
Projekt 2301

Geräusche von Trendsportanlagen

Teil 2:

Beachvolleyball

Bolzplätze

Inline-Skaterhockey

Streetball

ACCON

Ingenieurbüro für Schall-
und Schwingungstechnik



Bayerisches Landesamt
für Umwelt

Augsburg, Juni 2006

Verfasser: ACCON GmbH
Ingenieurbüro für Schall- und Schwingungstechnik
Gewerbering 5
86926 Greifenberg
Tel.: 08192 / 9960-0
Fax: 08192 / 9960-29
E-Mail: info@acon.de
Internet: <http://www.accon.de>
Projektdurchführung:
Dipl.-Ing. Univ. Christian Fend
Dr. rer. nat. Wolfgang Probst

Herausgeber,
Projektleitung,
Mitwirkung: Bayerisches Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160, 86179 Augsburg
Tel.: (0821) 90 71 - 0
Fax: (0821) 90 71 - 55 56
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: www.bayern.de/lfu

Projektleitung:
Dipl.-Ing. (FH) Andrea Wellhöfer

Finanzierung: Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (StMUGV)

Zitiervorschlag: Bayer. Landesamt für Umwelt (Hrsg.): Geräusche von Trendsportanlagen – Teil 2: Beachvolleyball, Bolzplätze, Inline-Skaterhockey und Streetball, Augsburg, Juni 2006

Das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) gehört zum Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (StMUGV).

© Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg 2006

Gedruckt auf Recyclingpapier

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	2
1.1	Allgemeines	2
1.2	Aufgabenstellung und Untersuchungsablauf	2
1.3	Benutzerhinweise	3
2	Anlagenbeschreibung und Begriffsbestimmungen	4
2.1	Beachvolleyball.....	4
2.2	Bolzplätze	5
2.3	Inline-Skaterhockey	6
2.4	Streetball	7
3	Messungen und Erhebungen	8
3.1	Vorauswahl der Anlagen.....	8
3.2	Messgrößen	8
3.3	Schalltechnische Messungen	9
3.4	Messstation	9
3.5	Erhebungen.....	9
4	Emissionskennwerte	10
4.1	Beachvolleyball.....	10
4.2	Bolzplätze	12
4.3	Inline-Skaterhockey	16
4.4	Streetball	18
5	Mehrtägige nicht-überwachte Schallmessungen.....	20
6	Hinweise für die schalltechnische Beurteilung.....	22
6.1	Allgemeines	22
6.1.1	Schallquellen	22
6.1.2	Nutzergruppen	22
6.1.3	Nutzungszeiten.....	22
6.2	Emissionskennwerte	22
6.2.1	Beachvolleyball	23
6.2.2	Bolzplätze.....	24
6.2.3	Inline-Skaterhockey.....	25
6.2.4	Streetball.....	26
7	Lärmschutzmaßnahmen.....	27
7.1	Beschallungsanlagen	27
7.2	Technische und bauliche Maßnahmen	27
7.2.1	Hinweise zu Abständen	27
7.2.2	Aufstellung	28
7.2.3	Material	28
7.2.4	Abschirmung	29
7.2.5	Regelmäßige Wartung.....	29
7.3	Betriebszeitenbeschränkungen	29
8	Literaturhinweise, Schrifttum	30
9	Anhang.....	31
9.1	Abkürzungen, Begriffe, Symbole, Kenngrößen	31
9.1.1	Akustik.....	31
9.1.2	Sonstige Abkürzungen	31
9.2	Untersuchungs- und Auswertungsmethodik	32
9.2.1	Einzelmessungen	32
9.2.2	Ermittlung des Impulshaltigkeitszuschlags K_i^* für die Prognose nach 18. BImSchV	39
9.2.3	Messstation	49

1 Einführung

1.1 Allgemeines

In diesem Bericht werden die Geräusche von Beachvolleyball, Bolzplätzen, Inline-Skaterhockey und Streetball untersucht. Er enthält Emissionsdaten und gibt Tipps für deren schalltechnische Beurteilung. Mit Hilfe der Daten kann eine neue Sportanlage schalltechnisch geplant und optimiert werden. Auch für die Ermittlung der Geräuschsituation bestehender Anlagen sind die Untersuchungsergebnisse hilfreich.

1.2 Aufgabenstellung und Untersuchungsablauf

Für Beachvolleyball, Bolzplätze, Inline-Skaterhockey und Streetball gibt es bisher in der Literatur keine oder nur wenige Emissionsdaten, die bei einer schalltechnischen Prognose in Ansatz gebracht werden können. Nur für Bolzplätze sind in der VDI Richtlinie 3770 Emissionsdaten für eine schalltechnische Prognose angegeben. Die Streubreite der dort angegebenen Emissionsdaten ist allerdings sehr groß, so dass sie anhand von weiteren Messungen eingegrenzt werden sollte. Grundsätzlich haben bei den vier untersuchten Sportarten die Attraktivität und Nutzungsart der Anlagen, Witterungsverhältnisse und das Nutzerverhalten entscheidenden Einfluss auf die Schall-emission.

Die Aufgabe beinhaltet insbesondere den Einfluss der Nutzungsart und der Nutzergruppen zu untersuchen. Anhand schalltechnischer Messungen waren Emissionsdaten zu ermitteln mit denen künftig genauere schalltechnische Prognosen erstellt werden können.

Beachvolleyball-, Inline-Skaterhockey- und Streetballanlagen sowie Bolzplätze sind in der Regel den immissionsschutzrechtlich nichtgenehmigungsbedürftigen Sportanlagen zuzuordnen. Zur schalltechnischen Beurteilung ist demnach die Sportanlagenlärmschutzverordnung – 18.BImSchV – heranzuziehen. Den schalltechnischen Messungen im Rahmen des Untersuchungsvorhabens wurden daher die Vorgaben der Nr. 3 des Anhangs zur 18. BImSchV zugrunde gelegt.

Im Hinblick auf die Aufgabenstellung war folgender Untersuchungsablauf und -inhalt vereinbart:

1. Vorbereitung der Untersuchungen
 - Literatursichtung und Internetrecherche,
 - Auswahl von geeigneten Standorten (z.B. Ausschluss von Fremd- und Störgeräuschen; möglichst freie Schallausbreitung),
 - Vorbesichtigung, verschiedene Dokumentationsarbeiten wie Anfertigung von Lageskizzen und Fotos,
 - Organisationsplanung und Testmessungen;

2. Durchführung der Untersuchungen

- Schalltechnische Messungen an 3 Beachvolleyballanlagen, 6 Bolzplätzen, 3 Inline-Skaterhockeyanlagen und 3 Streetballanlagen mit
 - Datenerhebungen und
 - Zählungen;
- Dauermessung an einem Bolzplatz;

3. Auswertung der Schallpegelmessungen

- Erstellung von Messprotokollen,
- Auswertung der Ergebnisse aus den Einzelmessungen und den Dauermessungen,
- Vergleichende Berechnungen;

4. Ergebnisdarstellung in einem Untersuchungsbericht

- Zusammenstellung der Messergebnisse,
- Bewertung der Ergebnisse,
- Zusammenstellung von Emissionsdaten,
- Beschreibung von Abhängigkeiten wie Art und Anzahl der Nutzer, Betriebszeiten, Bauweise und -materialien u.a.,
- Hinweise für die schalltechnische Prognose und Beurteilung,
- Vorschläge für lärmarme Alternativen, lärmmindernde Maßnahmen und Bauweisen

1.3 Benutzerhinweise

Im Kapitel 4 sind die aus den schalltechnischen Messungen ermittelten Daten, wie der jeweilige Schallleistungspegel, der Maximalpegel und die Impulshaltigkeit übersichtlich dargestellt. Als problematisch erwies sich die Besonderheit der 18. BImSchV, dass nach Nr. 1.3.3 des Anhangs bei Geräuschen durch die menschliche Stimme, soweit sie nicht technisch verstärkt sind, kein Impulshaltigkeitszuschlag anzuwenden ist. Bei den untersuchten Sportarten, haben jedoch die kommunikativen Geräusche einen hohen Anteil am Gesamtgeräusch. Daher kam bei der Auswertung der Messergebnisse, ein Verfahren zum Einsatz (siehe Anhang im Kapitel 9), mit dem die Impulshaltigkeit der menschlichen Stimmen herausgefiltert werden konnte. Damit die ermittelten Werte erkennbar voneinander abgegrenzt sind, werden die Impulshaltigkeitszuschläge aus den Messergebnissen mit K_i und die rechnerisch ermittelten nach 18. BImSchV anzusetzenden mit K_i^* (ohne Impulshaltigkeit durch die menschliche Stimme) bezeichnet. Die jeweiligen K_i^* können für die schalltechnische Prognose ggf. auch bei Messungen nach 18. BImSchV angesetzt werden.

Kapitel 6 gibt eine Hilfestellung für die Vorgehensweise bei der schalltechnischen Beurteilung der untersuchten Sportarten in der Prognose.

2 Anlagenbeschreibung und Begriffsbestimmungen

2.1 Beachvolleyball

Beachvolleyball ist eine spezielle Variante des Volleyballspiels, bei der barfuß im Sand gespielt wird. Es entstand um 1920 an den Stränden von Kalifornien – seit 1996 gehört es zu den olympischen Sportarten. In Deutschland gibt es u.a. zwei große Turnierserien: die Beach Volleyball Masters Tour und den German Beach Cup. Die deutsche Meisterschaft findet jedes Jahr im September am Timmendorfer Strand statt. Ebenfalls große Bedeutung hat das jährlich in Berlin stattfindende, internationale Grand-Slam-Turnier der World Series der FIVB (Fédération Internationale de Volleyball).

Beim Beachvolleyball treten jeweils zwei Spieler (Damen, Herren oder Mixed) gegeneinander an (siehe Bild 1). Im Freizeitbereich, z.B. in Freibädern, wird gelegentlich auch in 3er- oder 4er-Teams gespielt.



Bild 1 Beachvolleyball

Das Spielfeld ist 8 m x 16 m groß. Seine beiden Spielfeldhälften werden durch ein Netz getrennt, dessen Höhe üblicherweise 2,43 m (Herren) oder 2,24 m (Damen) beträgt. Der Sand soll mindestens 30 cm tief sein, seine Korngröße zwischen 0 und 2 mm liegen. Für die Austragung eines Turniers auf nationaler Ebene muss ein Beachvolleyball-Platz inklusive Freiraum mindestens die Abmessungen 16 m x 25 m, auf internationaler Ebene 19 m x 28 m aufweisen (siehe Bild 2).

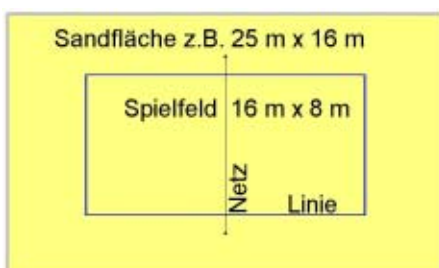


Bild 2 Abmessungen eines Beachvolleyball-Felds

Der alltägliche Spielbetrieb setzt sich aus dem Einspielen (Aufwärmen) und dem eigentlichen Spiel zusammen. Zunächst wärmen sich die Spieler jedes Teams auf ihrer Seite jeweils mit einem eigenen Ball auf. Hierzu zählt auch die Einübung von Angriffsbällen und Aufschlägen. Während des Spiels, das über zwei Sätze bis 21 Punkte und ggf. einen Entscheidungssatz bis 15 Punkte andauert, folgt auf jeden Ballwechsel eine Spielpause. Ein Ballwechsel beginnt mit dem Aufschlag, darauf folgen wiederkehrend die Aktionen Annahme, Aufbau, Angriff, Block. In den Spielpausen wird der Ball zurückgeholt, der Aufschlag vorbereitet, der Sand von der Kleidung abschüttelt etc. Auch in diesen Phasen entstehen Geräusche durch Kommunikation, wie das Zurufen des Spielstands oder die Diskussion mit Gegner und Mitspieler, oder durch das Zuspielen des Balls zum Aufschlagenden.

In der Untersuchung wird auf den Spielbetrieb einschließlich der Kommunikation zwischen den Spielern abgestellt. Zur Berücksichtigung von kleineren Turnieren ohne eine nennenswerte Zuschaueranzahl werden darüber hinaus Schiedsrichterpfiffe untersucht. Die Einflüsse von großen Zuschauermengen, Beschallungsanlagen etc., die z.B. bei den o.g. großen Turnieren den Lärm bestimmen können, werden hier nicht betrachtet.

2.2 Bolzplätze

Ein Bolzplatz ist in der Regel ein öffentlicher Platz, der von der Gemeinde für Kinder und Jugendliche zum Fußball spielen in ihrer Freizeit zur Verfügung gestellt wird. Er besteht üblicherweise aus einem Feld mit ein oder zwei Toren und ggf. Umzäunungen (siehe Bild 3 und Bild 4). Das Wort *bolzen* bedeutet so viel wie *hart schießen*, oder *wild Fußball spielen* (Duden: "Fußball hart, systemlos spielen"). Die Abmessungen von Spielfeld und Toren sind nicht festgelegt – sie richten sich nach den örtlichen Gegebenheiten. Bolzplätze sind erheblich kleiner als Fußballplätze, wodurch es möglich ist, von fast jeder Position auf dem Platz auf das Tor zu schießen (zu *bolzen*).



Bild 3 Bolzplatz

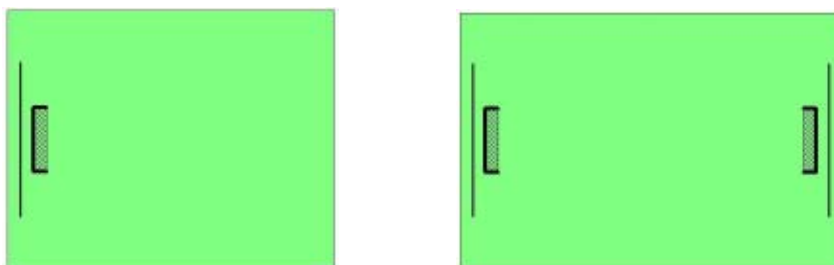


Bild 4 Typische Bolzplätze mit einem Tor (links) bzw. zwei Toren (rechts) – jeweils mit Ballfangzaun hinter dem Tor

Die Regeln werden vor Ort von den Spielern in Anlehnung an die Fußballregeln abgesprochen. Die Mannschaftsgröße ist variabel und richtet sich meist nach der Anzahl der vor Ort anwesenden Spieler. Gebolzt werden kann auch mit geringer Spieleranzahl, z.B. alleine (Torschüsse), zu zweit (1:1 oder Torschüsse) oder zu dritt (1:1 auf 1 Tor mit Torwart). Bei wenigen Spielern wird nur auf ein Tor gespielt.

Zunächst wärmen sich alle Spieler mit einem oder mehreren Bällen auf. Hierzu zählt auch das Schießen auf die Tore. Das eigentliche Spiel setzt sich dann in der Regel aus zwei Halbzeiten zusammen, deren Dauer nach Absprache festgelegt wird. Turniere sind unüblich, so dass weder Schiedsrichter noch Zuschauer berücksichtigt werden müssen. Daher wird hier nur der reine Spielbetrieb einschließlich der Kommunikation zwischen den Spielern untersucht.

2.3 Inline-Skaterhockey

Aus dem *Feld-, Hallen- und Eishockey* haben sich verschiedene Varianten weiterentwickelt, die mit Rollschuhen gespielt werden können. Schon früh entstand das *Rollhockey*, das in Turnhallen mit den für die damalige Zeit üblichen 2x2-Rollschuhen gespielt wird. Als Weiterentwicklung des Rollhockeys bzw. als "Sommer-Version" des Eishockeys kann das *Inlinehockey* gesehen werden. Es wird in der eisfreien Zeit bevorzugt von Vereinsspielern in Turnhallen, auf speziellen Anlagen oder in Eisstadien betrieben. Charakteristisch sind Inline-Skates und auf Rollen gelagerte Pucks. Hingegen wird bei dem eher freizeitorientierten *Inline-Skaterhockey* (oder *Inline-Streethockey*) (Bild 5) mit einem Hartgummiball gespielt. Die hauptsächlich von Kindern gespielte Straßenversion davon nennt sich *Streethockey*, die mit Rollschuhen oder Inline-Skates aber auch normalen Schuhen auf Straßen oder Parkplätzen gespielt wird.

Es wird darauf hingewiesen, dass der Begriff *Inlinehockey* häufig undifferenziert für die verschiedenen Hockey-Varianten mit Inline-Skates verwendet wird.



Bild 5 Inline-Skaterhockey

Hier wird das weit verbreitete Inline-Skaterhockey untersucht. Eine Mannschaft besteht in der Regel aus vier Feldspielern und einem Torwart. Die Feldgröße beträgt zwischen 20 m x 40 m und 30 m x 60 m (vgl. Bild 6). Die Spielfelder müssen über eine Bande mit einer Höhe zwischen 80 cm und 1,2 m verfügen. Im Gegensatz dazu finden sich viele öffentliche Felder ohne Bande oder mit wesentlich niedrigeren Banden.

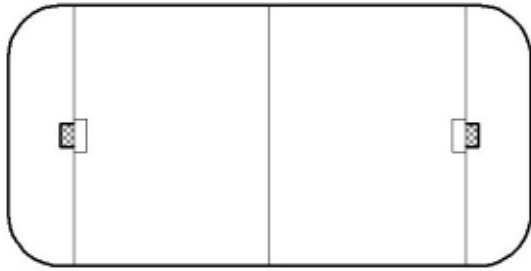


Bild 6 Schema eines Inline-Skaterhockey-Felds

Der alltägliche Spielbetrieb setzt sich aus dem Einspielen und dem eigentlichen Spiel zusammen. Zunächst wärmen sich alle Spieler mit einem oder mehreren Bällen auf. Hierzu zählt auch das Schlagen von Pässen und das Schießen auf die Tore. Das Spiel setzt sich aus drei Dritteln zu je 20 Minuten und den entsprechenden Pausen zusammen.

In der Untersuchung wird auf den Spielbetrieb einschließlich der Kommunikation zwischen den Spielern abgestellt. Zur Berücksichtigung von kleineren Turnieren ohne nennenswerte Zuschauerbeteiligung werden darüber hinaus Schiedsrichterpfiffe untersucht. Die Einflüsse von großen Zuschauermengen, Beschallungsanlagen etc., die z.B. bei großen Turnieren den Lärm mitbestimmen können, werden hier nicht betrachtet.

2.4 Streetball

Streetball ist eine Abwandlung des Basketballspiels, das auf befestigten Plätzen im Freien und nur auf einen Korb gespielt wird (Bild 7). Das Spielfeld sollte eine Größe von 10 m x 10 m bis zu 13 m x 13 m Metern aufweisen (vgl. Bild 8). Oberstes Gebot ist das *Fair Play*, weswegen selbst bei Turnieren keine Schiedsrichter eingesetzt werden - die Spieler zeigen Regelverstöße selbst an. Wettkämpfe oder Turniere sind ohnehin eher selten, Streetball wird meist zum reinen Zeitvertreib gespielt. In der Regel besteht ein Team aus drei Spielern, möglich sind jedoch auch andere Zusammensetzungen (1:1, 2:2). Darüber hinaus gibt es spezielle Spielformen, die mit einer beliebigen Anzahl von Spielern gespielt werden (Jeder gegen Jeden).



Bild 7 Streetball (links)

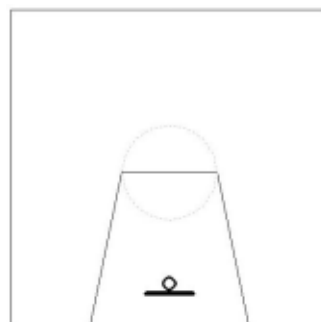


Bild 8 Schema eines Streetball-Felds (rechts)

Der alltägliche Spielbetrieb setzt sich aus dem Einspielen und dem eigentlichen Spiel zusammen. Zunächst wärmen sich die Spieler mit einem oder mehreren Bällen auf. Das Spiel endet in der Regel mit dem Erreichen von 16 oder 21 Punkten bzw. nach 20 Minuten.

In der Untersuchung wird auf den Spielbetrieb einschließlich der Kommunikation zwischen den Spielern abgestellt. Die Einflüsse von Zuschauern, Beschallungsanlagen etc., die z.B. bei Turnieren den Lärm mitbestimmen können, werden hier nicht betrachtet.

3 Messungen und Erhebungen

3.1 Vorauswahl der Anlagen

Um geeignete Messorte zu finden, wurden zahlreiche Anlagen besichtigt und nach den Gesichtspunkten Hintergrundgeräusch, mögliche Störgeräusche, Zugänglichkeit, Erreichbarkeit sowie Art, Material und Zustand der Anlage bewertet. Für die Standortwahl der Dauermessstation waren zusätzlich die Aspekte Sicherheit (Vandalismus) und Stromquellen wichtig.

Die 24 besichtigten Beachvolleyball-Anlagen befanden sich im Raum Augsburg, im Landkreis Aichach-Friedberg und im Raum München. Sie unterteilten sich in acht Vereinsanlagen, acht öffentliche Anlagen, vier Anlagen in Freibädern, drei an Schulen oder Universitäten, sowie eine kommerzielle Anlage. Sie wiesen zumeist ein einzelnes Spielfeld (15 Anlagen), gelegentlich auch zwei (6) oder drei Spielfelder (3) auf.

Die 27 besichtigten Bolzplätze befanden sich vorwiegend im Raum Augsburg. Es handelte sich dabei um 25 öffentliche Anlagen und zwei Vereinsanlagen. Der Bodenbelag bestand überwiegend aus Rasen, lediglich ein Platz wies einen Asphaltbelag auf. Die meisten Anlagen bestanden aus einem Spielfeld, lediglich auf vier Anlagen waren mehrere Felder vorhanden. Auf den Bolzplätzen waren überwiegend vandalismussichere Metalltore zu finden (16 Anlagen), gelegentlich Tore mit Gewebenetz (5) oder nur Torrahmen ohne Netz (4). Auf zwei ausgewiesenen Bolzplätzen befanden sich überhaupt keine Tore. Ballfangzäune hinter den Toren waren nur auf 11 der 27 Bolzplätze zu finden. Dabei handelte es sich zumeist um Maschendrahtzäune (10 Anlagen), in einem Fall um ein aufgespanntes Gewebenetz. Feste Metallgitterzäune waren nicht vorhanden.

Die 15 besichtigten Inline-Skaterhockey-Anlagen befanden sich im Raum Augsburg, im Landkreis Aichach-Friedberg und im Raum München. Sie unterteilten sich in 12 öffentliche und drei Vereinsanlagen. Die meisten Anlagen waren mit zwei Toren ausgestattet (zur Hälfte Metalltore und Tore mit Gewebenetz), lediglich drei wiesen keine Tore auf. Der Bodenbelag bestand überwiegend aus Asphalt (12 Anlagen), selten aus Kunststoff (2) oder Beton (1). Hohe Banden (1-1,2 m aus Holz oder Kunststoff) fanden sich an 8 Anlagen, niedrige (0,2-0,4 m aus Holz oder Beton) an fünf. Zwei Anlagen wiesen keine Banden auf.

Die 27 besichtigten Streetball-Plätze befanden sich vorwiegend im Raum Augsburg. Sie unterteilten sich in 24 öffentliche Anlagen, zwei Vereinsanlagen und eine Anlage an einem Jugendzentrum. Der Bodenbelag bestand überwiegend aus Asphalt (13 Anlagen), selten aus Tartan oder Pflaster (je 4), Rasen (3), Erdboden, Kunststoff oder Beton (je 1). Die meisten Anlagen waren mit einem einzelnen Korb ausgestattet (15 Anlagen), viele mit zwei Körben (9) und einzelne mit mehr als zwei Körben (3). Die Anlagen unterschieden sich im Aufbau der Korbanlage, bzw. die Bauart des Korbs. Dieser bestand entweder aus einem Korbring mit vandalismussicherem Kettennetz (12 Anlagen), aus einem Korbring mit Gewebenetz (7) oder lediglich aus dem Korbring ohne Netz (8). Spielfeldnahe Umzäunungen der Anlagen, die durch Auftreffen des Balls Geräusche erzeugen könnten, waren nicht vorhanden.

3.2 Messgrößen

Bei den Feldmessungen wurde der zeitliche Verlauf des Schalldruckpegels $L_{AF}(t)$ aufgezeichnet. Je nach örtlicher Gegebenheit wurde gleichzeitig an bis zu drei Messpunkten in unterschiedlichen Richtungen bzw. unterschiedlichen Entfernungen gemessen. Nachträglich konnten dann aus den Aufzeichnungen sämtliche interessierende Messgrößen ermittelt werden. Dazu gehörten der Mittelungspegel L_{Am} , der Maximalpegel L_{AFmax} und der Taktmaximal-Mittelungspegel (Wirkpegel) L_{AFTm} aus den im 5-s-Takt ermittelten Taktmaximalpegeln $L_{AFT,5}$.

3.3 Schalltechnische Messungen

Die Messungen waren in der Regel ungesteuert, d.h. es wurden die Geräusche aus dem auf den Anlagen vorgefundenen Betrieb ermittelt. Dazu gehören auch die Geräusche, die bei der Sportausübung entstehen (z.B. Ball tippen) sowie die üblichen Nebengeräusche, z.B. Kommunikation. Bei einigen Anlagen mussten die Sporttreibenden aus organisatorischen Gründen herbestellt werden. Dennoch war die Benutzung ungesteuert, da ihnen keine Vorgaben bezüglich ihres Verhaltens gemacht wurden. In einigen Fällen wurden auch gesteuerte Messungen durchgeführt, z.B. wenn die Geräusche bestimmter Ereignisse, wie Torschüsse, separat gemessen wurden.

Während der Pegelaufzeichnung wurden zeitweise Marker gesetzt, um spezielle Ereignisse, wie Pass, Schlag oder lauter Zuruf, zu kennzeichnen. Auf diese Weise war später bei der Auswertung die Identifizierung einzelner Geräusche möglich. Parallel dazu wurden weitere Informationen, z.B. über Spielweise, Ergebnisse aus Zählungen oder Nebengeräusche, handschriftlich im Messprotokoll notiert.

Die Auswertung der Messungen ist anhand eines Beispiels im Kapitel 0 erläutert.

3.4 Messstation

Neben den genannten Messungen wurden an einem Bolzplatz ganztägige "unbeobachtete" Messungen über einen Zeitraum von zwei Wochen mit einer Messstation durchgeführt (Bild 9). Diese registrierte stündlich neben zahlreichen akustischen Messgrößen auch meteorologische Daten. Die Auswertung der Langzeitmessungen ist in Kapitel 0 erläutert.



Bild 9 Mobile Messstation

3.5 Erhebungen

Parallel zu den schalltechnischen Messungen wurden sämtliche für die Auswertung der Messdaten und die Erstellung eines Prognosemodells interessierende Parameter der jeweiligen Anlage registriert. Dazu zählten z.B. die Abmessungen der Anlage und der Einrichtungen, sowie deren Material.

Darüber hinaus wurde bei einigen Messungen die Häufigkeit einzelner Ereignisse, wie Zurufe, Ballkontakte, Treffer des Tors u.a. gezählt. So können später Aussagen zur Relevanz dieser Ereignisse im Hinblick auf Schallleistungspegel oder Impulshaltigkeitszuschlag des Gesamtgeräusches getroffen werden.

4 Emissionskennwerte

Aus den während des üblichen Spielbetriebs durchgeführten Messungen wurden die Emissionskenngrößen L_{WA} , L_{WAFmax} sowie die (auf alle Geräusche bezogenen) Größen L_{WAFm} und K_I ermittelt.

Da gemäß 18. BImSchV bei der Bildung des Beurteilungspegels impulshaltige technische Geräusche – nicht aber Kommunikationsgeräusche – mit einem Zuschlag K_I belegt werden müssen, wurden typische Impulshaltigkeitszuschläge K_I^* für die verschiedenen Sportarten mit Hilfe eines Simulationsmodells hergeleitet. Dies geschah auf Grundlage der aus den Messungen und Zählungen ermittelten typischen Spitzen-Schallleistungspegel und Ereignishäufigkeiten.

Durch Betrachtung dieser beiden Untersuchungstypen konnte ein Prognoseschema entwickelt werden, welches eine Beurteilung entsprechend den Anforderungen der 18. BImSchV ermöglicht. Es enthält somit über die rein messtechnisch ermittelten Werte hinaus gehende gutachterliche Bewertungen. Die Untersuchungs- und Auswertemethodik ist im Anhang in Kapitel 0 ausführlich dargestellt.

4.1 Beachvolleyball

Da der Aufbau von Beachvolleyball-Feldern stets gleich ist, sind für die einzelnen Anlagen keine bauartbedingten Unterschiede in der Geräuschentwicklung zu erwarten. Die drei vorgesehenen Messungen fanden daher alle an einer Anlage statt, weil sie durch ihre von allen Seiten freie Zugänglichkeit und die äußerst ruhige Lage besonders geeignet war. Sie erfolgten an verschiedenen Tagen mit jeweils zwei Damen-, Herren- bzw. Mixed-Teams.

Die ermittelten Emissionskennwerte sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1 Emissionsparameter Beachvolleyball

	Aufwärmen	Spiel	Spiel mit Schiedsrichter
L_{WA}	84 dB(A)	84 dB(A)	88 dB(A)
K_I ¹⁾	13 dB		
K_I^* ²⁾	9 dB		
L_{WAFmax}	106 dB(A)	108 dB(A)	113 dB(A)

¹⁾ Impulshaltigkeitszuschlag für das Gesamtgeräusch (abweichend von 18. BImSchV): $K_I = L_{AFm, gesamt} - L_{Am, gesamt}$

²⁾ Impulshaltigkeitszuschlag für eine Beurteilung nach 18. BImSchV ermittelt nach Gleichung (1) (Seite 41)

Der Schallleistungspegel ist beim Aufwärmen und Spielen ohne Schiedsrichter gleich. Bei den Spielen mit Schiedsrichter liegt er um 4 dB höher, was auf die Dominanz der Schiedsrichterpfiffe hinweist.

Unterschiede in den Schallleistungspegeln bei den Disziplinen "Damen", "Herren" und "Mixed" können zwar festgestellt werden, sind jedoch nach den in Tabelle 2 dargestellten Ergebnissen nicht systematisch. Der Schallleistungspegel hängt vermutlich mehr vom individuellem Verhalten einzelner Spieler ab. Für die Planung wäre auch ein ermittelter Unterschied nicht relevant, weil die Zusammensetzung der Teams nicht als festlegbarer Parameter betrachtet werden kann.

Tabelle 2 Schallleistungspegel L_{WA} für unterschiedliche Teams und Spielphasen beim Beachvolleyball

	Aufwärmen	Spiel	Spiel mit Schiedsrichter
Damen	83 dB(A)	84 dB(A)	89 dB(A)
Herren	84 dB(A)	83 dB(A)	89 dB(A)
Mixed	84 dB(A)	84 dB(A)	87 dB(A)

Kennzeichnend sind für Beachvolleyball Ballschlag- und Kommunikationsgeräusche (vgl. Bild 10). Erstere entstehen z.B. beim Aufschlag, beim Angriff und beim Zuspielen des Balls zum Aufschlagenden, letztere z.B. durch Zurufe, wie "Aus" oder die Durchsage des Spielstands. Schiedsrichterpfiffe können ebenfalls maßgeblich zum Gesamtgeräusch beitragen, wobei pro Ballwechsel ein An- und ein Abpfiff erfolgt.

Typische Schallleistungspegel dieser Quellen und aus Zählungen ermittelte Ereignishäufigkeiten sind in Tabelle 3 aufgeführt. Für die durchschnittliche Dauer eines Ballwechsels vom Aufschlag bis zum Fehler wurde eine Zeit von 7 s ermittelt, für die dazwischen liegenden Pausen vom Fehler bis zum nächsten Aufschlag 13 s. Für einen Satz werden etwa 20 Minuten benötigt.

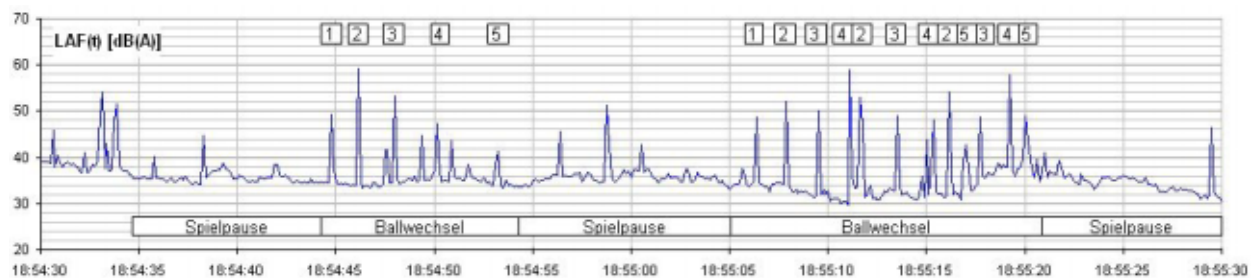


Bild 10 Schallpegelverlauf eines typischen Beachvolleyball-Spiels (Mixed) gemessen seitlich in 31,5 m Entfernung von der Spielfeldmitte: $L_{WA} = 80$ dB(A), $L_{WAFmax} = 98$ dB(A);

Beispiele einiger kennzeichnender Geräuschquellen:

1: Aufschlag; 2: Annahme / Abwehr; 3: Zuspiel; 4: Angriffsschlag; 5: Zuruf

Tabelle 3 Typische Spitzen-Schalleistungspegel und Häufigkeiten für verschiedene Beachvolleyball-Geräusche

	Typische Spitzen-Schalleistungspegel L_{WAFmax}	Ereignis-Häufigkeit
Aufschlag	90..100 dB(A)	3 / min
Angriffsschlag	90..100 dB(A)	2 / min
Lautstarker Zuruf	80..100 dB(A)	3 / min
Schiedsrichterpfiff	90..100 dB(A)	6 / min

4.2 Bolzplätze

Die Auslastung von Bolzplätzen schwankt erfahrungsgemäß sehr stark. Stichprobenartige Beobachtungen an einigen ausgewählten Anlagen, die über einen Zeitraum von einer Woche mehrmals am Tag zu unterschiedlichen Zeiten besucht wurden, zeigten Belegungen zwischen 0 (häufig) und 20 (Ausnahme) Spielern. Daraus ergaben sich gewisse Schwierigkeiten für die Planung und Durchführung der Messungen, da nicht vorauszusehen war, wann und auf welchem Bolzplatz und in welcher Intensität Spielbetrieb zu erwarten war. Es wurde deshalb versucht, mit einer Mischung aus spontanen und organisierten Messungen eine möglichst große Bandbreite bezüglich der Spieleranzahl und Altersgruppe abzudecken. Bei den drei spontanen Messungen wurde so lange nach einem belegten Bolzplatz gesucht, bis eine zielführende Messung möglich war. Für die drei organisierten Messungen wurden Hobby-Fußballspieler engagiert. Die ermittelten Schalleistungspegel sind in Tabelle 4 zusammengefasst.

Tabelle 4 Schallleistungspegel verschiedener Spiele auf Bolzplätzen

Messmodus	spontan	spontan	spontan	spontan
Spielerzahl	9	4	3-4	14
Altersgruppe	Erwachsene	Kinder	gemischt	Erwachsene
Spielmodus	Spiel auf 2 Tore	bolzen auf 1 Tor	bolzen auf 1 Tor	Spiel auf 2 Tore
Tore	Metall	Metall	Metall	Gewebenetz
Ballfangzaun	Maschendraht	Maschendraht	Maschendraht	n.v.
L_{WA}	86 dB(A)	93 dB(A)	80 dB(A)	92 dB(A)
K_i	9 dB	9 dB	10 dB	10 dB
$L_{WA, 1 \text{ Spieler}}$	76 dB(A)	87 dB(A)	74 dB(A)	81 dB(A)
$L_{WA, 25 \text{ Spieler}}$	90 dB(A)	101 dB(A)	88 dB(A)	95 dB(A)
L_{WAFmax}	108 dB(A)	112 dB(A)	98 dB(A)	117 dB(A)

Messmodus	organisiert	organisiert	organisiert
Spielerzahl	15	7	3
Altersgruppe	Jugendl./Erw.	Kinder	Jugendl./Erw.
Spielmodus	Spiel auf 2 Tore	Spiel auf 1 Tor	Spiel 1:1 auf 1 Tor
Tore	Metall	Metall	Metall
Ballfangzaun	Maschendraht	n.v.	n.v.
L_{WA}	94 dB(A)	95 dB(A)	84 dB(A)
K_i	9 dB	9 dB	10 dB
$L_{WA, 1 \text{ Spieler}}$	82 dB(A)	87 dB(A)	79 dB(A)
$L_{WA, 25 \text{ Spieler}}$	96 dB(A)	101 dB(A)	93 dB(A)
L_{WAFmax}	116 dB(A)	119 dB(A)	105 dB(A)

Anmerkung zu den Altersgruppen:

Kinder: unter 14 Jahre; Jugendliche: 14 bis 18 Jahre; Erwachsene: über 18 Jahre

$L_{WA, 1 \text{ Spieler}}$: Rückrechnung des Schallleistungspegels auf 1 Spieler

$L_{WA, 25 \text{ Spieler}}$: Hochrechnung des Schallleistungspegels auf 25 Spieler

Bild 11 zeigt die Streuung der Schallleistungspegel. Die Pegel steigen in der Regel mit zunehmender Spielerzahl, wobei Kinder im Vergleich zu Jugendlichen und Erwachsenen im Hinblick auf die Kommunikationsgeräusche besonders laut sind. Abweichungen von dieser Systematik wurden jedoch ebenfalls festgestellt – Beobachtungen des Spielverlaufs zeigten, dass die Geräuschentwicklung auch vom individuellen Verhalten und der Motivation der einzelnen Spieler abhängt (vgl. Bild 12 und Bild 13).

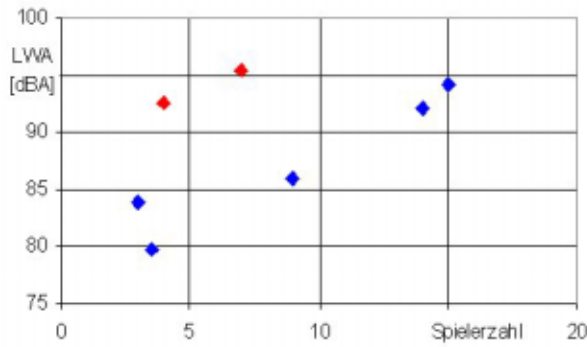


Bild 11 Verteilung der ermittelten Schalleistungspegel L_{WA} von Bolzplätzen in Abhängigkeit von der Spielerzahl;
rot: Kinder; blau: Jugendliche, Erwachsene;

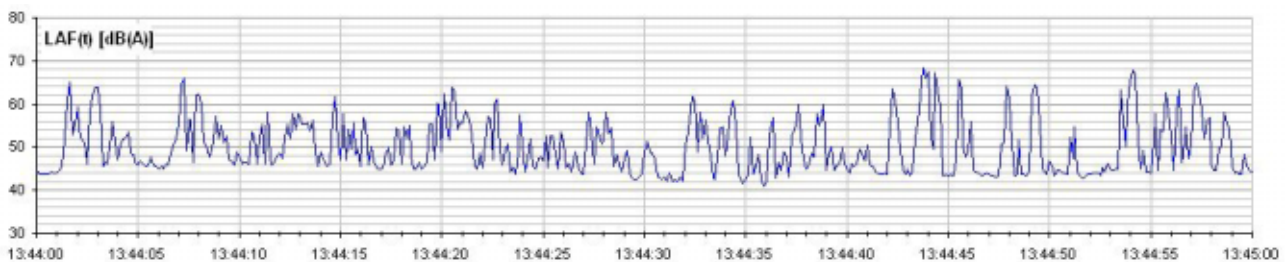


Bild 12 Schallpegelverlauf eines typischen Bolzplatz-Spiels (7 Kinder an einem Tor) gemessen seitlich in 29 m Entfernung von der Spielfeldmitte: $L_{WA} = 93 \text{ dB(A)}$, $L_{WAFmax} = 106 \text{ dB(A)}$;

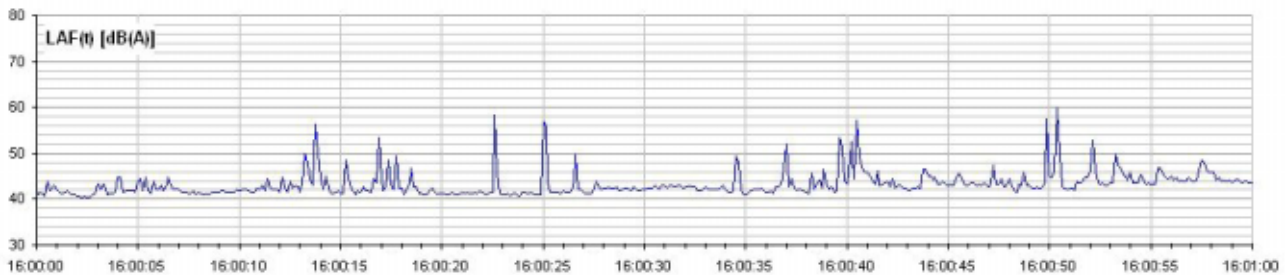


Bild 13 Schallpegelverlauf eines typischen Bolzplatz-Spiels (2 Jugendliche und 1 Erwachsener an einem Tor) gemessen seitlich in 22,5 m Entfernung von der Spielfeldmitte: $L_{WA} = 80 \text{ dB(A)}$, $L_{WAFmax} = 95 \text{ dB(A)}$;

Die Rückrechnung der in Tabelle 4 angegebenen Schalleistungspegel auf jeweils eine einzelne Person führt für Erwachsene und Jugendliche zu einem Schalleistungspegel bis maximal $L_{WA} = 82 \text{ dB(A)}$, für Kinder ergeben sich $L_{WA} = 87 \text{ dB(A)}$ pro Spieler. Diese Erkenntnisse bestätigen und ergänzen die entsprechenden Angaben in der Richtlinie VDI 3770. Dort wird in Tabelle 16 für *Fußballspielen* der Schalleistungspegel zu 80 dB(A) pro Spieler, für *Fußballspielen mit lautstarker Kommunikation (Kinderschreien)* zu 87 dB(A) pro Spieler angegeben.

Hochgerechnet auf 25 Spieler ergeben sich Schalleistungspegel von 88 bis 101 dB(A) (vgl. Tabelle 4). Mit rund 101 dB(A) liegen die Werte für 25 Kinder dabei besonders hoch, die Schalleistungspegel für 25 Jugendliche bzw. Erwachsene liegen mit 88 bis 96 dB(A) deutlich darunter. Daher wurde zur Ermittlung geeigneter Emissionsparameter zunächst zwischen Kindern auf der einen Seite und Jugendlichen bzw. Erwachsenen auf der anderen Seite unterschieden. Die entsprechenden Werte finden sich in Tabelle 5.

Der Impulshaltigkeitszuschlag für Erwachsene kann mit 5 dB abgeschätzt werden (vgl. Kapitel 0) – bei 25 Fußball spielenden Kindern wird hingegen davon ausgegangen, dass das Gesamtgeräusch im wesentlichen durch deren Kommunikation (Schreien) bestimmt wird und technische Anteile (Schüsse, Tor, Zaun) darin untergehen. Somit wird für Kinder gemäß 18. BImSchV kein Impulshaltigkeitszuschlag berücksichtigt. Mit 101 dB(A) bestätigt der so gewonnene Emissionskennwert die Angabe in VDI 3770.

Der entsprechende Wert für 25 Erwachsene liegt hier um 2 dB höher als in VDI 3770, Tabelle 16 angegeben. Auf diesen ist der ermittelte Impulshaltigkeitszuschlag von $K_I^* = 5$ dB zu addieren, so dass sich in der Summe – wie bei 25 Kindern – wiederum ein Schallleistungspegel von 101 dB(A) ergibt. Somit wird ein Emissionskennwert von 101 dB(A) als geeignet für die Prognose von Bolzplätzen mit 25 Spielern angesehen – unabhängig von der Altersgruppe der Nutzer.

Tabelle 5 Emissionsparameter Bolzplätze

Altersgruppe	1 Erwachsener bzw. Jugendlicher	25 Erwachsene bzw. Jugendliche	25 Kinder
L_{WA}	82 dB(A)	96 dB(A) ¹⁾	101 dB(A)
K_I	9..10 dB		-
K_I*	5 dB		-
L _{WAFmax}	117 dB(A)		120 dB(A)

¹⁾ Hinweis zur Berechnung von L_{WA, 25 Spieler}: Unter der Annahme einer Normalverteilung und unter Berücksichtigung eines 80%igen Vertrauensniveaus ergibt sich der arithmetische Mittelwert zu $m = 92,6$ dB(A) und die Standardabweichung zu $s = 2,90$ dB; Der 10% Überschreitungspegel für L_{WA, 25 Spieler} beträgt somit $m + 1,28 * s = 96,3$ dB(A); als Emissionskennwert für die Prognose wird deshalb der gerundete L_{WA, 25 Spieler} = 96 dB(A) empfohlen.

Kennzeichnende Geräusche ergeben sich beim Bolzen durch das Treten des Balls beim Spielen oder Annehmen eines Passes und beim Torschuss, sowie durch die Kommunikation zwischen den Spielern. Dafür typische Schallleistungspegel sowie aus Zählungen ermittelte Ereignishäufigkeiten sind in Tabelle 6 aufgeführt.

Tabelle 6 Typische Spitzen-Schallleistungspegel und Häufigkeiten für verschiedene Bolzplatz-Geräusche

	Typische Spitzen- Schallleistungspegel L _{WAFmax}	Ereignis- Häufigkeit
Torschuss, kräftiger Pass	95..100 dB(A)	2..9 / min
Ball trifft Zaun (Maschendraht)	90..100 dB(A)	0,3..0,6 / min
Ball trifft Tor (Metall)	95..100 dB(A)	0,2..1,4 / min
Lautstarker Zuruf	90..105 dB(A)	4..9 / min

Das Geräusch, das beim Auftreffen des Balls am Tor entsteht, ist mit Blick auf die Ereignishäufigkeit und den Schalleistungspegel in der Regel von untergeordneter Bedeutung. In Einzelfällen kann die Materialwahl des Tors dennoch von Bedeutung sein, wenn von den üblichen Bauweisen der Tore (vgl. Bild 14) abgewichen wird und diese besonders leicht anregbare Strukturen aufweisen.

Nennenswerte Geräusche, die beim Auftreffen des Balls auf einen evtl. vorhandenen Ballfangzaun entstehen, sind nur bei besonders harten Schüssen, die das Tor verfehlen, zu erwarten. Da dieser Fall nur selten auftritt (etwa ein Ereignis in zwei Minuten), spielen auch die Zäune keine wesentliche Rolle. In Einzelfällen können sie dennoch von Bedeutung sein, wenn von den üblichen Bauweisen der Zäune (vgl. Bild 14) abgewichen wird und diese besonders leicht anregbare Strukturen aufweisen, oder wenn von den Nutzern absichtlich und fortwährend auf den Zaun geschossen wird.



Bild 14 Typische Tore und Ballfangzäune

4.3 Inline-Skaterhockey

Die meisten Inline-Skaterhockey-Plätze lagen in einer lauten Umgebung, z.B. in unmittelbarer Nähe zu Hauptstraßen oder anderen Sportanlagen. Nur eine Anlage befand sich in ruhiger Lage und wies gleichzeitig eine gute Ausstattung mit einer hohen Bande und zwei Toren auf. Dort wurden an zwei Tagen Messungen mit Vereinsspielern sowohl mit als auch ohne Schiedsrichter durchgeführt. Eine weitere Messung mit einer Hobbymannschaft konnte nur auf deren Heimplatz erfolgen. Dieser lag zwar nahe an einer Hauptstraße, deren Geräusche sich im Vergleich zu denen des Spielbetriebs jedoch als untergeordnet erwiesen.

Die ermittelten Emissionskennwerte sind in Tabelle 7 zusammengefasst.

Tabelle 7 Emissionsparameter Inline-Skaterhockey

Spielertyp Spielmodus Feldgröße	Hobbyspieler 3:3 (fliegender Torwart) 30 m x 15 m	Vereinsspieler 4:4 40 m x 20 m	Vereinsspieler 5:5 mit Schiedsrichter 50 m x 20 m	- Einspielen -
L_{WA}	94 dB(A)	91 dB(A)	96 dB(A)	95 dB(A)
K_I	13 dB	10 dB	11 dB	13 dB
K_I *	11 dB			
L _{WAFmax}	118 dB(A)	113 dB(A)	120 dB(A)	119 dB(A)

Die Schalleistungspegel liegen unabhängig vom Spielmodus (Hobbyspieler, Vereinsspieler mit Schiedsrichter, Einspielen) in einem engen Pegelintervall von etwa 94 bis 96 dB(A). Der Spitzen-Schalleistungspegel beträgt maximal 120 dB(A). Eine Ausnahme bildet lediglich die Messung "4:4 Vereinsspieler" mit L_{WA} = 91 dB(A). Der Schalleistungspegel hängt entsprechend der Beobachtungen des Spielverlaufs erheblich vom individuellen Verhalten und der Motivation der einzelnen Spieler ab.

Kennzeichnende Geräuschquellen sind das ständige Klappern der Schläger gegen den Boden oder andere Schläger, Torschüsse und Pässe, sowie die Kommunikation zwischen den Spielern und – sofern vorhanden – die Schiedsrichterpfiffe (siehe Bild 15). Sie treten während der gesamten Spieldauer von 3x 20 Minuten auf. Typische Schalleistungspegel und aus Zählungen ermittelte Ereignishäufigkeiten sind in Tabelle 8 aufgeführt.

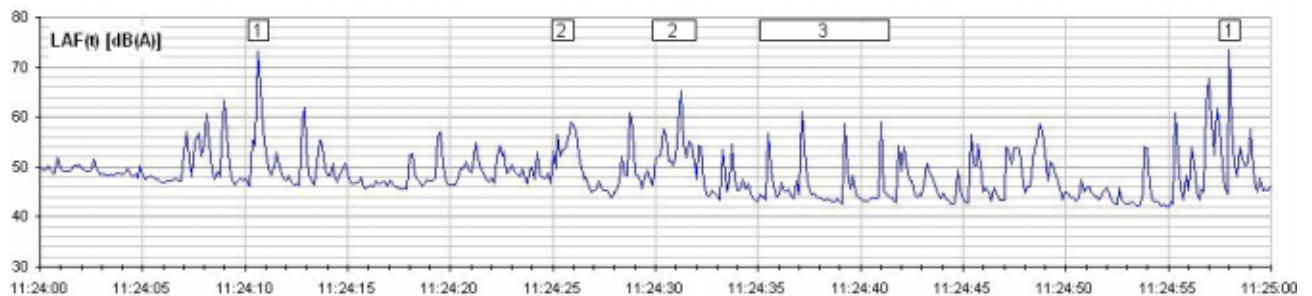


Bild 15 Schallpegelverlauf eines typischen Inline-Skaterhockey-Spiels (Spiel 5:5 mit Schiedsrichter) gemessen seitlich in 27 m Entfernung von der Spielfeldmitte: L_{WA} = 95 dB(A), L_{WAFmax} = 113 dB(A); Beispiele einiger kennzeichnender Geräuschquellen:
1: lauter Schlag (Torschuss); 2: Zuruf; 3: ständiges Klappern: Schläger-Schläger bzw. Schläger-Asphalt

Tabelle 8 Typische Spitzen-Schallleistungspegel und Häufigkeiten für verschiedene Inline-Skaterhockey-Geräusche

	Typische Spitzen-Schallleistungspegel L_{WAFmax}	Ereignis-Häufigkeit
Schlag (Torschuss, Pass)	95..120 dB(A)	2,7 / min
Schuss an die Bande	110..120 dB(A)	1,7 / min
Lautstarker Zuruf	95..105 dB(A)	2,5 / min
Schiedsrichterpfiff	110..120 dB(A)	0,5 / min

4.4 Streetball

Die Messungen erfolgten auf sechs Streetball-Plätzen, die zu gleichen Teilen Bodenbeläge aus Asphalt und Tartan aufwiesen. Da die wenigen vorgefundenen öffentlichen Anlagen mit Tartanbelag für Messungen nicht geeignet waren, wurden entsprechende Messungen an drei Sportplätzen auf Universitäts- und Schulsportanlagen mit Streetball-Spielern simuliert.

Die ermittelten Emissionskennwerte sind in Tabelle 9 zusammengefasst.

Tabelle 9 Emissionsparameter Streetball

Spielmodus Bodenbelag Spielfeld	Spiel 3:3 Asphalt 1 Korb	Spiel 3:3 Tartan 1 Korb	2 unabhängige Spiele Asphalt Platz mit 2 Körben
L_{WA}	86 dB(A)	87 dB(A)	90 dB(A)
K_I	9 dB	9 dB	9 dB
K_I^*	6 dB		
L_{WAFmax}	106 dB(A)	105 dB(A)	107 dB(A)

Die Auswertung ergab praktisch keine Abhängigkeit der Messwerte vom Bodenbelag (Asphalt, Tartan). Der Schallleistungspegel beträgt etwa 86 bis 87 dB(A) an einem Korb. Bei einem Platz mit 2 Körben wurde ein 3 dB höherer Schallleistungspegel ermittelt. Der Spitzen-Schallleistungspegel beträgt maximal 107 dB(A).

Die Unterschiede der bei den verschiedenen Spielweisen festgestellten Schallleistungspegel sind gering, wie Tabelle 10 zeigt. Für die Planung wäre auch ein ermittelter Unterschied nicht relevant, weil die Spielweise nicht als festlegbarer Parameter betrachtet werden kann.

Tabelle 10 Typische Schallleistungspegel L_{WAFM} für unterschiedliche Spielweisen beim Streetball (Beispiele)

Spielmodus	Typische Schallleistungspegel L_{WA}
Spiel 3:4	87..89 dB(A)
Spiel 3:3	84..88 dB(A)
Spiel 3:2	84..87 dB(A)
Spiel 2:2	86..87 dB(A)
Einwerfen, Freiwürfe (1..6 Personen)	81..91 dB(A)
Spiel "21"	85..87 dB(A)
Spiel "Shoot Out"	88 dB(A)
Reines Auftippen	82..85 dB(A)
Zwei unabhängige Spiele auf einem Platz mit zwei Körben	89..91 dB(A)

Kennzeichnend sind beim Streetball das ständige Auftippen des Balls auf dem Boden und die Kommunikation zwischen den Spielern (siehe Bild 16). Typische Schallleistungspegel dieser Quellen und aus Zählungen ermittelte Ereignishäufigkeiten sind in Tabelle 11 aufgeführt.

"Normale" Zurufe konnten etwa 12mal, lautstarke Zurufe 2 bis 4mal pro Minute beobachtet werden.

Das Geräusch, das beim Auftreffen des Balls am Brett oder Ring des Korbs entsteht, ist mit Blick auf dessen Ereignishäufigkeit und Schallleistungspegel von untergeordneter Bedeutung. In Einzelfällen können Material und Bauweise der Korbanlage dennoch von Bedeutung sein, z.B. wenn sich infolge mangelnder Wartung Bauteile gelockert haben und der Korb somit besonders leicht anregbar ist.

Nennenswerte Geräusche, die beim Auftreffen des Balls auf einen den Streetball-Platz umgebenden Zaun entstehen, sind nur bei besonders schnellen Fehlpässen zu erwarten, wenn der Ball den Zaun ohne vorherige Bodenberührung ungebremst trifft. Da dieser Fall nur selten auftritt (etwa ein Ereignis in zwei Minuten), spielen auch die Zäune keine wesentliche Rolle. In Einzelfällen können sie dennoch von Bedeutung sein, wenn von den üblichen Bauweisen der Zäune abgewichen wird und diese besonders leicht anregbare Strukturen aufweisen, oder wenn von den Nutzern absichtlich und fortwährend Bälle an den Zaun geworfen werden.



Bild 16 Schallpegelverlauf eines typischen Streetball-Spiels (Spiel 3:2 auf Tartanbelag) gemessen seitlich in 15 m Entfernung von der Spielfeldmitte: $L_{WA} = 84 \text{ dB(A)}$, $L_{WAFmax} = 99 \text{ dB(A)}$; während des abgebildeten Zeitraums wurden folgende Ereignisse registriert: 32mal Ball tippen, 9mal lautes Rufen, 3mal Korb von Ball getroffen

Tabelle 11 Typische Spitzen-Schalleistungspegel und Häufigkeiten für verschiedene Streetball-Geräusche

	Typische Spitzen-Schalleistungspegel L_{WAFmax}	Ereignis-Häufigkeit
Auftippen des Balls	93..94 dB(A)	Ununterbrochen (30..50 / min)
Ball trifft Korb	87..92 dB(A)	4 / min
Lautstarker Zuruf	95..105 dB(A)	4 / min
"normaler" Zuruf	< 95 dB(A)	12 / min

5 Mehrtägige nicht-überwachte Schallmessungen

Zusätzlich zu den beschriebenen Messungen wurde auf einem ausgewählten Bolzplatz (Bo26, siehe Bild 17) eine Messstation über einen Zeitraum von zwei Wochen aufgestellt. Sie sollte Aussagen zum Tages- und Wochengang von Bolzplatzgeräuschen ermöglichen. Darüber hinaus sollten die Messwerte der Station mit Berechnungen auf Basis der ermittelten Emissionskennwerte aus Kapitel 0 verglichen werden und das Prognosemodell auf diese Weise verifiziert werden.

Der untersuchte Bolzplatz liegt in ruhiger Stadtrandlage. Die gesamte Grünfläche mit zwei Fußballfeldern weist eine Größe von 0,5 ha auf. Die vier Tore bestehen aus Metall, der Platz ist von einem Maschendrahtzaun umgeben.



Bild 17 Bolzplatz Bo26

Für den Vergleich wurde ein Rechenmodell mit dem Schallausbreitungsprogramm Cadna/A erstellt (vgl. Bild 18). Darin wurde für jedes Spielfeld eine Flächenquelle mit einem Schallleistungspegel von $L_{WA} = 91 \text{ dB(A)}$ angesetzt. Die Berechnungen ergeben einen Mittelungspegel $L_{Am} = 48 \text{ dB(A)}$ am Messpunkt.

Die Aufzeichnungen der Messstation ergaben Mittelungspegel zwischen 46 und 49 dB(A) für Stunden mit lebhaftem Bolzplatz-Betrieb. In Zeiten mit geringer Auslastung, in denen nur vereinzelt anlagenbezogene Geräusche zu hören waren, lagen die Werte zwischen 42 bis 44 dB(A). Bei einem Ansatz von $L_{WA} = 91 \text{ dB(A)}$ stimmen die ermittelten und die gemessenen Beurteilungspegel also gut überein.

Aussagen zum Tages- und Wochengang der Geräusche waren nicht möglich, da die Witterungsbedingungen ungünstig waren und der Bolzplatz teilweise über lange Zeiträume nicht benutzt worden war. Die Schwankungen der Mittelungspegel über den Tag und zwischen den einzelnen Wochentagen waren unsystematisch. Verlässliche Aussagen konnten nur mit Hilfe der Tonaufzeichnungen und damit nur für den Zeitraum von 14.00 bis 18.00 Uhr getroffen werden.

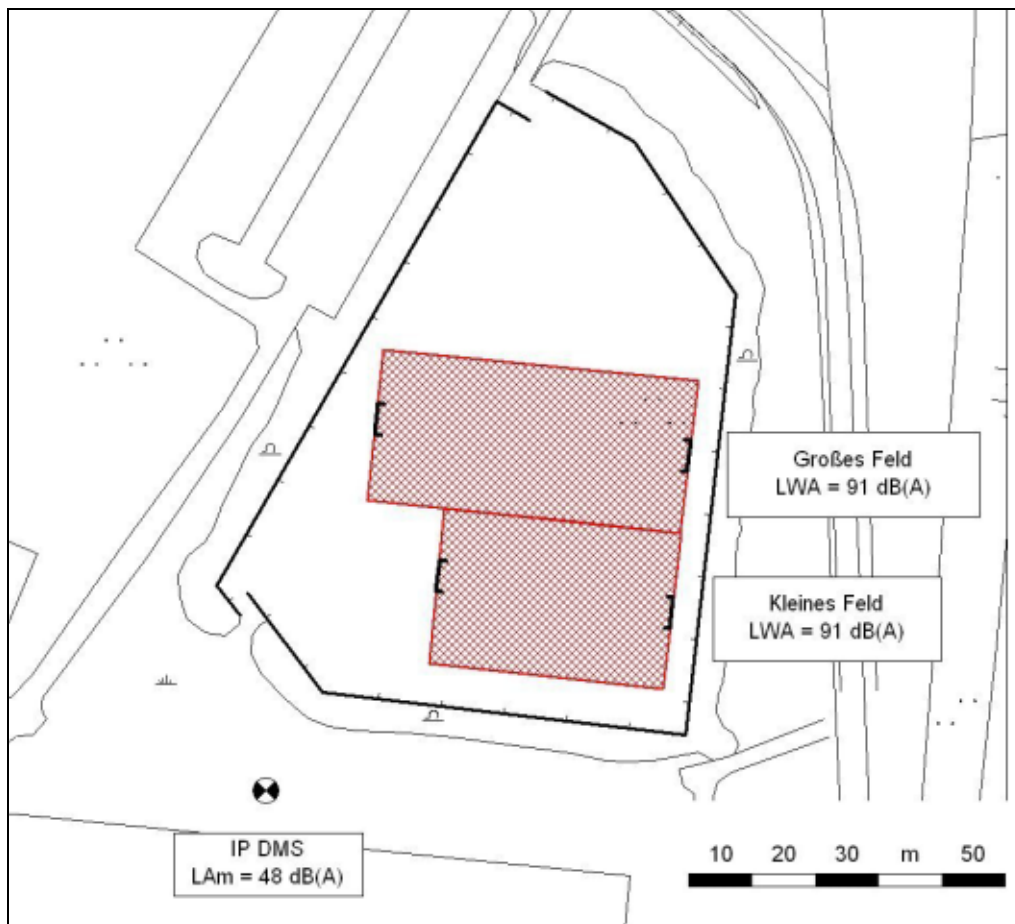


Bild 18 Lage der Schallquellen des Rechenmodells für den Bolzplatz Bo26

6 Hinweise für die schalltechnische Beurteilung

6.1 Allgemeines

6.1.1 Schallquellen

Die wesentlichen Geräusche auf den untersuchten Trendsportanlagen entstehen durch die Ausübung der jeweiligen Sportart und durch die damit verbundene Kommunikation. Darüber hinaus sind im Einzelfall weitere Schallquellen wie Zuschauer, Parkplatz und Musikwiedergabe zu berücksichtigen. Auf deren Emissionsparameter wird jedoch in dieser Untersuchung nicht eingegangen – sie können anderen Veröffentlichungen und Richtlinien entnommen werden, z.B. VDI 3770 oder RLS-90.

6.1.2 Nutzergruppen

Unterschiede in den Schalleistungspegeln differenziert nach Geschlecht, Alter oder Können der Nutzer sind in geringem Maße feststellbar. Eine ausgewiesene Systematik lässt sich dabei nicht beobachten. Der Schalleistungspegel hängt überwiegend vom individuellen Verhalten der Nutzer in der konkreten Situation ab.

Für die Planung ist ein entsprechender Unterschied ohnehin nicht relevant, weil die Zusammensetzung der Mannschaften nicht als festlegbarer Parameter betrachtet werden kann. Hier wird immer von einem ungünstigen Fall auszugehen sein.

Hinweis: Die ermittelten Emissionskennwerte beziehen sich nur auf einen bestimmungsgemäßen Betrieb der Anlagen. Da die Anlagen oft auch als Treffpunkt für Jugendliche dienen ohne sportlich genutzt zu werden, können weitere Geräusche entstehen, z.B. durch Krafträder, Musikgeräte und lautstarke Unterhaltung. Diese werden nicht mit den angegebenen Kennwerten abgedeckt und müssen ggf. gesondert untersucht werden.

6.1.3 Nutzungszeiten

Liegen keine Kenntnisse über die tatsächlichen Nutzungszeiten und die Auslastung der Anlage vor, kann eine Betriebszeit von 10.00 bis 22.00 Uhr angenommen werden. Normalerweise kann davon ausgegangen werden, dass in den für die Beurteilung besonders kritischen Zeiträumen der Ruhezeit von 13:00 bis 15:00 (an Sonn- und Feiertagen) und 20:00 bis 22:00 Uhr die Sportanlagen ausgelastet sind, sofern keine Betriebszeitenbeschränkungen vorliegen oder andere übliche Nutzungszeiten bekannt sind.

6.2 Emissionskennwerte

Die Ausgangsdaten für die schalltechnische Beurteilung wie Schalleistungspegel, Impulshaltigkeit und Maximalpegel sind in Kapitel 4 für die jeweiligen Sportanlagen tabellarisch aufgeführt. Die wesentlichen Ergebnisse werden nachfolgend für eine Beurteilung nach 18. BImSchV nochmals übersichtlich zusammengefasst.

6.2.1 Beachvolleyball

Schalleistungspegel

Kennzeichnend für den Beachvolleyball-Spielbetrieb sind Ballschlag- und Kommunikationsgeräusche. Erstere entstehen z.B. beim Aufschlag, beim Angriff und beim Zuspielen des Balls zum Aufschlagenden, letztere z.B. durch Zurufe, wie "Aus" oder die Mitteilung des Spielstands.

Bei Turnieren oder Wettkämpfen werden i.d.R. Schiedsrichter eingesetzt. Die Schiedsrichterpfiffe können dabei maßgeblich zum Gesamtgeräusch beitragen, wobei pro Ballwechsel ein An- und ein Abpfiff erfolgt. Allerdings werden nicht an jeder Anlage Turniere oder größere Wettkämpfe abgehalten. Geräusche von Zuschauern können ggf. nach VDI 3770 Abschnitt 6 (Hockey) ermittelt werden.

Tabelle 12 Emissionskennwerte für Beachvolleyball (vgl. Kapitel 4.1, Tabelle 1)

Spielbetrieb	Schalleistungspegel L_{WA}	Impulshaltigkeitszuschlag K_I^*	Bemerkungen
Spiel (2:2 Personen)	84 dB(A)	9 dB	
Spiel (2:2 Personen) mit Schiedsrichter	88 dB(A)		z.B. bei kleineren Turnieren

Als mittlere Quellenhöhe kann für das Spielfeld 1,6 m angesetzt werden.

Richtwirkung

Eine für die untersuchten Sportanlagen typische und systematische Richtwirkung konnte messtechnisch nicht nachgewiesen werden. Bei der Prognoserechnung sollte deshalb von ungerichteter Abstrahlung ausgegangen werden.

Impulshaltigkeit

Die Geräusche weisen eine hohe Impulshaltigkeit auf. Kurzzeitige Geräuschspitzen entstehen z.B. bei Ballschlägen. Der ermittelte Impulshaltigkeitszuschlag beträgt 9 dB.

Ton- und Informationshaltigkeit

Die bei der Nutzung von Beachvolleyball-Anlagen entstehenden Geräusche sind weder ton- noch informationshaltig, somit ist kein Zuschlag K_T zu vergeben. In speziellen Fällen, wie z.B. bei Veranstaltungen mit Lautsprecherdurchsagen oder auf kommerziellen Anlagen mit Musikwiedergabe, ist dieser Zuschlag entsprechend Beurteilungsvorschrift zu berücksichtigen.

Maximalpegel

Für die Beurteilung einzelner kurzzeitiger Geräuschspitzen wird deren Maximalpegel L_{AFmax} herangezogen. Zur Ermittlung dieser Maximalpegel am maßgeblichen Immissionsort sind die in Tabelle 1 unter Kapitel 4.1 aufgeführten Spitzen-Schalleistungspegel L_{WAFmax} mit 108 dB(A) für ein normales Spiel und mit 113 dB(A) für ein Spiel mit Schiedsrichter angegeben.

6.2.2 Bolzplätze

Schalleistungspegel

Kennzeichnende Geräusche ergeben sich beim Bolzen durch das Treten des Balls beim Spielen oder Annehmen eines Passes und beim Torschuss, sowie durch die Kommunikation zwischen den Spielern. Das Geräusch, das beim Auftreffen des Balls am Tor entsteht, war mit Blick auf die vergleichsweise geringe Ereignishäufigkeit und den Schalleistungspegel von untergeordneter Bedeutung. Nennenswerte Geräusche, die beim Auftreffen des Balls auf einen evtl. vorhandenen Ballfangzaun entstehen, sind nur bei besonders harten Schüssen, die das Tor verfehlen, zu erwarten. Da dieser Fall nur selten auftrat, spielten auch die Zäune keine wesentliche Rolle.

Turniere sind unüblich, so dass weder Schiedsrichter noch Zuschauer berücksichtigt werden müssen.

Tabelle 13 Emissionskennwerte für Bolzplätze (vgl. Kapitel 4.2, Tabelle 5)

Spielbetrieb	Schalleistungspegel L_{WA}	Impulshaltigkeitszuschlag K_I^*
1 Erwachsener bzw. Jugendlicher	82 dB(A)	5 dB
25 Erwachsene bzw. Jugendliche	96 dB(A)	5 dB
25 Kinder	101 dB(A)	-

Als mittlere Quellenhöhe kann für das Spielfeld 1,6 m angesetzt werden.

Je nach Anzahl, Verhalten und Alter der Spieler weichen die Schalleistungspegel von Bolzplätzen stark voneinander ab. Grundsätzlich haben die Messungen aber keine neuen Erkenntnisse zu den Angaben in der Richtlinie VDI 3770, Abschnitt 16 ergeben. Auch hier ist für 25 Spieler ein Schalleistungspegel $L_{WA} = 101$ dB(A) angegeben.

Richtwirkung

Eine für die untersuchten Bolzplätze typische und systematische Richtwirkung konnte messtechnisch nicht nachgewiesen werden. Bei der Prognoserechnung sollte deshalb von ungerichteter Abstrahlung ausgegangen werden.

Impulshaltigkeit

Kurzzeitige Geräuschspitzen entstehen z.B. bei Schüssen. Der ermittelte Impulshaltigkeitszuschlag beträgt 5 dB für die Beurteilung von jugendlichen und erwachsenen Spielern.

Ton- und Informationshaltigkeit

Die bei der Nutzung von Bolzplätzen entstehenden Geräusche sind weder ton- noch informationshaltig, somit ist kein Zuschlag K_T zu vergeben.

Maximalpegel

Für die Beurteilung einzelner kurzzeitiger Geräuschspitzen wird deren Maximalpegel L_{AFmax} herangezogen. Zur Ermittlung dieses Maximalpegel am maßgeblichen Immissionsort sind die in Tabelle 4 unter Kapitel 4.2 aufgeführten Spitzen-Schalleistungspegel angegeben.

6.2.3 Inline-Skaterhockey

Schalleistungspegel

Kennzeichnende Geräuschquellen sind das ständige Klappern der Schläger gegen den Boden oder andere Schläger, Torschüsse und Pässe, sowie die Kommunikation zwischen den Spielern und – sofern vorhanden – die Schiedsrichterpfiffe.

Bei Turnieren kann es zum Einsatz von Schiedsrichtern kommen, deren Geräusche aber nicht wesentlich aus dem Gesamtgeräusch herausragen. Geräusche von Zuschauern können ggf. nach VDI 3770 Abschnitt 6 (Hockey) ermittelt werden.

Tabelle 14 Emissionskennwerte für Inline-Skaterhockey (vgl. Kapitel 4.3, Tabelle 7)

Spielbetrieb	Schalleistungspegel L_{WA}	Impulshaltigkeitszuschlag K_I^*	Bemerkungen
Spiel	96 dB(A)	11 dB	mit und ohne Schiedsrichter

Als mittlere Quellenhöhe kann für das Spielfeld 1,6 m angesetzt werden.

Richtwirkung

Eine für Inline-Skaterhockey typische und systematische Richtwirkung konnte messtechnisch nicht nachgewiesen werden. Bei der Prognoserechnung sollte deshalb von ungerichteter Abstrahlung ausgegangen werden.

Impulshaltigkeit

Die Geräusche weisen eine hohe Impulshaltigkeit auf. Kurzzeitige Geräuschspitzen entstehen z.B. bei Ballberührungen. Der ermittelte Impulshaltigkeitszuschlag beträgt 11 dB.

Ton- und Informationshaltigkeit

Die beim Inline-Skaterhockey entstehenden Geräusche sind weder ton- noch informationshaltig, somit ist kein Zuschlag K_T zu vergeben. In speziellen Fällen, wie z.B. bei Veranstaltungen mit Lautsprecherdurchsagen oder auf kommerziellen Anlagen mit Musikwiedergabe, ist dieser Zuschlag entsprechend Beurteilungsvorschrift zu berücksichtigen.

Maximalpegel

Für die Beurteilung einzelner kurzzeitiger Geräuschspitzen wird deren Maximalpegel L_{AFmax} herangezogen. Zur Ermittlung des Maximalpegels am maßgeblichen Immissionsort ist der in der Tabelle 7 unter Kapitel 4.3 aufgeführte Spitzen-Schalleistungspegel L_{WAFmax} mit 120 dB(A) angegeben.

6.2.4 Streetball

Schalleistungspegel

Kennzeichnend sind beim Streetball das ständige Auftippen des Balls auf den Boden und die Kommunikation zwischen den Spielern. Das Geräusch, das beim Auftreffen des Balls am Brett oder Ring des Korbs entsteht, war bei den Messungen mit Blick auf dessen Ereignishäufigkeit und Schalleistungspegel von untergeordneter Bedeutung. Nennenswerte Geräusche, die beim Auftreffen des Balls auf einen den Streetball-Platz umgebenden Zaun entstehen, sind nur bei besonders schnellen Fehlpässen zu erwarten, wenn der Ball den Zaun ohne vorherige Bodenberührung ungebremst trifft. Dieser Fall tritt nur selten auf.

Tabelle 15 Emissionskennwerte für Streetball (vgl. Kapitel 4.4, Tabelle 9)

Spielbetrieb	Schalleistungspegel L_{WA}	Impulshaltigkeitszuschlag K_I^*
Platz mit einem Korb	87 dB(A)	6 dB
Platz mit zwei Körben	90 dB(A)	

Als mittlere Quellenhöhe kann für das Spielfeld 1,6 m angesetzt werden.

Richtwirkung

Eine für die untersuchten Sportanlagen typische und systematische Richtwirkung konnte messtechnisch nicht nachgewiesen werden. Bei der Prognoserechnung sollte deshalb von ungerichteter Abstrahlung ausgegangen werden.

Impulshaltigkeit

Geräuschspitzen entstehen z.B. beim ständigen Auftippen des Balls. Der ermittelte Impulshaltigkeitszuschlag beträgt 6 dB.

Ton- und Informationshaltigkeit

Die auf Streetball-Plätzen entstehenden Geräusche sind weder ton- noch informationshaltig, somit ist kein Zuschlag K_T zu vergeben. In speziellen Fällen, wie z.B. bei Veranstaltungen mit Lautsprecherdurchsagen oder auf kommerziellen Anlagen mit Musikwiedergabe, ist dieser Zuschlag entsprechend Beurteilungsvorschrift zu berücksichtigen.

Maximalpegel

Für die Beurteilung einzelner kurzzeitiger Geräuschspitzen wird deren Maximalpegel L_{AFmax} herangezogen. Zur Ermittlung des Maximalpegels am maßgeblichen Immissionsort ist der in der Tabelle 9 unter Kapitel 4.4 aufgeführte Spitzen-Schalleistungspegel L_{WAFmax} mit 107 dB(A) angegeben.

7 Lärmschutzmaßnahmen

7.1 Beschallungsanlagen

Fest installierte Beschallungsanlagen finden sich in der Regel nur bei kommerziellen Anlagen. Deren Aufstellung und Betrieb sind mit besonderer Rücksicht auf die Nachbarschaft zu planen. Führen von den Nutzern mitgebrachte tragbare Musikwiedergabegeräte zu berechtigten Beschwerden, kann deren Betrieb auch nachträglich durch entsprechende Vorschriften auf der Anlage eingeschränkt oder untersagt werden.

Hinweise zur Ermittlung der Geräusche von Beschallungsanlagen sind in der Sächsischen Freizeitlärmstudie des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, in der Studie zu musikalischen Freiluftveranstaltungen des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern und in der Lärmschutzrichtlinie für Freiluftveranstaltungen des Österreichischen Umweltbundesamtes zu finden.

7.2 Technische und bauliche Maßnahmen

7.2.1 Hinweise zu Abständen

Die immissionsschutztechnische Verträglichkeit einer Anlage kann nur im Rahmen einer detaillierten Immissionsprognose (Planung) oder durch Messung geklärt werden. Als Hinweise im frühesten Planungsstadium werden in Tabelle 16 Anhaltswerte für Abstände angegeben. Dabei wurden die Emissionskennwerte aus Kapitel 6.2 zugrunde gelegt.

Tabelle 16 Anhaltswerte für Abstände in Abhängigkeit der Baugebietsnutzung

Sportart	Nutzungszeiten	Abstand zur schutzbedürftigen Bebauung		
		WR	WA	MI
Beachvolleyball	ganztags	75 m	50 m	35 m
	tags außerhalb der Ruhezeiten	50 m	35 m	20 m
	tags 6 h außerhalb der Ruhezeiten	45 m	25 m	15 m
Beachvolleyball mit Schiedsrichter	ganztags	105 m	70 m	45 m
	tags außerhalb der Ruhezeiten	70 m	45 m	30 m
	tags 6 h außerhalb der Ruhezeiten	60 m	40 m	25 m
Bolzplätze	ganztags	155 m	100 m	65 m
	tags außerhalb der Ruhezeiten	100 m	65 m	45 m
	tags 6 h außerhalb der Ruhezeiten	80 m	55 m	40 m
Inline-Skaterhockey	ganztags	290 m	175 m	105 m
	tags außerhalb der Ruhezeiten	175 m	105 m	70 m
	tags 6 h außerhalb der Ruhezeiten	145 m	90 m	60 m
Streetball	ganztags	75 m	50 m	35 m
	tags außerhalb der Ruhezeiten	50 m	35 m	20 m
	tags 6 h außerhalb der Ruhezeiten	45 m	25 m	15 m

7.2.2 Aufstellung

Die Spielfelder sind so zu platzieren, dass ein möglichst großer Abstand zu den nächstgelegenen Immissionsorten entsteht. Dies gilt im Speziellen auch für die Tore bei Bolzplätzen und für die Körbe bei Streetball-Plätzen.

7.2.3 Material

Die Auswahl des Materials für die Einrichtungen der Trendsportanlagen wird in der Regel durch nicht-akustische Kriterien bestimmt, z.B. Kosten, Resistenz vor Vandalismus oder Sicherheit der Nutzer.

Die im Rahmen dieser Studie durchgeführten Messungen zeigten, dass das Geräusch, das beim Auftreffen eines Balls an einem Tor, einem Korb oder einem Ballfangzaun entsteht, mit Blick auf dessen Ereignishäufigkeit und Schallleistungspegel bei einem bestimmungsgemäßen Betrieb von untergeordneter Bedeutung ist. Die Materialwahl für diese Einrichtungen ist daher aus Sicht des Immissionsschutzes von untergeordneter Bedeutung.

In Einzelfällen kann sie dennoch von Bedeutung sein, beispielsweise wenn

- von den üblichen, lärmarmen Bauweisen der Tore und Zäune abgewichen wird und diese besonders leicht anregbare Strukturen aufweisen,
- wenn sich infolge mangelnder Wartung Bauteile gelockert haben und die betroffene Einrichtungen somit besonders leicht anregbar ist oder
- wenn von den Nutzern absichtlich und fortwährend Bälle an den Zaun geschossen oder geworfen werden (nicht-bestimmungsgemäße Nutzung der Anlage).

Darüber hinaus können auch vergleichsweise seltene Geräusche wie das Scheppern von Zäunen, Toren oder Körben von den Lärmbetroffenen als besonders lästig empfunden werden, wenngleich sich dies in den Messwerten – Mittelungspegel und Taktmaximalpegel – nicht widerspiegelt. Auch deshalb sollte stets auf eine lärmarme und dem Stand der Lärmschutztechnik entsprechende Ausführung der Bauteile geachtet werden.

7.2.4 Abschirmung

In Einzelfällen kann die Errichtung einer Schallschutzwand als Lärminderungsmaßnahme technisch zielführend sein. Die Kosten für Bau und Unterhalt werden in der Praxis jedoch häufig dem beschränkten Budget v.a. für öffentliche Trendsportanlagen entgegenstehen. Beim Neubau von größeren Anlagen, die oft mit aufwändigen Landschaftsarbeiten einhergehen, wäre die Einplanung von Senken und Wällen als integraler Bestandteil der Anlage gleichzeitig ein probates Mittel zur Abschirmung von Geräuschen.

7.2.5 Regelmäßige Wartung

Eine regelmäßige Wartung der Anlagen ist nicht nur aus Sicherheitsgründen zu empfehlen. Lockere Bauteile, wie Banden, Körbe oder Tore, können überdies zusätzlichen und vermeidbaren Lärm verursachen.

7.3 Betriebszeitenbeschränkungen

Die Einschränkung der Nutzungszeiten z.B. in den besonders schutzwürdigen Ruhezeiten (täglich 20:00-22:00 Uhr, Sonntags 13:00-15:00 Uhr) kann ein probates Mittel des Lärmschutzes im Nahbereich schutzbedürftiger Bebauung sein. Derartige Einschränkungen sind jedoch nur sinnvoll, wenn sie in der Praxis auch durchgesetzt und überwacht werden können.

8 Literaturhinweise, Schrifttum

- Achtzehnte Verordnung der Bundesregierung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Sportanlagenlärmschutzverordnung - 18. BImSchV) vom 18. Juli 1991 (BGBl. I S. 1588)
- VDI 2417 Schallausbreitung im Freien, Januar 1988
- VDI 3770 Emissionskennwerte technischer Schallquellen - Sport- und Freizeitanlagen, April 2002
- "Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen - RLS-90", Bundesministerium für Verkehr, Ausgabe 1990
- "Geräusentwicklung von Sportanlagen und deren Quantifizierung für immissionsschutztechnische Prognosen", Wolfgang Probst, Bundesinstitut für Sportwissenschaft, Köln: sb 67 Verl.-Ges., 1994
- Sächsische Freizeitlärmstudie – Handlungsleitfaden zur Prognose und Beurteilung von Geräuschbelastungen durch Veranstaltungen und Freizeitanlagen, Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Hrsg.), Dresden 2006
- Untersuchungen zur Prognose der Lärmimmissionen großer musikalischer Freiluftveranstaltungen und zu Maßnahmen zur Minderung der von ihnen ausgehenden Lärmbelästigungen, Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (Hrsg.), Güstrow 2006
- Lärmschutzrichtlinie für Freiluftveranstaltungen von Christoph Lechner, Monographien Band 122, Umweltbundesamt Österreich, Wien, 2000

9 Anhang

9.1 Abkürzungen, Begriffe, Symbole, Kenngrößen

9.1.1 Akustik

K_I	Impulshaltigkeitszuschlag für das Gesamtgeräusch (abweichend von 18. BImSchV): $K_I = L_{AFTm, gesamt} - L_{Am, gesamt}$
K_I^*	Impulshaltigkeitszuschlag für eine Beurteilung nach 18. BImSchV ermittelt nach Gleichung (1) (Seite 41)
K_T	Zuschlag für Ton- und Informationshaltigkeit
$L_{AF}(t)$	Zeitverlauf des Schalldruckpegels mit der Zeitkonstante FAST (A-bewertet)
L_{AFmax}	Maximalpegel von Impulsen und/oder auffälligen Pegeländerungen (A-bewertet)
$L_{AFT,5}$	im 5-s-Takt ermittelte Taktmaximalpegel (A-bewertet)
L_{AFTm}	Taktmaximal-Mittelungspegel (Wirkpegel) aus den im 5-s-Takt ermittelten Taktmaximalpegeln $L_{AFT,5}$ (A-bewertet)
$L_{AFTm, technisch}$	Taktmaximal-Mittelungspegel der technischen Geräusche
L_{Am}	Mittelungspegel (A-bewertet)
$L_{Am, Kommunikation}$	Mittelungspegel (A-bewertet) der Kommunikationsgeräusche
$L_{Am, technisch}$	Mittelungspegel (A-bewertet) der technischen Geräusche
L_{WA}	Schallleistungspegel (A-bewertet)
L_{WA}''	Flächenbezogener Schallleistungspegel (A-bewertet)
L_{WAFm}	A-bewerteter Schallleistungspegel, ermittelt aus dem Taktmaximal-Mittelungspegel L_{AFTm}
L_{WAFmax}	A-bewerteter Schallleistungspegel, ermittelt aus dem Maximalpegel L_{AFmax} ("Spitzen-Schallleistungspegel")

9.1.2 Sonstige Abkürzungen

IP	Immissionspunkt
MI	Mischgebiet
MP	Messpunkt
WA	Allgemeines Wohngebiet
WR	Reines Wohngebiet

9.2 Untersuchungs- und Auswertungsmethodik

9.2.1 Einzelmessungen

Die Untersuchungsmethodik soll an einem ausgewählten Beispiel (Damen-Beachvolleyballspiel mit Schiedsrichter) aufgezeigt werden.

Bezugsgrößen

Aus den Messungen an den verschiedenen Trendsportanlagen wurden jeweils folgende Zwischengrößen abgeleitet:

- L_{Am} (Mittelungspegel),
- L_{AFm} (Taktmaximal-Mittelungspegel (Wirkpegel) aus den im 5-s-Takt ermittelten Taktmaximalpegeln) und
- L_{AFmax} (Maximalpegel).

Messungen

Bei den Feldmessungen wurde der zeitliche Verlauf des Schalldruckpegels $L_{AF}(t)$ aufgezeichnet. Je nach örtlicher Gegebenheit wurde gleichzeitig an bis zu drei Messpunkten in unterschiedlichen Richtungen bzw. unterschiedlichen Entfernungen gemessen.

Messdaten

Im Labor wurden die Daten vom Messgerät ausgelesen und in ein Tabellenkalkulationsprogramm auf den PC importiert (siehe Tabelle 17). In der Tabelle stehen die Zeiten (als Periodennummer im 125 ms Intervall und als absolute Zeit) und die dazugehörigen Messwerte $L_{AF}(t)$ und $L_{AFmax}(t)$.

Tabelle 17 Datenscrib vom Messgerät (hier: Norsonic Typ 118; $L_{Aeq} \triangleq L_{Am}$) im Tabellenkalkulationsprogramm (Ausschnitt)

Period	Time	L_{Aeq}	$L_{AF(max)}$
7452	(2004-09-19 14:54:42 500)	27,3	33,9
7453	(2004-09-19 14:54:42 625)	33,2	32,7
7454	(2004-09-19 14:54:42 750)	28,0	32,5
7455	(2004-09-19 14:54:42 875)	34,1	33,7
7456	(2004-09-19 14:54:43 000)	34,2	34,8
7457	(2004-09-19 14:54:43 125)	28,4	33,4
7458	(2004-09-19 14:54:43 250)	27,9	30,8
7459	(2004-09-19 14:54:43 375)	28,1	29,2
7460	(2004-09-19 14:54:43 500)	28,3	28,7
7461	(2004-09-19 14:54:43 625)	59,9	59,4
7462	(2004-09-19 14:54:43 750)	35,2	58,4
7463	(2004-09-19 14:54:43 875)	30,3	54,3
7464	(2004-09-19 14:54:44 000)	29,3	49,8
7465	(2004-09-19 14:54:44 125)	28,9	45,7
7466	(2004-09-19 14:54:44 250)	28,0	41,3
7467	(2004-09-19 14:54:44 375)	29,9	37,5
7468	(2004-09-19 14:54:44 500)	30,5	34,2
7469	(2004-09-19 14:54:44 625)	49,7	49,2
7470	(2004-09-19 14:54:44 750)	30,6	46,9
7471	(2004-09-19 14:54:44 875)	30,9	42,9
7472	(2004-09-19 14:54:45 000)	30,1	38,8
7473	(2004-09-19 14:54:45 125)	33,0	35,5
7474	(2004-09-19 14:54:45 250)	48,1	46,5
7475	(2004-09-19 14:54:45 375)	50,2	49,5
7476	(2004-09-19 14:54:45 500)	52,8	52,1

Pegelschrieb

Aus den Daten aller vorhandenen Messpunkte (i.d.R. drei Mikrofonpositionen) einer Messung wurde jeweils ein Pegelschrieb erstellt (Beispiele zeigen Bild 19 und Bild 20). Die Synchronisierung der Messreihen erfolgte über einen künstlich erzeugten Impuls zu Beginn jeder Aufzeichnung. Die während der Messungen gesetzten Marker, die zeitweise besondere Ereignisse, wie z.B. Aufschlag, lauter Ruf, oder Schiedsrichterpfiff, kennzeichneten, wurden ebenfalls im Pegelschrieb dargestellt.

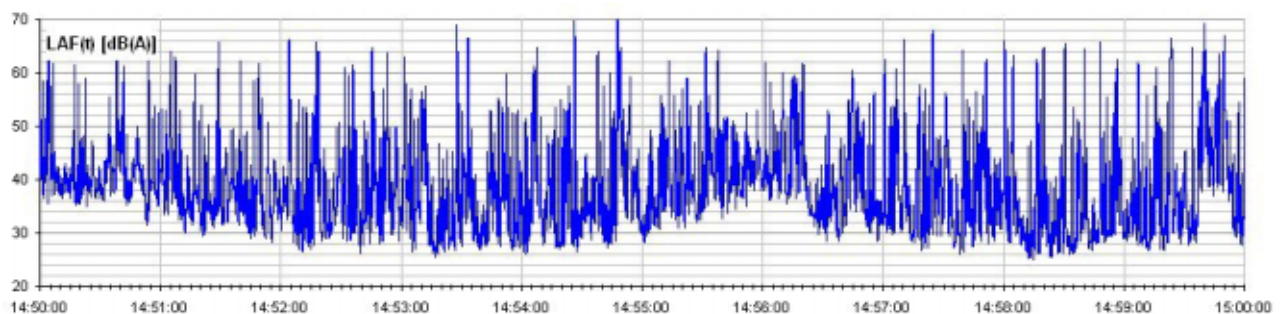


Bild 19 Schallpegelverlauf eines typischen Beachvolleyball-Spiels (Damen-Beachvolleyballspiel mit Schiedsrichter) gemessen seitlich in 31,5 m Entfernung von der Spielfeldmitte (Ausschnitt 10 Minuten)

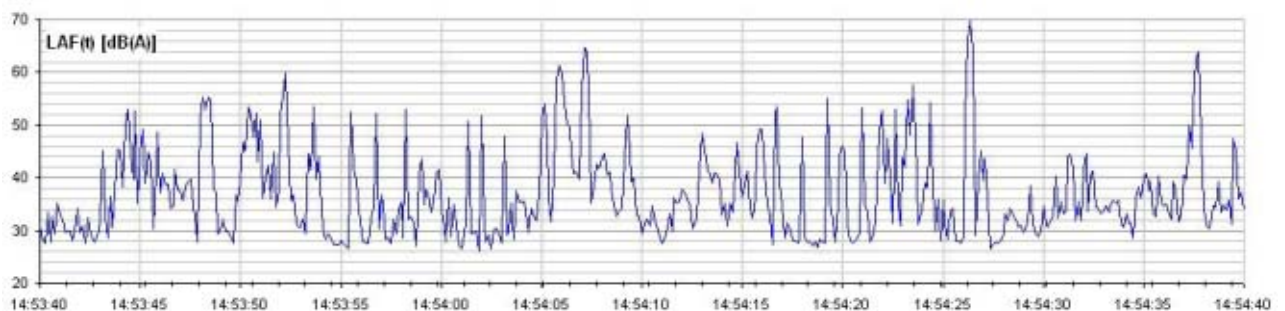


Bild 20 Schallpegelverlauf eines typischen Beachvolleyball-Spiels (Damen-Beachvolleyballspiel mit Schiedsrichter) gemessen seitlich in 31,5 m Entfernung von der Spielfeldmitte (Ausschnitt 1 Minute)

Durch eine Streckung der Zeitachse können einzelne Aktionen im Detail analysiert werden. Dabei helfen die am Messgerät gesetzten Marker und die während der Messung gesammelten handschriftlichen Notizen (vgl. Bild 21).

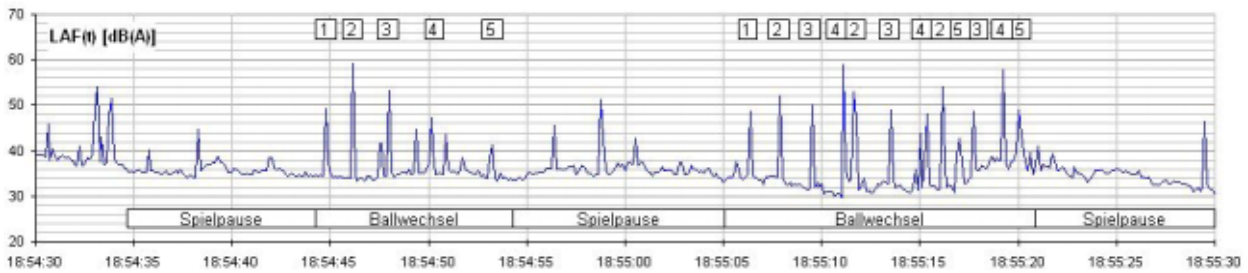


Bild 21 Schallpegelverlauf eines typischen Beachvolleyball-Spiels (Mixed) gemessen seitlich in 31,5 m Entfernung von der Spielfeldmitte; Beispiele einiger kennzeichnender Geräuschquellen:
 1: Aufschlag; 2: Annahme / Abwehr; 3: Zuspiel; 4: Angriffsschlag; 5: Zuruf

Auswertung einer Messung

Innerhalb des Tabellenkalkulationsprogramms wurden automatisiert verschiedene Auswertungen durchgeführt (vgl. Tabelle 18). Die energetische Mittelung der Spalte LAM ergibt den Mittelungspegel L_{Am} . Der Höchstwert in der Spalte LAFmax entspricht dem Maximalpegel L_{AFmax} . Aus den im 5-s Takt ermittelten Taktmaximalpegeln $L_{AFT,5}$ wird in der Spalte LAFTm der Taktmaximal-Mittelungspegel (Wirkpegel) L_{AFTm} gebildet.

Tabelle 18 Auswertung einer Messung (Damen-Beachvolleyballspiel mit Schiedsrichter)

	Period	LAM	LAF(max)	LAM	LAFTm	LAFmax
14:46:03 [0,500]	3298	37,5	38,6			
14:46:03 [0,625]	3299	34,8	37,2			
14:46:03 [0,750]	3300	36,8	36,6			
14:46:03 [0,875]	3301	36,8	37,1			
14:46:04 [0,000]	3302	35,6	36,7	Anfang	Anfang	Anfang
14:46:04 [0,125]	3303	37,0	36,8			
14:46:04 [0,250]	3304	37,4	37,2			
14:46:04 [0,375]	3305	36,6	37,4			
...
14:54:43 [0,500]	7458	27,9	30,8			
14:54:43 [0,625]	7459	28,1	29,2			
14:54:43 [0,750]	7460	28,3	28,7	LAM	LAFTm5	LAFmax
14:54:43 [0,875]	7461	59,9	59,4	50,7	61,4	74,8
14:54:44 [0,000]	7462	35,2	58,4	dB(A)	dB(A)	dB(A)
14:54:44 [0,125]	7463	30,3	54,3			
14:54:44 [0,250]	7464	29,3	49,8			
...
15:03:23 [0,375]	11617	33,6	33,2			
15:03:23 [0,500]	11618	31,0	32,8			
15:03:23 [0,625]	11619	28,5	31,9			
15:03:23 [0,750]	11620	28,4	29,9	Ende	Ende	Ende
15:03:23 [0,875]	11621	29,5	29,7	(1040 s)	(1040 s)	(1040 s)
15:03:24 [0,000]	11622	30,5	30			
15:03:24 [0,125]	11623	35,2	34,4			
15:03:24 [0,250]	11624	36,6	36			
15:03:24 [0,375]	11625	36,1	36,3			

Zusammenfassung der Pegelwerte

Alle ermittelten Pegelwerte (vgl. Tabelle 19) wurden nun in Übersichtstabellen zusammengefasst. Für jede Trendsportanlage steht eine solche Tabelle zur Verfügung, auf deren Grundlage die weiteren Auswertungen erfolgten. Diese Tabellen sind vollständig in den Messprotokollen (ACCON Bericht ACB-1104-2983/20 vom 30.11.2004) enthalten.

Tabelle 19 Zusammenfassung der ermittelten Werte für ein Damen-Beachvolleyballspiel mit Schiedsrichter. Pegel in dB(A), Zeit in min:s.
Anmerkung: in Zeile "1", Spalte "seitlich (MP1)" finden sich die Werte des o.g. Beispiels wieder.

Nr.	Dauer	seitlich (MP1)			längs (MP2)			längs (MP3)		
		LAM	LAFTm	LAFmax	LAM	LAFTm	LAFmax	LAM	LAFTm	LAFmax
1	17:20	50,7	61,4	74,8	49,8	60,5	74,7	50,1	61,2	70,3
2	14:34	47,1	58,2	73,8	48,2	60,3	76,3	47,0	59,2	70,8

Ermittlung der Schalleistungspegel

In einem nächsten Schritt wurden aus den ermittelten Schalldruckpegeln Schalleistungspegel berechnet. Deren Bestimmung erfolgte durch Rückrechnung von einer virtuellen Punktschallquelle zum jeweiligen Immissionsort (Messpunkt). Die Berechnung wurde mit Hilfe des Schallausbreitungsprogramms Cadna/A gemäß 18. BImSchV i.V.m. VDI 2714 durchgeführt (vgl. Bild 22), davon ausgehend, dass die Quelle ungerichtet abstrahlt (immissionsbezogener Schalleistungspegel). Die Höhe der Immissionspunkte im Modell entspricht der Höhe der Messpunkte (3 m), die Quellenhöhe etwa einer mittleren Kopfhöhe der Sportler (hier 1,6 m). Die Lage der Schallquelle wurde im geometrischen Mittelpunkt des Beachvolleyball-Felds und deren Schalleistung zu 0 dB(A) festgelegt. Aus den so berechneten Pegeln an den Immissionsorten und aus den ermittelten Pegeln an den korrespondierenden Messpunkten ergibt sich der gesuchte Schalleistungspegel der Trendsportanlage.

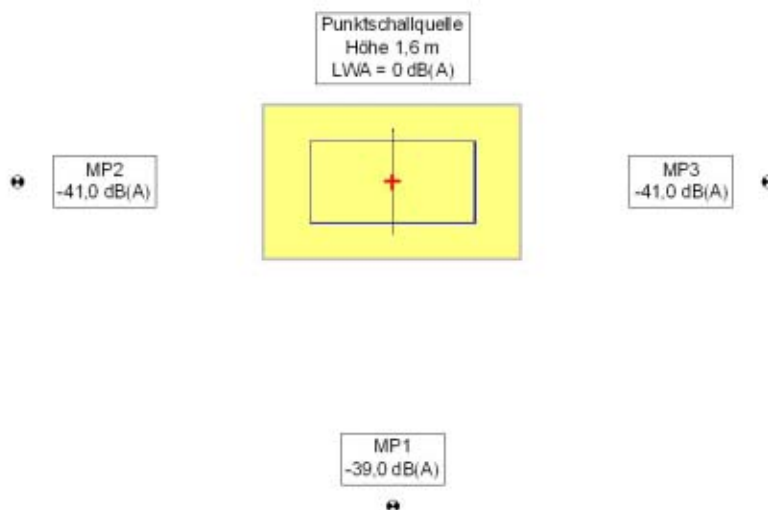


Bild 22 Modell zur Rückrechnung auf den Schalleistungspegel

Die Korrektur zur Rückrechnung auf den Schalleistungspegel aus dem Schalldruckpegel wird im wesentlichen durch das Abstandsmaß D_S , das Raumwinkelmaß K_0 und das Boden- und Meteorologiedämpfungsmaß D_{BM} bestimmt. Alle anderen Einflüsse nach VDI 2714 sind wegen der vergleichsweise geringen Abstände von der Quelle zu den Immissionspunkten vernachlässigbar (vgl. Tabelle 20).

Tabelle 20 Details der Schallausbreitungsrechnung (Beispiel)

Messpunkt	MP1		hier: Messpunkt MP1
ID	io		
X	0,00 m		x-Koordinate des MP im Rechenmodell
Y	-31,50 m		y-Koordinate des MP im Rechenmodell
Z	3,00 m		Höhe des MP
Boden	0,00 m		Höhe des Bodens beim MP
Quelle	BV		
ID	pq		
X	0,00 m		x-Koordinate der Quelle im Rechenmodell
Y	0,00 m		y-Koordinate der Quelle im Rechenmodell
Z	1,60 m		Höhe Quelle
Boden	0,00 m		Höhe Boden bei der Quelle
RefOrd	0		Reflexionsordnung
LxT	0,00 dB(A)		hier: fiktiver Ausgangswert 0 dB(A)
L/F	1 dB		Korrektur bei Linien und Flächenschallquellen
Abst.	31,50 m		Abstand
hm	2,30 m		mittlere Höhe
Freq	500 Hz		Mittenfrequenz für die Berechnung
Ds	40,97 dB		Abstand
kDb	2,97 dB		Raumwinkel
D _{bm}	0,93 dB		Boden- und Meteorologie
D _e	0,00 dB		Einfügungsdämpfung
z	0,00 dB		Schirmwert
D _l	0,06 dB		Luftdämpfung
D _d	0,00 dB		Bewuchs
D _g	0,00 dB		Bebauung
D _{lang}	0,00 dB		Langzeitmittelung
D _{rw}	0,00 dB		
RV	0,00 dB		Reflexionsverlust
L_{ges}	-39,00 dB(A)		Korrektur für das Modell

Mittlerer Schalleistungspegel einer Trendsportanlage

Nach der Umrechnung auf die immissionsbezogenen Schalleistungspegel begann die Zusammenfassung der einzelnen Messwerte, zunächst noch getrennt für jeden Messpunkt. Die Anzahl der Messwerte, Höchst- und Kleinstwerte, sowie die energetischen Mittelwerte wurden dabei ermittelt (vgl. Tabelle 21).

Tabelle 21 Auswertung der Messgrößen für Damen-Beachvolleyball-Spiele mit Schiedsrichter. Pegel in dB(A), Zeit in s.

	Dauer	seitlich					längs					
		LWA	LWATm	KI	DI	LWAmax	LWA	LWATm	KI	DI	LWAmax	LWATm,m
N	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
max	17:20	90	101	11	-1	114	91	102	12	2	117	
mittel	15:57	88	99	11	-1	113	90	101	12	1	115	100
min	14:34	86	97	11	-2	113	88	100	11	0	111	
diff		4	3	0	2	1	3	2	1	1	6	
LW		seitlich (MP1)					längs (MP2+MP3)					
Nr.	Dauer	LWA	LWATm	KI	DI	LWAmax	LWA	LWATm	KI	DI	LWAmax	LWATm,m
1a	17:20	89,8	100,5	10,7	-0,5	113,9	90,8	101,5	10,7	0,5	115,7	101,1
1b	17:20	89,8	100,5	10,7	-0,9	113,9	91,1	102,2	11,0	0,8	111,3	101,4
2a	14:34	86,2	97,3	11,1	-2,4	112,9	89,2	101,3	12,0	1,5	117,3	99,7
2b	14:34	86,2	97,3	11,1	-1,7	112,9	88,0	100,2	12,2	1,2	111,8	99,0
DAbst		39,1	39,1			39,1	41,0	41,0			41,0	
Lp		seitlich (MP1)					längs (MP2+MP3)					
Nr.	Dauer	LAM*	LAFtm			LAFmax	LAM*	LAFtm			LAFmax	
1a	17:20	50,7	61,4			74,8	49,8	60,5			74,7	
1b	17:20	50,7	61,4			74,8	50,1	61,2			70,3	
2a	14:34	47,1	58,2			73,8	48,2	60,3			76,3	
2b	14:34	47,1	58,2			73,8	47,0	59,2			70,8	

Die so ermittelten Zwischenergebnisse können nun auf unterschiedliche Parameter bezogen weiter analysiert werden, z.B. nach Nutzergruppe (z.B. bei Beachvolleyball: Damen, Herren, Mixed; bei Bolzplätzen: Erwachsene, Kinder; bei Inline-Skaterhockey: Hobbyspieler, Vereinsspieler), Material der Einrichtungen (z.B. Bolzplatz: Metalltor, Tor mit Gewebenetz), Art der Spielweise (z.B. Beachvolleyball oder Inline-Skaterhockey: freies Spiel, Spiel mit Schiedsrichter). Die Bestimmung der Schalleistungspegel kann auch über eine einzelne oder über mehrere Anlagen oder über spezielle Messungen einer oder mehrerer Einrichtungen (z.B. nur Torschüsse) erfolgen.

Für jeden Typ einer Trendsportanlage (z.B. Beachvolleyball) wurden nun aus allen zugehörigen Messungen die kennzeichnenden Schalleistungspegel ermittelt, indem die entsprechenden Tabellenblätter zusammengeführt wurden. Dabei wurde von der Bezeichnung *Messpunkt* (MP) zur Bezeichnung *Immissionspunkt* (IP) übergegangen. Dies erschien zweckmäßig, da sich die Lage der Messpunkte zur Trendsportanlage (links, rechts, vorne, hinten) und die Nummerierung der Messpunkte (MP1, MP2, MP3) nach den örtlichen Gegebenheiten richtete und daher zwischen den verschiedenen Messungen variierte. Für die weitere Untersuchung – v.a. im Zusammenhang mit Richtungsabhängigkeiten und Symmetriebetrachtungen – war es aber erforderlich eindeutige Zuordnungen der Lage der Immissionspunkte zur Trendsportanlage zu erhalten. Daher wurde die Bezeichnung *Immissionspunkt* (IP) mit Angabe der Richtung im Bezug auf die Quelle (IP vorne, IP seitlich, IP hinten, IP längs usw.) gewählt. Dieses Vorgehen hilft gleichzeitig, gemessene Werte (z.B. Schalldruckpegel am MP) von ausgewerteten (z.B. Beurteilungspegel am IP) zu unterscheiden und Symmetrien zu berücksichtigen. Im vorliegenden Beispiel einer Beachvolleyball-Anlage ergeben sich zwei Symmetrien: an den beiden IP "seitlich" sind im Mittel die gleichen Beurteilungspegel zu erwarten, ebenso an den beiden IP "längs" (siehe Bild 23).

Da die Messungen an maximal drei Messpunkten erfolgten, wurde dem vierten (virtuellen) Immissionspunkt je nach Anlage und Einrichtung der Wert eines anderen MP aus einer Symmetriebeziehung zugewiesen. Damit war die Angabe eines mittleren die Skate-Einrichtung kennzeichnenden Schalleistungspegels und einer Richtwirkung in 90°-Schritten möglich.

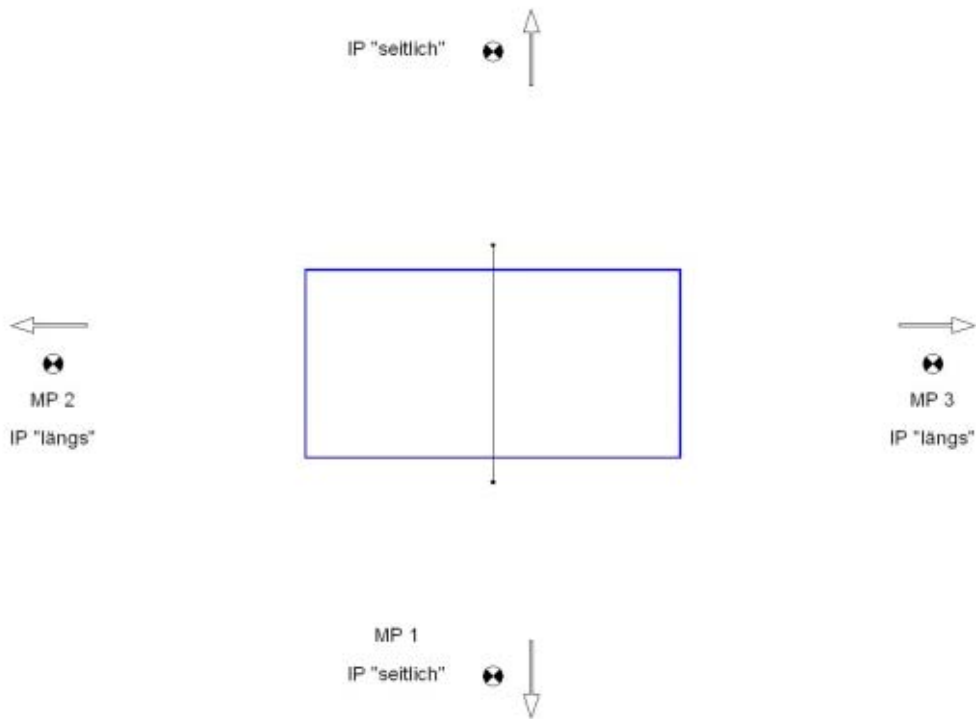


Bild 23 Lage der drei Messpunkte und Übergang zu Immissionspunkten in der Auswertung (Beispiel: Beachvolleyball)

Aus den mittleren Schallleistungspegeln der untersuchten Trendsportanlagen wurde wiederum ein Mittelwert für jeden IP gebildet. Der kennzeichnende Schallleistungspegel ergab sich aus der energetischen Mittelung über alle vier Richtungen, die Abweichungen der einzelnen Richtungen vom Mittelwert wurden ebenfalls berechnet (siehe Tabelle 22).

Tabelle 22 Ermittlung des kennzeichnenden Schallleistungspegels einer Beachvolleyball-Anlage (Spiele mit Schiedsrichter). Pegel in dB(A) (für die Darstellung gerundet). Dauer in s.

	Dauer	seitlich					längs					
		LWA	LWATm	KI	DI	LWAm _{ax}	LWA	LWATm	KI	DI	LWAm _{ax}	LWATm,m
N	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
max	17:20	90	102	13	1	115	91	102	12	2	116	
mittel	10:09	87	98	11	-1	112	89	101	12	1	113	100
min	2:01	85	94	9	-4	99	86	96	10	-1	102	
diff		5	8	4	4	16	6	6	2	3	16	
Nr.	Dauer	seitlich					längs					
1	17:20	90	101	11	-1	114	91	102	11	0	116	101
(Damen)	17:20	90	101	11	-1	114	91	102	11	1	111	101
2	14:34	86	97	11	-2	113	89	101	12	2	117	100
(Damen)	14:34	86	97	11	-2	113	88	100	12	1	112	99
3	11:37	89	102	13	1	115	89	101	12	-1	109	101
(Herren)	11:37	89	102	13	0	115	89	102	12	0	114	102
4	9:35	88	98	11	-2	113	90	101	1	1	114	100
(Herren)	9:35	88	98	11	-2	113	90	101	2	1	112	100
5	2:01	85	94	9	-1	99	86	96	10	1	102	95
(Mixed)	2:01	85	94	9	-4	99	89	99	11	2	105	98
6	6:56	85	96	11	-2	108	88	99	12	1	112	97
(Mixed)	6:56	85	96	11	-3	108	89	101	12	2	118	99
7	9:01	85	96	10	-1	104	86	97	12	1	105	97
(Mixed)	9:01	85	96	10	-3	104	89	100	12	2	108	99

Eine Interpretation der Berechnungsergebnisse erfolgt im Kapitel 4, an dieser Stelle soll nur die Vorgehensweise bei der Auswertung dokumentiert werden.

Spitzen-Schalleistungspegel

Aus den einzelnen Messungen wurde zunächst jeweils der Höchstwert für jeden Immissionspunkt ermittelt. Im Beispiel in Tabelle 22 beträgt der Maximal-Schalleistungspegel beim IP "längs" zwischen 102 und 118 dB(A). Danach wurde über alle Messungen gemittelt. Im Beispiel beträgt der Mittelwert in Längsrichtung 113 dB(A), in seitlicher Richtung 112 dB(A). Als kennzeichnender Maximal-Schalleistungspegel wird der höhere Wert herangezogen, im Beispiel 113 dB(A).

Richtungsabhängigkeit

Das Richtwirkungsmaß D_i wird für jede der vier Richtungen (IP) aus der Differenz des Schalleistungspegels zum energetischen Mittelwert gebildet (vgl. Tabelle 22). Die Summe der D_i über alle vier Richtungen beträgt definitionsgemäß 0 dB.

9.2.2 Ermittlung des Impulshaltigkeitszuschlags K_i^* für die Prognose nach 18. BImSchV

Nach 18. BImSchV ist die Impulshaltigkeit der von Sportanlagen verursachten Geräusche grundsätzlich durch einen Impulszuschlag K_i zu berücksichtigen, der sich aus der Differenz der beiden Mittelungspegel L_{AFTm} und L_{Am} ergibt. Allerdings gilt dies nur für die "technischen" Anlagengeräusche – für die von der unverstärkten menschlichen Stimme verursachten "sozialen" Geräusche bleibt die Impulshaltigkeit außer Betracht.

Da bei den Messungen an den Trendsportanlagen technische und soziale Geräusche einwirken und eine messtechnische Trennung zumindest im Rahmen dieses Projekts nicht möglich ist, wird ein auf das Gesamtgeräusch bezogener und damit bei der planerischen Vorausberechnung anwendbarer effektiver Impulszuschlag K_i^* ermittelt, indem die auf das Gesamtgeräusch bezogenen Messwerte L_{Am} und L_{AFTm} sowie die auf die Impulsgeräusche bezogenen Spitzenpegel L_{AFmax} und deren festgestellte Häufigkeiten einbezogen werden.

Nach diesem Verfahren wird für jede der untersuchten Sportarten ein typischer Zeitverlauf der Geräuschemission simuliert. Der Zeitverlauf ist aus den bekannten Spitzen-Schalleistungspegeln L_{WAFmax} und deren beobachteten Häufigkeiten sowie einem konstanten Basispegel L_0 "konstruiert". Dieser Basispegel – streng genommen der Mittelungspegel aller anlagenbezogenen Nicht-Impulsgeräusche – ergibt sich dann aus der Bedingung, dass die mit diesem simulierten Pegelverlauf berechneten Werte des gesamten L_{Am} und L_{AFTm} mit den Messwerten übereinstimmen.

Damit ist der gesamte Pegelzeitverlauf simuliert. Für die Auswertung ist noch wesentlich, dass die Impulsgeräusche im Hinblick auf ihren Beitrag zum Mittelungspegel L_{Am} durch ein Rechtecksignal mit Pegelhöhe L_{AFmax} und einer Dauer von 125 ms entsprechend der FAST-Mittelungszeit simuliert werden können. Der auf die technischen Geräusche bezogene Mittelungspegel L_{AFTm} wird unter Berücksichtigung dieser Geräuschspitzen L_{AFmax} mit einer Dauer von je 5 Sekunden sowie dem Basispegel L_0 in der Restzeit, der Mittelungspegel L_{Am} aus den Geräuschspitzen L_{AFmax} mit einer Dauer von 125 ms und ebenfalls dem Basispegel L_0 in der Restzeit bestimmt. Mit Gleichung (1) ergibt sich so der effektive Impulszuschlag K_i^* .

Diese Vorgehensweise ist im folgenden für jede der vier untersuchten Sportarten näher erläutert.

Beachvolleyball

Die durch Messung ermittelten Emissionsparameter sind in Kapitel 4.1, Tabelle 1 zusammengefasst. Mit Hilfe der aus den Messungen und Zählungen ermittelten typischen Spitzen-Schallleistungspegel und Ereignishäufigkeiten für verschiedene Beachvolleyball-Geräusche (siehe Tabelle 3) wird ein repräsentatives Beachvolleyball-Szenario entworfen (vgl. Tabelle 23). Dessen Schallpegelverlauf wird auf vereinfachte Weise simuliert, indem die genannten Pegelspitzen gleichmäßig auf die 12 Takte einer Minute verteilt werden (siehe Bild 24).

Tabelle 23 Ansätze Szenario Beachvolleyball

Ereignis	Spitzen-Schallleistungspegel L_{WAFmax}	Ereignis-Häufigkeit
Aufschlag	90, 95, 100 dB(A)	je 1 / min (ges. 3 / min)
Angriffsschlag	90, 100 dB(A)	je 1 / min (ges. 2 / min)
Lautstarker Zuruf	80, 90, 100 dB(A)	je 1 / min (ges. 3 / min)

In einem ersten Schritt werden Taktmaximalpegel L_{AFTm} und Impulshaltigkeitszuschlag K_I noch nicht getrennt ausgewertet. Dadurch ist ein Vergleich mit den durch Messung ermittelten Werten möglich und der "Grundpegel" L_0 des Beachvolleyball-Spiels kann eingestellt werden. Er beträgt hier 80 dB(A).

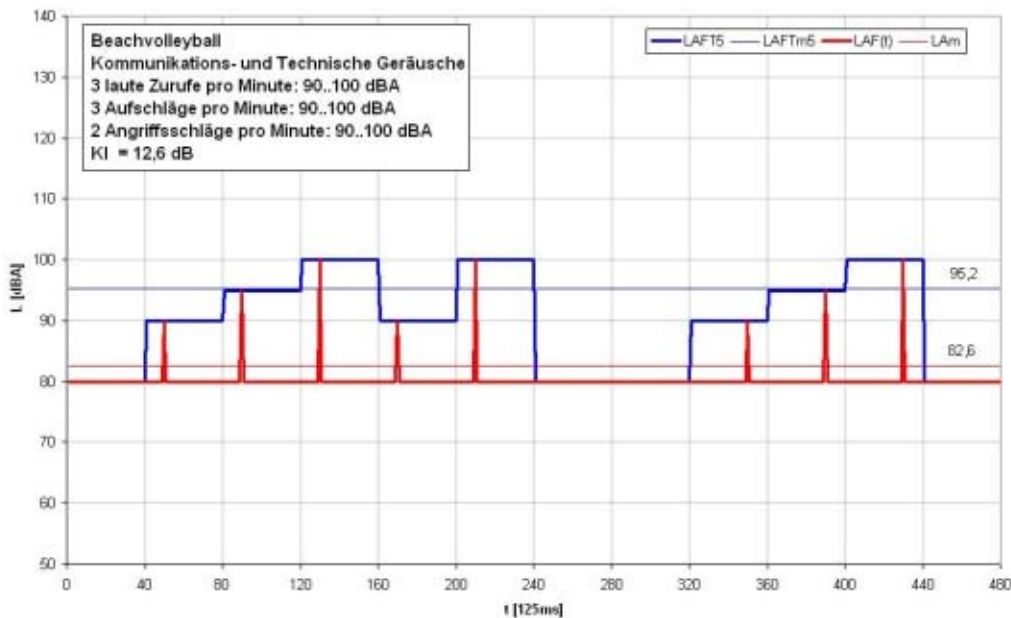


Bild 24 Simulation Beachvolleyball: Gesamtgeräusch

Im nächsten Schritt erfolgt die Trennung der technischen Geräusche von den Kommunikationsgeräuschen (siehe Bild 25 und Bild 26). Nun können Mittelungspegel L_{Am} (getrennt für beide Geräuscharten) sowie Taktmaximalpegel L_{AFTm} und Impulshaltigkeitszuschlag K_I^* (jeweils für die technischen Geräusche) ermittelt werden.

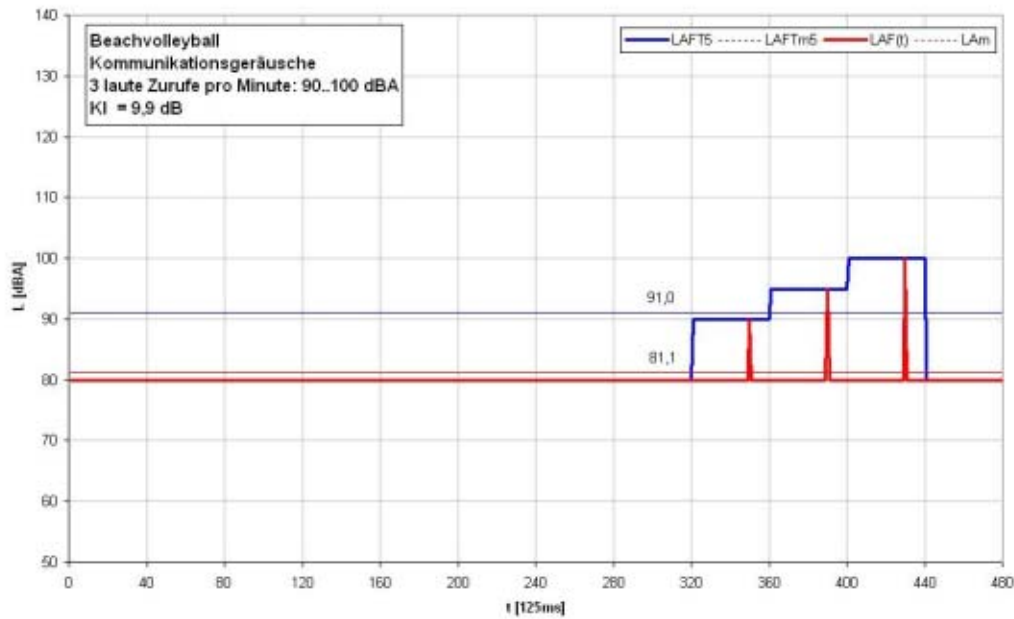


Bild 25 Simulation Beachvolleyball: Kommunikationsgeräusche

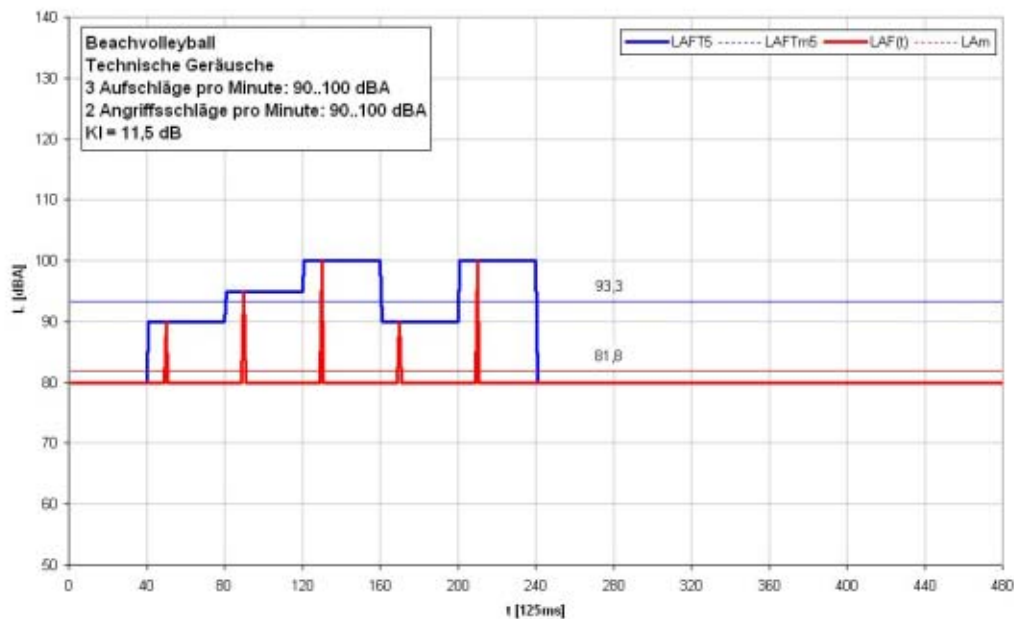


Bild 26 Simulation Beachvolleyball: technische Geräusche

Schließlich lässt sich der Beurteilungspegel und der Impulshaltigkeitszuschlag K_I^* gemäß 18. BImSchV bestimmen. Für den hier gesuchten Impulshaltigkeitszuschlag gilt:

$$K_I^* = 10 * \log \left(10^{\frac{L_{AFTm, \text{technisch}}}{10}} + 10^{\frac{L_{Am, \text{Kommunikation}}}{10}} \right) - 10 * \log \left(10^{\frac{L_{Am, \text{technisch}}}{10}} + 10^{\frac{L_{Am, \text{Kommunikation}}}{10}} \right) \quad (1)$$

Tabelle 24 zeigt die Zusammenhänge für das gewählte Beispiel unter Bezug auf Emissionswerte. Auf Basis der genannten Ansätze wird für die Prognose von Beachvolleyball-Anlagen empfohlen, auf die aus den Messungen ermittelten Schallleistungspegel L_{WA} einen Impulshaltigkeitszuschlag von $K_I^* = 9$ dB aufzuschlagen.

Tabelle 24 Impulshaltigkeitszuschlag für Beachvolleyball

	L_{WA}	K_I	$L_{WA} + K_I$
Kommunikationsgeräusche	81,1 dB(A)	-	81,1 dB(A)
Technische Geräusche	81,8 dB(A)	11,5 dB	93,3 dB(A) ¹⁾
Summenpegel	84,5 dB(A)		93,6 dB(A) ²⁾
Ergebnis	$K_I^* = 9,1 \text{ dB}$		

¹⁾ L_{WAFm}

²⁾ für die Beurteilung nach 18. BImSchV relevanter Wert

Bolzplätze

Die durch Messung ermittelten Emissionsparameter sind in Kapitel 4.2, Tabelle 4 zusammengefasst. Mit Hilfe der aus den Messungen und Zählungen ermittelten typischen Spitzen-Schallleistungspegel und Ereignishäufigkeiten für verschiedene Bolzplatz-Geräusche (siehe Tabelle 6) wird ein repräsentatives Bolzplatz-Szenario entworfen (vgl. Tabelle 25). Dessen Schallpegelverlauf wird auf vereinfachte Weise simuliert, indem die genannten Pegelspitzen gleichmäßig auf die 12 Takte einer Minute verteilt werden (siehe Bild 27).

Tabelle 25 Ansätze Szenario Bolzplatz

Ereignis	Spitzen-Schallleistungspegel L_{WAFmax}	Ereignis-Häufigkeit
Torschuss, kräftiger Pass	95, 96, 97, 98, 99, 100 dB(A)	je 1 / min (ges. 6 / min)
Ball trifft Zaun (Maschendraht)	97 dB(A)	1 / min
Ball trifft Tor (Metall)	97 dB(A)	1 / min
Lautstarker Zuruf	90, 93, 96, 98, 100, 102, 105 dB(A)	je 1 / min (ges. 7 / min)

In einem ersten Schritt werden Taktmaximalpegel L_{AFm} und Impulshaltigkeitszuschlag K_I^* noch nicht getrennt ausgewertet. Dadurch ist ein Vergleich mit den durch Messung ermittelten Werten möglich und der "Grundpegel" L_0 des Bolzplatzes kann eingestellt werden. Er beträgt hier 89 dB(A).

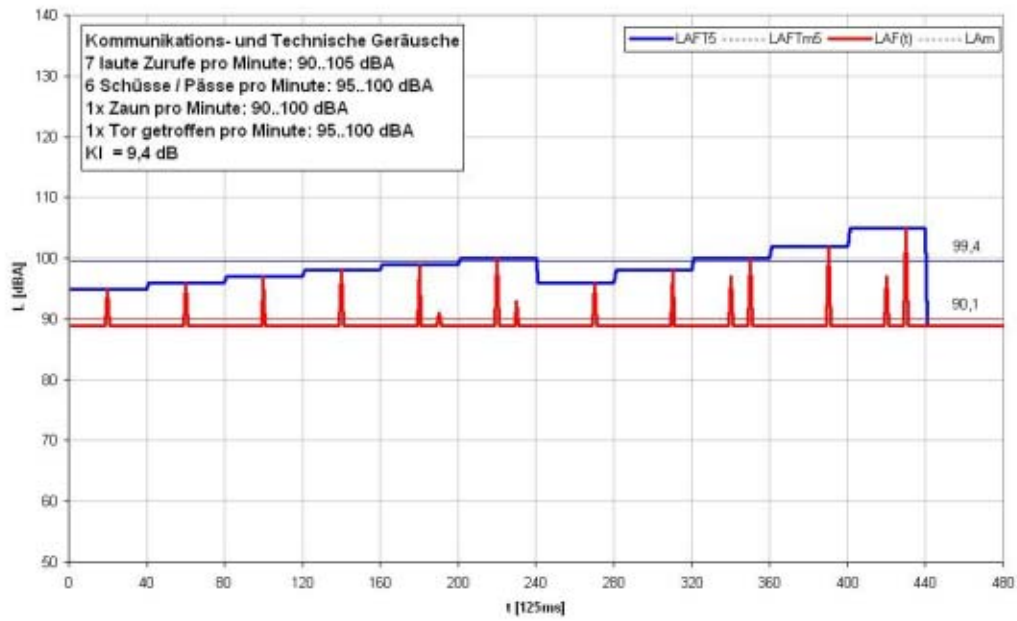


Bild 27 Simulation Bolzplatz: Gesamtgeräusch

Im nächsten Schritt erfolgt die Trennung der technischen Geräusche von den Kommunikationsgeräuschen (siehe Bild 28 und Bild 29). Nun können Mittelungspegel L_{Am} (getrennt für beide Geräuscharten) sowie Taktmaximalpegel $L_{AF(t)}$ und Impulshaltigkeitszuschlag K_I^* (jeweils für die technischen Geräusche) ermittelt werden.

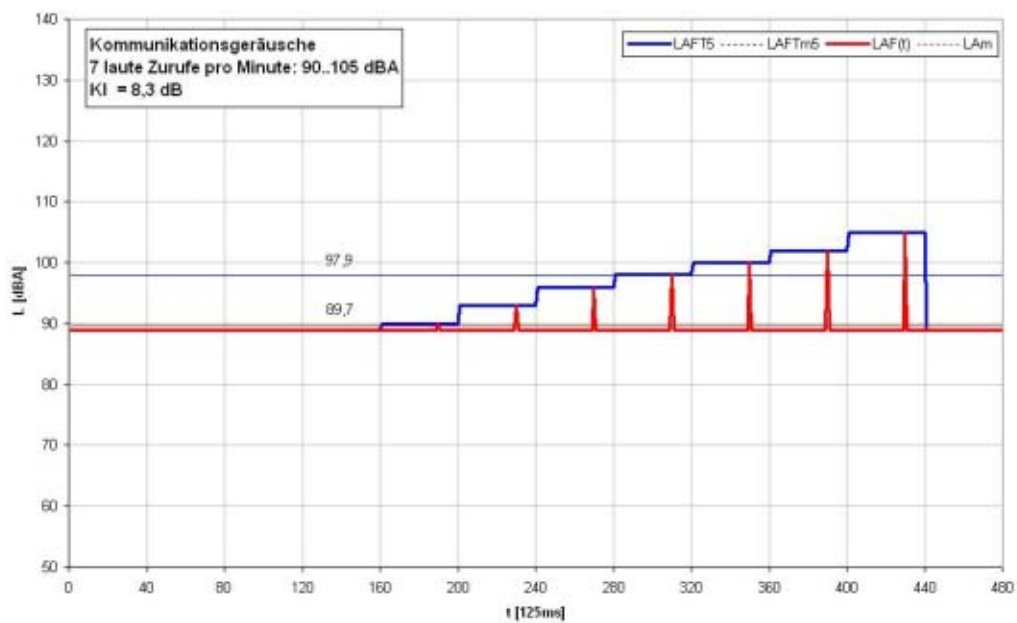


Bild 28 Simulation Bolzplatz: Kommunikationsgeräusche

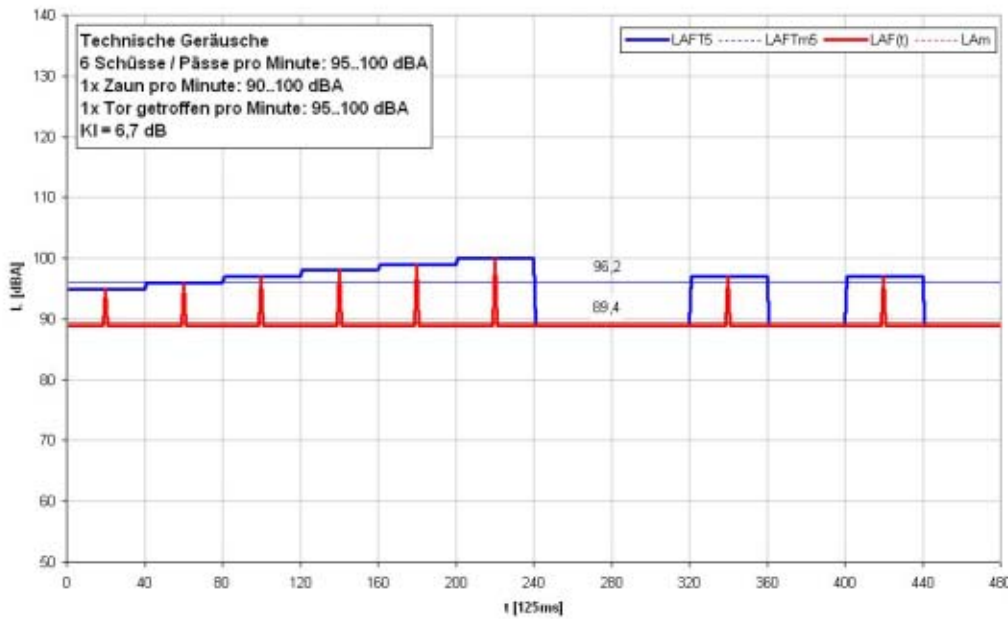


Bild 29 Simulation Bolzplatz: technische Geräusche

Schließlich lässt sich der Beurteilungspegel und der Impulshaltigkeitszuschlag K_I^* gemäß 18. BImSchV bestimmen. Der hier gesuchte Impulshaltigkeitszuschlag ermittelt sich nach Gleichung (1) (Seite 41). Tabelle 26 zeigt die Zusammenhänge für das gewählte Beispiel unter Bezug auf Emissionswerte. Auf Basis der genannten Ansätze wird für die Prognose von Bolzplätzen empfohlen, auf die aus den Messungen ermittelten Schalleistungspegel L_{WA} einen Impulshaltigkeitszuschlag von $K_I^* = 5$ dB aufzuschlagen.

Tabelle 26 Impulshaltigkeitszuschlag für Bolzplätze

	L_{WA}	K_I	$L_{WA} + K_I$
Kommunikationsgeräusche	89,7 dB(A)	-	89,7 dB(A)
Technische Geräusche	89,4 dB(A)	6,7 dB	96,2 dB(A) ¹⁾
Summenpegel	92,6 dB(A)		97,0 dB(A) ²⁾
Ergebnis	$K_I^* = 4,5$ dB		

¹⁾ L_{WAFTm}

²⁾ für die Beurteilung nach 18. BImSchV relevanter Wert

Inline-Skaterhockey

Die durch Messung ermittelten Emissionsparameter sind in Kapitel 4.3, Tabelle 7 zusammengefasst. Mit Hilfe der aus den Messungen und Zählungen ermittelten typischen Spitzen-Schalleistungspegel und Ereignishäufigkeiten für verschiedene Inline-Skaterhockey-Geräusche (siehe Tabelle 8) wird ein repräsentatives Inline-Skaterhockey-Szenario entworfen (vgl. Tabelle 27). Deswegen Schallpegelverlauf wird auf vereinfachte Weise simuliert, indem die genannten Pegelspitzen gleichmäßig auf die 12 Takte einer Minute verteilt werden (siehe Bild 30).

Tabelle 27 Ansätze Szenario Inline-Skaterhockey

Ereignis	Spitzen-Schallleistungspegel L_{WAFmax}	Ereignis-Häufigkeit
Schlag (Torschuss, Pass)	100, 110, 110 dB(A)	je 1 / min (ges. 3 / min)
Schuss an die Bande	110, 115 dB(A)	je 1 / min (ges. 2 / min)
Lautstarker Zuruf	95, 100, 105 dB(A)	je 1 / min (ges. 3 / min)

In einem ersten Schritt werden Taktmaximalpegel L_{AFTm} und Impulshaltigkeitszuschlag K_I noch nicht getrennt ausgewertet. Dadurch ist ein Vergleich mit den durch Messung ermittelten Werten möglich und der "Grundpegel" L_0 des Inline-Skaterhockeys kann eingestellt werden. Er beträgt hier 91 dB(A).

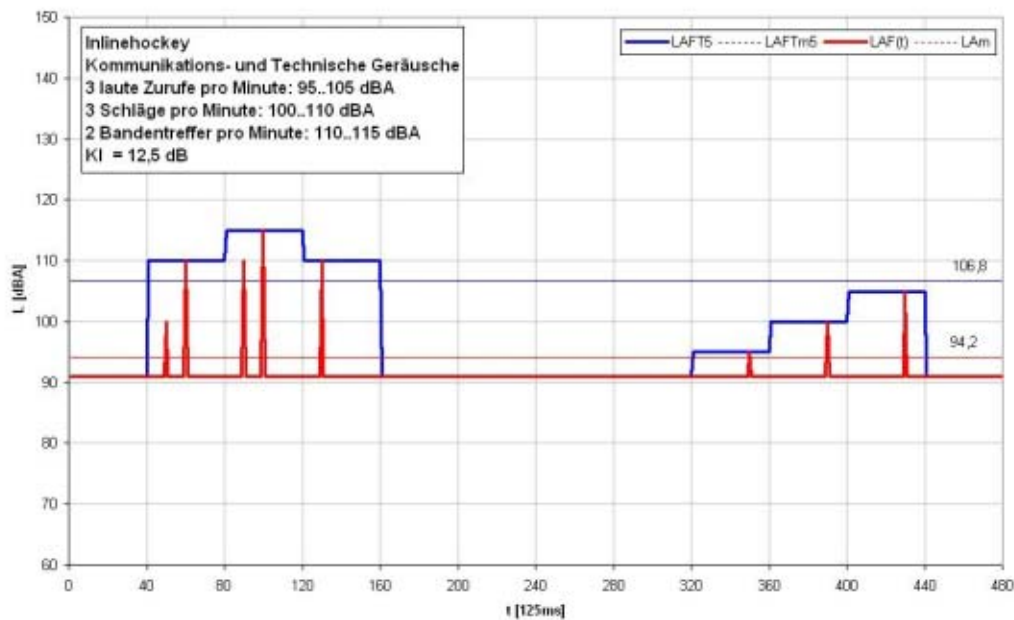


Bild 30 Simulation Inline-Skaterhockey: Gesamtgeräusch

Im nächsten Schritt erfolgt die Trennung der technischen Geräusche von den Kommunikationsgeräuschen (siehe Bild 31 und Bild 32). Nun können Mittelungspegel L_{Am} (getrennt für beide Geräuscharten) sowie Taktmaximalpegel L_{AFTm} und Impulshaltigkeitszuschlag K_I^* (jeweils für die technischen Geräusche) ermittelt werden.

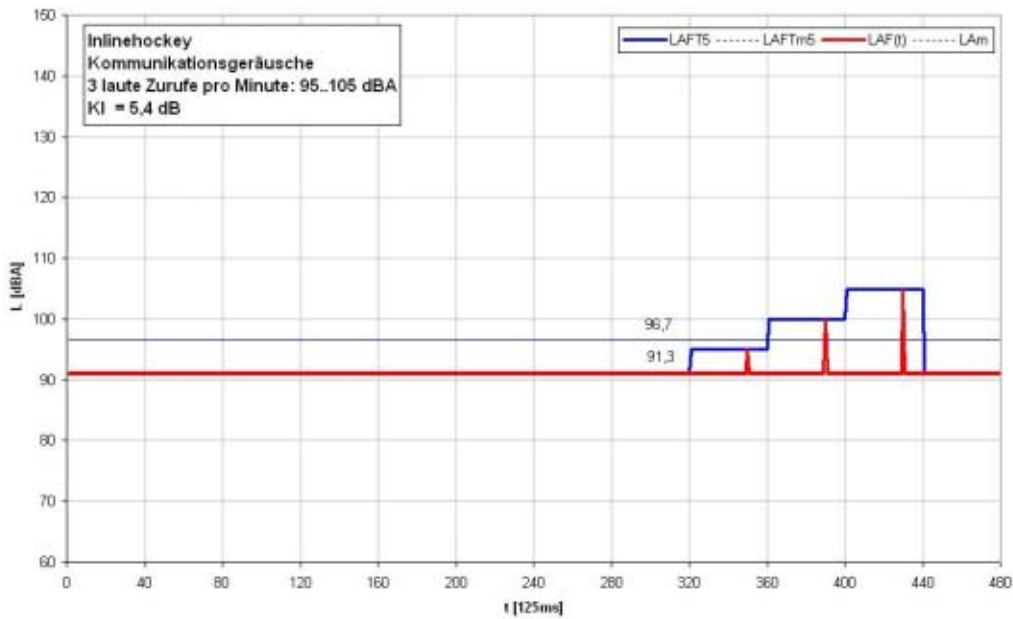


Bild 31 Simulation Inline-Skaterhockey: Kommunikationsgeräusche

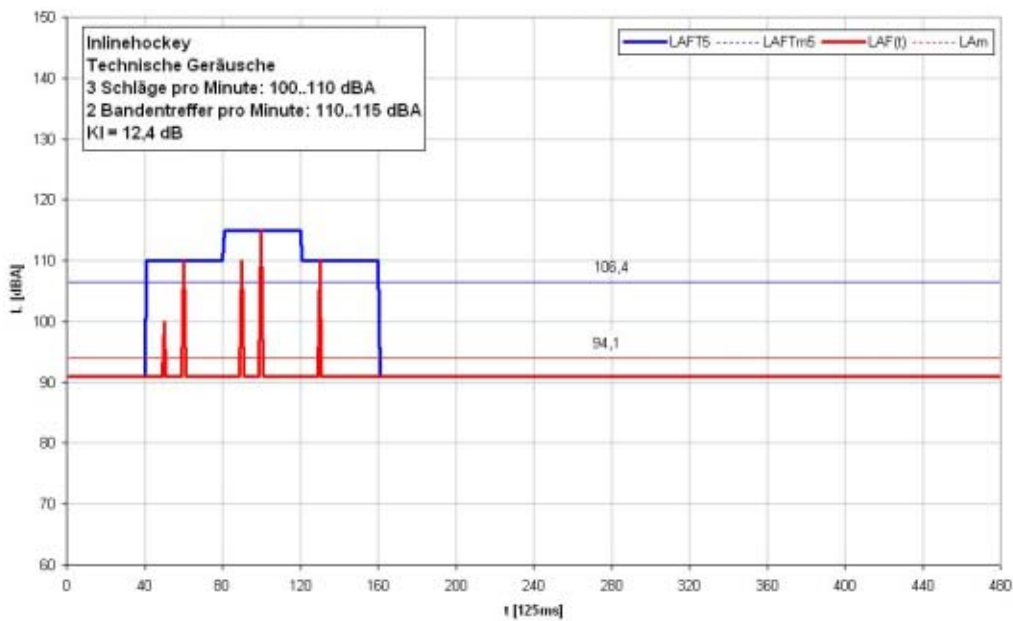


Bild 32 Simulation Inline-Skaterhockey: technische Geräusche

Schließlich lässt sich der Beurteilungspegel und der Impulshaltigkeitszuschlag K_1^* gemäß 18. BImSchV bestimmen. Der hier gesuchte Impulshaltigkeitszuschlag ermittelt sich nach Gleichung (1) (Seite 41). Tabelle 28 zeigt die Zusammenhänge für das gewählte Beispiel unter Bezug auf Emissionswerte. Auf Basis der genannten Ansätze wird für die Prognose von Inline-Skaterhockey-Anlagen empfohlen, auf die aus den Messungen ermittelten Schallleistungspegel L_{WA} einen Impulshaltigkeitszuschlag von $K_1^* = 11$ dB aufzuschlagen.

Tabelle 28 Impulshaltigkeitszuschlag für Inline-Skaterhockey

	L_{WA}	K_I	$L_{WA} + K_I$
Kommunikationsgeräusche	91,3 dB(A)	-	91,3 dB(A)
Technische Geräusche	94,1 dB(A)	12,4 dB	106,4 dB(A) ¹⁾
Summenpegel	95,9 dB(A)		106,6 dB(A) ²⁾
Ergebnis	$K_I^* = 10,7$ dB		

¹⁾ L_{WAFTm}

²⁾ für die Beurteilung nach 18. BImSchV relevanter Wert

Streetball

Die durch Messung ermittelten Emissionsparameter sind in Kapitel 4.4, Tabelle 9 zusammengefasst. Mit Hilfe der aus den Messungen und Zählungen ermittelten typischen Spitzen-Schallleistungspegel und Ereignishäufigkeiten für verschiedene Streetball-Geräusche (siehe Tabelle 11) wird ein repräsentatives Streetball-Szenario entworfen (vgl. Tabelle 29). Dessen Schallpegelverlauf wird auf vereinfachte Weise simuliert, indem die genannten Pegelspitzen gleichmäßig auf die 12 Takte einer Minute verteilt werden (siehe Bild 33).

Tabelle 29 Ansätze Szenario Streetball

Ereignis	Spitzen-Schallleistungspegel L_{WAFmax}	Ereignis-Häufigkeit
Auftippen des Balls	93, 94 dB(A)	je 20 / min (ges. 40 / min)
Ball trifft Korb	87, 98, 90, 92 dB(A)	je 1 / min (ges. 4 / min)
Lautstarker Zuruf	95, 98, 100, 100 dB(A)	je 1 / min (ges. 4 / min)

In einem ersten Schritt werden Taktmaximalpegel L_{AFTm} und Impulshaltigkeitszuschlag K_I^* noch nicht getrennt ausgewertet. Dadurch ist ein Vergleich mit den durch Messung ermittelten Werten möglich und der "Grundpegel" L_0 des Streetball-Spiels kann eingestellt werden. Er beträgt hier 84 dB(A).

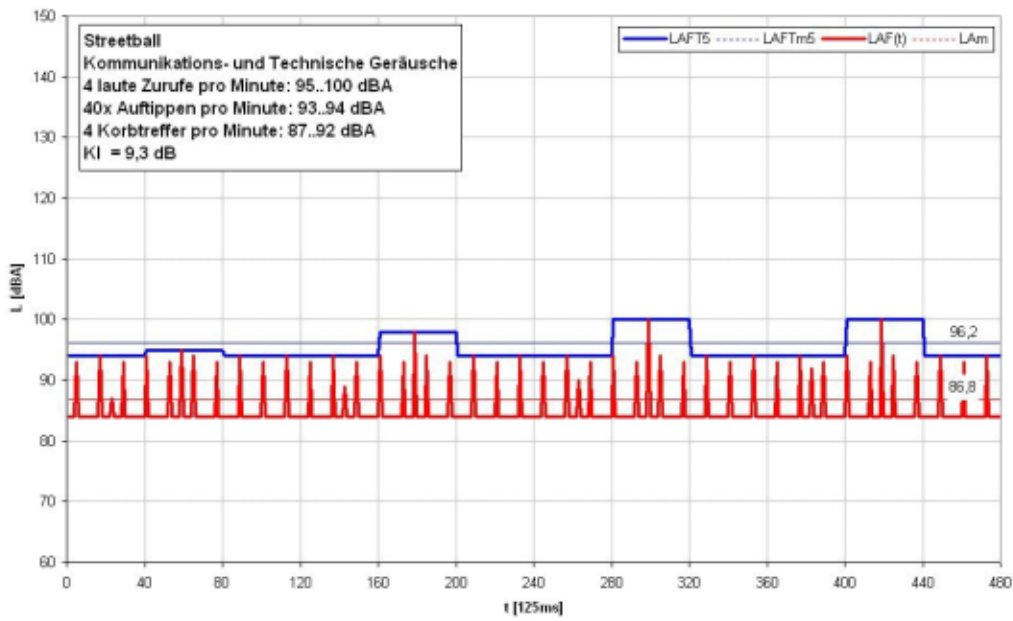


Bild 33 Simulation Streetball: Gesamtgeräusch

Im nächsten Schritt erfolgt die Trennung der technischen Geräusche von den Kommunikationsgeräuschen (siehe Bild 34 und Bild 35). Nun können Mittelungspegel L_{Am} (getrennt für beide Geräuscharten) sowie Taktmaximalpegel L_{AFm} und Impulshaltigkeitszuschlags K_I^* (jeweils für die technischen Geräusche) ermittelt werden.

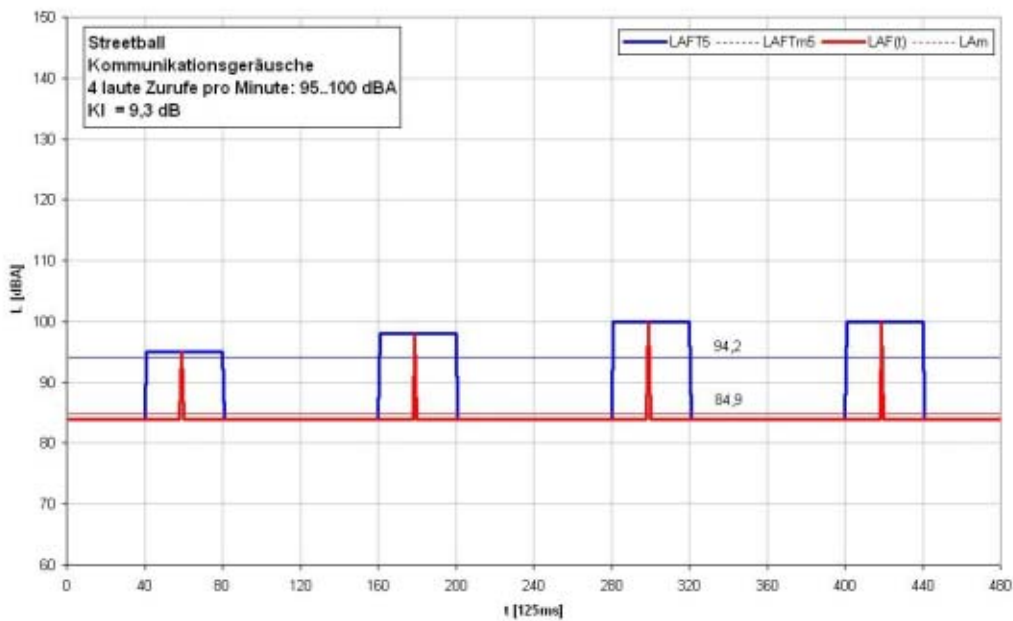


Bild 34 Simulation Streetball: Kommunikationsgeräusche

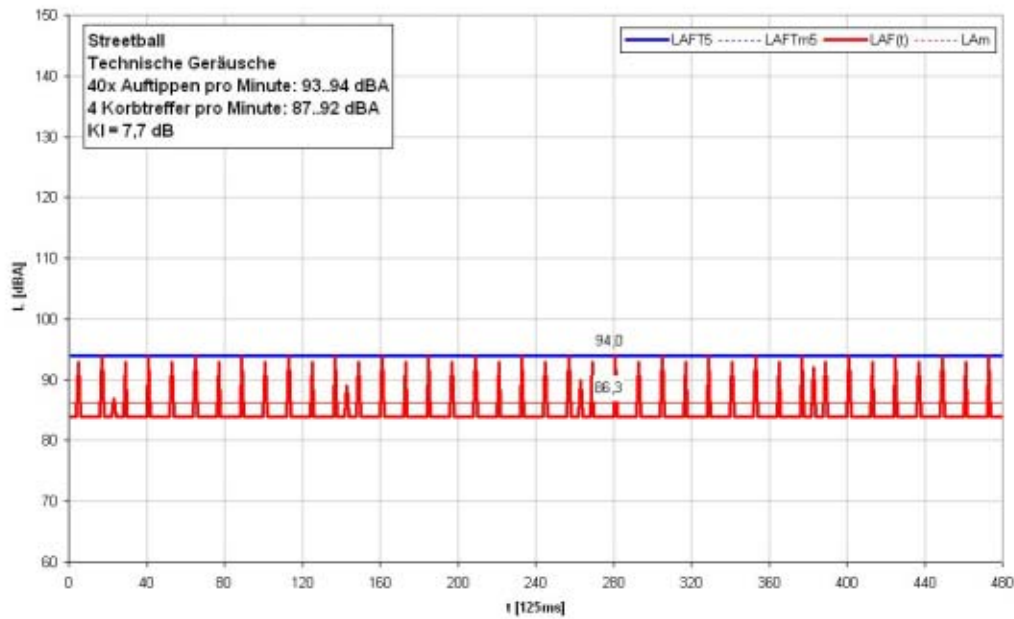


Bild 35 Simulation Streetball: technische Geräusche

Schließlich lässt sich der Beurteilungspegel und der Impulshaltigkeitszuschlag K_I^* gemäß 18. BImSchV bestimmen. Der hier gesuchte Impulshaltigkeitszuschlag ermittelt sich nach Gleichung (1) (Seite 41). Tabelle 30 zeigt die Zusammenhänge für das gewählte Beispiel unter Bezug auf Emissionswerte. Auf Basis der genannten Ansätze wird für die Prognose von Streetball-Anlagen empfohlen, auf die aus den Messungen ermittelten Schalleistungspegel L_{WA} einen Impulshaltigkeitszuschlag von $K_I^* = 6$ dB aufzuschlagen.

Tabelle 30 Impulshaltigkeitszuschlag für Streetball

	L_{WA}	K_I	$L_{WA} + K_I$
Kommunikationsgeräusche	84,9 dB(A)	-	84,9 dB(A)
Technische Geräusche	86,3 dB(A)	7,7 dB	94,0 dB(A) ¹⁾
Summenpegel	88,7 dB(A)		94,5 dB(A) ²⁾
Ergebnis	$K_I^* = 5,8$ dB		

¹⁾ L_{WAFTm}

²⁾ für die Beurteilung nach 18. BImSchV relevanter Wert

9.2.3 Messstation

Die Messstation (Typ deBAKOM 2000 M, Bild 36) wurde an einem ausgewählten Bolzplatz für zwei Wochen betrieben (vgl. Kapitel 0). Sie zeichnete stündlich die Mittelungspegel L_{Am} , die Maximalpegel L_{AFmax} , die Perzentilpegel sowie meteorologische Daten auf. Zur stichpunktartigen Überprüfung der Vorgänge auf dem Bolzplatz wurde darüber hinaus täglich in der Zeit von 14.00 bis 18.00 Uhr eine Tonaufzeichnung vorgenommen.

Die Aufbereitung der Messdaten erfolgte wiederum in einem Tabellenkalkulationsprogramm. Die vollständigen Tabellen sind in den Messprotokollen (ACCON Bericht ACB-1104-2983/20 vom 30.11.2004) enthalten, ein Beispiel zeigt Tabelle 31. Aus den Messwerttabellen wurden Pegelschriebe (vgl. Bild 37) generiert. Die Messwerte für die daraus ermittelten Stunden mit Bolzplatz-Betrieb wurden für den Vergleich mit Berechnungen auf Basis der ermittelten Emissionskennwerte (siehe Kapitel 4.2) herangezogen.



Bild 36 Mobile Messstation

Tabelle 31 Messwerte der Dauermessstation (Ausschnitt)

Datum	Zeit	Leq	L95	L90	L70	L50	L30	L05	L01	L0.1	L0	R	Wg	Wr	T	F
23.09.04	11:00:07	64,8	53,0	53,6	55,6	57,2	58,9	65,9	71,7	89,7	94,5	0	2	10	16	71
23.09.04	12:00:08	55,1	49,0	49,8	51,5	53,0	54,5	58,5	61,8	75,6	81,5	0	3	234	16	70
23.09.04	13:00:09	53,6	48,6	49,1	50,4	51,9	53,6	57,8	61,3	65,3	73,8	0	3	233	17	69
23.09.04	14:00:10	53,8	48,7	49,3	50,6	51,7	53,1	58,4	62,0	65,9	76,9	0	3	229	16	71
23.09.04	15:00:09	55,2	49,9	50,5	52,1	53,4	54,8	59,5	63,6	69,1	79,5	0	3	228	16	77
23.09.04	16:00:09	54,1	47,7	48,5	50,2	51,8	53,6	58,9	62,7	66,0	76,4	0	3	234	16	75
23.09.04	17:00:09	52,9	48,3	48,7	49,9	51,0	52,4	57,6	60,7	65,2	73,0	4	3	235	15	84
23.09.04	18:00:10	53,2	49,3	49,9	51,1	52,1	53,3	56,9	59,4	63,4	72,5	0	3	233	14	91
23.09.04	19:00:10	52,3	48,4	48,9	50,1	51,1	52,1	56,0	59,4	64,3	70,1	0	3	234	15	86
23.09.04	20:00:09	53,3	49,0	49,5	50,7	51,9	53,5	57,3	59,8	62,1	72,9	0	3	235	15	83
:																
07.10.04	00:00:07	41,4	32,4	33,0	34,4	35,9	40,7	47,7	49,4	50,4	51,3	0	0	226	15	90
07.10.04	01:00:08	40,9	31,4	32,2	33,8	35,0	36,9	49,1	51,0	51,9	59,6	0	0	189	14	93
07.10.04	02:00:08	31,1	27,0	27,9	29,5	30,6	31,6	34,1	36,1	39,7	44,3	0	0	185	14	94
07.10.04	03:00:07	31,4	26,5	27,1	28,8	30,1	31,5	35,3	38,5	41,5	51,3	0	0	248	14	93
07.10.04	04:00:08	33,9	27,8	28,9	31,0	32,4	34,2	38,4	40,4	42,4	48,5	0	0	300	14	94
07.10.04	05:00:07	33,7	28,8	29,5	31,4	32,8	34,2	37,3	39,7	43,7	47,4	0	0	293	13	93
07.10.04	06:00:08	32,6	29,2	29,5	30,4	31,2	32,5	36,4	38,6	42,7	45,6	0	0	351	12	94
07.10.04	07:00:11	41,2	30,7	32,2	36,6	38,3	41,0	46,0	48,3	59,0	64,0	0	0	352	12	94
07.10.04	08:00:07	39,4	32,9	33,8	35,5	36,8	38,5	44,5	48,8	53,7	59,3	0	0	180	12	92
07.10.04	09:00:08	53,9	33,2	33,7	35,0	36,2	39,0	54,5	69,1	75,7	77,8	0	0	34	12	91

Datum, Zeit: Ende des Messintervalls
 Leq: LAeq
 L95...L0.1: Perzentilpegel L95%...L0,1%
 L0: LAFmax
 R: Regen (0=nein, 1=ja), Wg: Windgeschwindigkeit in m/s, Wr: Windrichtung (0°=N, 90°=O, usw.)
 T: Temperatur in °C, F: relative Luftfeuchtigkeit in %

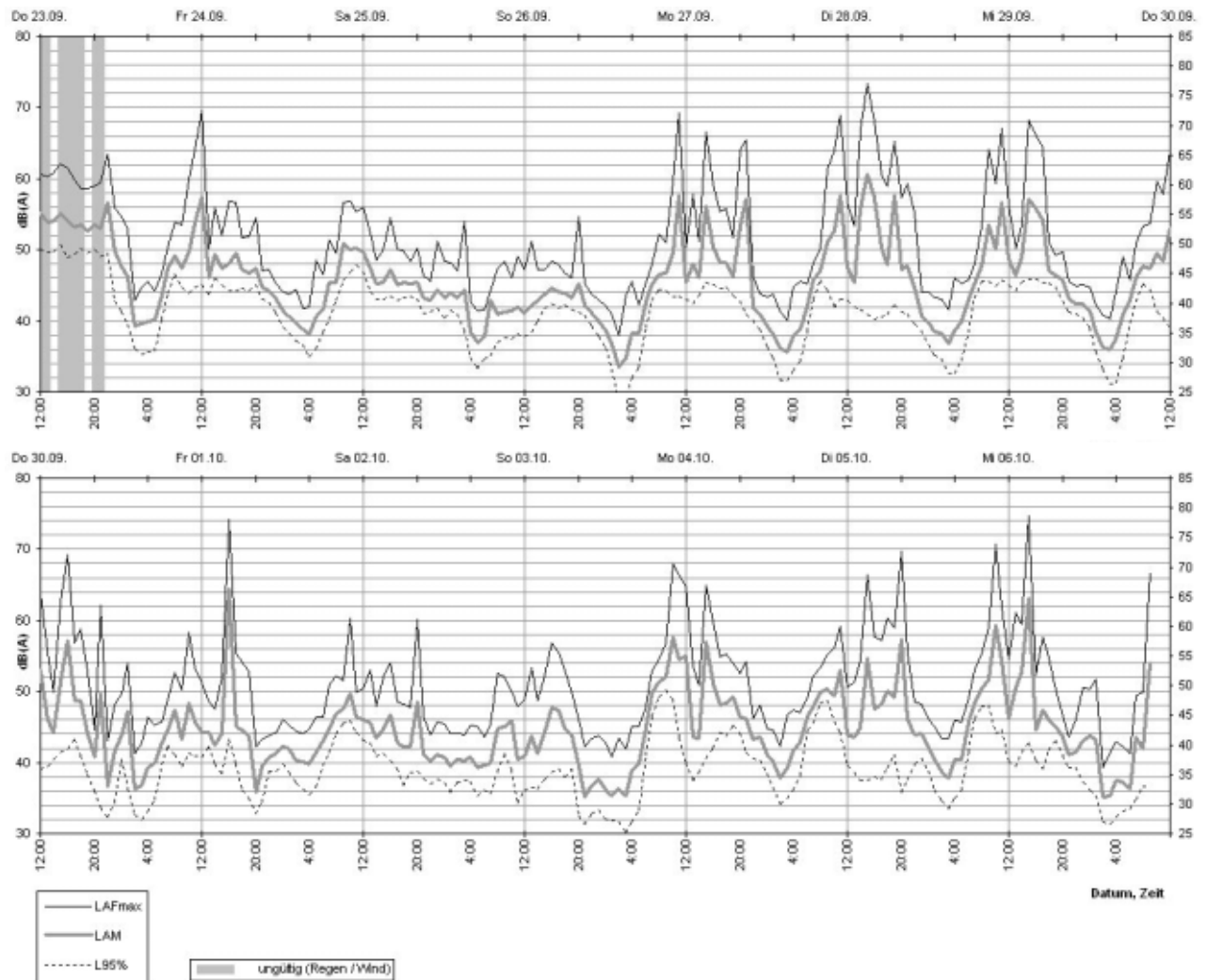


Bild 37 Pegelaufzeichnung über 14 Messtage dargestellt

Die Identifizierung des Bolzplatz-Betriebs erfolgt über die Tonaufzeichnung (täglich 14.00 bis 18.00 Uhr) oder die Betrachtung der Messdaten L_{Am} und L_{AFmax} .

Beispielsweise konnte am 24.09.2004 in der Zeit von 14.00 bis 18.00 Uhr kein Betrieb festgestellt werden (siehe auch Bild 38 und Tabelle 32). In dieser Zeit war es zwar trocken und fast windstill, die Temperaturen lagen jedoch nur zwischen 9 und 12°C. Bei dieser Witterung fanden sich keine Nutzer auf dem Bolzplatz ein.



Bild 38 Pegelschrieb vom Sonntag, 26.09.2004: kein Betrieb auf dem Bolzplatz.
Oben: Übersicht 14.00-18.00 Uhr; Mitte: 10-Minuten Ausschnitt; Unten: Detail (2 min)

Tabelle 32 Auswahl einiger Messwerte der Dauermessstation vom Sonntag, 26.09.2004: kein Betrieb auf dem Bolzplatz

Datum	Zeit	Leq	L95	L0.1	L0	R	Wg	Wr	T	F
26.09.04	15:00:08	41,4	39,2	52,3	59,0	0	0	229	9	90
26.09.04	16:00:08	42,5	40,0	53,6	59,0	0	1	240	9	92
26.09.04	17:00:08	41,9	39,2	49,7	63,7	0	1	234	9	93
26.09.04	18:00:08	41,7	39,7	49,5	53,6	0	1	235	9	94

Datum, Zeit: Ende des Messintervalls
 Leq: L_{Aeq}
 L95, L0.1: Perzentilpegel L95%, L0,1%
 L0: L_{AFmax}
 R: Regen (0=nein, 1=ja), Wg: Windgeschw. in m/s, Wr: Windrichtung (0°=N)
 T: Temperatur in °C, F: relative Luftfeuchtigkeit in %

Hingegen konnte am 03.10.2004 in der Zeit von 15.00 bis 17.00 Uhr lebhafter Betrieb festgestellt werden (siehe auch Bild 39 und Tabelle 33). In dieser Zeit war es trocken, windstill und warm. Die Mittelungspegel L_{Am} liegen um 46 dB(A), die Maximalpegel L_{AFmax} um 67 dB(A). Weitere Stunden mit eindeutig identifiziertem Bolzplatz-Betrieb sind in Tabelle 34 zusammengestellt.

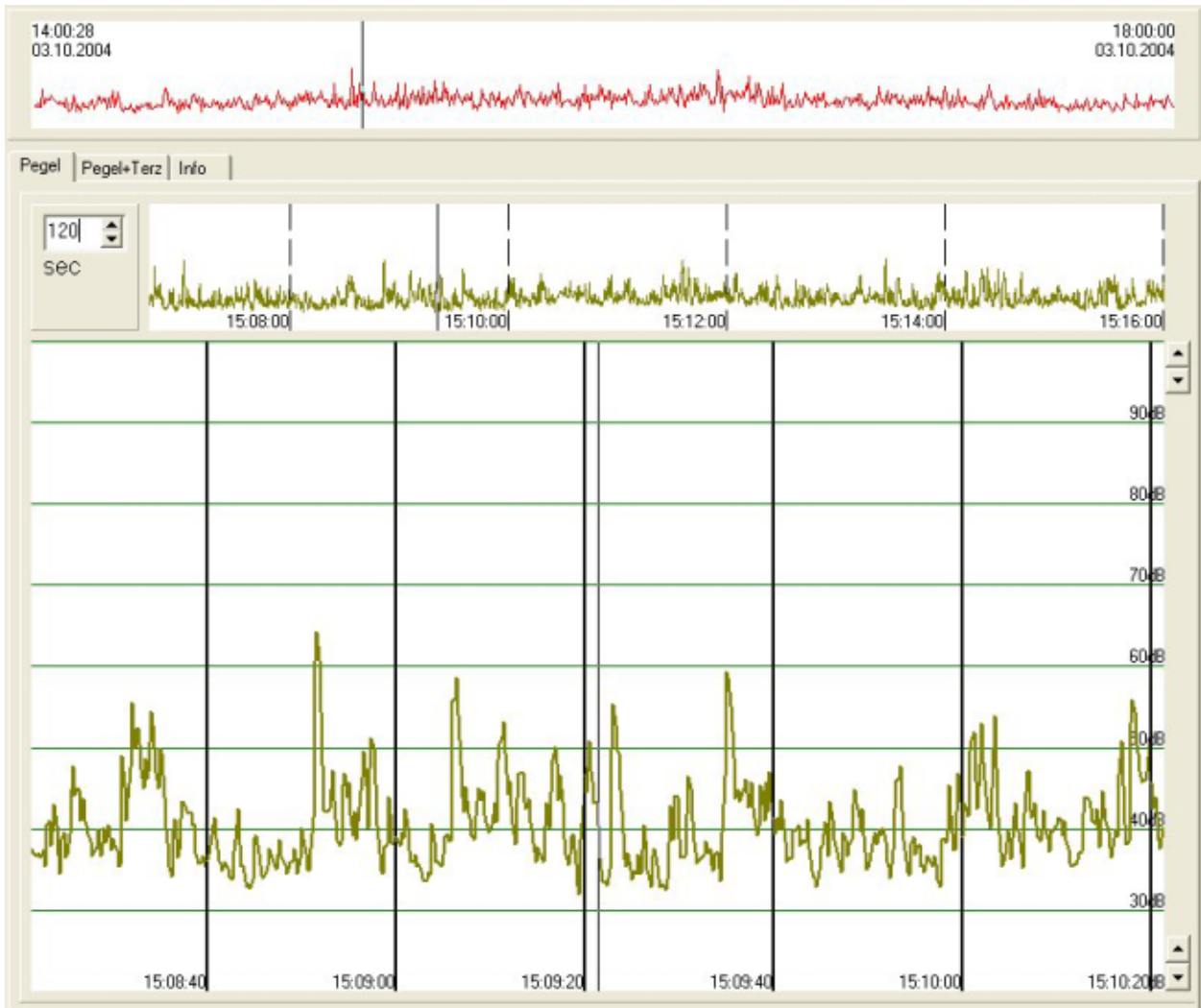


Bild 39 Pegelschrieb vom Sonntag, 03.10.2004: lebhafter Betrieb auf dem Bolzplatz.
Oben: Übersicht 14.00-18.00 Uhr; Mitte: 10-Minuten Ausschnitt; Unten: Detail (2 min)

Tabelle 33 Auswahl einiger Messwerte der Dauermessstation vom Sonntag, 03.10.2004: lebhafter Betrieb auf dem Bolzplatz

Datum	Zeit	Leq	L95	L0.1	L0	R	Wg	Wr	T	F
03.10.04	15:00:07	42,0	34,1	57,8	63,7	0	0	203	21	46
03.10.04	16:00:09	46,2	35,3	64,1	67,4	0	0	238	22	44
03.10.04	17:00:09	45,8	35,9	62,9	66,4	0	0	297	23	40
03.10.04	18:00:08	42,8	34,5	61,1	70,8	0	0	287	22	41

Datum, Zeit: Ende des Messintervalls

Leq: LAeq

L95..L0.1: Perzentilpegel L95%..L0,1%

L0: LAFmax

R: Regen (0=nein, 1=ja), Wg: Windgeschw. in m/s, Wr: Windrichtung (0°=N)

T: Temperatur in °C, F: relative Luftfeuchtigkeit in %

Tabelle 34 Auswahl der Messwerte mit eindeutigem Bolzplatz-Betrieb

Bemerkung	Datum	Zeit	Leq	L95	L0.1	L0	R	Wg	Wr	T	F
Erwachsene	01.10.04	18:00:08	42,5	32,3	63,5	67,9	0	0	180	14	94
Kinder	03.10.04	16:00:09	46,2	35,3	64,1	67,4	0	0	238	22	44
Kinder	03.10.04	17:00:09	45,8	35,9	62,9	66,4	0	0	297	23	40
Kinder, wenig Betrieb	03.10.04	18:00:08	42,8	34,5	61,1	70,8	0	0	287	22	41
Kinder	05.10.04	17:00:08	46,9	34,2	64,3	68,9	0	0	152	29	37
Kinder	05.10.04	18:00:08	49,1	36,2	67,0	71,3	0	0	147	27	45
Kinder, wenig Betrieb	06.10.04	18:00:09	44,2	39,2	62,8	70,1	0	0	245	22	55

Datum, Zeit: Ende des Messintervalls

Leq: LAeq

L95..L0.1: Perzentilpegel L95%..L0,1%

L0: LAFmax

R: Regen (0=nein, 1=ja), Wg: Windgeschw. in m/s, Wr: Windrichtung (0°=N)

T: Temperatur in °C, F: relative Luftfeuchtigkeit in %