

Merkblätter

Nr. 10

Geräuschimmissionsprognose von Sport- und Freizeitanlagen – Berechnungshilfen –



Merkblätter

Nr. 10

Geräuschimmissionsprognose
von Sport- und Freizeitanlagen
– Berechnungshilfen –

Landesumweltamt NRW
Essen, Februar 1998

IMPRESSUM:

Herausgegeben vom

Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen

Wallneyer Str. 6 • 45133 Essen

Telefon (0201) 79 95 - 0 • Telefax (0201) 79 95 - 446/447

Autor: Dr.-Ing. Wulf Pompetzki

ISSN 0947-5788

Gedruckt auf 100% Altpapier ohne Chlorbleiche

Infomationsdienste: Umweltdaten aus NRW, Fachinformatiuonen des LUA NRW:

- Internet unter <http://www.lua.nrw.de>
- T-Online unter Landesumweltamt NRW#

Bereitschaftsdienst: Nachrichtenbereitschaftszentrale des LUA NRW
(24- Std.-Dienst): Telefon (0201) 714488

| Inhaltsverzeichnis | Seite |
|----------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1. Vorbemerkung | 5 |
| 2. Hinweise zur Anwendung | 5 |
| 3. Kommunikationsgeräusche von Menschen | 7 |
| 4. Die Geräuschemission beim Fußballspiel | 9 |
| 4.1 Beispiel: Fußballspiel auf Bezirkssportanlage, „Training“ | 11 |
| 4.2 Beispiel: Fußballspiel auf Bezirkssportanlage mit 50 Zuschauern | 11 |
| 4.3 Beispiel: Fußballspiel auf Bezirkssportanlage mit 150 Zuschauern | 11 |
| 5. Beispiel: Immissionsprognose einer Trainingssituation beim Fußball..... | 12 |
| 6. Die Geräuschemission beim Hockeyspiel | 16 |
| 7. Die Geräuschemission beim American Football | 17 |
| 8. Die Geräuschemission von Tennisanlagen | 19 |
| 9. Die Geräuschemission beim Eishockey..... | 21 |
| 10. Die Geräuschemission beim Publikums-Eislauf | 23 |
| 11. Die Geräuschemission von Skateboard-Anlagen | 23 |
| 12. Die Geräuschemission von Schwimmbad-Anlagen | 24 |
| 13. Die Geräuschemission von Leichtathletik-Veranstaltungen..... | 25 |
| 14. Die Geräuschemission von Bolzplätzen | 25 |
| 15. Die Geräuschemission von Kart-Bahnen..... | 26 |
| 16. Hinweise zu Verkehrsgeräuschen an Sportanlagen | 26 |
| 17. Literaturhinweise | 27 |

1. Vorbemerkung

Im Rahmen der Genehmigungsverfahren von neuen Sport- und Freizeitanlagen oder der Modernisierung und Erweiterung bestehender Anlagen müssen die Staatlichen Umweltämter regelmäßig Geräuschimmissionsprognosen für solche Anlagen prüfen bzw. selber erstellen. Dazu sind die StUÄ auf verlässliche Emissionsdaten für die zu betrachtenden Sportarten bzw. Freizeitbetätigungen angewiesen. Diese Daten sind bisher nur für wenige Sportarten vorhanden und müssen aus unterschiedlichen Quellen zusammengetragen werden. Da gerade die Emissionen solcher Anlagen in starkem Maße vom Verhalten der beteiligten Personen abhängig sind, wirkt sich die Verallgemeinerung der vorhandenen Daten ungünstig auf die Prognosegenauigkeit aus. Hinzu kommt, daß bei vielen Sportarten die Anzahl der Zuschauer ganz wesentlich die Emission bestimmt, von der Zuschauerzahl abhängige Prognosemodelle jedoch bisher nicht vorhanden waren.

Das Bundesinstitut für Sportwissenschaft in Köln hat eine Studie erstellen lassen [1, „BISp-Studie“], die für einen weiten Bereich von Sportanlagen Emissionsdaten nach einem einheitlichen Modell liefert. Mit Hilfe dieses „Bausteinmodells“ lassen sich die Emissionsdaten von Sportanlagen für unterschiedliche Betriebssituationen der Anlage sehr einfach ermitteln.

Die Grundidee der Untersuchung lag darin, die Geräusche der beteiligten Personen (Sportler wie Zuschauer) so zu trennen, daß diese als isolierte Parameter in den Berechnungsmodellen vorhanden sind. Dabei werden auch Seiteneffekte berücksichtigt, wie z.B. die mit der Zuschauerzahl anwachsende Emission des Schiedsrichters beim Fußball, der nach den Ergebnissen der Studie bei Spielen mit größerer Zuschauerbeteiligung häufiger und lauter pfeift.

Die folgende Zusammenstellung enthält die wesentlichen Ergebnisse der Studie nach Sportarten unterteilt und z.T. um Daten aus weiteren Quellen sowie eigene Kommentare ergänzt. Diese Zusammenfassung kann die Kenntnis der vollständigen Studie nicht in jedem Einzelfall ersetzen, für die Arbeit der StUÄ werden die hier aufgeführten Daten im Regelfall jedoch ausreichen, um fremde Gutachten auf Plausibilität zu prüfen oder eigene Prognosen zu erstellen. Die in der Studie ebenfalls enthaltenen Betrachtungen zu Eisstock- und Sommerstockbahnen wurden hier nicht aufgeführt, da solche Anlagen in NRW keine Bedeutung haben. Sollten in einzelnen Fällen Fragen zu diesen Anlagentypen bestehen, bitte ich, das LUA dazu direkt anzusprechen.

Ein Auszug aus der vorgenannten Studie, der Kurzfassungen zu den Bereichen Kommunikationsgeräusche, Fußball- und Tennisspiel beinhaltet, findet sich auch in [2].

2. Hinweise zur Anwendung

Die Studie liefert die Eingangsdaten für die Prognose je nach Sportart in sehr unterschiedlicher Darstellungsform. So werden z.T. Schalleistungsdaten für einzelne, voneinander unabhängig handelnde Personen genannt, wie z.B. den einzelnen „ruhenden Badegast“ auf der Liegewiese, aber auch für Gruppen von Personen, wie z.B. die Gesamtheit der Spieler auf einem Fußballfeld. Im Ergebnis erhält man eine Anzahl von Schalleistungen für die Teilaktivitäten der jeweiligen Sportveranstaltung, zumeist bezogen auf eine Emissionshöhe von 1,5 m über Grund. Abweichungen von dieser Emissionshöhe werden explizit angegeben, so z.B. beim Tennis die Höhe der Aufschlagpunkte mit 2 m über Grund.

Soweit in der Studie aufgeführt, wurden die Meßergebnisse, die zu den Prognosemodellen geführt haben, mit in die Diagrammen der Teilschalleistungen eingezeichnet. Es zeigt sich, daß im Einzelfall verhaltensbedingt die Schalleistung der Prognosemodelle überschritten wird. Dies ist z.Z. durch geeignete Sicherheiten in der Prognose zu berücksichtigen, eine Korrektur der Prognosemodelle zur sicheren Seite hin befindet sich noch in der Diskussion.

Im allgemeinen wird es nicht zweckmäßig sein, diese Schalleistung dann als konzentrierte Punktquelle im Mittelpunkt der für diese Teilaktivität zur Verfügung stehenden Fläche anzusiedeln. Sofern sich Immissionsorte im Nahbereich der Quelle befinden, kann diese Betrachtungsweise im Vergleich zur Realität deutlich niedrigere Pegel am Immissionsort errechnen, da die Verteilung der Quelle auf die gesamte Fläche der Teilaktivität unberücksichtigt bleibt. Dieses Problem kann vernachlässigt werden, wenn die größte Ausdehnung der Quellenfläche kleiner als das 0,7-fache des Abstandes vom Quellenmittelpunkt zum Immissionsort ist. Wird dies nicht erfüllt, muß die Gesamtfläche solange in kleinere Teilflächen zerlegt werden, bis für jede Teilfläche die obige Forderung erfüllt wird.

Dies betrifft jedoch lediglich die Berechnung von Hand; werden Rechenprogramme zur Bestimmung der Schallausbreitung eingesetzt, so wird üblicherweise die für die jeweilige Teilaktivität zur Verfügung stehende Fläche im Programm definiert und dieser direkt der flächenbezogene Schalleistungspegel als Eingangsgröße zugewiesen. Die notwendige Unterteilung der Quelle wird dann automatisch vom Programm vorgenommen. Oftmals wirkt es sich positiv auf das Rechenzeitverhalten aus, wenn statt einer Flächen- eine Linienquelle definiert wird. Dies kann vorteilhaft dort angewandt werden, wo die Zuschauer als Reihe neben einer Anlage stehen, z.B. am Rand eines kleineren Fußballspieles. Diese Näherung kann immer dann angewandt werden, wenn die Tiefe der Reihe weniger als ein Zwanzigstel der Länge der Reihe beträgt. Für die neben einem 110 m langen Fußballfeld stehenden Zuschauer heißt dies, daß auch bei einer Tiefe der Zuschaueraufstellung von 4 m diese noch als Linienquelle betrachtet werden kann.

In den nachfolgend genannten Schalleistungen sind bereits die Zuschläge für Impulshaltigkeit nach der 18. BImSchV enthalten, lediglich bei den Kommunikationsgeräuschen im Kap. 3 sind die Werte der Tab. 3.1 anhand der Abb. 3.1 je nach Anzahl der Personen mit einer Impulskorrektur zu versehen. Bei der Ermittlung der Werte wurden die einzelnen Geräuschanteile möglichst getrennt erfaßt, daher konnten die Zuschläge auch streng nach der 18. BImSchV getrennt vergeben werden. So wird für die unverstärkte menschliche Stimme (Zuschauer, Spielerrufe) der äquivalente Dauerschallpegel ohne Impulzzuschlag als Berechnungsbasis herangezogen. Dagegen wurde z.B. bei Schiedsrichterpfeifen vom Taktmaximalpegel (bei mehr als einem Pfiff pro Minute) oder von der Näherungsformel nach 1.3.3 des Anhangs zur 18. BImSchV ausgegangen.

An dieser Stelle sei noch kurz auf die Formeln zur Verteilung einer Gesamtschalleistung auf eine Linien- bzw. Flächenquelle verwiesen. Ist die Gesamtschalleistung L_{WA} aller Einzelquellen bekannt, die sich auf einer Linie anordnen, so kann der längenbezogene Schalleistungspegel L_{WA}' der äquivalenten Linienschallquelle bestimmt werden zu:

$$L_{WA}' = L_{WA} - [10 \cdot \log (s / 1 \text{ m})] \text{ dB(A)} \quad (2.1)$$

| | | |
|------|-----------|------------------------------------------------------------------|
| mit: | L_{WA}' | Längenbezogene Schalleistung der äquivalenten Linienschallquelle |
| | L_{WA} | Gesamtschalleistung der Einzelquellen auf der Linie |
| | s | Länge der Linie |

Ist die Gesamtschalleistung L_{WA} aller Einzelquellen bekannt, die sich auf eine Fläche verteilen, so kann der flächenbezogene Schalleistungspegel L_{WA}'' der äquivalenten Flächenschallquelle bestimmt werden zu:

$$L_{WA}'' = L_{WA} - [10 \cdot \log (A / 1 \text{ m}^2)] \text{ dB(A)} \quad (2.2)$$

| | | |
|------|------------|--------------------------------------------------------------|
| mit: | L_{WA}'' | Flächenbezogene Schalleistung der äquivalenten Flächenquelle |
| | L_{WA} | Gesamtschalleistung der Einzelquellen auf der Fläche |
| | A | Größe der Fläche |

3. Kommunikationsgeräusche von Menschen

Der wesentliche Teil der Geräuschemissionen von Sportanlagen wird normalerweise durch menschliche Äußerungen von Spielern und Zuschauern bestimmt, nur bei wenigen Sportarten tragen die technischen Geräusche der sportlichen Betätigung wesentlich zum Gesamtpegel bei. Für einige der in den folgenden Kapiteln im Detail beschriebenen Sportarten werden spezielle Angaben zu den Geräuschen der beteiligten Zuschauer gemacht, in diesen Fällen soll für Prognosen zu diesen Sportarten auch auf die dort beschriebenen Werte zurückgegriffen werden. Wo diese Angaben fehlen oder für allgemeine Zwecke kann auf die nachfolgenden Emissionsdaten für Kommunikationsgeräusche in der Tabelle 3.1 zurückgegriffen werden. Die Daten beziehen sich dort, wo es meßtechnisch möglich war, auf den energieäquivalenten Dauerschallpegel während der Zeitdauer der Äußerung. Dies entspricht dem in der 18. BImSchV festgelegten Meßverfahren für Emissionen durch die unverstärkte menschliche Stimme. Sollen die Emissionskennwerte für andere Anwendungen genutzt werden, bei denen der Taktmaximalpegel als Meßverfahren zugrunde gelegt wird (z.B. Freizeitanlagen), so lassen sich die notwendigen Impulszuschläge in Abhängigkeit von der Anzahl der an der Äußerung beteiligten Personen aus der Abb. 3.1 ermitteln.

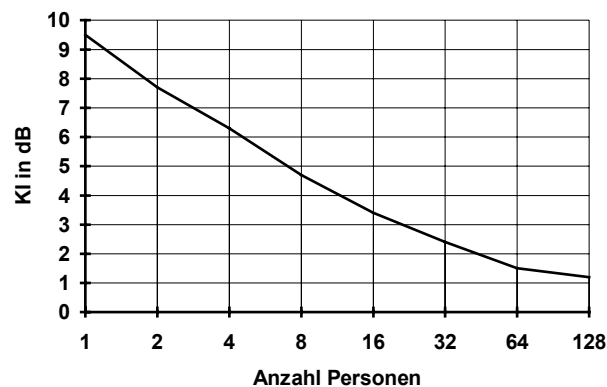


Abb. 3.1: Abhängigkeit des Impulszuschlages K_I von der Anzahl der rufenden Personen.

Im allgemeinen wird es nicht zweckmäßig sein, für jede Person eine Punktschallquelle mit dem in Tab. 3.1 genannten Schalleistungspegel anzusetzen, statt dessen wird man die Gesamtschalleistungen aller beteiligten Personen gemäß Gleichung 2.2 auf die zu deren Aufenthalt vorgesehene Fläche als flächenbezogene Schalleistung L_{WA} verteilen. Zusätzlich ist zu berücksichtigen, wieviel Prozent der vorhandenen Personen an der Äußerung beteiligt sind. So werden in einem Biergarten z.B. üblicherweise ca. 50% der anwesenden Personen reden, während der Rest der Personen nur zuhört und nicht an den Äußerungen beteiligt ist. Die Summe der Schalleistungen berechnet sich dann zu:

$$L_{WA} = L_{WA,1} + [10 \cdot \log n + 10 \cdot \log (k/100\%)] \text{ dB(A)} \quad (3.1)$$

mit:

| | |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| L_{WA} | Gesamtschalleistung der Personengruppe während der Äußerung |
| $L_{WA,1}$ | Schalleistung einer Person nach Tab. 3.1 |
| n | Anzahl der anwesenden Personen |
| k | Anteil der Personen, die gleichzeitig an der Äußerung beteiligt sind, in Prozent |

| Art der Quelle | L _{WA} | Mittlung | Anmerkungen |
|------------------------|-----------------|----------|---------------------------------|
| Sprechen, normal | 65 dB(A) | eq | sprechende Person im Biergarten |
| Sprechen, gehoben | 70 dB(A) | eq | |
| Sprechen, sehr laut | 75 dB(A) | eq | |
| Rufen, normal | 80 dB(A) | eq | |
| Rufen, (Distanz 15m) | 85 dB(A) | eq | |
| Rufen, laut | 95 dB(A) | eq | |
| Schreien | 100 dB(A) | eq | |
| Schreien, maximal | 110 dB(A) | eq | |
| Klatschen, normal | 89 dB(A) | eq | |
| Klatschen, sehr laut | 94 dB(A) | eq | |
| Bedauerndes Aufstöhnen | 86 dB(A) | eq | Tennis |
| Torschrei, laut | 111 dB(A) | eq | |
| Torschrei, maximal | 114 dB(A) | eq | |
| Kinderschreien | 87 dB(A) | eq | Schulpausenhof, je Kind |
| Signalhorn | 116 dB(A) | max | |
| Schiedsrichterpfeife | 118 dB(A) | max | |
| Starterklappe | 125 dB(A) | max | |
| Starterpistole | 135 dB(A) | max | |

Tab. 3.1: Schalleistungspegel der Äußerungen und Aktivitäten einzelner Personen bei Sportveranstaltungen. Die mit „max“ bezeichneten Werte beziehen sich auf den L_{AFmax} , die mit „eq“ bezeichneten Werte auf den L_{AFm} -Mittelungspegel während der Zeitdauer der Äußerung.

Ein interessanter Aspekt aus Tab. 3.1 ist noch näher zu betrachten. Bei vielen Sportarten wird das lauteste Einzelereignis durch die Schiedsrichterpfeife mit $L_{WA} = 118 \text{ dB(A)}$ bestimmt. Unter Berücksichtigung des maximal zulässigen Spitzenpegels nach der 18. BImSchV ergeben sich daher für einen pfeifenden Schiedsrichter die notwendigen Mindestabstände nach Tab. 3.2 zum nächstgelegenen Immissionsort (bei ansonsten freier Schallausbreitung).

| Art des Wohngebietes | Ruhezeit | erforderlicher Mindestabstand |
|--------------------------------|----------|-------------------------------|
| WR (reine Wohngebiete) | ja | 46 m |
| | nein | 32 m |
| WA (allgemeine Wohngebiete) | ja | 32 m |
| | nein | 18 m |
| MI (Mischgebiete) | ja | 18 m |
| | nein | 10 m |

Tab. 3.2: Aufgrund des Spitzenwertkriteriums der 18. BImSchV notwendige Mindestabstände eines pfeifenden Schiedsrichters zum nächstgelegenen Immissionsort während und außerhalb der Ruhezeiten in Abhängigkeit von der Nutzungsausweisung.

4. Die Geräuschemission beim Fußballspiel

Spielfeldgröße: 105 m x 68 m (Standardfußballfeld)

Spieldauer: 2 Halbzeiten zu 45 Minuten, dazwischen 15 Minuten Pause

Für die Geräuschimmissionsprognose von Fußballspielen wird ein Modell aus drei „Bausteinen“ angeboten: den Spielern, dem Schiedsrichter und den Zuschauern. Bei reinen Trainingsspielen kann für den Trainer die Schalleistung des Schiedsrichters angenommen werden. Zu beachten ist, daß in dem vorgestellten Modell Abhängigkeiten zwischen dem Schalleistungspegel des Schiedsrichters und der Anzahl der Zuschauer bestehen, da der Schiedsrichter bei Spielen mit größerer Zuschauerbeteiligung häufiger und lauter pfeift. Die hier genannten Werte gelten lediglich während der Zeitdauer des eigentlichen Spieles, also der beiden Halbzeiten zu je 45 Minuten Länge.

Nach der 18. BImSchV gehören ferner alle Einrichtungen zu Sportanlagen, die mit dieser in einem engen räumlichen und betrieblichen Zusammenhang stehen. Daher sind bei der Bildung des Beurteilungspegels neben den Geräuschen des eigentlichen Spielgeschehens z.B. auch die Geräusche des An- und Abgangs, in den Pausen, in den Umkleiden sowie von Aktivitäten im Vereinsheim oder in mit der Sportanlage verbundenen Restaurationsbetrieben zu berücksichtigen. Zur Prognose dieser Geräuschemissionen sei auf die weiter oben genannten Kommunikationsgeräusche verwiesen. Zur Sportanlage sind weiterhin die Geräusche durch die An- und Abfahrt der Spieler und Zuschauer mit PKWs oder Bussen hinzuzurechnen, wenn sie vom Anlagengelände ausgehen. Nähere Hinweise zur Prognose der Geräusche des Fahr- und Parkverkehrs auf der Anlage und auf öffentlichen Verkehrsflächen finden sich im Kapitel 16.

Die Schalleistungen der drei Teilaktivitäten nach dem „Bausteinmodell“ werden jeweils auf der für die einzelne Aktivität zur Verfügung stehenden Fläche verteilt, d.h., die Schalleistung von Spielern und Schiedsrichter verteilt sich auf das Spielfeld, die der Zuschauer auf alle bei dem betrachteten Spiel genutzten Zuschauerbereiche.

Die Schalleistungspegel der jeweiligen Teilaktivitäten beim Fußballspiel betragen nach der BISp-Studie:

$$\begin{array}{l} \text{Zuschauer, Anzahl } Z \\ \text{(verteilt auf den bzw. die Zuschauerbereiche)} \end{array} \quad L_{WA} = [80 + 10 \cdot \log (1+Z)] \text{ dB(A)} \quad (4.1)$$

$$\text{Spieler (verteilt auf das Spielfeld)} L_{WA} = 94 \text{ dB(A)} \quad (4.2)$$

$$\text{Schiedsrichter} \quad L_{WA} = [73,0 + 20 \cdot \log (1+Z)] \text{ dB(A)} \quad \text{für } Z \leq 30 \quad (4.3)$$

$$\text{(verteilt auf das Spielfeld)} \quad = [98,5 + 3 \cdot \log (1+Z)] \text{ dB(A)} \quad \text{für } Z > 30 \quad (4.4)$$

Die maximalen Schalleistungspegel durch Einzelereignisse beim Fußballspiel betragen nach der BISp-Studie:

$$\begin{array}{l} \text{max. Schalleistung} \\ \text{(durch Schiedsrichterpfiffe)} \end{array} \quad L_{WAmax} = 118 \text{ dB(A)} \quad (4.5)$$

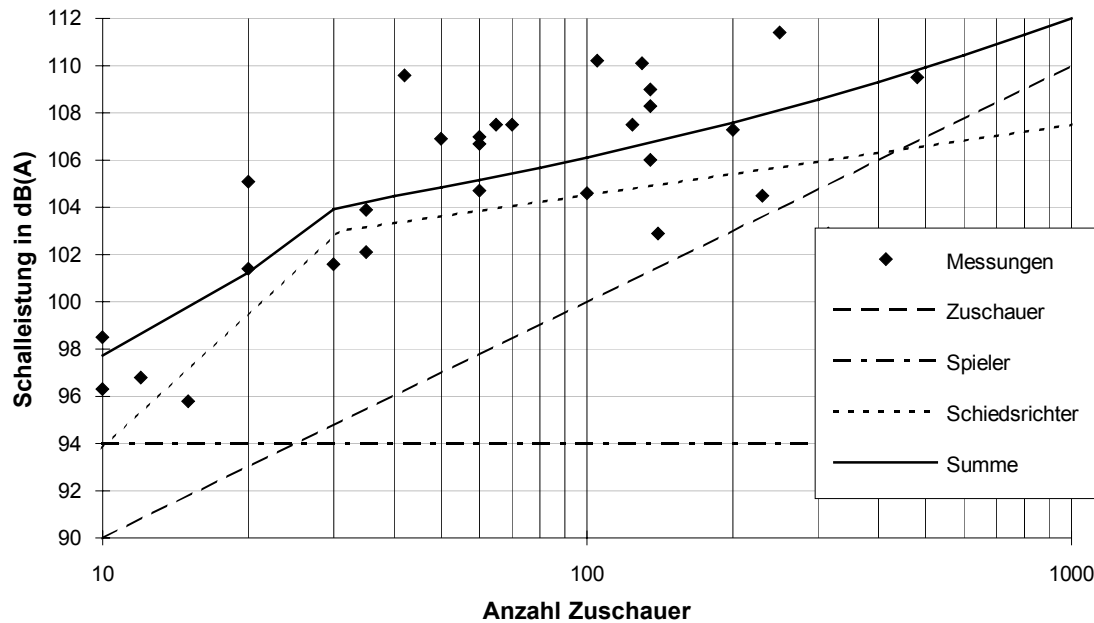


Abb. 4.1: Prognosemodell der Geräuschemission beim Fußballspiel (zum Vergleich wurden die der BISP-Studie zugrundeliegenden Meßergebnisse eingetragen).

Häufig wiederkehrend sind Berechnungen zu den Emissionen von Fußballspielen auf Bezirkssportanlagen. Das Zuschaueraufkommen auf den einzelnen Bezirkssportanlagen fällt dabei sehr unterschiedlich aus, daher sind i.A. die Emissionsdaten für den Einzelfall anhand der tatsächlichen Zuschauerzahlen nach den Formeln 4.1 bis 4.4 zu ermitteln. Als Beispiele für die Berechnung werden im folgenden für die drei Auslastungen „Training“, Spiel mit 50 Zuschauern und Spiel mit 150 Zuschauern die Schalleistungen der Teilaktivitäten für diese drei Situationen angegeben. Zusätzlich sind auch die flächenbezogenen Schalleistungspegel der Spieler und des Trainers bei Verteilung auf ein Standardfußballfeld der Größe 105 m x 68 m aufgelistet. Für die Zuschauer werden die längenbezogenen Schalleistungspegel bei Verteilung auf Linien von 105 m Länge an einer bzw. an beiden Längsseiten des Fußballplatzes angegeben (s. Abb. 4.2).

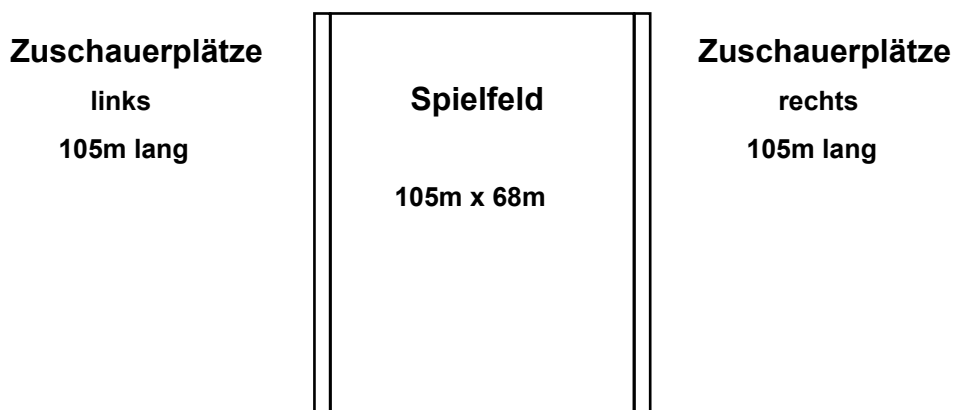


Abb. 4.2: Feldgröße und Anordnung der Zuschauerbereiche.

4.1 Beispiel: Fußballspiel auf Bezirkssportanlage, „Training“

Die Erfahrungen des Ministeriums für Stadtentwicklung, Kultur und Sport haben gezeigt, daß am Training üblicherweise neben den Spielern ein Trainer (dessen Geräuscentwicklung der des Schiedsrichters gleichgesetzt werden kann) und bis zu 16 Zuschauer beteiligt sind. Danach ergeben sich die folgenden Schalleistungspegel L_{WA} und daraus die längenbezogenen Schalleistungspegel L_{WA}' bzw. die flächenbezogenen Schalleistungspegel L_{WA}'' für die einzelnen Bereiche von Teilaktivitäten:

| | |
|----------------------------------------------|---------------------------------|
| Zuschauer, Anzahl 16 | $L_{WA} = 92 \text{ dB(A)}$ |
| ⇒ bei Verteilung auf einen Zuschauerbereich | $L_{WA}' = 71,8 \text{ dB(A)}$ |
| ⇒ bei Verteilung auf beide Zuschauerbereiche | $L_{WA}' = 68,8 \text{ dB(A)}$ |
| Spieler (verteilt auf das Spielfeld) | $L_{WA} = 94 \text{ dB(A)}$ |
| Trainer (verteilt auf das Spielfeld) | $L_{WA} = 97,6 \text{ dB(A)}$ |
| Summe Spieler & Trainer | $L_{WA} = 99,2 \text{ dB(A)}$ |
| ⇒ bei Verteilung auf das Spielfeld | $L_{WA}'' = 60,7 \text{ dB(A)}$ |

4.2 Beispiel: Fußballspiel auf Bezirkssportanlage mit 50 Zuschauern

Als untere Grenze der Zuschauerbeteiligung sind kleine Spiele anzusehen, bei denen neben den Spielern ein Schiedsrichter und 50 Zuschauer zu der Geräuscentwicklung beitragen. Danach ergeben sich die folgenden Schalleistungspegel L_{WA} und daraus die längenbezogenen Schalleistungspegel L_{WA}' bzw. die flächenbezogenen Schalleistungspegel L_{WA}'' für die einzelnen Bereiche von Teilaktivitäten:

| | |
|----------------------------------------------|---------------------------------|
| Zuschauer, Anzahl 50 | $L_{WA} = 97 \text{ dB(A)}$ |
| ⇒ bei Verteilung auf einen Zuschauerbereich | $L_{WA}' = 76,8 \text{ dB(A)}$ |
| ⇒ bei Verteilung auf beide Zuschauerbereiche | $L_{WA}' = 73,8 \text{ dB(A)}$ |
| Spieler (verteilt auf das Spielfeld) | $L_{WA} = 94 \text{ dB(A)}$ |
| Schiedsrichter (verteilt auf das Spielfeld) | $L_{WA} = 103,6 \text{ dB(A)}$ |
| Summe Spieler + Schiedsrichter | $L_{WA} = 104,1 \text{ dB(A)}$ |
| ⇒ bei Verteilung auf das Spielfeld | $L_{WA}'' = 65,6 \text{ dB(A)}$ |

4.3 Beispiel: Fußballspiel auf Bezirkssportanlage mit 150 Zuschauern

Als weiteres Berechnungsbeispiel sei ein größeres Spiel betrachtet, bei dem neben den Spielern ein Schiedsrichter und 150 Zuschauer zu der Geräuscentwicklung beitragen. Danach ergeben sich die folgenden Schalleistungspegel L_{WA} und daraus die längenbezogenen Schalleistungspegel L_{WA}' bzw. die flächenbezogenen Schalleistungspegel L_{WA}'' für die einzelnen Bereiche von Teilaktivitäten:

| | |
|----------------------------------------------|---------------------------------|
| Zuschauer, Anzahl 150 | $L_{WA} = 101,8 \text{ dB(A)}$ |
| ⇒ bei Verteilung auf einen Zuschauerbereich | $L_{WA}' = 81,6 \text{ dB(A)}$ |
| ⇒ bei Verteilung auf beide Zuschauerbereiche | $L_{WA}' = 78,6 \text{ dB(A)}$ |
| Spieler (verteilt auf das Spielfeld) | $L_{WA} = 94 \text{ dB(A)}$ |
| Schiedsrichter (verteilt auf das Spielfeld) | $L_{WA} = 105 \text{ dB(A)}$ |
| Summe Spieler + Schiedsrichter | $L_{WA} = 105,3 \text{ dB(A)}$ |
| ⇒ bei Verteilung auf das Spielfeld | $L_{WA}'' = 66,8 \text{ dB(A)}$ |

5. Beispiel: Immissionsprognose einer Trainingssituation beim Fußball

Als Beispiel zur Anwendung des Bausteinmodells soll hier eine Trainingssituation an einer kleinen Bezirkssportanlage betrachtet werden. Das Training soll an Werktagen zwischen 17:00 und 21:00 (zwei Gruppen zu je 2h) stattfinden, die Prognose ist also für die Zeiträume „tags“ und „Ruhezeit“ durchzuführen, da das Training mit der letzten Stunde noch in den Zeitrahmen der „Ruhezeiten“ hineinragt. Der kritische Immissionsort ist der Punkt IP1, s. Abb. 5.1. Die Emissionsdaten werden gemäß Kap. 4.1. angesetzt. Die Ausbreitungsrechnung erfolgt nach der Richtlinie VDI 2714.

Mit Blick auf die Berechnung des Boden- und Meteorologie-Dämpfungsmaßes DB_M ist bei der Berechnung zu beachten, daß die Emissionshöhen sinnvoll gewählt werden. Die in der Studie [1] angegebenen Emissionswerte beziehen sich grundsätzlich auf eine Bezugshöhe von 1,5 m über Grund. Die einzige Ausnahme bildet der Aufschlag beim Tennis, der mit 2 m Höhe angesetzt wurde.

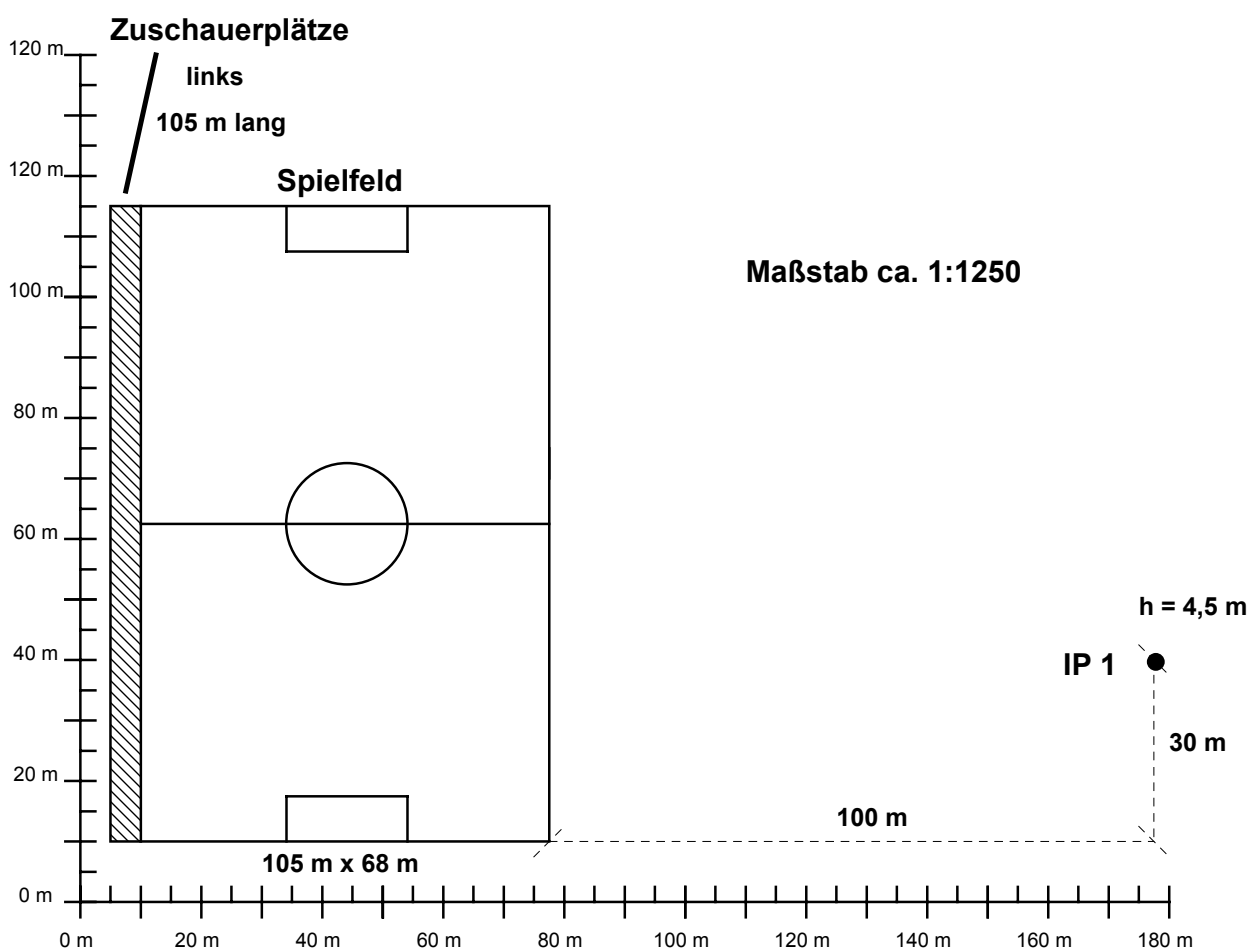


Abb. 5.1: Beispiel einer Trainingssituation, der Zuschauerbereich befindet sich nur auf der linken Seite des Spielfeldes. Der zu betrachtende Immissionsort IP 1 hat eine Höhe von 4,5 m.

Zunächst ist zu prüfen, ob die Quellenbereiche als konzentrierte Punktschallquellen angenommen werden können, oder ob mangels eines ausreichenden Abstandes die Quellbereiche weiter unterteilt werden müssen. Die maximale Ausdehnung des Quellbereiches darf dabei nicht größer werden, als das 0,7-fache des Abstandes vom Quellenmittelpunkt zum Immissionsort. Die Abmessungen können mit ausreichender Genauigkeit aus der Abb. 5.1 abgegriffen werden, im Text werden jedoch die exakten, berechneten Abmessungen angegeben.

Der Zuschauerbereich kann hier sicherlich als Linienquelle angenommen werden, da die 15 Zuschauer sich nicht hintereinander aufstellen werden. Der Mittelpunkt dieser Linienquelle liegt dann am linken Rand der Spielfeldmitte und hat einen Abstand s_{Zu} zum IP 1 von 169,5 m.

Das 0,7-fache dieses Abstandes beträgt 118,65 m, daher kann der Zuschauerbereich bei einer maximalen Ausdehnung von 105 m als eine Punktschallquelle am Punkt „Zu“ mit einer Schalleistung von $L_{WA} = 92 \text{ dB(A)}$ (s. 4.1) angesetzt werden, der Abstand von diesem Quellenpunkt zum Immissionsort beträgt s_{Zu} (s.o).

Die gleiche Betrachtung ist nunmehr für das Spielfeld durchzuführen. Der Abstand der Spielfeldmitte zum Immissionsort IP 1 sei s_{Sp} , er beträgt 135,9 m. Das 0,7-fache dieses Abstandes beträgt 95,1 m, die maximale Ausdehnung l_{max} des Spielfeldes beträgt aber über die Ecken gemessen 125,1 m und erfüllt damit nicht die obigen Forderungen bezüglich des Verhältnisses zum Abstand. Daher wird die Teilfläche „Spielfeld“ durch zwei Punktquellen „SP1“ und „SP2“ im Mittelpunkt der beiden Spielfeldhälften angenähert. Die nach Kap. 4.1 anzusetzende Gesamtschalleistung der Spieler und des Trainers von $L_{WA} = 99,2 \text{ dB(A)}$ ist auf diese beiden Teilflächen aufzuteilen. Die Schalleistung jeder Quellenhälfte ist dabei um 3 dB geringer als die gesamte Schalleistung der Quelle, es ist daher je Teilfläche ein Anteil an der Schalleistung von 96,2 dB(A) zu berücksichtigen.

Die mittlere Höhe über Grund h_m beträgt bei einer Quellenhöhe von 1,5 m und einer Höhe des Immissionsortes von 4,5 m (jeweils über Grund betrachtet) für alle Ausbreitungspfade 3 m.

Insgesamt ergibt sich die modellhafte Beschreibung der Immissionssituation nach Abb. 5.2, darin sind die folgenden drei Teilschallquellen enthalten:

| Quelle | Index | L_{WA} | Abstand zum I-Ort | h_m |
|--------------------------------------------|-------|----------|-------------------|-------|
| Zuschauer | Zu | 92 dB | 169,5 m | 3 m |
| Spieler und Trainer (Spielfeldhälfte 1)Sp1 | | 96,2 dB | 142,6 m | 3 m |
| Spieler und Trainer (Spielfeldhälfte 2)Sp2 | | 96,2 dB | 134,1 m | 3 m |

Für angenommene kugelförmige Ausbreitung berechnet sich der Pegel L_p am I-Ort aus der Schalleistung L_{WA} und der durch den Abstand s_m bestimmten geometrischen Ausbreitungsdämpfung sowie dem durch den Abstand s_m und die mittlere Höhe über Grund h_m bestimmten Boden- und Meteorologie-Dämpfungsmaßes DB_M dann zu:

$$L_p = L_{WA} - \left[20 \cdot \log \frac{s_m}{1m} + 11 \right] dB - \left[4,8 - \frac{2h_m}{s_m} \left(17 + \frac{300}{s_m} \right) \right] dB + K_O$$

Dabei beträgt das Raumwinkelmaß K_O gemäß VDI 2714 für eine unmittelbar über einer stark reflektierenden Fläche (hier das Spielfeld) betriebenen Quelle +3dB. Eine entsprechende Berechnung ergibt dann die folgenden Teilimmissionspegel:

$$L_{p,Zu} = 92dB - \left[20 \cdot \log \frac{169,5m}{1m} + 11 \right] dB - \left[4,8 - \frac{6m}{169,5m} \left(17 + \frac{300}{169,5m} \right) \right] dB + 3dB = 35,3dB$$

$$L_{p,Sp2} = 96,2dB - \left[20 \cdot \log \frac{134,1m}{1m} + 11 \right] dB - \left[4,8 - \frac{6m}{134,1m} \left(17 + \frac{300}{134,1m} \right) \right] dB + 3dB = 41,7dB$$

$$L_{p,Sp1} = 96,2dB - \left[20 \cdot \log \frac{142,6m}{1m} + 11 \right] dB - \left[4,8 - \frac{6m}{142,6m} \left(17 + \frac{300}{142,6m} \right) \right] dB + 3dB = 41,1dB$$

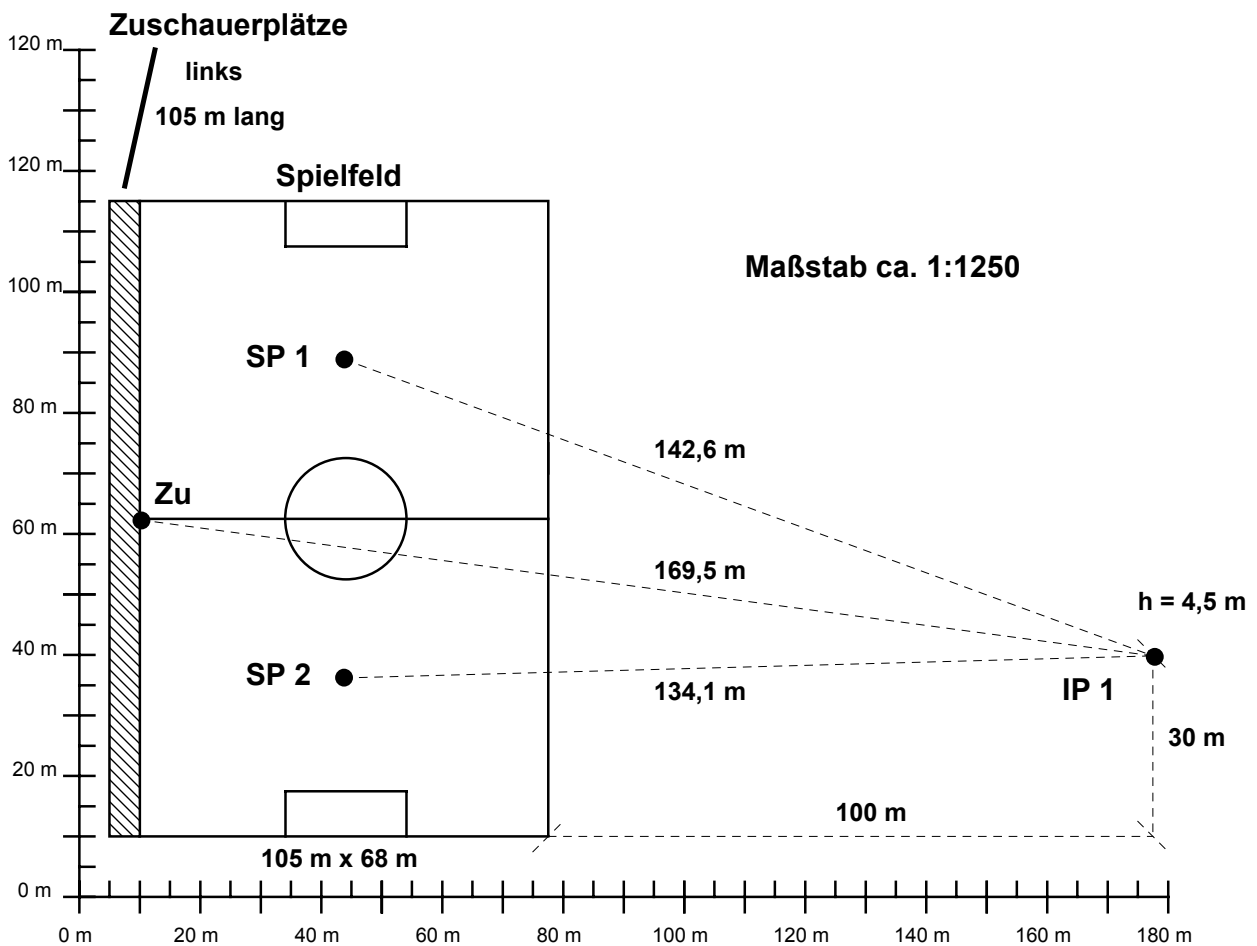


Abb. 5.2: Übersicht über die modellhaft angenommenen Quellelemente und Abstände der Trainingssituation aus Abb. 5.1.

Eine energetische Summation der drei Teilimmissionspegel ergibt einen Schallpegel am I-Ort während des Trainingsbetriebes von:

$$L_{p,IP1} = 10 \cdot \log \left(10^{0,1 \cdot 35,3} + 10^{0,1 \cdot 41,1} + 10^{0,1 \cdot 41,7} \right) dB = 44,9 dB$$

Für die beiden zu betrachtenden Beurteilungszeiten „tags an Werktagen“ und „Ruhezeit an Werktagen“ sind nun unter Berücksichtigung der tatsächlichen Nutzungsdauer die Beurteilungspegel zu bilden. Impulszuschläge und Zuschläge für Ton- oder Informationshaltigkeit sind in dem oben vorgestellten Bausteinmodell bereits enthalten und brauchen hier nicht mehr berücksichtigt werden. Da es sich um eine Prognose handelt, kommt der Abzug von 3 dB nach Punkt 1.6 des Anhangs zur 18. BImSchV nicht in Betracht. Der Beurteilungspegel errechnet sich daher aus dem Immissionspegel während des Trainingsbetriebes und der Beurteilungszeit t_r sowie der Nutzungsdauer t_i zu:

$$L_r = 10 \cdot \log \left[\frac{t_i}{t_r} \cdot 10^{0,1 \cdot L_{p,i}} \right] dB$$

Im vorliegenden Fall verteilen sich die zu betrachtenden Beurteilungszeiten und Nutzungsdauern wie folgt:

| Beurteilungszeit | von | bis | t_r | Nutzungsdauer | von | bis | t_i |
|-------------------------|------------|------------|----------------------|----------------------|------------|------------|----------------------|
| „tags an Werktagen“ | 8:00 | 20:00 | 12 h | | 17:00 | 20:00 | 3 h |
| „Ruhezeit an Werktagen“ | 20:00 | 22:00 | 2 h | | 20:00 | 21:00 | 1 h |

Damit ergeben sich für die betrachtete Trainingssituation die folgenden Beurteilungspegel:

$$L_{r,tags} = 10 \cdot \log \left[\frac{3h}{12h} \cdot 10^{0,1 \cdot 44,9} \right] dB = 38,9 dB$$

$$L_{r,ruhe} = 10 \cdot \log \left[\frac{1h}{2h} \cdot 10^{0,1 \cdot 44,9} \right] dB = 41,9 dB$$

6. Die Geräuschemission beim Hockeyspiel

Spielfeldgröße: 91,4 m x 55 m (Regelgröße)

Spieldauer: 2 Halbzeiten zu 35 Minuten, dazwischen:

- nach derzeitigem Reglement min. 5 Minuten Pause (zumeist 10 Minuten),

- nach neuem Reglement voraussichtlich 10 Minuten.

Für die Geräuschimmissionsprognose von Hockeyspielen wird ebenfalls ein Modell aus drei „Bausteinen“ angeboten: den Spielern, dem Schiedsrichter und den Zuschauern. Auch hier kann bei reinen Trainingsspielen die Schalleistung des Schiedsrichters für den Trainer angenommen werden. Die hier genannten Werte gelten wieder nur für die Zeitdauer des eigentlichen Spieles, also der beiden Halbzeiten zu je 35 Minuten Länge. Die nach der 18. BImSchV zu berücksichtigenden sonstigen Aktivitäten um das Spiel herum sind getrennt zu prognostizieren.

Die Schalleistungen der drei Teilaktivitäten werden jeweils auf der dazu zur Verfügung stehenden Fläche verteilt, d.h., die Schalleistung von Spielern und Schiedsrichter verteilt sich auf das gesamte Spielfeld, die der Zuschauer auf alle bei dem betrachteten Spiel genutzten Zuschauerbereiche.

Die Schalleistungspegel der jeweiligen Teilaktivitäten beim Hockeyspiel betragen nach der BISp-Studie:

$$\begin{array}{l} \text{Zuschauer, Anzahl } Z \\ \text{(verteilt auf den bzw. die Zuschauerbereiche)} \end{array} \quad L_{WA} = [75 + 10 \cdot \log (Z)] \text{ dB(A)} \quad (6.1)$$

$$\text{Spieler (verteilt auf das Spielfeld)} \quad L_{WA} = 89 \text{ dB(A)} \quad (6.2)$$

$$\text{Schiedsrichter (vert. auf Spielfeld)} \quad L_{WA} = [98,5 + 3 \cdot \log (1+Z)] \text{ dB(A)} \quad (6.3)$$

Für die überschlägige Prognose an einem Immissionsort in größerem Abstand von der Hockeyanlage kann näherungsweise für die Summe aller Quellen in der Spielfeldmitte eine Punktquelle mit der folgenden Schalleistung angenommen werden:

$$\text{Alle Teilaktivitäten (in Feldmitte)} \quad L_{WA} = [98 + 10 \cdot \log (Z)] \text{ dB(A)} \quad (6.4)$$

Die maximalen Schalleistungspegel durch Einzelereignisse beim Hockeyspiel betragen nach der BISp-Studie:

$$\begin{array}{l} \text{max. Schalleistung} \\ \text{(durch Schiedsrichterpfiffe)} \end{array} \quad L_{WAmax} = 109 \text{ dB(A)} \quad (6.5)$$

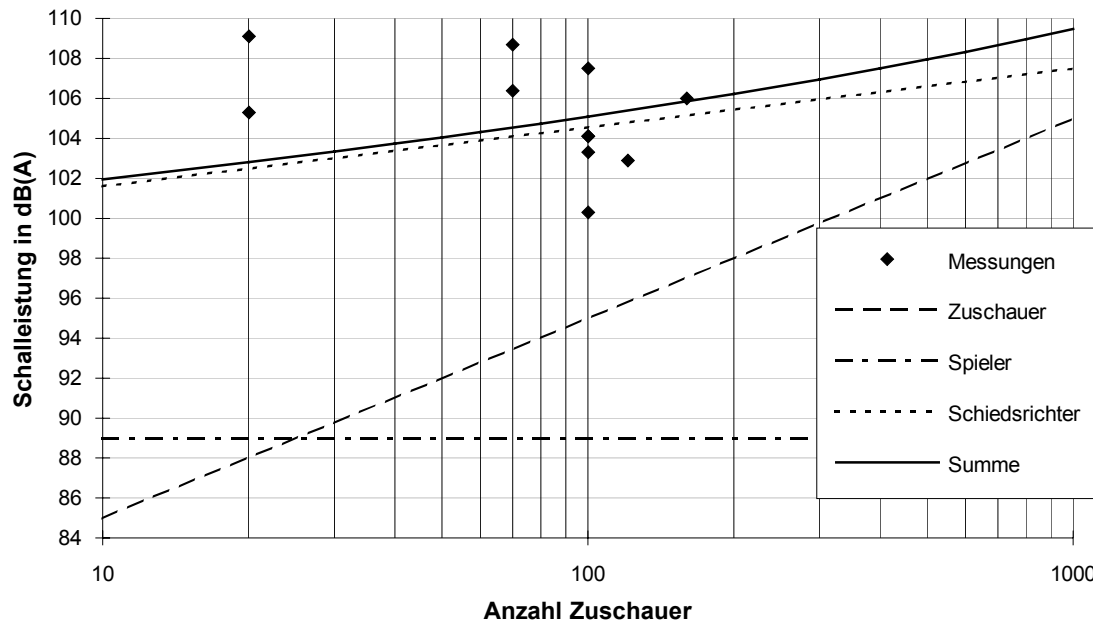


Abb. 6.1: Prognosemodell der Geräuschemission beim Hockeyspiel (zum Vergleich wurden die der BISP-Studie zugrundeliegenden Meßergebnisse eingetragen).

7. Die Geräuschemission beim American Football

Spielfeldgröße: 109,73 m x 48,77 m

Spieldauer: 4 Spielviertel zu 12 Minuten,

2 Minuten Pause zwischen dem 1. und 2. sowie dem 3. und 4. Spielviertel,
zwischen dem 2. und 3. Spielviertel 12 Minuten Halbzeitpause

Für die Geräuschimmissionsprognose von American Football Spielen kann die BISP-Studie mangels ausreichender Daten nur ein grobes Modell aus den bekannten drei „Bausteinen“ anbieten: den Spielern, dem Schiedsrichter und den Zuschauern. Auch hier kann wieder bei reinen Trainingsspielen die Schalleistung des Schiedsrichters für den Trainer angenommen werden. Im Vergleich zum Fußballspiel fällt auf, daß die Schalleistung des Schiedsrichters höher liegt als beim Fußball und nicht von der Zahl der Zuschauer abhängt. Dies liegt u.a. daran, daß am Spiel vier Schiedsrichter beteiligt sind und die Pfiffhäufigkeit mit ca. 3 pro Minute deutlich über der beim Fußball liegt (ca. 1 pro Minute). Die genannten Werte gelten auch hier nur für die Zeitdauer des eigentlichen Spieles, also der vier Viertel zu je 12 Minuten Länge. Dabei ist aber zu beachten, daß die Gesamtdauer eines Spieles aufgrund spezieller Regeln durchaus 2 Stunden betragen kann. Die nach der 18. BImSchV zu berücksichtigenden sonstigen Aktivitäten um das Spiel herum sind auch hier wieder getrennt zu prognostizieren.

Die Schalleistungen der drei Teilaktivitäten werden jeweils auf der dazu zur Verfügung stehenden Fläche verteilt, d.h., die Schalleistung von Spielern und Schiedsrichter verteilt sich auf das gesamte Spielfeld, die der Zuschauer auf alle bei dem betrachteten Spiel genutzten Zuschauerbereiche.

Die Schalleistungspegel der jeweiligen Teilaktivitäten beim American Football betragen nach der BISp-Studie:

$$\text{Zuschauer, Anzahl } Z \quad L_{WA} = [80 + 10 \cdot \log (Z)] \text{ dB(A)} \quad (7.1)$$

(verteilt auf den bzw. die Zuschauerbereiche)

$$\text{Spieler (verteilt auf das Spielfeld)} \quad L_{WA} = 94 \text{ dB(A)} \quad (7.2)$$

$$\text{Schiedsrichter (vert. auf Spielfeld)} \quad L_{WA} = 108 \text{ dB(A)} \quad (7.3)$$

Beim American Football kann für die überschlägige Prognose an einem Immissionsort in größerem Abstand vom Spielfeld näherungsweise für die Summe aller Quellen in der Spielfeldmitte eine Punktquelle mit der folgenden Schalleistung angenommen werden:

$$\text{Alle Teilaktivitäten (in Feldmitte)} \quad L_{WA} = [108 + 2 \cdot \log (1+Z)] \text{ dB(A)} \quad (7.4)$$

Zu den maximalen Schalleistungspegel durch Einzelereignisse beim American Football macht die BISp-Studie keine Angaben. Auch hier kann aber davon ausgegangen werden, daß die Maximalereignisse durch die Schiedsrichterpfiffe bestimmt werden:

$$\text{max. Schalleistung (durch Schiedsrichterpfiffe)} \quad L_{WAmax} = 118 \text{ dB(A)} \quad (7.5)$$

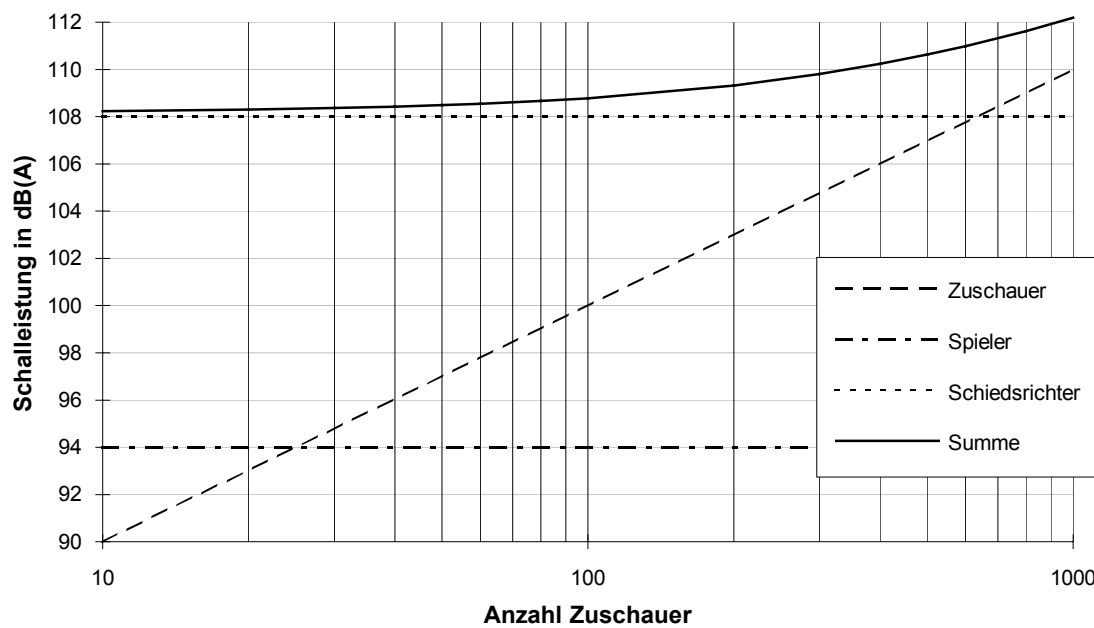


Abb. 7.1: Prognosemodell der Geräuschemission beim American Football.

8. Die Geräuschemission von Tennisanlagen

Spielfeldgröße: 23,77 m x 8,23 m (Einzelspiel)
23,77 m x 10,97 m (Doppelspiel)

Spieldauer: unbestimmt, es werden Sätze ausgespielt

Bei der Beurteilung von Tennisanlagen mittels des Taktmaximalpegelverfahrens ergibt sich für ein einzelnes Tennisspiel ein erheblicher Impulszuschlag ($K_I = L_{AFTm} - L_{AFm}$), der jedoch bei der Betrachtung mehrerer Spielfelder schnell abnimmt. Da bereits das einzelne Tennisspiel eine hohe Anzahl der Meßtakte mit Ballaufschlägen belegt, verbleiben für weitere Spielfelder nur wenig aufzufüllende Lücken und ab ca. drei gleichzeitig einwirkenden Tennisplätzen sind die verbleibenden Zeitanteile aufgefüllt, so daß weiter hinzukommende Plätze kaum noch einen Anteil zum Immissionspegel beitragen.

Aufgrund dieser speziellen Eigenschaften der Geräusche von Tennisplätzen verschließen sich diese dem üblichen Vorgehen bei der Prognose. Es können nicht einfach allen Spielfeldern gleiche Schalleistungen zugewiesen und dann die Beiträge aufaddiert werden, sondern es müssen die zur Auffüllung verbleibenden Takte des Taktmaximalpegels berücksichtigt werden und danach anteilige Schalleistungen vergeben werden.

Eine entsprechende Vorgehensweise wird bereits in der Richtlinie VDI 3724E [4] beschrieben; dabei werden nur die drei am Immissionsort am lautesten einwirkenden Plätze betrachtet. Dazu ist zunächst anhand des Abstandes der Spielfeldmitten zum Immissionsort, der evtl. vorhandenen Abschirmungen etc. die „Übertragungsdämpfung“ D_{QI} von jedem Platz zum Immissionsort zu bestimmen. Entsprechend der anteilig belegten Takte wird dem am lautesten einwirkenden Spielfeld (kleinstes D_{QI}) die höchste Schalleistung von $L_{WA} = 93 \text{ dB(A)}$ zugewiesen. Dabei wird von einem Schalleistungspegel beim Ballwechsel von $L_{WA} = 95 \text{ dB(A)}$ und einer typischen Einwirkdauer der Ballwechsel über das gesamte Spiel von 63% ausgegangen, damit berechnet sich der über die gesamte Nutzungsdauer zu berücksichtigende Schalleistungspegel des am lautesten einwirkenden Tennisplatzes zu:

Schalleistungspegel des ersten (lautesten) Tennisfeldes

$$L_{WA,1} = 95 \text{ dB} + 10 \log(0,63) = \mathbf{93 \text{ dB}} \quad (8.1)$$

Der zweitlauteste Tennisplatz kann nur noch den verbleibenden Anteil von 37% der Meßtakte belegen, rein statistisch belegt er von diesen 37% wieder einen Anteil von 63% der Zeit und somit etwa 23% der Meßtakte ($0,37 \cdot 0,63 = 0,2331$). Der Schalleistungspegel des am zweitlautesten einwirkenden Tennisplatzes berechnet sich daher zu:

Schalleistungspegel des zweitlautesten Tennisfeldes

$$L_{WA,2} = 95 \text{ dB} + 10 \log(0,23) = \mathbf{88,6 \text{ dB}} \quad (8.2)$$

Eine entsprechende Berechnung ergibt für den dritt lautesten Platz einen Schalleistungspegel von:

Schalleistungspegel des dritt lautesten Tennisfeldes

$$L_{WA,3} = 95 \text{ dB} + 10 \log(0,09) = \mathbf{84,5 \text{ dB}} \quad (8.3)$$

Die weiteren Plätze werden nicht berücksichtigt, da ihre Anteile keinen wesentlichen Beitrag zum Pegel am Immissionsort mehr beitragen.

Diese Vorgehensweise ist insbesondere beim Einsatz von Ausbreitungsrechenprogrammen unhandlich, wegen der starken Impulshaltigkeit kann hierauf jedoch bei Tennisanlagen nicht verzichtet werden. Die Berechnungen sind normalerweise für jeden Immissionsort getrennt mit einer jeweils anderen Verteilungen der Schalleistungspegel auf die einzelnen Spielfelder durchzuführen. Dazu ist zunächst allen Spielfeldern der Anlage ein einheitlicher Schalleistungspegel von z.B. 100 dB(A) zuzuweisen. Eine anschließende Ausbreitungsrechnung zeigt die Anteile der einzelnen Spielfelder an jedem Immissionsort, aus deren Reihenfolge

ergeben sich dann die bei Betrachtung des jeweiligen Immissionsortes zu berücksichtigenden drei Spielfelder und die diesen zuzuweisenden Schalleistungspegel. Erst danach kann die eigentliche Prognose für jeden Immissionsort getrennt durchgeführt werden, dabei werden den drei am lautesten einwirkenden Plätzen die obigen Schalleistungen zugewiesen und die weiteren Spielfelder nicht als Quellen berücksichtigt.

Die neuere und umfangreichere Untersuchung in [1] zeigt auf, daß obige Vorgehensweise im Grundsatz richtig ist. Dabei ist jedoch zu beachten, daß der in der VDI 3724E berücksichtigte Abschlag für die Geräuschart nach Pkt. 4.4 der Richtlinie nicht berücksichtigt wird. In den oben angegebenen Werten ist dieser daher nicht enthalten.

Das in [1] beschriebene Verfahren ist unter diesen Voraussetzungen mit dem Verfahren der VDI 3724E im wesentlichen identisch, es geht jedoch von einer Aufteilung der dem Platz zuzuweisenden Schalleistung auf zwei Quellpunkte in der Mitte der Aufschlaglinie aus. Diese Maßnahme kann die Genauigkeit der Prognose im Nahbereich deutlich verbessern, daher sollte bei Entfernungen des Immissionsortes von weniger als 34 m zum Spielfeldrand auf diese aufwendigere Methode zurückgegriffen werden. Analog zu der oben beschriebenen Vorgehensweise sind jetzt den sechs am lautesten einwirkenden Aufschlagpunkten die folgenden Schalleistungen zuzuweisen:

| n | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $L_{WA,n}$ /dB | 89,8 | 88,2 | 86,7 | 85,1 | 83,6 | 82,0 | 80,5 | 78,9 | 77,4 | 75,8 |

Tab. 8.1: Ansätze für den am Aufschlagpunkt zu berücksichtigenden Schalleistungspegel bei Sortierung nach der Höhe der Übertragungsdämpfung. Im allgemeinen reicht es aus, die sechs am lautesten einwirkenden Aufschlagpunkte zu berücksichtigen.

Es verbleiben noch zwei notwendige Anmerkungen, die beide Ansätze betreffen. Die Emissionshöhe sollte bei beiden Verfahren zu 2 m über dem Spielfeld gewählt werden. Ferner erhöht sich beim Doppelspiel die Emission nicht, da weiterhin die gleiche Gesamtzahl an Ballwechseln stattfindet.

9. Die Geräuschemission beim Eishockey

Spielfeldgröße: 60 m x 30 m (Idealmaß, zulässig 56 bis 61 m x 26 bis 30 m)

Spieldauer: 3 Spieldritteln zu 20 Minuten, dazwischen je 15 Minuten Pause

Die Geräuschemissionen von Eishockeyspielen unterscheiden sich grundlegend von denen, die z.B. bei den Rasensportarten Fußball oder Feldhockey gefunden werden. Der Anteil der technischen Geräusche liegt hier höher, dazu tragen neben den Schlägergeräuschen auch die Bandenschüsse mit $L_{WA} = 118 \text{ dB(A)}$ bei. Die Geräuschkulisse des Publikums ist intensiver als bei den zuvor genannten Sportarten, wobei die Zuschauergeräusche zeitweise das gesamte Spielgeräusch dominieren können. Dadurch wird im Endeffekt oft auch bei kleineren Spielen schon auf eine Lautsprecherbeschallung für Durchsagen zurückgegriffen. Dabei ist zu beachten, daß in Abhängigkeit vom Abstand und der Verdeckung durch gleichzeitig einwirkende andere Sportanlagen die Lautsprecherdurchsagen mit einem Informationszuschlag von bis zu 6 dB zu belegen sind. Im Ergebnis ergibt sich ein Bausteinmodell aus den drei Teilen: technische Spielgeräusche (Pfeife und Schläge), Lautsprecherdurchsagen und Zuschauer.

Bei reinem Trainingsspiel ergibt sich eine von der Spielsituation abweichende Emission, da die Aktivitäten der Spieler intensiver werden und insbesondere die Kommunikation untereinander zunimmt, das Training kann daher nicht als Spiel ohne Zuschauer betrachtet werden. Für das Training ist vielmehr von einer gleichmäßig auf der Eisfläche verteilten Schalleistung von $L_{WA} = 112 \text{ dB(A)}$ während der Dauer des Trainings auszugehen.

Die hier genannten Werte gelten wieder nur für die Zeitdauer des eigentlichen Spieles, also der drei Spieldritteln zu je 20 Minuten Länge. Die nach der 18. BImSchV zu berücksichtigenden sonstigen Aktivitäten um das Spiel herum sind getrennt zu prognostizieren. Dabei ist insbesondere auch der Betrieb der Eismaschine und der häufig anzutreffenden Musikbeschallung in den Pausen zu berücksichtigen. Die Pausen betragen jeweils 15 Minuten, so daß sich theoretisch eine Minstdauer der Spiele von 1,5 Stunden ergibt. Wegen nachzuspielender Strafzeiten ergeben sich i.A. jedoch Spieldauern von ca. 2 Stunden.

Die Schalleistungen der drei Teilaktivitäten werden jeweils auf der dazu zur Verfügung stehenden Fläche verteilt, d.h., die Schalleistung der technischen Spielgeräusche verteilt sich auf der Eisfläche, die der Zuschauer und zumeist auch die Anteile der Beschallungsanlage auf alle bei dem betrachteten Spiel genutzten Zuschauerbereiche.

Die Schalleistungspegel der jeweiligen Teilaktivitäten beim Eishockeyspiel betragen nach der BISp-Studie:

$$\text{Zuschauer, Anzahl } Z \quad L_{WA} = [83 + 10 \cdot \log (Z)] \text{ dB(A)} \quad (9.1)$$

(verteilt auf den bzw. die Zuschauerbereiche)

$$\text{technische Spielgeräusche} \quad L_{WA} = 108 \text{ dB(A)} \quad (9.2)$$

(Pfeife und Schläge, verteilt auf die Eisfläche)

$$\text{Beschallungsanlage} \quad L_{WA} = [75 + 10 \cdot \log (Z)] \text{ dB(A)} \quad (9.3)$$

(verteilt auf die Zuschauerbereiche, hierzu ist ggf. der Informationszuschlag zu addieren)

Die maximalen Schalleistungspegel durch Einzelereignisse beim Eishockeyspiel betragen nach der BISp-Studie:

$$\text{max. Schalleistung} \quad L_{WAmax} = 118 \text{ dB(A)} \quad (9.4)$$

(durch Pfeife und Bandenschläge)

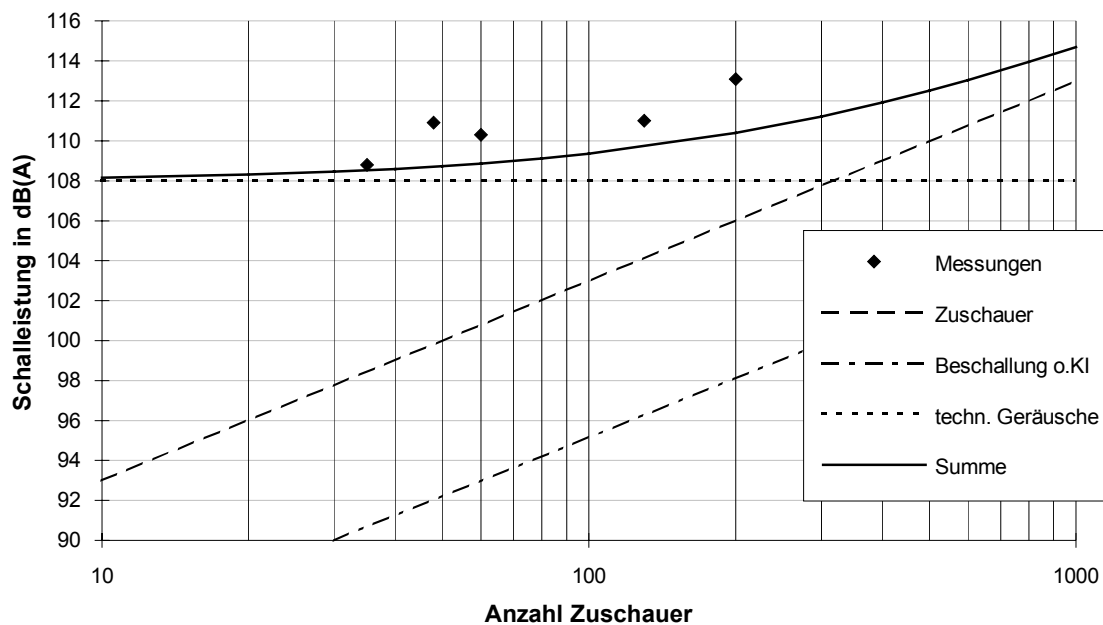


Abb. 9.1: Prognosemodell der Geräuschemission beim Eishockeyspiel ohne Informationszuschlag für Lautsprecherdurchsagen (zum Vergleich wurden die der BISp-Studie zugrundeliegenden Meßergebnisse eingetragen).

10. Die Geräuschemission beim Publikums-Eislauf

Feldgröße: 60 m x 30 m (bei sonstiger Nutzung als Eishockeyfeld)

Die Geräuschemission des Publikums-Eislaufes wird in der hier hauptsächlich betrachteten Studie nur kurz gestreift, die folgenden Emissionsdaten können daher nur als grobe Anhaltswerte betrachtet werden. Beim Publikums-Eislauf sind Rufe der Eislaufenden und die Musik der Beschallungsanlage die wesentlichen Schallquellen, die technischen Geräusche der Sportausübung treten dagegen in den Hintergrund. Es wird davon ausgegangen, daß der Pegel der gesamten Eislauf-Anlage hauptsächlich durch Stimmengeräusche geprägt wird, im Einzelfall muß dies aber geprüft werden. Bei fehlenden Begrenzerschaltungen in der Beschallungsanlage kann durchaus die Musik den Pegel der gesamten Eislaufanlage bestimmen, wenn zu „wohlwollend“ beschallt wird. Insofern können auch keine allgemeinverbindlichen Schalleistungen genannt werden.

Im allgemeinen kann aber davon ausgegangen werden, daß die gesamte Eislaufanlage durch eine auf die Eislauffläche zu verteilende Gesamtschalleistung von $L_{WA} = 104 \text{ dB(A)}$ während der Nutzungszeit der Anlage beschrieben werden kann. Bei der Betrachtung von Spitzenpegeln ist zu berücksichtigen, daß Einzelereignisse an einer solchen Anlage Schalleistungen von bis zu 110 dB(A) erreichen können.

11. Die Geräuschemission von Skateboard-Anlagen

Obwohl das Skateboardfahren eine anerkannte Sportart mit einer Wettkampfordnung ist, dienen die meisten Anlagen doch eher der Freizeitgestaltung von Jugendlichen. Solche Anlagen werden gerne in der Nähe von Spielplätzen oder anderen kommunalen Einrichtungen errichtet und sind daher auch häufig in der Nähe von Wohnbebauung anzutreffen.

Die Anlagen werden sehr unterschiedlich errichtet, einfachere Ausführungen bestehen aus einem Stahlrohrgerüst mit Sperrholzplatten oder Fertigteilen aus Glasfaser, vereinzelt finden sich auch fest installierte Anlagen aus Stahlbeton. Zwar hat auch die Anlagenbauart Auswirkungen auf die Höhe der Emission, wesentlicher wird diese aber durch die Art der Nutzung und das Können sowie die Fahrweise der Nutzer beeinflusst. Der „Könner“ in dieser Sportart bestimmt den Taktmaximalpegel alleine durch das Umspringen an den Endpunkten der Bahn. Der Schalleistungspegel für die dabei auftretenden Geräuschspitzen beträgt max. etwa 120 dB(A) .

Die beiden gebräuchlichen Bahnformen von Skateboard-Anlagen unterscheiden sich - wahrscheinlich durch die Größe der abstrahlenden Fläche - etwas in der bei der Nutzung durch kundige Benutzer (den „Könner“, der an den Bahnenden umspringt) abgestrahlten mittleren Schalleistung:

| | | |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Fun-Pipe | Anlage mit Bahnbogen bis ca. 45° , Bahnhöhe am Umkehrpunkt ca. 1,5 m: | $L_{WA} = 102 \text{ dB(A)}$ |
| Half-Pipe | Anlage mit Bahnbogen bis ca. 90° , Bahnhöhe am Umkehrpunkt ca. 3 m: | $L_{WA} = 104 \text{ dB(A)}$ |

Für Berechnungen in der näheren Umgebung solcher Anlagen wird empfohlen, an den beiden Bahnendpunkten je eine Punktschallquelle auf der Höhe des Umkehrpunktes mit einem Schalleistungspegel von 101 dB(A) bei Half-Pipes bzw. 99 dB(A) bei Fun-Pipes anzusetzen. Die Bahn dazwischen kann durch eine Gerade als Linienschallquelle in 1 m Höhe mit einem Schalleistungspegel von 92 dB(A) modelliert werden. Diese Schalleistungen gelten für die gesamte Zeitdauer der Nutzung der Anlage.

Angaben zur realistischen Abschätzung der Auslastung von Skateboard-Anlagen können derzeit nicht gemacht werden, bei angenommener geringer Auslastung wird jedoch der zulässige

Abstand zur nächsten Wohnbebauung recht schnell durch das Spitzenwertkriterium bestimmt [s.o.: „Umspringen“ mit $L_{WA} = 120 \text{ dB(A)}$].

12. Die Geräuschemission von Schwimmbad-Anlagen

Der aktuelle Trend bei Neubau und Umgestaltung von Schwimmbädern geht weg von der klassischen **Schwimmbad**-Anlage und mehr hin zu den sogenannten **Spaßbädern**, die häufig aufgrund mangelnder Möglichkeiten zum tatsächlichen Schwimmen nicht mehr den Anforderungen an die Definition einer Sportanlage*) gerecht werden. Auch bei Bädern, die als Sportanlage zu bewerten sind, findet man neben den eigentlichen Schwimmbecken technische Zusatzeinrichtungen wie Wasserrutschen, Sprudel- und Wellenbecken oder Wasserpilze, die insbesondere für Kinder und Jugendliche attraktiv sind. Die rein technischen Geräusche dieser Anlagenteile sind dabei nie pegelbestimmend, in allen Fällen ist zu beobachten, daß die von der Schwimmbad-Anlage ausgehenden Emissionen fast ausschließlich durch die menschliche Stimme erzeugt und insbesondere auch bestimmt werden.

Für die Geräuschemissionsprognose an Freibädern ist es sinnvoll, von den Besucherzahlen auszugehen, die die Anlage an einem warmen Sommertag bei gutem Besuch während der Ferienzeit charakterisieren. Dieser Zustand wird im Normalfall über einen Sommer hinweg an mehr als 18 Tagen vorliegen, somit also nicht selten im Sinne der 18. BImSchV bzw. der Richtlinie zu Freizeidlärm auftreten. Wenn dann an besonders heißen Rekordtagen die Besucherzahlen noch darüber hinausgehen, so ist dies durchaus den seltenen Ereignissen zuzurechnen und kann in der Prognose vernachlässigt werden. In diesem Sinne sind die hier genannten Emissionskennwerte als charakteristische Werte bei gutem Besuch der Schwimmbad-Anlage zu verstehen.

Die Anlage selber wird für die Prognose zweckmäßigerweise in mehrere Einzelschallquellen unterteilt, dabei ist zwischen den Flächenquellen wie Schwimmbecken oder Liegewiesen und den als Punktquellen zu modellierenden Attraktionen zu unterscheiden.

Die Bereiche der Becken und Liegewiesen werden sinnvollerweise als Flächenquellen modelliert, die eine ideal verteilte Ansammlung von Punktquellen (hier menschliche Stimmen) annähern. Mit der Annahme des guten Besuches an warmen Tagen sind typische Belegungszahlen dieser Anlagenteile verknüpft, die zu dem in der Tabelle angegebenen Flächenverbrauch der Einzelperson führen. Die flächenbezogene Gesamtschalleistung, die von dem Bereich einer solchen Flächenschallquelle ausgeht, hängt daher von dem durch jede einzelne Person abgestrahlten Schalleistungspegel und dem Flächenverbrauch der Einzelperson an der Gesamtfläche ab. Sind im Einzelfall für eine Anlage von den unten genannten Besucherdichten abweichende Belegungszahlen bekannt, kann mit dem für diese Anlage bekannten Flächenverbrauch der Einzelperson und dem Schalleistungspegel $L_{WA,1}$ mittels der unten genannten Formel 12.1 auch für spezielle Fälle der flächenbezogene Schalleistungspegel des Anlagenteiles angegeben werden. Die in [1] unter den obigen Voraussetzungen gemachten Ansätze werden in der Tab. 12.1 zusammengefaßt.

Aus dem Schalleistungspegel $L_{WA,1}$ der Einzelperson und dem typischen Flächenverbrauch n dieser Einzelperson errechnet sich der in der letzten Spalte der Tab. 12.1 angegebene flächenbezogene Schalleistungspegel des einzelnen Anlagenteiles zu:

$$L_{WA}'' = (L_{WA,1} - 10 \log n) \text{ dB(A)} \quad (12.1)$$

*) Bäder, in denen Schwimmen oder das Erlernen des Schwimmens möglich ist, sind unabhängig von dem Vorhandensein von „Wasserattraktionen“ als Sportanlagen im Sinne des §1 der 18. BImSchV anzusehen. Dies ist nach der für das Schwimmen bzw. das Erlernen des Schwimmens notwendigen Wassertiefe und Größe der Becken zu beurteilen.

Sind zusätzlich neben den hier genannten Anlagenflächen auch Bereiche für Ballspiele o.ä. vorgesehen, so können deren Emissionen durch Ansätze z.B. nach Kap. 14 berücksichtigt werden.

| Bereich | L _{WA,1} einer einzelnen Person | typ. Flächenverbrauch n einer Person | typ. L _{WA} " |
|-----------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| Nichtschwimmerbecken | 85 dB(A) | 3 m ² / Person | 80 dB(A) |
| Spaßbecken (z.B. Wellenbad) | 85 dB(A) | 3 m ² / Person | 80 dB(A) |
| Sprungbecken | 85 dB(A) | 10 m ² / Person | 75 dB(A) |
| Erwachsenen-Schwimmerbecken | 75 dB(A) | 10 m ² / Person | 65 dB(A) |
| Liegewiese | 70 dB(A) | 6 m ² / Person | 62 dB(A) |

Tab. 12.1: Ansätze für den Schalleistungspegel einer Einzelperson in verschiedenen Bereichen einer Schwimmbadanlage, den typischen Flächenverbrauch einer Einzelperson in diesen Bereichen und die daraus abgeleiteten flächenbezogenen Schalleistungspegel der Anlagenteile.

Zusätzlich vorhandene Wasserattraktionen können durch einzelne Punktschallquellen berücksichtigt werden. Bei großen Wasserrutschen kann die obere Plattform als Punktquelle beschrieben werden, auf der eine von der Größe der Plattform abhängige Anzahl Kinder mit einer Schalleistung von je 85 dB(A) berücksichtigt wird. Der Fußpunkt der Rutsche im Ankunftsbecken kann durch eine Punktschallquelle mit einem L_{WA} von ca. 100 dB(A) beschrieben werden, in der gleichen Größe liegt die für einen Wasserpilz zu berücksichtigende Schalleistung.

13. Die Geräuschemission von Leichtathletik-Veranstaltungen

In [1] werden die Geräuschemissionen von Leichtathletik-Veranstaltungen sehr ausführlich und detailliert dargelegt. Sollten im Bereich eines StUAs oder einer BR diese Daten zur Anwendung benötigt werden, so kann das LUA auf Anforderung die entsprechenden Kopien zur Verfügung stellen.

14. Die Geräuschemission von Bolzplätzen

Die Ausführungen von Bolzplätzen unterscheiden sich erheblich, die Spannweite reicht dabei von der nicht abgegrenzten Spielfläche mit zwei Toren bis zum allseitig von Ballfangzäunen umschlossenen Hartplatz mit nur einem Tor. Die von solchen Bolzplätzen ausgehenden Emissionen unterscheiden sich sehr stark durch die Bauart der Anlage, die Ausführung der Geräte (insbesondere der Tore und Ballfangzäune) und das Verhalten der zumeist jugendlichen Benutzer. Die hauptsächlichen Lärmquellen bilden dabei das Geschrei der Kinder und Jugendlichen beim Spiel und der Aufprall des Balles auf das Tor und die Ballfangzäune.

Besonders problematisch gestalten sich Aussagen zu der Nutzungsdauer von Bolzplätzen, es lassen sich Plätze beobachten, die fast nie oder nur kurzzeitig zum Ballspiel genutzt werden und evtl. daneben auch anderen Betätigungen dienen. Daneben findet man aber auch Plätze, die während der Kinder und Jugendlichen zur Verfügung stehenden Freizeit fast durchgängig genutzt werden. Im Prognosefall sind daher genaue Aussagen hierzu unmöglich. Als grobe Richtschnur kann im Planungsfall für die Zeit der intensiven Nutzung des Bolzplatzes eine Gesamtschalleistung von 100 dB(A) für die Fläche zwischen den Toren bzw. vor dem Tor angenommen werden.

Auch bei der Errichtung von Bolzplätzen ist der Stand der Lärminderungstechnik einzuhalten. Dies ist insbesondere zu beachten, wenn aus Gründen der Kostenersparnis preiswerte

Konstruktionen für Tore und Ballfangzäune aus Metallgittern bzw. -platten errichtet werden sollen, da diese beim Aufprall des Balles durch ihr Nachscheppern erheblich zur Erhöhung des Anlagenpegels beitragen.

15. Die Geräuschemission von Kart-Bahnen

Derzeit liegen keine abgeschlossenen Untersuchungen über die von Kart-Bahnen ausgehenden Geräuschemissionen vor. Aufgrund der für Rennveranstaltungen geltenden Regelungen ist davon auszugehen, daß für Rennkarts ein A-bewerteter Schalleistungspegel von 120 dB je in Betrieb befindlichem Kart angesetzt werden kann. Für Leihkarts erscheint nach den bisher vorliegenden Daten der Ansatz einer Schalleistung von 105 dB(A) pro in Betrieb befindlichem Kart sinnvoll. Die Einwirkungszeiten sowie die Anzahl der gleichzeitig verkehrenden Fahrzeuge richten sich nach den Gegebenheiten der jeweiligen Anlage und können nicht allgemein abgeschätzt werden.

Wegen der zumeist größeren Ausdehnung der Kart-Bahnen wird man häufig Immissionsorte in geringer Entfernung zu betrachten haben, die keine konzentrierte Betrachtung der Schallquellen erlauben (max. Anlagenausdehnung > 0,7-facher Abstand zum I-Ort). In diesen Fällen ist die Summe der Schalleistungen aller maximal gleichzeitig verkehrenden Karts als Linienquelle auf der Strecke zu verteilen (s.a. Formel 2.1).

16. Hinweise zu Verkehrsgeräuschen an Sportanlagen

Bei den durch den Betrieb einer Sportanlage verursachten Verkehrsgeräuschen ist zunächst zu unterscheiden zwischen:

1. Verkehrsgeräuschen, die vom Anlagengelände selber ausgehen und daher der Sportanlage und somit deren Beurteilungspegel zuzurechnen sind,
2. Verkehrsgeräuschen auf öffentlichen Verkehrsflächen außerhalb der Sportanlage, die durch das der Anlage zuzuordnende Verkehrsaufkommen entstehen.

In beiden Fällen ist die Prognose gemäß dem Punkt 2.1 des Anhanges zur 18. BImSchV unter Anwendung des Berechnungsverfahrens der 16. BImSchV „Verkehrslärmschutzverordnung“ durchzuführen (z.Z. RLS-90 [5]). Im ersten Fall ergibt sich dabei das Problem, daß die Prognose regelmäßig zu niedrige Immissionen berechnen wird, da das Emissionsmodell der RLS-90 keine Zuschläge für den Taktmaximalpegel enthält, bei einer späteren Messung an der Anlage die Verkehrsgeräusche jedoch nach Punkt 1.3.3 des Anhanges zur 18. BImSchV als Taktmaximalpegel zu bestimmen sind. Nach der Tab. 5 im Kap. 12 der Parkplatzlärmstudie der bay. LfU [3] sind hierbei Differenzen ΔL_{TM} von mindestens 3 dB zu erwarten. Es empfiehlt sich daher, bei der Prognose von auf dem Anlagengelände entstehenden Parkplatzgeräuschen zur Herstellung einer ausreichenden Prognosesicherheit und um spätere Widersprüche mit den meßtechnischen Erhebungen gemäß der 18. BImSchV zu vermeiden, die Berechnungen unter Berücksichtigung der neueren Erkenntnisse der Parkplatzlärmstudie [3] durchzuführen und dabei die Parkplatzart P+R-Parkplatz mit einem Zuschlag für das Taktmaximalpegelverfahren von $\Delta L_{TM} = 3$ dB anzunehmen.

Im zweiten Fall ist zunächst zu prüfen, ob das der Anlage zuzuordnende Verkehrsaufkommen „selten“ im Sinne des Punktes 1.5 des Anhanges zur 18. BImSchV ist, d.h. höchstens an 18 Kalendertagen eines Jahres auftritt. Wird dies erfüllt, ist keine weitere Berücksichtigung der Verkehrsgeräusche auf öffentlichen Verkehrsflächen notwendig.

Ansonsten wird die Bestimmung der Vorbelastung erforderlich, also des Immissionspegels gemäß RLS-90 der vorhandenen Verkehrsgeräusche ohne das der Anlage zuzuordnende Verkehrsaufkommen. Die dazu benötigten Zahlen der durchschnittlichen Verkehrsmengen können zumeist bei der zuständigen Gemeinde abgefragt werden. Danach ist die gleiche Berechnung

unter Einrechnung des der Anlage zuzuordnenden Verkehrsaufkommens durchzuführen. Wenn das der Anlage zuzuordnende Verkehrsaufkommen den Pegel der Verkehrsgeräusche um weniger als 3 dB(A) erhöht, ist keine weitere Berücksichtigung der Verkehrsgeräusche auf öffentlichen Verkehrsflächen notwendig.

Erhöhen Verkehrsgeräusche, die durch das der Sportanlage zuzuordnende Verkehrsaufkommen auf öffentlichen Verkehrsflächen außerhalb der Sportanlage hervorgerufen werden, den vorhandenen Pegel der Verkehrsgeräusche um mindestens 3 dB(A), sind diese Geräusche bei der Beurteilung gesondert von den anderen Anlagengeräuschen zu betrachten. Das bedeutet, daß die unter Einrechnung des Anlagenverkehrs ermittelten Verkehrsgeräusche mit den Immissionsgrenzwerten der 16. BImSchV zu vergleichen sind. Wird durch die Geräusche des Gesamtverkehrs einer dieser Immissionsgrenzwerte überschritten, so ist zu prüfen, ob Abhilfe geschaffen werden kann. Dazu dürften insbesondere organisatorische Maßnahmen in Betracht kommen, wie z.B.:

- die Verteilung des Verkehrs auf mehrere Fahrstrecken,
- die Benutzung alternativer Fahrstrecken,
- das Verlegen von Ein- und Ausfahrten sowie
- das Einrichten eines Park-and-Ride Systems von entfernter gelegenen Parkplätzen.

Zu ergänzen bleiben noch einige Anmerkungen zu den Bewegungszahlen auf den Parkflächen. An Squash-, Badminton- oder Tennisplätzen bzw -hallen (kein Turnierbetrieb) erscheint es geeignet, nicht von der Anzahl der Stellplätze, sondern der Anzahl der Spielfelder auszugehen. Dabei kann angenommen werden, daß je Stunde ein kompletter Wechsel stattfindet und jeder Spieler mit dem eigenen Wagen ankommt. Dadurch ergeben sich auch Reserven für evtl. zusätzlich anfahrende Trainer oder Zuschauer. Es ergeben sich dann an einer solchen Anlage mit N Spielfeldern $4 \cdot N$ Bewegungen pro Stunde für die gesamte Parkfläche. Eine Bewegung entspricht dabei der An- oder Abfahrt eines PKW.

An Fußballplätzen kann beim Trainingsbetrieb je trainierender Gruppe von insgesamt 20 PKW für Spieler, Trainer und Zuschauer ausgegangen werden. Dagegen ist bei Spielveranstaltungen von einer kompletten Beparkung des Anlagenparkplatzes vor dem Spiel und Entleerung nach dem Spiel auszugehen.

17. Literaturhinweise

- [1] Probst, W. (1994): Geräusentwicklung von Sportanlagen und deren Quantifizierung für immissionsschutztechnische Prognosen. Bundesinstitut für Sportwissenschaft, Köln.
- [2] Probst, W. (1994): „Die Geräuschemission von Sportanlagen“ in: Zeitschrift für Lärm-bekämpfung, Vol 41, S. 151-155.
- [3] Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (1994): Parkplatzlärmstudie - Untersuchung von Schallemissionen aus Parkplätzen, Autohöfen und Omnibusbahnhöfen. Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, München.
- [4] Verein Deutscher Ingenieure (1989): VDI 3724 (Entwurf, zurückgezogen) - Beurteilung der durch Freizeitaktivitäten verursachten und von Freizeiteinrichtungen ausgehenden Geräusche. Beuth-Vertrieb GmbH, Berlin u.a.
- [5] Der Bundesminister für Verkehr (1990): Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen - RLS-90. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln.