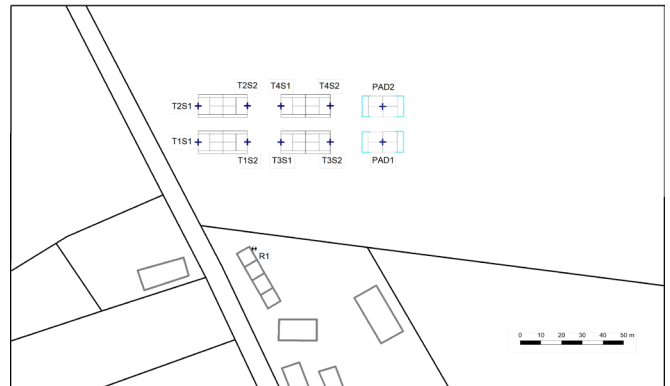


Abbildung 2: Positionierung der Tennis- und Padel-Quellen und des Immissionsorts R1.

Schritt 1: Vorberechnung der Teilpegel am Immissionsort unter Verwendung der sportartspezifischen maximalen Schalleistungspegel L_{WAFmax} .

Schritt 2: Sortierung der Quellen nach abnehmender Immissionsrelevanz entsprechend den sich aus der Vorberechnung am Immissionsort R1 ergebenden Teilpegeln (vgl. Tabelle 3, Spalte 3). Anschließend werden die wirksamen Zeitanteile k_n , die Pegelkorrekturen ΔL_n und die zeitanteilig korrigierten Emissionswerte $L_{WAFTeq,n}$ bestimmt (vgl. Tabelle 3, Spalten 4 bis 7).

Schritt 3: Prognoseberechnung mit den korrigierten Emissionswerten $L_{WAFTeq,n}$ und energetische Summation der Einzelbeiträge $L_{AFTeq,n}$ am Immissionsort zum Wirkpegel L_{AFTm} (vgl. Tabelle 3, Spalte 8).

Tabelle 3: Schrittweise Ermittlung des L_{AFTm}

Nr	Quelle	Teilpegel [dB(A)]	s_n	k_n	ΔL_n [dB(A)]	$L_{WAFTeq,n}$ [dB(A)]	$L_{AFTeq,n}$ [dB(A)]
1	T1S2	50,3	0,300	0,300	-5,2	89,8	45,1
2	T3S1	50,1	0,510	0,210	-6,8	88,2	43,3
3	PAD2	49,9	0,755	0,245	-6,1	93,9	43,8
4	T1S1	49,3	0,829	0,074	-11,3	83,7	38,0
5	T3S2	48,5	0,880	0,051	-12,9	82,1	35,6
6	T2S2	47,7	0,916	0,036	-14,4	80,6	33,3
7	T4S1	47,5	0,941	0,025	-16,0	79,0	31,5
8	PAD1	47,3	0,971	0,029	-15,3	84,7	32,0
9	T2S1	47,0	0,979	0,009	-20,5	74,5	26,5
10	T4S2	46,5	0,986	0,006	-22,1	72,9	24,4
L_{AFTm} :							49,7

Mit dem „Genauen Verfahren“ der VDI 3770 ergibt sich am Immissionsort R1 ein Wirkpegel von 49,7 dB(A). Gegenüber diesem Ergebnis überschätzt das „Überschlägige Verfahren“ den ermittelten Immissionspegel in diesem Fall um 4,4 dB(A).

Die in Schritt 2 vorgenommene Sortierung der Quellen basiert auf einer Vorberechnung mit L_{WAFmax} und den daraus resultierenden Teilpegeln. Die zur Ermittlung des Wirkpegels L_{AFTm} berücksichtigten Schalleistungspegel $L_{WAFTeq,n}$ sind daher

immissionsortabhängig und für jeden Immissionsort gesondert zu bestimmen.

In Softwaresystemen mit nach ISO 17534-3 qualitätsgesichert implementiertem Berechnungsverfahren nach ISO 9613-2 können die beschriebenen Rechenschritte automatisiert umgesetzt werden, sodass auch Raster- und Mehrpunktberechnungen effizient durchgeführt werden können [7].

Überdachungen und komplexe Geometrie

Bei komplexeren geometrischen Randbedingungen, insbesondere bei horizontalen oder geneigten Bauteilen wie Überdachungen, stoßen klassische Standardverfahren der Umgebungslärmprognose an ihre Grenzen. Dies betrifft insbesondere Padelanlagen, bei denen entsprechende Konstruktionen mitunter vorkommen. Mehrfachreflexionen zwischen Boden- und Dachflächen können zu lokal erhöhten Immissionspegeln führen, die mit Verfahren wie ISO 9613-2 nicht angemessen abgebildet werden [8]. In Sonderfällen mit überdachten, seitlich offenen Anlagen und nah gelegenen Immissionsorten sind daher geeignete Ausbreitungsverfahren heranzuziehen, die diese Randbedingungen abdecken [9]. Unabhängig vom verwendeten Ausbreitungsmodell bleibt die im Abschnitt „Methodischer Hintergrund“ beschriebene Vorgehensweise uneingeschränkt anwendbar.

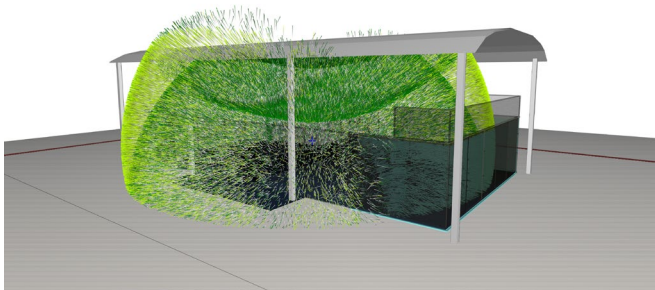


Abbildung 3: Sonderfall überdachter Padelplatz – Berechnung mit dem energetischen Teilchenmodell (CadnaR)

Schlussfolgerungen

Das Taktmaximalpegelverfahren nach 18. BImSchV bildet eine geeignete Grundlage für die Beurteilung von Ballschlaggeräuschen bei Tennis, Pickleball und Padel. Durch die Erweiterung der in [2], [4], [6] beschriebenen Methodik auf Padel steht ein einheitliches Verfahren zur Verfügung, mit dem Tennis-, Pickleball- und Padelanlagen sowohl in Einzelnutzung als auch in kombinierter Nutzung konsistent prognostiziert und bewertet werden können. Die für Padel vorgeschlagenen Emissionskennwerte liegen zwischen den entsprechenden Werten für Tennis und Pickleball und ermöglichen sachgerechte Immissionsprognosen.

Literatur

- [1] ISO 1996-1:2016-03: Akustik – Beschreibung, Messung und Beurteilung von Umgebungslärm – Teil 1: Grundlegende Kenngrößen und Beurteilungsverfahren
- [2] VDI 3770 (2012): Emissionskennwerte technischer Schallquellen – Sport- und Freizeitanlagen.
- [3] 18. BImSchV – Sportanlagenlärmenschutzverordnung, BGBl. I 1991, zuletzt geändert 2021.
- [4] Probst, W.: Beurteilung von Impulsgeräuschen, die durch Ballschläge verursacht werden, Lärmbekämpfung 20 (2025), Nr. 1.
- [5] Eigene Messungen und Auswertungen zu Ballschlaggeräuschen bei Padel (2025).
- [6] Probst, W.: Geräuscentwicklung von Sportanlagen und deren Quantifizierung für Immissionsschutztechnische Prognosen – Bundesinstitut für Sportwissenschaften, Bericht B2/94.
- [7] CadnaA 2026 MR1 Handbuch, URL: <https://doku.datakustik.com/CadnaA/de/Tennis.html> (abgerufen am 28.01.2026).
- [8] ISO 9613-2:2024-01: Akustik - Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung - Teil 2: Verfahren der Genauigkeitsklasse 2 (Ingenieurverfahren) für die Vorhersage der Schalldruckpegel im Freien.
- [9] Probst, W.: Einfluss von Überdachungen auf die Geräuschimmission durch Padelplätze, Lärmbekämpfung 21 (2026), Nr. 1.