



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la  
communication DETEC  
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle  
comunicazioni DATEC

**Bundesamt für Strassen**  
**Office fédéral des routes**  
**Ufficio federale delle Strade**

# **Lärmimmissionen von Parkieranlagen**

**Immissions de bruit d'installations de stationnement**

**Noise immissions of parking facilities**

**Basler & Hofmann, Ingenieure und Planer AG, Zürich**  
**M. Weber, dipl. Ing. ETH**  
**St. Rüttener, dipl. Natw. ETH**

**Forschungsauftrag 2000/466 auf Antrag des Schweizerischen  
Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)**

**Oktober 2006**

.....

Inhaltsverzeichnis	Seite
<b>Zusammenfassung</b>	<b>I</b>
<b>Résumé</b>	<b>II</b>
<b>Summary</b>	<b>III</b>
<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2. Gesetzliche Anforderungen</b>	<b>2</b>
2.1. Parkieranlagen in der Lärmschutzverordnung	2
2.2. Abgrenzung der Parkieranlage	2
2.3. Weitere Lärmquellen der Parkieranlage	2
2.4. Pegelkorrekturen	2
<b>3. Art und Nutzung der Parkieranlagen</b>	<b>4</b>
3.1. Nutzung durch den Berufsverkehr	4
3.2. Nutzung für Park- and Ride (P + R)	4
3.3. Nutzung durch Dienstleistungsunternehmen	4
3.4. Nutzung für den Einkauf	4
3.5. Nutzung für Freizeitaktivitäten	4
3.6. Nutzung durch Anwohner und Besucher	4
3.7. Nutzung als Warteraum und zur Bereitstellung	4
3.8. Weitere Nutzungen	5
3.9. Kombinierte Nutzung	5
<b>4. Schalleistung</b>	<b>6</b>
4.1. Schalleistungspegel pro Parkierungsvorgang	6
4.2. Schalleistungspegel pro Teilfläche	7
4.3. Anzahl Parkierungsvorgänge	8
<b>5. Immissionsberechnung</b>	<b>9</b>
5.1. Ungedeckte Parkieranlage	9
5.1.1 Immissionen der ungedeckten Parkieranlage	9
5.1.2 Parkierungsvorgänge	9
5.1.3 Parksuchverkehr	10
5.1.4 Durchfahrverkehr	10
5.1.5 Einfahrt und Ausfahrt	10
5.2. Tiefgarage	10
5.2.1 Immissionen der Tiefgarage	10
5.2.2 Einfahrt und Ausfahrt	11
5.2.3 Einfahrtsöffnung	11
5.3. Parkhaus	12

5.3.1	Immissionen des Parkhauses	12
5.3.2	Schalleistungspegel der Parkierungsvorgänge pro Etage	12
5.3.3	Schalleistungspegel und Emissionen der Durchfahrten pro Etage	12
5.3.4	Innenschallpegel pro Etage	12
5.3.5	Immissionen des Gebäudes	13
5.3.6	Ein- und Ausfahrt	14

Anhänge:

- Berechnungsbeispiele

*Datum, B 3182-1, WEB SR*

Basler & Hofmann  
Ingenieure und Planer AG, Mitglied SIA/USIC

Zürich: Forchstrasse 395, CH-8032 Zürich  
Tel. 044 387 11 22, Fax 044 387 11 00

Esslingen: Bachweg 1, CH-8133 Esslingen  
Tel. 044 387 15 22, Fax 044 387 15 00

## Zusammenfassung

Mit der Zunahme des Strassenverkehrs hat auch der Bedarf an Abstellflächen und Parkierungsanlagen zugenommen. Bei den Einkaufszentren an der Peripherie, aber auch in den heutigen Stadtentwicklungsgebieten beispielsweise sind grosse Parkierungsanlagen entstanden. Nicht selten ergeben sich durch den Zufahrts- und den Parkverkehr Lärmprobleme.

Die Lärmschutzverordnung widmet den Parkierungsanlagen in ihrem Anhang 6 einen separaten Beurteilungsteil.

Die vorliegende Norm erlaubt es, die Immissionen solcher Parkierungsanlagen zu quantifizieren. Grundlage sind die - in der Bayerischen Parklärmstudie - aus vielen Messungen erhobenen Kennzahlen sowie die dort publizierten Berechnungsverfahren. Die bisherigen Erfahrungen in Deutschland zeigen, dass Beschwerden von Anliegern über die Lärmimmissionen von Parkierungsanlagen praktisch nicht auftreten, wenn das vorgeschlagene Berechnungs- und Beurteilungsverfahren angewandt worden ist.

## Résumé

Avec l'augmentation du trafic routier le besoin aux installations de stationnement a également augmenté. Autour des centres commerciales à la périphérie, mais également dans les actuels secteurs urbains de développement par exemple on a construit des grands installations de stationnement. Il y a souvent des problèmes avec le trafic d'accès et le trafic dans l'installation de stationnement.

L'ordonnance sur la protection contre le bruit contient dans l'annexe 6 une partie de jugement distincte aux installations de stationnement.

La présente norme permet de quantifier les immissions de tels installations de stationnement. La base sont des données caractéristiques élevées de beaucoup de mesures – dans l'étude bavaroise de bruit de parking – ainsi que la méthode de calcul publiées là. Les expériences précédentes en Allemagne montrent, que les plaintes des riverains sur les immissions du bruit des installations de stationnement n'apparaissent pratiquement pas, si la procédure du calcul et jugement proposée a été appliquée.

## Summary

With the increase of road traffic the need for parking facilities increased. Around the shopping centers in the periphery and the today's town development areas for example large parking facilities have been built. Noise problems are often the result of approach road traffic and parking traffic.

The noise protection regulations of Switzerland have in appendix 6 a special evaluation part for parking facilities.

The actual standard permits to quantify the immissions of such parking facilities. Basis are the characteristic numbers as well as the computation methods published in the Bavarian park noise study. The past experiences in Germany show, that complaints of adjoining owners do practically not arise, if the suggested computation and evaluation procedure were used.



## 1. Einleitung

Für den fliessenden Verkehr gibt es zahlreiche Modelle, die die Immissionen in den angrenzenden Gebieten prognostizieren. Sie berücksichtigen die wichtigsten Parameter wie Verkehrsmenge, Verkehrszusammensetzung, Geschwindigkeit, Steigung und Strassenbelag sowie die Ausbreitungsbedingungen und ergeben im allgemeinen zuverlässige Ergebnisse. Für den ruhenden Verkehr resp. für die mit dem Parkieren verbundenen lärmrelevanten Aktivitäten gibt es nur wenige Untersuchungen. In der Schweiz fehlen bisher klare Regelungen, wie diese Immissionen zu berechnen sind.

Beim sogenannt ruhenden Verkehr, resp. den lärmässigen Aktivitäten, die damit verbunden sind, gibt es je nach Art und Nutzung der Anlage eine grosse Bandbreite. Ob der Parkplatz lediglich zum Parkieren genutzt wird und das Fahrzeug nur durch eine Person besetzt ist (z.B. Pendlerparkplätze), ob in der Regel mehrere Personen im Fahrzeug sind und Gepäck ein- und ausgeladen wird (z.B. Einkaufsparkplätze), oder ob weitere Aktivitäten auf dem Parkplatz stattfinden (z.B. Freizeitanlagen) spielt für die Lärmerzeugung eine erhebliche Rolle.

Im Rahmen dieses Auftrages wurden keine eigenen Messungen an Parkieranlagen vorgenommen. Der Bericht und auch das Berechnungsverfahren stützt sich weitgehend auf die Bayerische Parklärmstudie ab, in deren Rahmen umfangreiche Messserien an verschiedenen Arten von Parkieranlagen vorgenommen wurden. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit werden die Resultate dieser Messungen und das Berechnungsverfahren an schweizerische Verhältnisse angepasst. Auf die Übernahme von Angaben zum spezifischen Fahrzeugaufkommen (z.B. Fahrzeugbewegungen pro Stunde und Abstellplatz), dessen Erhebung ebenfalls Teil obgenannter Studie war, wurde verzichtet. Die Ermittlung dieser Eingangsgrössen soll durch Verkehrsspezialisten erfolgen, die die schweizerischen Gepflogenheiten kennen.

Die Norm wurde hinsichtlich der neueren Entwicklungen beim Strassenverkehrslärm auf Schalleistungsangaben aufgebaut.

Diese Arbeit bildet die Grundlage zu einer Norm über die Immissionen von Parkieranlagen.



## 2. Gesetzliche Anforderungen

Die gesetzlichen Anforderungen an die Lärmimmissionen aus Parkierungsanlagen sind im Umweltschutzgesetz (USG) und der Lärmschutzverordnung (LSV) festgehalten.

### 2.1. Parkierungsanlagen in der Lärmschutzverordnung

Die Beurteilung der Lärmimmissionen aus Parkierungsanlagen ist in der Lärmschutzverordnung in Anhang 6 "Industrie- und Gewerbelärm" unter Ziffer 1, Absatz 1, Buchstabe d (Parkhäuser und grössere Parkplätze ausserhalb von Strassen) abschliessend geregelt.

### 2.2. Abgrenzung der Parkierungsanlage

Die Abgrenzung zwischen Strasse (z.B. inkl. Längsparkierung) und Parkierungsanlage ist nicht immer eindeutig. Beim Längs- und Querparkieren wird davon ausgegangen, dass die Geräusche des fliessenden Verkehrs diejenigen des Parkierens überwiegen.

Grundsätzlich ist – gemäss eines Schreibens des BUWAL - die Abgrenzung zwischen Strasse und Parkierungsanlage funktional vorzunehmen. Ob es sich bei der Ein- und Ausfahrt um einen Teil des Strassennetzes (Beurteilung nach Lärmschutzverordnung Anhang 3) oder um einen Teil der Parkierungsanlage handelt (Beurteilung nach Lärmschutzverordnung Anhang 6, Ziffer 1, Absatz 1, Buchstabe d) ist im Einzelfall durch den Gutachter zu prüfen. Wenn der Verkehr auf der Ein- resp. Ausfahrt infolge der Parkierungsanlage überwiegt, so sind dessen Immissionen der Parkierungsanlage zuzurechnen.

Parkplätze, die zwar vom öffentlichen Raum abgesetzt sind, aber über keine Zufahrten verfügen (z.B. Parkplätze vor einem Geschäft, die über das Trottoir zu erreichen sind) gelten demnach in der Regel nicht als Parkierungsanlage, sondern als Teil der Strasse.

### 2.3. Weitere Lärmquellen der Parkierungsanlage

Allfällige zusätzliche Industrie- und Gewerbelärmimmissionen aus anderen Lärmquellen der Parkierungsanlage (Güterumschlag, Lüftungsanlagen, Kühlaggregate von Lastwagen, Lifтанlagen, Lautsprecheranlagen, Drive-in, etc.) sind – soweit massgebend - ebenfalls zu überlagern; gegebenenfalls sind auch die Lärmphasen neu zu definieren und die Pegelkorrekturen anzupassen.

### 2.4. Pegelkorrekturen

Für den Lärm von Parkierungsanlagen gilt gemäss Anhang 6 der Lärmschutzverordnung:

K1 Tag: 0

K1 Nacht: 5

Nach Meinung der Expertenkommission müsste dieser Faktor für die ausgeweiteten Nutzungszeiten einiger Parkierungsanlagen (in die späten Nacht- und die frühen Morgenstunden infolge des geänderten Ausgehverhaltens) angepasst werden.

Die Pegelkorrekturen für den Ton- und den Impulsgehalt charakterisieren das Geräusch der Parkierungsanlage am Immissionsort.

Im allgemeinen ist davon auszugehen, dass der Tongehalt des Parkierungslärms nicht hörbar sein wird, während der Impulsgehalt als deutlich hörbar zu bezeichnen ist. Zusätzliche Immissionen - beispielsweise aus dem Betrieb von Kühlaggregaten - können aber auch zu einer anderen Einschätzung dieser Korrekturfaktoren führen.

Die Korrekturfaktoren können je nach Art und Nutzung der Parkierungsanlagen stark variieren. Die Immissionen aus Autoradio und von Unterhaltungen zwischen Benutzern sind in den Schalleistungspegeln enthalten und sollen ebenfalls in den Korrekturfaktoren berücksichtigt werden, womit menschliche Stimmen in diesem Spezialfall Betriebsgeräuschen gleichgesetzt werden.

Die Pegelkorrektur für das zeitliche Auftreten des Parkierungslärms gemäss Lärmschutzverordnung Anhang 6 Ziffer 31 Absatz 2 erübrigt sich. Sie ist bereits im durchschnittlichen Verkehr pro Stunde berücksichtigt.

### 3. Art und Nutzung der Parkierungsanlagen

Die Parkierungsanlagen werden nach der Art der Nutzung unterschieden, da das Verkehrsaufkommen und das Benutzerverhalten und damit auch die erzeugten Lärmemissionen nach Art der Nutzung unterschiedlich sind.

#### 3.1. Nutzung durch den Berufsverkehr

Es handelt sich dabei um Parkierungsanlagen, die Mitarbeitern, welche mit dem Motorfahrzeug zur Arbeit pendeln, sowie Besuchern, Kunden und Lieferanten zur Verfügung stehen. Die Parkfelder sind nicht öffentlich zugänglich und grösstenteils für Berechtigte reserviert.

#### 3.2. Nutzung für Park- and Ride (P + R)

Diese Anlagen befinden sich in der Nähe einer Haltestelle des öffentlichen Verkehrs. Sie dienen der Parkierung des individuellen Fahrzeugs beim Umsteigen auf ein öffentliches Verkehrsmittel. P+R-Anlagen verfügen häufig auch über Vorfahrten für den Zubringerdienst zum öffentlichen Verkehr.

#### 3.3. Nutzung durch Dienstleistungsunternehmen

Diese Anlagen dienen den Kunden von Dienstleistungsunternehmen.

#### 3.4. Nutzung für den Einkauf

- Parkierungsanlagen von Einkaufszentren
- Parkierungsanlagen von Einzelhandelsgeschäften
- allgemein zugängliche innerstädtische Parkierungsanlagen
- Parkierungsanlagen bei Tankstellen mit Shop

#### 3.5. Nutzung für Freizeitaktivitäten

- Parkierungsanlagen von Sportplätzen, Stadien, Sporthallen, Schiessanlagen, Flugfeldern etc.
- Parkierungsanlagen von Unterhaltungsbetrieben (Multiplex Kinos, Kasinos, Diskotheken, etc.)
- Parkierungsanlagen von Kulturbetrieben (Museen, Konzerthallen, Theater und Oper, etc.)
- Parkierungsanlagen in Erholungsgebieten (Strandbäder, Naherholungszone, Wander- und Skigebieten, Seilbahnen, etc.)
- Parkierungsanlagen von Ausstellungs- und Messezentren

#### 3.6. Nutzung durch Anwohner und Besucher

Zu dieser Kategorie gehören Anlagen, die zu Wohnsiedlungen gehören und die hauptsächlich durch Anwohner und Besucher benutzt werden.

#### 3.7. Nutzung als Warteraum und zur Bereitstellung

Es handelt sich um Parkierungsanlagen, die als Warteraum zur Benutzung anderer Verkehrsträger konzipiert sind. Es sind dies vor allem:

- Fährwarterräume
- Warterräume bei Bahnverladestationen
- Schwerverkehrszentren
- Busbahnhöfe und Carparkplätze

### **3.8. Weitere Nutzungen**

Es gibt eine grosse Zahl weiterer Nutzungen, die durch die vorhergehenden Kategorien nur ungenügend abgedeckt sind. Bei diesen ist das Nutzungsverhalten im Einzelfall zu prüfen und der Richtwert für die Schalleistung je nach Anlage anzupassen

- Parkierungsanlagen der Hotellerie
- Parkierungsanlagen von Gastwirtschaften, Restaurants, etc.
- Besucher-Parkierungsanlagen von Schulen, Spitälern, Heimen, Werkstätten, etc.
- Parkierungsanlagen von Kirchen, Friedhöfen, etc.
- Besucher-Parkierungsanlagen an Flughäfen

### **3.9. Kombinierte Nutzung**

Die meisten Parkierungsanlagen werden nicht artrein genutzt. Es gibt häufig Mehrfachnutzungen, d.h. dasselbe Parkfeld wird beispielsweise sowohl vom Berufs-, dem Einkaufsverkehr wie auch dem Verkehr infolge von Freizeitaktivitäten benutzt. Dementsprechend sind bei den Immissionsberechnungen die jeweiligen Anteile der Nutzungen zu berücksichtigen.

## 4. Schalleistung

Die Lärmimmissionen aus Parkierungsanlagen werden berechnet, indem in einem ersten Schritt die Emissionen in Form der Schalleistung ermittelt werden und in einem zweiten Schritt daraus über die Ausbreitungsberechnung die Immissionen am Empfangspunkt berechnet werden.

### 4.1. Schalleistungspegel pro Parkierungsvorgang

Der Schalleistungspegel eines Parkfeldes hängt wesentlich von seiner Nutzung ab. Einen Einfluss auf die Lärmentwicklung hat namentlich der Besetzungsgrad des Fahrzeugs, die Nutzung des Kofferraums und das Fahrverhalten. Unter Berücksichtigung dieser Aspekte wurden folgende Schalleistungspegel  $L_{W,PV}$  für die verschiedenen Nutzungsarten von Parkierungsanlagen festgelegt.

Nutzung der Parkierungsanlage durch:	Schalleistungspegel $L_{W,PV}$ <sup>1</sup> pro Parkierungsvorgang und pro h	Der Schalleistungspegel berücksichtigt zusätzlich zum eigentlichen Parkierungsvorgang auch die folgenden Lärmanteile:	Erhöhung des Schalleistungspiegels bei zusätzlichen Lärmquellen:
Personenwagen:			
Berufsverkehr	$L_{W,PV} = 66 \text{ dB(A)}$		Bei der Benutzung von Einkaufs- oder Gepäckwagen erhöht sich der Pegel um 2 dB(A).
P + R	$L_{W,PV} = 66 \text{ dB(A)}$		
Dienstleistungsunternehmen	$L_{W,PV} = 66 \text{ dB(A)}$		
Einkaufsverkehr	$L_{W,PV} = 67 \text{ dB(A)}$	vermehrt Türen und Heckklappe öffnen und schliessen	
Freizeitaktivitäten	$L_{W,PV} = 68 \text{ dB(A)}$	vermehrt Türen und Heckklappe öffnen und schliessen, teilweise Autoradio	
Anwohner und Besucher	$L_{W,PV} = 67 \text{ dB(A)}$	vermehrt Türen und Heckklappe öffnen und schliessen	
Warte- und Bereitstellungsräume	$L_{W,PV} = 68 \text{ dB(A)}$	vermehrt Türen und Heckklappe öffnen und schliessen, teilweise Autoradio	
Weitere	$L_{W,PV} = 67 \text{ dB(A)}$	vermehrt Türen und Heckklappe öffnen und schliessen	
übrige Fahrzeuge:			

<sup>1</sup> Schalleistungspegel bei Fahrbahnoberfläche aus Asphalt oder ungerilltem, fugenlosem Beton. Für andere Beläge ist eventuell ein Zuschlag zu machen.

Autobusse	$L_{W,PV} = 76 \text{ dB(A)}$		Bei der zusätzlichen Benutzung von Gepäckwagen erhöht sich der Pegel um 1 dB(A).
Lastwagen	$L_{W,PV} = 78 \text{ dB(A)}$		Der Betrieb von Kühlaggregaten zeigt mittlere Schalleistungspegel von 97 dB(A). Diese Lärmquelle ist zusätzlich zu derjenigen der Parkierungsvorgänge zu berücksichtigen. Falls keine genaueren Angaben vorliegen, soll von einer Einsatzdauer von 15 Minuten pro Stunde ausgegangen werden.
Motorräder	$L_{W,PV} = 69 \text{ dB(A)}$		

Tab. 1: Schalleistungspegel pro Parkierungsvorgang

Bei kombinierter Nutzung der Parkfelder sind die Schalleistungspegel der Parkierungsvorgänge entsprechend ihres Anteils energetisch zu addieren:

$$L_{W,PV} = 10 \cdot \log[a \cdot 10^{(0,1L_{W,PV1})} + b \cdot 10^{(0,1L_{W,PV2})} + c \cdot 10^{(0,1L_{W,PV3})} + \dots]$$

Wobei a, b, c, ... die Anteile der einzelnen Nutzungen sind und zusammengezählt 1 resp. 100 % ergeben.

Für eine erste Abschätzung kann von der Nutzung mit den höchsten Emissionen ausgegangen werden.

#### 4.2. Schalleistungspegel pro Teilfläche

Parkieranlagen, die unterschiedliche Nutzungen beinhalten, sind in Teilflächen mit einheitlichen Schalleistungspegeln  $L_{W,PV}$  und einheitlicher Anzahl Parkierungsvorgänge aufzuteilen.

Wenn es Zonen mit attraktiveren Parkplätzen gibt, so kann auch hier eine Unterteilung erfolgen.

Damit die Teilflächen als Punktschallquellen behandelt werden dürfen, sind sie weiter zu unterteilen, wenn der Abstand zwischen Immissionsort und Rand der Teilfläche kleiner ist, als die grösste Abmessung der Teilfläche.

Eine einzelne Teilfläche darf zudem nie mehr als 150 Parkfelder beinhalten.

Der Schalleistungspegel der i-ten Teilfläche  $L_{W,TFi}$  berechnet sich wie folgt:

$$L_{W,TFi} = L_{W,PVi} + dMi$$

$L_{W,PVi}$  Schalleistungspegel des Parkierungsvorgangs der entsprechenden Nutzung auf der Teilfläche  $i$

$dMi$  Verkehrsmengenzuschlag

$$dMi = 10 \cdot \log(B_{TFi} \cdot n_{TFi})$$

$B_{TFi}$  Anzahl Parkierungsvorgänge auf der Teilfläche  $i$  pro Stunde und Parkfeld (im Jahresschnitt unterteilt in Tag und Nacht)

$n_{TFi}$  Anzahl Parkfelder auf der Teilfläche  $i$

### 4.3. Anzahl Parkierungsvorgänge

Die Anzahl der Parkierungsvorgänge pro Parkfeld am Tag (07 bis 19 Uhr), bzw. in der Nacht (19 bis 07 Uhr) ist stark von der Nutzungsart und Lage der Parkieranlage abhängig. Für den spezifischen Anwendungsfall sind sie von einer Verkehrsfachperson zu ermitteln.

## 5. Immissionsberechnung

### 5.1. Ungedeckte Parkierungsanlage

#### 5.1.1 Immissionen der ungedeckten Parkierungsanlage

Die Immissionen ungedeckter Parkierungsanlagen setzen sich wie folgt zusammen:

- Parkierungsvorgänge inkl. Pegelerhöhung durch allfälligen Parksuchverkehr
- eventueller Durchfahrverkehr  $Leq_D$
- Verkehr auf der Ein- und Ausfahrt  $Leq_Z$

Die Immissionen  $L_{I,PA}$  berechnen sich mittels energetischer Addition dieser Beiträge wie folgt:

$$L_{I,PA} = 10 \cdot \log[10^{(0,1 \cdot (L_{I,PV} + K_P))} + 10^{(0,1 \cdot Leq_D)} + 10^{(0,1 \cdot Leq_Z)}]$$

$L_{I,PV}$  Gesamtimmissionspegel der Parkierungsvorgänge

$K_P$  Pegelkorrektur für den Parksuchverkehr

$Leq_D$  Immissionspegel allfälligen Durchfahrverkehrs

$Leq_Z$  Immissionspegel der Ein- und Ausfahrt

#### 5.1.2 Parkierungsvorgänge

Der Gesamtimmissionspegel der Parkierungsvorgänge  $L_{I,PV}$  wird bei mehreren Teilflächen durch energetische Addition der einzelnen Beiträge gebildet:

$$L_{I,PV} = 10 \cdot \log \sum 10^{(0,1 \cdot L_{I,TFi})}$$

$L_{I,TFi}$  Immissionspegel der Parkierungsvorgänge auf der Teilfläche i

Der Immissionspegel aus den Parkierungsvorgängen pro Teilfläche  $L_{I,TFi}$  wird nach folgender Formel berechnet:

$$L_{I,TFi} = L_{W,TFi} - 8 - dDi$$

$dDi$  Abstandskorrektur  $dDi = 20 \cdot \log(Di)$

$Di$  Abstand zwischen dem Mittelpunkt der Teilfläche i und dem Empfängerpunkt

Bei grösseren Distanzen und/oder Hindernissen auf dem Ausbreitungsweg – wobei parkierte Autos nicht als Hindernisse gelten – können auch detailliertere Ausbreitungsrechnungen unter Berücksichtigung der Boden-, Luft und Hindernisdämpfung durchgeführt werden.



### 5.1.3 Parksuchverkehr

Die Pegelerhöhung infolge des Parksuchverkehrs  $K_p$  berechnet sich unabhängig von der Nutzung der Parkfelder nach folgender Formel:

Für  $N < 150$ :  $K_p = 10 \cdot \log(1 + N/44)$

Für  $N \geq 150$ :  $K_p = 6.4$

N            Gesamtzahl der Parkfelder der Parkierungsanlage

Dieser Zuschlag ist begrenzt, da auf grossen Parkplätzen in der Regel mehrere Ein- und Ausfahrten bestehen, so dass nicht alle Fahrzeuge auf Parkplatzsuche am Immissionsort vorbeifahren. Ebenso kommt vermehrt die Abschirmung durch geparkte Fahrzeuge zum Tragen.

Wenn das Verkehrsaufkommen in den Fahrgassen gut bekannt ist (z.B. bei Parkplätzen mit Sackgassen), kann auf den Zuschlag für den Parksuchverkehr verzichtet werden, wenn gleichzeitig die Immissionen des Durchfahrverkehrs berücksichtigt werden.

### 5.1.4 Durchfahrverkehr

Bei Parkierungsanlagen mit mehr als 150 Parkfeldern, oder wenn es die Situation erfordert (Zubringer-Verkehr zu ÖV, Durchfahrten in Parkhäusern zum Erreichen einer anderen Etage, Fahrten auf Rampen, etc.), sind die Immissionen des Durchfahrverkehrs separat zu berücksichtigen.

Die Immissionen des Durchfahrverkehrs  $Leq_d$  werden mit einem anerkannten Programm für Strassenverkehrslärm berechnet. Die Geschwindigkeit ist mit 30 km/h einzusetzen. Die Anzahl der Durchfahrten ist in der Regel durch eine Verkehrsfachperson zu ermitteln. Dabei ist zu beachten, dass die Tag-/Nachtunterteilung gemäss Anhang 6 der Lärmschutzverordnung zugrunde zu legen ist. Die Anzahl der Durchfahrten pro Stunde basiert somit auf einem Jahreswert für die Tageszeit (7-19 Uhr) und die Nachtzeit (19-7 Uhr) geteilt durch die Anzahl Betriebstage pro Jahr.

### 5.1.5 Einfahrt und Ausfahrt

Die Immissionen  $Leq_z$  auf der Ein- und Ausfahrt sind an dieser Stelle nur zu berücksichtigen, wenn der Verkehrsanteil infolge der Parkierungsanlage überwiegt.

## 5.2. Tiefgarage

### 5.2.1 Immissionen der Tiefgarage

Die Immissionen von Tiefgaragen  $L_{1,TG}$  sind aus den nachfolgend beschriebenen Bausteinen entsprechend der Situation zusammzusetzen:

- Ein- und Ausfahrt ausserhalb der Tiefgarage resp. ausserhalb des eingehausten Teils von Ein- und Ausfahrt

- Schallabstrahlung der Einfahrtsöffnung des eingehausten Teils der Ein- und Ausfahrt oder der Tiefgarage

Die Immissionen aus dem Öffnungs- und Schliessungsvorgang des Garagentors wie auch das Überfahren von Regenrinnen darf nicht massgeblich zum Immissionspegel beitragen. Andernfalls wären die Beiträge dieser Lärmquellen zu erheben und zu berücksichtigen. Zu diesen möglichen Lärmquellen bestehen in der Bayerischen Parkplatzlärmstudie Schalleistungsangaben. Da es sich allerdings nur um einzelne Messungen handelt, ist deren Aussagekraft eng begrenzt. Im Rahmen des Vorsorgeprinzips sind solche Immissionen ohnehin zu vermeiden oder zu beseitigen und daher bei Schallprognosen vernachlässigbar. Aus diesem Grunde fehlen an dieser Stelle entsprechende Werte.

Die Anteile sind wie folgt energetisch zu addieren:

$$L_{i,TG} = 10 \cdot \log[10^{(0,1Leq_z)} + 10^{(0,1L_{i,O})}]$$

$Leq_z$  Immissionspegel der Ein- und Ausfahrt resp. der Ein- und Ausfahrt ausserhalb des eingehausten Teils

$L_{i,O}$  Immissionspegel aus der Einfahrtsöffnung

### 5.2.2 Einfahrt und Ausfahrt

Die Immissionen  $Leq_z$  der Ein- und Ausfahrten ausserhalb des eingehausten Teils der Parkierungsanlage werden wie bei ungedeckten Parkierungsanlagen ermittelt.

### 5.2.3 Einfahrtsöffnung

Die Immissionen der abstrahlenden Öffnung  $L_{i,O}$  des eingehausten Teils von Ein- resp. Ausfahrt betragen in Fahrtrichtung:

$$L_{i,O} = 45 + dm + dF - dD$$

senkrecht dazu:

$$L_{i,O} = 37 + dm + dF - dD$$

$dm$  Verkehrsmengenzuschlag  $dm = 10 \cdot \log(m)$

$m$  Anzahl Fahrzeugbewegungen pro Stunde auf der Basis eines Jahresdurchschnitts

$dF$  Flächenkorrektur  $dF = 10 \cdot \log(F)$

$F$  Fläche der Einfahrtsöffnung in  $m^2$

$dD$  Abstandskorrektur  $dD = 20 \cdot \log(D)$

$D$  Abstand zwischen Einfahrtsöffnung und Empfängerpunkt

Diese semiempirische Formel basiert auf einer dünnen Datenbasis. Aufgrund der festgestellten Richtcharakteristik sind die Immissionen in Fahrtrichtung wesentlich höher als senkrecht dazu.

Die Immissionen aus der Einfahrtsöffnung der Tiefgarage  $L_{i,O}$  berechnen sich mit dem in nachfolgenden Kapitel dargelegten Berechnungsverfahren für Parkhäuser.

Bei offenen Tiefgaragenrampen (Garagentor unterhalb Rampe) war die Schallabstrahlung über das geöffnete Garagentor bei den mittels Messungen untersuchten Tiefgaragenrampen gegenüber dem Fahrgeräusch auf der Rampe vernachlässigbar.

### 5.3. Parkhaus

Das nachfolgend dargelegte Berechnungsverfahren gilt für Parkhäuser mit Öffnungen in der Gebäudehülle. Bei geschlossenen Gebäudehüllen, die über eine ausreichende Schalldämmung verfügen, können die Lärmimmissionen anhand der Angaben zu Tiefgaragen ermittelt werden.

#### 5.3.1 Immissionen des Parkhauses

Die Immissionen des Parkhauses  $L_{I,PH}$  berechnen sich aus den Beiträgen der Gebäudehülle und der Ein- resp. Ausfahrt wie folgt:

$$L_{I,PH} = 10 \cdot \log[10^{(0,1 \cdot L_{I,Gebäude})} + 10^{(0,1 \cdot L_{eqZ})}]$$

Für die Ermittlung des Beitrags aus dem Gebäude sind folgende Berechnungsschritte zu durchlaufen:

- Bestimmung des Schalleistungspegels pro Etage unter Berücksichtigung der Parkierungsvorgänge, des Parksuchverkehrs und der Durchfahrten
- Ermittlung des Innenschallpegels pro Etage
- Ermittlung der Immissionen des Gebäudes

#### 5.3.2 Schalleistungspegel der Parkierungsvorgänge pro Etage

Der Schalleistungspegel der Parkierungsvorgänge auf einer Etage  $L_{W,PVEtage}$  berechnet sich über die energetische Addition der Parkierungsvorgänge aller Teilflächen unter Berücksichtigung des Parksuchverkehrs wie folgt:

$$L_{W,PVEtage} = [10 \cdot \log \sum 10^{(0,1 \cdot L_{W,Tf})}] + K_p$$

#### 5.3.3 Schalleistungspegel und Emissionen der Durchfahrten pro Etage

Der Schalleistungspegel  $L_{W,D}$  oder der Immissionspegel in 1m Abstand  $Leq(1m)_D$  des Durchfahrverkehrs auch unter Berücksichtigung der Durchfahrten auf den Rampen, ist mittels eines anerkannten Modells zur Berechnung von Strassenlärm zu bestimmen.

Zu berücksichtigen ist die Fahrgeschwindigkeit mit 30 km/h, die Steigung, die Fahrzeugkategorien, die Verkehrsmenge und der Belag. Im Schalleistungspegel ist zusätzlich die Weglänge  $l$  zu berücksichtigen.

#### 5.3.4 Innenschallpegel pro Etage

Der Innenschallpegel pro Etage  $L_{H,Etage}$  berechnet sich wie folgt:

$$L_{H,Etage} = 10 \cdot \log[10^{(0.1 \cdot L_{W,PV,Etage})} + 10^{(0.1 \cdot L_{W,D})}] - dA + 6$$

dA	Korrektur äquivalente Absorptionsfläche $dA = 10 \cdot \log(A)$
A	äquivalente Absorptionsfläche in $m^2$ $A = \alpha_1 \cdot A_1 + \alpha_2 \cdot A_2 + \alpha_3 \cdot A_3 + \dots$
$\alpha_i$	Absorptionskoeffizient der Begrenzungsfläche i (Boden, Decke, Wände, Öffnungen) <sup>2</sup> ;
$A_i$	Begrenzungsflächen in $m^2$
$L_{W,D}$	Schallleistungspegel des Durchfahrverkehrs $L_{W,D} = Leq(1m)_D + 4 + 10 \cdot \log(l)$
l	Weglänge der Durchfahrt in m

Aufgrund der Schallreflexionen an Decke, Boden und Wänden erhöht sich der Schallpegel der Parkierungs- und Vorbeifahrtvorgänge gegenüber einer vergleichbaren Situation im Freien. Das Berechnungsverfahren geht vereinfachend davon aus, dass innerhalb des Parkhauses ein diffuses Schallfeld vorliegt, was gerade bei flachen Einstellhallen nicht immer der Fall ist. Mit dem gewählten Verfahren liegen die errechneten Immissionen aber auf der 'sicheren Seite'.

### 5.3.5 Immissionen des Gebäudes

Die Immissionen pro Etage  $L_{I,Etagei}$  am Immissionsort infolge von Gebäudeöffnungen ermitteln sich wie folgt:

$$L_{I,Etagei} = L_{H,Etagei} + dFi - 14 - dSi + \Gamma_i$$

dFi	Flächenkorrektur $dFi = 10 \cdot \log(Fi)$
Fi	Fläche der abstrahlenden Gebäudeöffnung i in $m^2$
dSi	Abstandkorrektur $dSi = 20 \cdot \log(Si)$
Si	Distanz zwischen Mittelpunkt der Öffnung i und Empfängerpunkt in m
$\Gamma_i$	Richtwirkungsmass für das Bauteil i. $\Gamma_i$ beträgt bei Abstrahlung in den Halbraum 3 dB(A) und bei Abstrahlung in den Viertelraum 6 dB(A).

Für grössere Entfernungen  $S_i$  können auch weitere Dämpfungsfaktoren (z.B. Luft- und Bodendämpfung) in Abzug gebracht werden.

Es gilt zu berücksichtigen, dass bei kurzen Distanzen  $S_i$  zwischen Parkhaus und Immissionsort die abstrahlenden Bauteile weiter zu unterteilen sind, damit die Bedingung ( $S_i \geq$  grösste Abmessung des Bauteils) erfüllt ist.

Sind die dem Immissionsort gegenüberliegenden Gebäudeöffnungen mittels schwach dämmender Bauteile geschlossen worden, so lässt sich der Schalldurchtritt durch solche Bauelemente wie folgt ermitteln:

<sup>2</sup>  $\alpha_{\text{Beton}} \sim 0.03$ ;  $\alpha_{\text{Fassadenöffnung}} = 1$ ;

$$L_{I,Etagei} = L_{H,Etage} - R'_{wi} + dFi - 14 - dSi + \Gamma_i$$

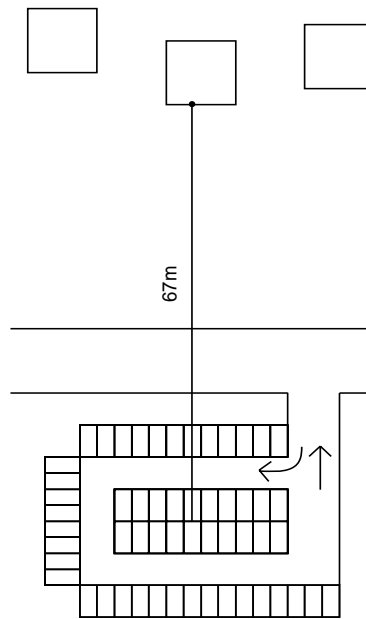
Die Immissionen aller relevanten Teile der Gebäudehülle werden anschliessend energetisch addiert:

$$L_{I,Gebäude} = 10 \cdot \log \sum_i 10^{(0,1L_{I,Etagei})}$$

### 5.3.6 Ein- und Ausfahrt

Zusätzliche Immissionen einer eingehausten Ein- und Ausfahrt sowie von Toren und Regenrinnen sind analog wie bei Tiefgaragen ebenfalls zu berücksichtigen.

## Beispiel 1: Parkierungsanlage mit einer Nutzungsart (Einfache Parkierungsanlage)



### Eingabedaten

Anlagentyp: ungedeckte Parkierungsanlage für Besucher

Parkierungsanlage bestehend aus einer Teilfläche (eine Nutzungsart, weniger als 150 Parkfelder; Kugelquellenansatz ist erfüllt)

$L_{W,PV}$	67.0 dB(A)
$B_{TF \text{ tag}}$	0.15
$B_{TF \text{ nacht}}$	0.02
$N = n_{TF}$	55
D	67 m

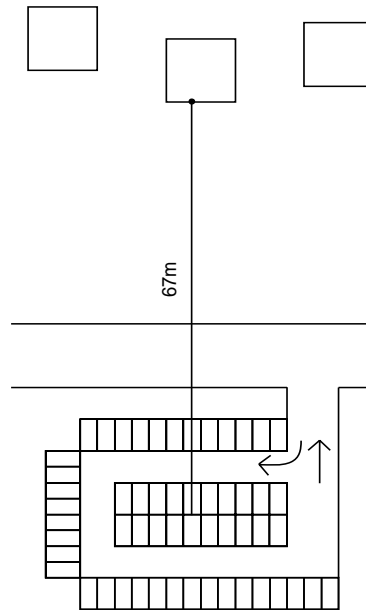
### Immissionsberechnungen

		Tag	Nacht
$L_{W,PV}$	Schallleistungspegel pro Parkierungsvorgang	67.0	67.0
$dM = 10 \cdot \log(B_{TF} \cdot N)$	Verkehrsmengenzuschlag	9.2	0.4
$L_{W,TF} = L_{W,PV} + dM$	Schallleistungspegel der Parkierungsvorgänge	76.2	67.4
$dD = 20 \cdot \log(D)$	Abstandskorrektur	36.5	36.5
$L_{I,PV} = L_{I,TF} = L_{W,TF} - 8 - dD$	Immissionspegel Parkierungsvorgänge	31.6	22.9
$K_P = 10 \cdot \log(1 + N/44)$	Korrektur Parksuchverkehr	3.5	3.5
$Leq_D$	Immissionen Durchfahrverkehr (hier: kein Durchfahrverkehr)	0.0	0.0
$Leq_Z$	Immissionen Ein- und Ausfahrt (hier: vernachlässigbar)	0.0	0.0
$L_{I,PA} = 10 \cdot \log[10^{(0.1 \cdot (L_{I,PV} + K_P))} + 10^{(0.1 \cdot Leq_D)} + 10^{(0.1 \cdot Leq_Z)}]$	Immissionspegel Parkierungsanlage	35.2	26.4

### Beurteilungspegel

Immissionspegel		35.2	26.4
Korrektur K1	Art der Anlage	0.0	5.0
Korrektur K2	Tongehalt	0.0	0.0
Korrektur K3	Impulsgehalt	4.0	4.0
Beurteilungspegel Lr		<b>39 dB(A)</b>	<b>35 dB(A)</b>

## Beispiel 2: Parkierungsanlage mit Mehrfachnutzung (Kombinierte Parkierungsanlage)



### Eingabedaten

Anlagentyp: Ungedeckte Parkierungsanlage für Einkaufsverkehr (mit Einkaufswagen) und Besucher

Parkierungsanlage bestehend aus einer Teilfläche (Mehrfachnutzung, weniger als 150 Parkfelder; Kugelquellenansatz ist erfüllt)

	Einkauf	Besucher	Kombiniert Tag	Nacht
$L_{W,PV}$	69.0 dB(A)	67.0 dB(A)	68.1 dB(A)	67.0 dB(A)
$B_{TF}$ tag	0.75	0.15	0.45	
$B_{TF}$ nacht	0	0.05		0.05
$N = n_{TF}$	55			
$D$	67 m			
Anteil Tag	50%	50%	100%	
Anteil Nacht	0%	100%		100%

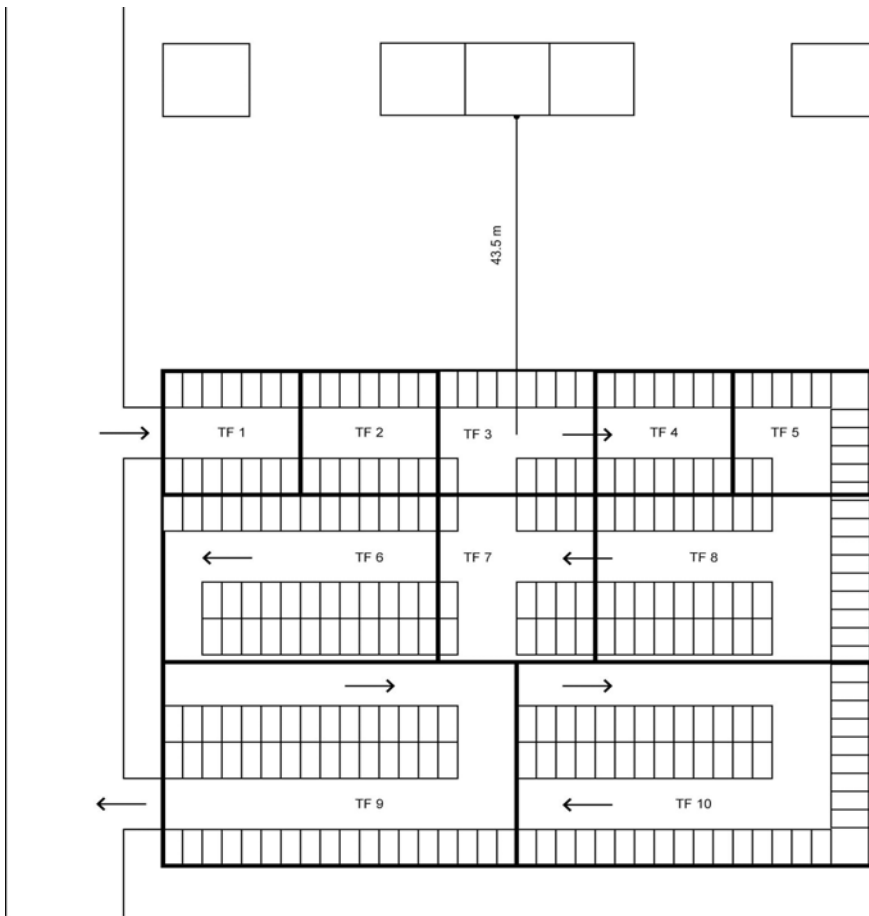
### Immissionsberechnungen

		Tag	Nacht
$L_{W,PV}$	Schallleistungspegel pro Parkierungsvorgang	68.1	67.0
$dM = 10 \cdot \log(B_{TF} \cdot N)$	Verkehrsmengenzuschlag	13.9	4.4
$L_{W,TF} = L_{W,PV} + dM$	Schallleistungspegel der Parkierungsvorgänge	82.0	71.4
$dD = 20 \cdot \log(D)$	Abstandskorrektur	36.5	36.5
$L_{I,PV} = L_{I,TF} = L_{W,TF} - 8 - dD$	Immissionspegel Parkierungsvorgänge	37.5	26.9
$K_P = 10 \cdot \log(1 + N/44)$	Korrektur Parksuchverkehr	3.5	3.5
$Leq_D$	Immissionen Durchfahrverkehr (hier: kein Durchfahrverkehr)	0.0	0.0
$Leq_Z$	Immissionen Ein- und Ausfahrt (hier: vernachlässigbar)	0.0	0.0
$L_{I,PA} = 10 \cdot \log[10^{(0.1 \cdot (L_{I,PV} + K_P))} + 10^{(0.1 \cdot Leq_D)} + 10^{(0.1 \cdot Leq_Z)}]$	Immissionspegel Parkierungsanlage	41.1	30.4

### Beurteilungspegel

Immissionspegel		41.1	30.4
Korrektur K1	Art der Anlage	0.0	5.0
Korrektur K2	Tongehalt	0.0	0.0
Korrektur K3	Impulsgehalt	4.0	4.0
Beurteilungspegel $L_r$		<b>45 dB(A)</b>	<b>39 dB(A)</b>

### Beispiel 3: Parkierungsanlage mit mehreren Teilflächen



#### Eingabedaten

Anlage: ungedeckte Parkierungsanlage für Freizeitaktivitäten

Parkierungsanlage bestehend aus 10 Teilflächen

(eine Nutzungsart, mehr als 150 Parkfelder; Kugelquellenansatz ist für jede Teilfläche erfüllt)

	Total	TF 1	TF 2	TF 3	TF 4	TF 5	TF 6	TF 7	TF 8	TF 9	TF 10
$L_{W,PV}$		68.0 dB(A)	68.0 dB(A)	68.0 dB(A)	68.0 dB(A)	68.0 dB(A)	68.0 dB(A)	68.0 dB(A)	68.0 dB(A)	68.0 dB(A)	68.0 dB(A)
$B_{TF}$ tag		0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
$B_{TF}$ nacht		0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
$N, n_{TF}$	255	14	14	13	14	12	38	15	36	48	51
D		57 m	48 m	44 m	48 m	57 m	69 m	64 m	69 m	92 m	92 m

TF = Teilflächen



## Immissionsberechnungen

$L_{W,PV}$

Schalleistungspegel pro Parkierungsvorgang

$dM = 10 \cdot \log(B_{TF} \cdot n_{TF})$

Verkehrsmengenzuschlag

$L_{W,TF} = L_{W,PV} + dM$

Schalleistungspegel der Parkierungsvorgänge pro TF

$dD = 20 \cdot \log(D)$

Abstandskorrektur

$L_{I,TF} = L_{W,TF} - 8 - dD$

Immissionspegel Parkierungsvorgänge pro TF

	Teilfläche 1		Teilfläche 2		Teilfläche 3		Teilfläche 4		Teilfläche 5	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
$L_{W,PV}$	68.0	68.0	68.0	68.0	68.0	68.0	68.0	68.0	68.0	68.0
$dM = 10 \cdot \log(B_{TF} \cdot n_{TF})$	9.2	4.5	9.2	4.5	8.9	4.1	9.2	4.5	8.6	3.8
$L_{W,TF} = L_{W,PV} + dM$	77.2	72.5	77.2	72.5	76.9	72.1	77.2	72.5	76.6	71.8
$dD = 20 \cdot \log(D)$	35.1	35.1	33.6	33.6	32.9	32.9	33.6	33.6	35.1	35.1
$L_{I,TF} = L_{W,TF} - 8 - dD$	34.1	29.4	35.6	30.8	36.1	31.3	35.6	30.8	33.5	28.7

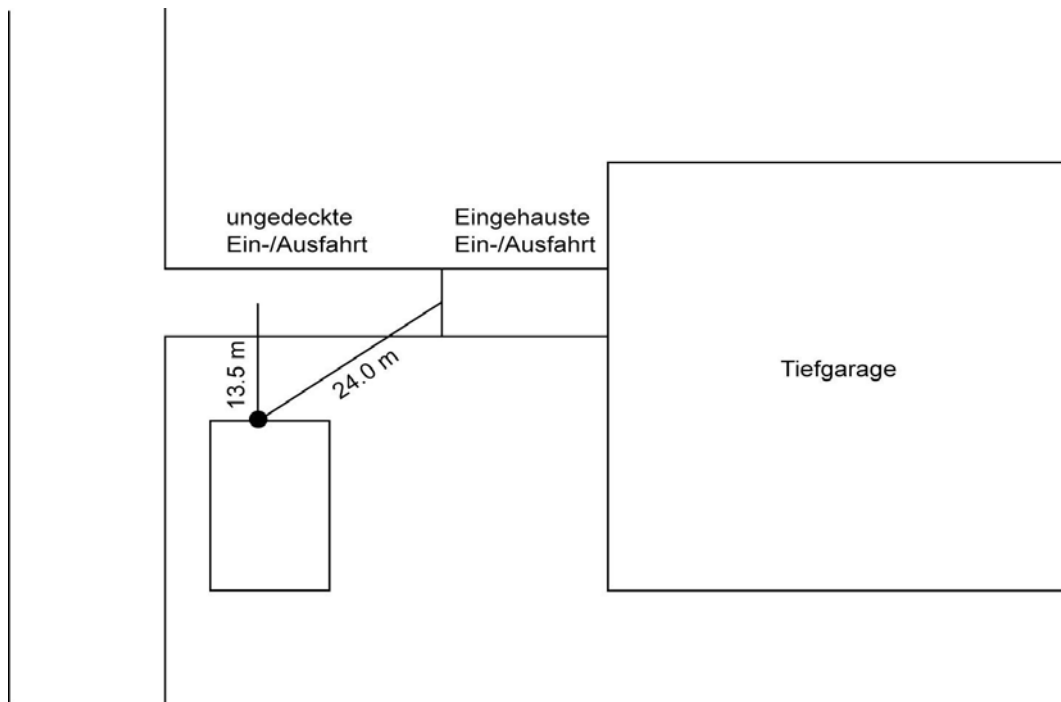
	Teilfläche 6		Teilfläche 7		Teilfläche 8		Teilfläche 9		Teilfläche 10	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
$L_{W,PV}$	68.0	68.0	68.0	68.0	68.0	68.0	68.0	68.0	68.0	68.0
$dM = 10 \cdot \log(B_{TF} \cdot n_{TF})$	13.6	8.8	9.5	4.8	13.3	8.6	14.6	9.8	14.9	10.1
$L_{W,TF} = L_{W,PV} + dM$	81.6	76.8	77.5	72.8	81.3	76.6	82.6	77.8	82.9	78.1
$dD = 20 \cdot \log(D)$	36.8	36.8	36.1	36.1	36.8	36.8	39.3	39.3	39.3	39.3
$L_{I,TF} = L_{W,TF} - 8 - dD$	36.8	32.0	33.4	28.6	36.6	31.8	35.3	30.5	35.6	30.8

	Parkierungsanlage	
	Tag	Nacht
$L_{I,PV} = \text{energetische Addition der } L_{I,TFi}$	45.4	40.6
$K_P = 10 \cdot \log(1 + N/44)$	6.4	6.4
$Leq_D$	40.9	36.2
$Leq_Z$	0.0	0.0
$L_{I,PA} = 10 \cdot \log[10^{(0.1 \cdot (L_{I,PV} + K_P))} + 10^{(0.1 \cdot Leq_D)} + 10^{(0.1 \cdot Leq_Z)}]$	52.1	47.4
Immissionspegel Parkierungsvorgänge	45.4	40.6
Korrektur Parksuchverkehr (für $N \geq 150$ : $K_P = 6.4$ )	6.4	6.4
Immissionen Durchfahrverkehr (Anfahrten zu Teilflächen 9 und 10 sowie Abfahrten aus anderen Teilflächen durch Teilflächen 9 und 10)	40.9	36.2
Immissionen Ein- und Ausfahrt (hier: vernachlässigbar)	0.0	0.0
Immissionspegel Parkierungsanlage	52.1	47.4

## Beurteilungspegel

Immissionspegel		52.1	47.4
Korrektur K1	Art der Anlage	0.0	5.0
Korrektur K2	Tongehalt	2.0	2.0
Korrektur K3	Impulsgehalt	4.0	4.0
Beurteilungspegel Lr		<b>58 dB(A)</b>	<b>58 dB(A)</b>

## Beispiel 4: Tiefgarage



### Eingabedaten

Anlagentyp:	Tiefgarage mit teilweise eingehauster Zufahrt
m tag	60 Fz/h
m nacht	20 Fz/h
F Einfahrtsöffnung	22.5 m <sup>2</sup>
D Einfahrtsöffnung	24 m
D Ein- und Ausfahrt	13.5 m

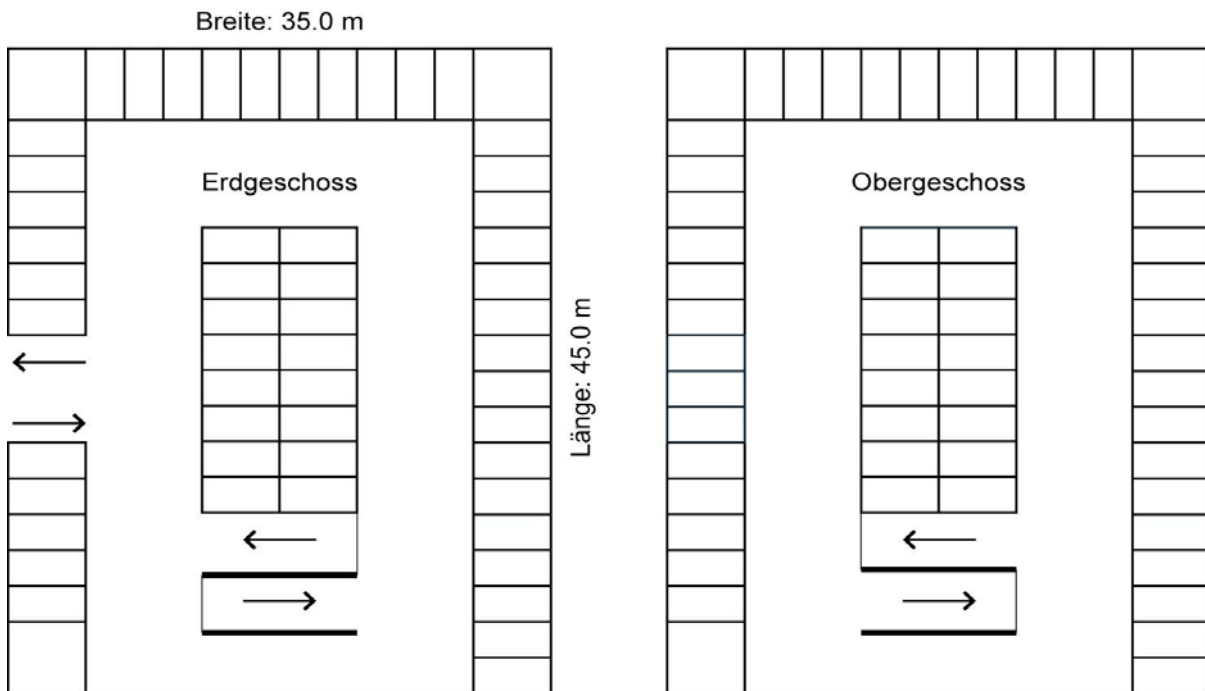
### Immissionsberechnungen

		Tag	Nacht
Leq <sub>Z</sub>	Immissionen der ungedeckten Ein- und Ausfahrt	45.8	41.1
dm = 10*log(m)	Verkehrsmengenzuschlag	17.8	13.0
dF = 10*log(F)	Flächenkorrektur Einfahrtsöffnung	13.5	13.5
dD = 20*log(D)	Abstandskorrektur	27.6	27.6
L <sub>i,Ö</sub> = 37 + dm + dF - dD	Immissionen aus der Einfahrtsöffnung	40.7	35.9
L <sub>i,TG</sub> = 10*log[10 <sup>(0.1*LeqZ)</sup> + 10 <sup>(0.1*Li,Ö)</sup> ]	Immissionen der Tiefgarage	47.0	42.3

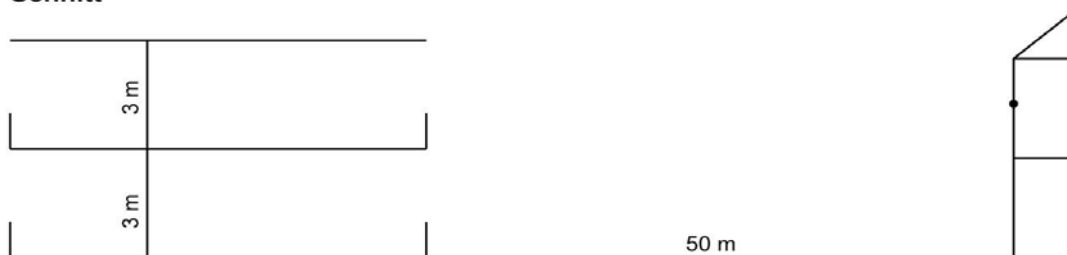
### Beurteilungspegel

Immissionspegel		47.0	42.3
Korrektur K1	Art der Anlage	0.0	5.0
Korrektur K2	Tongehalt	2.0	2.0
Korrektur K3	Impulsgehalt	0.0	0.0
Beurteilungspegel L <sub>r</sub>		<b>49 dB(A)</b>	<b>49 dB(A)</b>

## Beispiel 5: Parkhaus



### Schnitt



### Eingabedaten

Anlagentyp: Parkhaus (2 gedeckte Etagen); Einkauf mit Einkaufswagen; nachts ist nur das Erdgeschoss genutzt

Parkierungsanlage bestehend aus zwei Geschossen (eine Nutzungsart, weniger als 150 Parkfelder; Kugelquellenansatz ist erfüllt)

	Erdgeschoss (EG)	Obergeschoss (O)
$L_{W,PV}$	69.0 dB(A)	69.0 dB(A)
$B_{TF}$ tag	0.6	0.6
$B_{TF}$ nacht	0.2	0.0
$n_{TF} = N_{Etag}$	55	58
A	257 m <sup>2</sup>	250 m <sup>2</sup>
$F_{Fassadenöffnung}$	80 m <sup>2</sup>	80 m <sup>2</sup>
S	50 m	50 m
$\Gamma$	6	3

$Leq(1m)_D$  Rampe 65.3dB(A); Erdgeschoss = 60.8dB(A); Grundlagen:  $v = 30\text{km/h}$ ;  
Erdgeschoss horizontal; Steigung Rampe 10%; Verkehrsmenge = 70Fz/h

l auf Rampe l = 20m; im Erdgeschoss l = 106m

## Immissionsberechnungen

		Erdgeschoss		Obergeschoss	
		Tag	Nacht	Tag	Nacht
$L_{W,PV}$	Schalleistungspegel pro Parkierungsvorgang	69.0	69.0	69.0	0.0
$dM = 10 \cdot \log(B_{TF} \cdot n_{TF})$	Verkehrsmengenzuschlag	15.2	10.4	15.4	0.0
$L_{W,TF} = L_{W,PV} + dM$	Schalleistungspegel der Parkierungsvorgänge	84.2	79.4	84.4	0.0
$K_P = 10 \cdot \log(1 + N/44)$	Korrektur Parksuchverkehr	3.5	3.5	3.7	0.0
$L_{W,PV\text{Etage}} = L_{W,TF} + K_P$	Schalleistungspegel Parkierungsvorgänge pro Etage	87.7	82.9	88.1	0.0
$L_{W,D} = \text{Leq}(1m)_D + 4 + 10 \cdot \log(l)$	Schalleistungspegel Durchfahrverkehr pro Etage	86.9	0.0	0.0	0.0
$dA = 10 \cdot \log(A)$	Korrektur äquivalente Absorptionsfläche	24.1	24.1	24.0	0.0
$L_{H,\text{Etage}} = 10 \cdot \log[10^{(0.1 \cdot L_{W,PV\text{Etage}})} + 10^{(0.1 \cdot L_{W,D})}] - dA + 6$	Innenschallpegel pro Etage	72.2	64.8	70.1	0.0
$dF = 10 \cdot \log(F)$	Flächenkorrektur Fassadenöffnung	19.0	19.0	19.0	0.0
$dS = 20 \cdot \log(S)$	Abstandskorrektur	34.0	34.0	34.0	0.0
$L_{I,\text{Etage}} = L_{H,\text{Etage}} + dF - 14 - dS + \Gamma$	Immissionen pro Etage	49.3	41.9	44.1	0.0

		Gebäude	
		Tag	Nacht
$L_{I,\text{Gebäude}} = 10 \cdot \text{LOG}[10^{(0.1 \cdot L_{I,EG})} + 10^{(0.1 \cdot L_{I,OG})}]$	Immissionen des Gebäudes	50.4	41.9
$\text{Leq}_Z$	Immissionen Ein- und Ausfahrt (hier: vernachlässigt)	0.0	0.0
$L_{I,PH} = 10 \cdot \log[10^{(0.1 \cdot L_{I,\text{Gebäude}})} + 10^{(0.1 \cdot \text{Leq}_Z)}]$	Immissionen Parkhaus	50.4	41.9

## Beurteilungspegel

Immissionspegel		50.4	41.9
Korrektur K1	Art der Anlage	0.0	5.0
Korrektur K2	Tongehalt	0.0	0.0
Korrektur K3	Impulsgehalt	4.0	4.0
Beurteilungspegel Lr		<b>54 dB(A)</b>	<b>51 dB(A)</b>