
BACHELORARBEIT

Herr
Vinzenz Steiniger

**Ist die Anwendung der Park-
platzlärmstudie als Daten-
grundlage für schalltech-
nische Prognosen noch
zeitgemäß?**

Mittweida, 2017

BACHELORARBEIT

Ist die Anwendung der Park- platzlärmstudie als Daten- grundlage für schalltech- nische Prognosen noch zeitgemäß?

Autor:
Herr
Vinzenz Steiniger

Studiengang:
Media and Acoustical Engineering

Seminargruppe:
MG13wC-B

Erstprüfer:
Prof. Dr.-Ing. Jörn Hübelt

Zweitprüfer:
Dipl.-Ing. Hannes Lösche

Bibliografische Angaben

Steiniger, Vinzenz:

Ist die Anwendung der Parkplatzlärmstudie als Datengrundlage für schalltechnische Prognosen noch zeitgemäß?

46 Seiten, Hochschule Mittweida, University of Applied Sciences,
Fakultät Medien, Bachelorarbeit, 2017

Abstract

Die Schallabstrahlung von Parkanlagen ist in der heutigen Zeit der fortschreitenden Urbanisierung stetiger Begleiter der Thematik des Lärmschutzes. Als allgemein anerkannte Richtlinie zur Berechnung der Schallemission an Parkplätzen bildet die Parkplatzlärmstudie des Bayerischen Landesamtes für Umwelt die in der Industrie angewandte Grundlage zur Prognostizierung der entstehenden Schallimmission. Die diesen Berechnungen zugrundeliegenden Erhebungen fanden dabei vor mittlerweile mehr als zehn Jahren statt. Ihre Ergebnisse spiegeln somit in keiner Weise aktuelle gesellschaftliche und städtebauliche Entwicklungen wider. Eine näherungsweise realitätsgetreue Beurteilung der möglichen Lärmbelastung durch Parkplätze ist jedoch zwangsläufig abhängig von dieser Datengrundlage. Die Anwendung der veralteten Erhebungsergebnisse für die Beurteilung moderner Parkplätze ist dahingehend in Frage zu stellen. Zur Überprüfung der Gültigkeit der Erhebungsdaten innerhalb der Parkplatzlärmstudie wurden deshalb im Rahmen dieser Arbeit gezielt Untersuchungen am Beispiel moderner Supermarktparkplätze durchgeführt. Supermärkte sind neben ihrer hohen Verbreitung in sämtlichen Regionen, besonders durch die kundennahe Lage, ein zentraler Angriffspunkt des Lärmschutzes. Anhand von neuen Erhebungen wurden aktuelle Veränderungen hinsichtlich des Parkverkehrs an Einkaufsmärkten untersucht und ihre immissionstechnischen Auswirkungen im direkten Vergleich mit der Parkplatzlärmstudie ermittelt.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	II
Tabellenverzeichnis	IV
Abkürzungsverzeichnis	VI
1 Einleitung	1
2 Problemstellung	3
3 Methodik und Zielstellung	5
4 Grundlagen zur akustischen Betrachtung von Parkplätzen	7
4.1 Die TA-Lärm als Beurteilungsgrundlage	10
4.2 Die Parkplatzlärmstudie	13
4.2.1 Bewegungen auf Parkplätzen – Der ruhende Verkehr.....	13
4.2.2 Erhebungen an Parkplätzen.....	14
4.2.3 Die Auswertmethodik der Parkplatzlärmstudie	16
4.2.4 Berechnung der Schallemission	16
5 Untersuchung der Lärmentwicklung an Supermarktparkplätzen	20
5.1 Auswahl der Untersuchungsorte	20
5.2 Durchführung der Erhebungen	22
5.3 Erhebungsergebnisse	24
5.3.1 Bewegungs- und Belegungszählungen	24
5.4 Schallimmissionsprognose	33
5.4.1 Erstellung der Prognosemodelle	33
5.4.2 Berechnung der Schallausbreitung	35
6 Vergleich mit der Parkplatzlärmstudie	38
6.1 Kriterium der Bewegungshäufigkeit.....	39
6.2 Auswirkungen in der Prognoserechnung.....	42
7 Fazit und Ausblick	45
Literaturverzeichnis	XI
Anlagen	XIII
Eigenständigkeitserklärung	XIX

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht der Erhebungen von Kfz-Bewegungen auf Parkplätzen zwischen 1984 und 2005 [1]	15
Abbildung 2: Standortklassifizierung zu Lagetypen der Lebensmittelmärkte nach ihrer Betriebsform [3].....	21
Abbildung 3: Bewegungs- und Belegungsganglinien an einem Supermarkt (1) im Landkreis Leipzig, Erhebung an einem Dienstag.....	25
Abbildung 4: Bewegungs- und Belegungsganglinien an einem Supermarkt (2) im Landkreis Leipzig, Erhebung an einem Donnerstag	26
Abbildung 5: Bewegungs- und Belegungsganglinien an einem Supermarkt (1) im Landkreis Leipzig, Erhebung an einem Samstag.....	27
Abbildung 6: Bewegungs- und Belegungsganglinien an einem Supermarkt (2) im Landkreis Leipzig, Erhebung an einem Samstag.....	28
Abbildung 7: Tagesgänge der Bewegungsdaten und Besucherzahlen für die zwei untersuchten Supermärkte, Erhebungen bzw. Standortdatenerfassungen an einem Dienstag bzw. Donnerstag	31
Abbildung 8: Tagesgänge der Bewegungsdaten und Besucherzahlen für die zwei untersuchten Supermärkte in Sachsen, Erhebungen bzw. Standortdatenerfassungen an einem Samstag	32
Abbildung 9: 3D-Ansicht eines untersuchten Supermarktes mit den zugehörigen Parkflächen (orange) und Fahrwegen (rot) sowie den kegelförmigen Immissionspunkten, Darstellung innerhalb des Programmes SAOS-NP.....	34

Abbildung 10: Lärmkarten zur Schallausbreitungsrechnung für Supermarkt (1) zur Tagzeit (oben) und Nachtzeit (unten), Darstellung über die Prognosesoftware SAOS-NP36

Abbildung 11: Lärmkarten zur Schallausbreitungsrechnung für Supermarkt (2) zur Tagzeit (oben) und Nachtzeit (unten), Darstellung über die Prognosesoftware SAOS-NP37

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zuschläge für die Parkplatzart (K_{PA}) und für die Impulshaltigkeit (K_I) für Parkplätze an Einkaufsmärkten, Eigene Darstellung in Anlehnung an [1].....	18
Tabelle 2: Erhebungsparameter der beiden untersuchten Supermärkte	22
Tabelle 3: Übersicht über die durchgeführten Erhebungen mit zugehörigen Erhebungsergebnissen, Eigene Darstellung in Anlehnung an [1]	24
Tabelle 4: Ergebnisse der Auswertung der Bewegungshäufigkeiten an Parkplätzen von Einkaufsmärkten	39
Tabelle 5: über die Schallausbreitungsrechnung ermittelte Beurteilungspegel an den Immissionsorten für unterschiedliche Bewegungshäufigkeiten an einem Supermarktparkplatz, Supermarkt (1).....	42
Tabelle 6: über die Schallausbreitungsrechnung ermittelte Beurteilungspegel an den Immissionsorten für unterschiedliche Bewegungshäufigkeiten an einem Supermarktparkplatz, Supermarkt (2).....	43
Tabelle 7: Berechnungstabelle der Schallimmissionsprognose mit Parametern der Emissionsquellen für Supermarkt (1) nach den eigenen Erhebungsdaten.....	XIII
Tabelle 8: Berechnungstabelle der Schallimmissionsprognose mit Parametern der Emissionsquellen für Supermarkt (1) nach den Erhebungsdaten der Parkplatzlärmstudie	XIV
Tabelle 9: Berechnungstabelle der Schallimmissionsprognose mit Parametern der Emissionsquellen für Supermarkt (1) nach den eigenen Erhebungsdaten (Worst Case)	XV
Tabelle 10: Berechnungstabelle der Schallimmissionsprognose mit Parametern der Emissionsquellen für Supermarkt (2) nach den eigenen Erhebungsdaten.....	XVI

Tabelle 11: Berechnungstabelle der Schallimmissionsprognose mit Parametern der Emissionsquellen für Supermarkt (2) nach den Erhebungsdaten der ParkplatzlärmstudieXVII

Tabelle 12: Berechnungstabelle der Schallimmissionsprognose mit Parametern der Emissionsquellen für Supermarkt (2) nach den eigenen Erhebungsdaten (Worst Case)XVIII

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzungen

LfU	Bayerisches Landesamt für Umwelt
RLS-90	Richtlinie für den Lärmschutz an Straßen
Pkw	Personenkraftwagen
TA-Lärm	Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
Kfz	Kraftfahrzeug
Lkw	Lastkraftwagen
Lkr.	Landkreis
BVLH	Bundesverband des Deutschen Lebensmittelhandels e. V.
VkBl.	Verkehrsblatt
GMBI.	Gemeinsames Ministerialblatt
SächsLadÖffG	Sächsisches Ladenöffnungsgesetz
SächsGVBl.	Sächsisches Gesetz- und Verordnungsblatt
HDE	Handelsverband Deutschland
BauNVO	Baunutzungsverordnung

Formelzeichen

L_W	Schallleistungspegel in dB
P_0	Bezugsschallleistung in pW
P	Schalleistung in pW
P'	längenbezogenen Schalleistung in pW
$L_{W'}$	längenbezogener Schallleistungspegel in dB
$L_{W''}$	flächenbezogener Schallleistungspegel in dB
P''	flächenbezogenen Schalleistung in pW

L_r	Beurteilungspegel in dB(A)
T_r	Beurteilungszeit in Stunden h
T_j	Teilzeit in Stunden
N	Zahl der gewählten Teilzeiten
C_{met}	meteorologische Korrektur nach DIN 9613-2, Gleichung (6) in dB
$K_{T,j}$	Zuschlag für Ton- und Informationshaltigkeit während der Teilzeit T_j in dB
$K_{I,j}$	Zuschlag für Impulshaltigkeit während der Teilzeit T_j in dB
$K_{R,j}$	Zuschlag für Tageszeiten mit erhöhter Empfindlichkeit während der Teilzeit T_j in dB
$L_{Aeq,k,j}$	Mittelungspegel der einzelnen Schallquelle während der Teilzeit T_j in dB(A)
$T_{E,k,j}$	Einwirkzeit der einzelnen Schallquelle während der Teilzeit T_j in Stunden
$L_{Aeq,j}$	Mittelungspegel während der Teilzeit T_j in dB(A)
k	Schallquellen
$L_{fT}(DW)$	äquivalenter Oktavband-Dauerschalldruckpegel bei Mitwind in dB
L_W	Oktavband-Schalleistungspegel der Punktschallquelle in dB
D_C	Richtwirkungskorrektur in dB
A	Oktavband-Dämpfungsmaß in dB
D_I	Richtwirkungsmaß der Punktschallquelle
D_Ω	Richtwirkungsmaß der Punktschallquelle
A_{div}	Dämpfung aufgrund geometrischer Ausbreitung
A_{atm}	Dämpfung aufgrund von Luftabsorption
A_{gr}	Dämpfung aufgrund des Bodeneffekts
A_{bar}	Dämpfung aufgrund von Abschirmung
A_{misc}	Dämpfung aufgrund verschiedener anderer Effekte
$L_{AT}(DW)$	äquivalenter Dauerschalldruckpegel bei Mitwind in dB(A)
j	Index für die Oktavbandmittenfrequenzen von 63 Hz bis 8 kHz
i	Beiträge (Schallquellen und Ausbreitungswege)
n	Anzahl der Beiträge i
A_f	genormte A-Bewertung

$L_{fT}(ij)$	äquivalenter Oktavband-Dauerschalldruckpegel für den Beitrag i und Oktavbandmittenfrequenz j in dB
$A_f(j)$	A-Bewertung für die Oktavbandmittenfrequenz j
S	Fläche (Gesamtfläche bzw. Teilfläche) in m ²
S_0	Bezugsfläche in m ²
I	Streckenlänge in m
I_0	Bezugsstreckenlänge in m
L_{W0}	Ausgangsschalleistungspegel für eine Bewegung pro Stunde in dB(A)
K_{PA}	Zuschlag für die entsprechende Parkplatzart in dB(A)
K_I	Zuschlag für die Impulshaltigkeit in dB(A)
B	Bezugsgröße Netto-Verkaufsfläche in m ²
N	Bewegungshäufigkeit (Bewegungen je Einheit der Bezugsgröße und Stunde)
$L_{m,E}$	Schallemissionspegel aus dem Parksuch- und Durchfahrtsverkehr in dB(A)
L_m	Mittelungspegel in dB(A)
$D_{S\perp}$	Pegeländerung zur Berücksichtigung des Abstandes und der Luftabsorption in dB(A)
D_{BM}	Pegeländerung durch Boden- und Meteorologiedämpfung in dB(A)
D_B	Pegeländerung durch topografische Gegebenheiten und bauliche Maßnahmen in dB(A)
$L_m^{(25)}$	Mittelungspegel einer Straße im horizontalen Abstand von 25 m in dB(A)
D_v	Korrektur für unterschiedliche zulässige Höchstgeschwindigkeiten in dB(A)
D_{Str0}	Korrektur für unterschiedliche Straßenoberflächen in dB(A)
D_{Stg}	Korrektur für Steigung und Gefälle in dB(A)
D_E	Korrektur zur Berücksichtigung der Absorptionseigenschaften von reflektierenden Flächen in dB(A)
K_{Str0}	Zuschlag für die unterschiedlichen Fahrbahnoberflächen in dB(A)
M	maßgebliche stündliche Verkehrsstärke in Kfz/h
p	maßgebender Lkw-Anteil
h_m	mittlere Höhe des Ausbreitungsweges über dem Boden in m

1 Einleitung

Die persönliche Gesundheit steht seit Beginn der Menschheit im Mittelpunkt des Lebens und ist seit jeher ein zentrales Thema innerhalb der Forschung und Entwicklung. Im Bereich der Akustik beschäftigt man sich dahingehend besonders mit dem Aufgabenfeld des Lärmschutzes, welcher sich aufgrund der Allgegenwärtigkeit von Schall durch sämtliche Bereiche unseres Lebens zieht.

Speziell unter Anbetracht der immer weiter fortschreitenden Urbanisierung, ist dabei der Straßenverkehr ein wichtiger Angriffspunkt für den Lärmschutz. Besonders Parkanlagen durch ihre städtebauliche Integration und Nähe zu schutzbedürftigen Wohnorten spielen dabei eine große Rolle. Sie sorgen nicht selten für belästigende Schallimmissionen an der angrenzenden Bebauung und bergen als verbreitete Lärmquelle ein hohes Potenzial für geistige und körperliche Schädigungen. Zum Schutz der Bevölkerung ist es daher notwendig, die Lärmentwicklung an Parkplätzen zu beurteilen und wenn nötig, zu vermindern.

Bereits 1984 begannen dahingehend seitens des damaligen Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz, welches ab August 2005 in das neu gegründete Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) eingegliedert wurde, Voruntersuchungen für eine Parkplatzlärmstudie [1]. Die 1988 abgeschlossene Studie wurde daraufhin als 1. Auflage der Parkplatzlärmstudie veröffentlicht und bildet seither die Grundlage zur Berechnung der zu erwartenden Schallemissionen an Parkplätzen und der Möglichkeit ihrer immissionschutzrechtlichen Beurteilung. Die Parkplatzlärmstudie wurde mittlerweile durch mehrere Fortschreibungen erweitert und befindet sich seit 2007 in ihrer aktuellen Version [1]. In Ingenieurbüros ist die Studie seit zahlreichen Jahren Grundlage zur Planung und Berechnung von Parkplätzen. Sie ist zudem fester Bestandteil der Richtlinie für den Lärmschutz an Straßen (RLS-90) sowie der DIN 18005-1 „Schallschutz im Städtebau“, der früheren Norm zur Berechnung der Schallemission von Parkplätzen.

In besonderem Maße ist dabei die Bedeutung von Parkplätzen an Einkaufsmärkten hervorzuheben. Sie sind durch die stetige Notwendigkeit der Grundversorgung aller Menschen verstärkt den Entwicklungen unserer Konsumgesellschaft ausgesetzt und zunehmend Veränderungen unterworfen. Anders [2] trifft dazu folgende Aussage: „Der Einzelhandel hat sich in vergangenen Jahren sehr dynamisch entwickelt und wird dies – so ist zu vermuten – auch in Zukunft tun.“

Diese Tatsache und die sich daraus ergebenden Veränderungen bezüglich moderner Einkaufsmarktparkplätze fanden seit den durchgeführten Untersuchungen innerhalb der Parkplatzlärmstudie keine schalltechnische Betrachtung. Eine zeitgemäße Beurteilung der Lärmentwicklung an Parkplätzen von Einkaufsmärkten ist ohne die Untersuchung der Einflüsse aktueller Veränderungen nicht sicher möglich. Zur Anpassung des Lärmschutzes müssen dahingehend aktuelle Entwicklungen in Bezug auf den Parkverkehr an Einkaufsmärkten analysiert werden und hinsichtlich ihrer Bedeutung für die entstehende Schallemission und -immissionen untersucht werden.

2 Problemstellung

Das innerhalb der Parkplatzlärmstudie entwickelte Rechenverfahren für die Ermittlung von Schallemissionen an Parkplätzen ist in seiner zuverlässigen Funktion abhängig von korrekt gewählten Eingangsdaten. Obwohl die Parkplatzlärmstudie sehr spezifisch nach unterschiedlichen Parkplatzarten und Verkehrsaufkommen unterscheidet, bilden Erhebungen, welche von den örtlichen und zeitlichen Gegebenheiten der Untersuchungen abhängig waren, die Grundlage der Emissionsermittlung an Parkplätzen. Dieser Sachverhalt war bereits im Jahr 2003 einer der Gründe für eine vollständige Neubearbeitung der Parkplatzlärmstudie [1]. Neben der Anpassung und der Überprüfung der Berechnungsverfahren sollten mit der Neubearbeitung sowohl zusätzliche Erhebungsdaten gesammelt, als auch vorangegangene Untersuchungsergebnisse aktualisiert werden [1]. Die daraufhin geplanten Erhebungen wurden beginnend im Jahr 1999 bis einschließlich 2005 durchgeführt und bilden den aktuellen Stand der Studie [1].

Doch auch nach der aktuellsten Fortschreibung der Parkplatzlärmstudie haben sich durch gesetzliche und gesellschaftliche Änderungen zahlreiche Unterschiede hinsichtlich des Verkehrs auf Parkplätzen ergeben. Speziell im Bereich des Einkaufsverhaltens sind durch die demografische Entwicklung und den soziokulturellen Wandel relevante Veränderungen zu erwarten ([2], zitiert nach Uttke 2009). Besonders die stetig steigende Pkw-Mobilität innerhalb der Bevölkerung ist hierbei hervorzuheben [2]. Der Pkw als Verkehrsmittel besitzt trotz der Vorstellungen der modernen Raumplanung von einer verbrauchernahen Lebensmittelversorgung die größte Bedeutung beim Lebensmitteleinkauf [2]. Bereits in der Vergangenheit wurde seitens der Parkplatzlärmstudie auf diese Entwicklungen aufmerksam gemacht:

„Die Lärm- und Abgasbelastung durch den Straßenverkehr ist allgemein bekannt. Zugleich mit dem fließenden Verkehr nimmt aber auch der sog. ruhende Verkehr zu [...]. Die großen Parkplätze der zahlreichen neuen Einkaufsmärkte am Rand zentraler Orte bringen nicht selten Lärmprobleme durch den Zufahrts- und Parkverkehr mit sich.“ [1]

Aufgrund der andauernden Relevanz von Einkaufsmärkten zur Lebensmittelversorgung innerhalb des Städtebaus konzentriert sich diese Arbeit auf die Untersuchung von Parkplätzen an Einkaufsmärkten. Bei der Betrachtung des Lebensmittelhandels lässt sich feststellen, dass sich Supermärkte im Gegensatz zu kleineren Lebensmittelgeschäften in den vergangenen Jahren weitestgehend stabil entwickelt haben und sogar ein leichtes

Wachstum aufweisen [3]. Aufgrund dieser Entwicklung liegt der Fokus der Arbeit auf der Betriebsform des Supermarktes.

Innerhalb der Parkplatzlärmstudie wurden nach dem aktuellen Stand insgesamt 36 Erhebungen an Einkaufsmärkten durchgeführt, davon 5 zwischen den Jahren 1984 und 1998 sowie 31 Erhebungen von 1999 bis 2005 [1]. Der zwischen 1999 und 2005 durchgeführte Großteil der Erhebungen stellt somit die aktuellste Datengrundlage für Parkbewegungen an Einkaufsmärkten dar. Auffällig hinsichtlich der sich seither ergebenden Veränderungen sind in besonderem Maße die mittlerweile mehrfach geänderten Ladenschlusszeiten, welche sich aktuell in deutlich verlängerten Öffnungszeiten der Einkaufsmärkte niederschlagen [4].

Aufgrund dieses Umfangs an Veränderungen sind die Erhebungsergebnisse innerhalb der Parkplatzlärmstudie kein verlässlicher Anhaltspunkt zur sicheren Beurteilung der Lärmentwicklung an modernen Parkplätzen. Die Tatsache, dass die Parkplatzlärmstudie somit eine veraltete Datengrundlage darstellt, ist ausschlaggebend für den bestehenden Untersuchungsbedarf.

3 Methodik und Zielstellung

Zur Überprüfung der aktuellen Datengrundlage innerhalb der Parkplatzlärmstudie hinsichtlich ihrer Eignung als zuverlässigen Prognoseansatz mussten konkrete Vergleichswerte geschaffen werden. Dazu wurden, in Anlehnung an die Methodik der Parkplatzlärmstudie, Erhebungen an Parkplätzen von Einkaufsmärkten durchgeführt. Hierbei wurde in besonderem Maße auf die Aktualität der neu erhobenen Daten geachtet. Bei der Durchführung der Untersuchungen wurde daher auf die seit der Überarbeitung der Parkplatzlärmstudie eingetretenen Veränderungen hinsichtlich den Parkplätzen an Supermärkten eingegangen. Ebenso wurden gewisse Rahmenbedingungen und Vorgaben der Parkplatzlärmstudie beachtet, um eine möglichst gute Vergleichbarkeit der neuen Erhebungsergebnisse zu gewährleisten. Sowohl die innerhalb der Parkplatzlärmstudie beschriebene Auswahl der Parkplätze als auch das Vorgehen bei den damaligen Erhebungen sind hierbei analysiert worden, um in den neuen Untersuchungen gleichermaßen Anwendung zu finden.

Im Hinblick auf das grundlegende Vorhaben der Arbeit, der Aufstellung von aktuellen Erhebungsdaten hinsichtlich der Parkbewegungen an Supermarktparkplätzen, wurden in Anlehnung an die vorangegangenen Erhebungen der Parkplatzlärmstudie gezielt Untersuchungen an Einkaufsmärkten durchgeführt. Hierzu fanden Bewegungs- und Belegungszählungen nach den Vorgaben der Parkplatzlärmstudie an zwei verschiedenen Supermarktparkplätzen statt. Die dabei ermittelten Daten wurden vor der weiteren Verwendung bezüglich ihrer Repräsentativität und Sicherheit überprüft. Dazu wurden entsprechende Besucherstatistiken der ausgewählten Supermärkte anhand der Standortdatenerfassung über Google herangezogen. Diese Gegenüberstellung ermöglichte eine erste Beurteilung der Erhebungsergebnisse.

Die im nächsten Schritt folgende Auswertung der Daten auf Grundlage der Parkplatzlärmstudie und ihren Berechnungsvorschriften ermöglichte einen direkten Vergleich der alten und neuen Erhebungen miteinander. Insbesondere die grafische Darstellung der Erhebungsergebnisse in Form von Bewegungs- und Belegungsganglinien machte einen detaillierten Vergleich des zeitlichen Verlaufes des Parkverkehrs möglich. Zur Aufarbeitung der Ergebnisse erfolgte zudem eine statistische Auswertung beider Datensätze nach der mittleren sowie maximal zu erwartenden Verkehrsbelastung der Parkplätze, was konkrete Unterschiede und Entwicklungen erkennbar machte. Zur Untersuchung der Immissionswirkung des entstehenden Verkehrslärms an den Supermarktparkplätzen

wurde abschließend eine Software-basierte Schallausbreitungsrechnung auf der Grundlage der zu vergleichenden Erhebungsdaten durchgeführt.

Inwieweit sich eventuelle Veränderungen der Verkehrsbelastung und Lärmentwicklung an Parkplätzen innerhalb der letzten Jahre in den neuen Untersuchungen erkennen lassen und inwiefern diese von der Parkplatzlärmstudie abweichen, galt es innerhalb dieser Arbeit zu klären.

4 Grundlagen zur akustischen Betrachtung von Parkplätzen

Die DIN 18005-1 „Schallschutz im Städtebau – Teil 1“ bildet die grundlegende Norm zum Umgang mit dem Thema Schallschutz innerhalb der städtebaulichen Planung. Neben Hinweisen zur Planung enthält die Norm wichtige Definitionen von Kenngrößen und Vorgängen sowie ihre schalltechnischen Zusammenhänge.

Zur Berechnung der Schallausbreitung und der Ermittlung von Schallemissionen verschiedener Schallquellen wird nach [5] zusätzlich auf diverse Rechtsvorschriften und Regelwerke verwiesen, welche im konkreten Fall gültig sind. Im Einwirkungsbereich von Straßen sowie öffentlichen Parkplätzen wird dabei die Richtlinie für den Lärmschutz an Straßen (RLS-90) herangezogen [5]. Andere, nicht öffentliche, Parkplätze sind anhand der Parkplatzlärmstudie zu behandeln [5]. Der Einfluss von gewerblichen Anlagen wird allgemein nach der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA-Lärm), in Verbindung mit der DIN ISO 9613-2 ermittelt und beurteilt [5].

Die nachfolgenden Definitionen dienen dem Grundverständnis der innerhalb der Arbeit betrachteten schalltechnischen Größen und Vorgänge sowie grundlegenden Berechnungs- und Beurteilungsmethoden von Parkplätzen.

(1) Schalleistungspegel L_W

Der Schalleistungspegel L_W ist nach [6] definiert als „zehnfacher dekadischer Logarithmus des Verhältnisses der Schalleistung zur Bezugsschalleistung $P_0 = 1pW$ “. Er kann nach [5] wie folgt dargestellt werden:

$$L_W = 10 \cdot \lg (P/10^{-12}W) \text{ dB} \quad (2.1)$$

Sinambari und Sentpali [7] beschreiben die Schalleistung als die „pro Zeit von einer Schallquelle in jeden Raumwinkel ihrer Umgebung abgestrahlte Schallenergie“ und die somit „kennzeichnende Größe in der Beurteilung der Schallemission einer Geräuschquelle“. Zur konkreten Anwendung auf die Geräuschbelastung des Menschen wird der lineare Schalleistungspegel einer A-Bewertung unterzogen, um sich dem Frequenzgang des menschlichen Ohres anzupassen [7].

Der Pegel der längenbezogenen Schalleistung $L_{W'}$ bildet nach [5] das „logarithmische[] Maß für die von einer Linienschallquelle oder Teilen davon je Längeneinheit abgestrahlte[n] Schalleistung P' “. Er ist nach [5] wie folgt definiert:

$$L_{W'} = 10 \cdot \lg (P'/10^{-12} \text{Wm}^{-1}) \text{ dB} \quad (2.2)$$

Der Pegel der flächenbezogenen Schalleistung $L_{W''}$ bildet laut [5] das „logarithmische[] Maß für die von einer flächenhaften Schallquelle (oder Teilen davon) je Flächeneinheit abgestrahlte[n] Schalleistung P'' “. Er ist nach [5] wie folgt definiert:

$$L_{W''} = 10 \cdot \lg (P''/10^{-12} \text{Wm}^{-2}) \text{ dB} \quad (2.3)$$

(2) Punktschallquelle

Die Punktschallquelle bildet die grundlegende Darstellungsform einer Schallquelle bei der Schallausbreitungsrechnung. Sie kann gemäß [5] für „jede Schallquelle, deren größte Ausdehnung weniger als die Hälfte des Abstands ihres Mittelpunkts von dem betrachteten Immissionsort beträgt“, als Berechnungsansatz verwendet werden. Voraussetzung für eine realitätsgetreue Berechnung einer solchen Quelle ist, „dass nicht verschiedene Teile der Quelle [...] unterschiedlich stark gegen den Immissionsort abgeschirmt sind“ [5]. Bei ungehinderter Schallausbreitung nimmt der erzeugte Schallpegel einer Punktschallquelle mit zunehmendem Abstand bis ca. 200 m um etwa 6 dB je Abstandsverdoppelung ab [5]. Die Pegelabnahme ist besonders auf die kugelförmige Schallabstrahlung zurückzuführen, bei der die abgestrahlte Schalleistung auf zunehmend größer werdende Kugelflächen verteilt wird [5]. Ebenso sind „Zusatzdämpfungen durch Absorption in der Luft und Boden- und Wittereinflüsse“ [5] beteiligt.

(3) Linienschallquelle

Nach [5] können zur Darstellung und Berechnung des Verkehrs auf Straßen für Schallausbreitungsrechnungen Linienschallquellen genutzt werden. Ist die darzustellende Linienschallquelle nicht lang und gerade oder die durch den Verkehr erzeugte Schallemission nicht auf der gesamten Länge gleich muss eine Unterteilung der Linienschallquelle in ausreichend kleine Teilstücke erfolgen [5]. Diese Teilstücke können zur Berechnung durch Punktschallquellen ersetzt werden [5]. Der abgestrahlte Schall wird anschließend als Beurteilungspegel gesamtheitlich von allen Teilstücken am betrachteten Immissionsort zusammengefasst und spiegelt somit die Immissionswirkung Linienschallquelle wieder [5].

(4) Flächenschallquelle

Parkplätze und Ähnliches können für die Schallausbreitungsrechnungen gemäß [5] als Flächenschallquellen mit einer gleichmäßig über die gesamte Fläche verteilten Schallleistung betrachtet werden. „Nahe einer solchen Flächenschallquelle nimmt der Schallpegel bei ungehinderter Ausbreitung mit zunehmendem Abstand zunächst nur allmählich ab. Erst bei Abständen vom Schwerpunkt der Fläche, die groß im Verhältnis zu ihrer größten Ausdehnung \square sind, nimmt er wie bei einer Punktschallquelle ab.“ [5] Ist dies nicht gegeben oder ist die Abschirmung verschiedener Teile der Flächenschallquelle gegen einen Immissionsort unterschiedlich, muss die Fläche in ausreichend kleine Teilflächen unterteilt werden [5]. Diese Teilflächen können zur Berechnung ebenfalls durch Punktschallquellen ersetzt werden [5]. Die abgestrahlte Schallleistung wird abschließend wie bei Linienschallquellen gesamtheitlich aus den Beurteilungspegeln aller Teilquellen am jeweiligen Immissionsort zusammengefasst betrachtet [5].

(5) Beurteilungspegel

Der Beurteilungspegel ist nach [5] die grundlegende Größe zur Kennzeichnung der Stärke der Schallimmission durch eine Schallquelle während der Beurteilungszeit. Als Beurteilungsansatz für die Schallbelastung eines Immissionsortes bezieht er sich direkt auf die Immissionsrichtwerte nach der TA-Lärm [8]. Er wird gebildet aus dem Mittelungspegel L_{Aeq} des zu beurteilenden Geräusches und gegebenenfalls Zuschlägen für eine erhöhte Störwirkung der Geräusche entsprechend einer Ton- und Informationshaltigkeit, Impulshaltigkeit oder Tageszeiten mit erhöhter Empfindlichkeit [8].

4.1 Die TA-Lärm als Beurteilungsgrundlage

Während der Planungsphase einer genehmigungsbedürftigen Parkanlage ist eine Betrachtung der entstehenden Lärmbelastung unabdingbar. Zur Prüfung der Einhaltung der Richtwerte werden dabei häufig schalltechnische Prognosen herangezogen. Im Vergleich zu Schallmessungen vor Ort, können Prognoserechnungen bereits frühzeitig, vor dem eigentlichem Baubeginn, eine Beurteilungsgrundlage bilden. Sie sind zudem durch die mögliche Betrachtung der maximal auftretenden Lärmbelastungen auch geeigneter, um die Einhaltung verbindlicher Richtwerte zu überprüfen. Die maßgeblichen Beurteilungspegel der Schallimmissionen aus dem Betrieb von nicht öffentlichen Parkplätzen sind dabei grundlegend nach der TA-Lärm zu berechnen und zu beurteilen [8].

Der nachfolgende Abschnitt bezieht sich auf die Aussagen nach [8]. Die TA-Lärm „dient dem Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Geräusche sowie der Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen durch Geräusche.“ Ihre Gültigkeit umfasst dabei alle genehmigungsbedürftigen oder nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen, die den Anforderungen des Zweiten Teils des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) unterliegen, mit zusätzlichen Sonderregelungen für bestimmte Ausnahmen. Schädliche Umwelteinwirkungen umfassen nach der Definition der TA-Lärm „Geräuschimmissionen, die nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeizuführen“. Die Anwendung der in der TA-Lärm festgelegten Immissionsrichtwerte erfolgt stets zu bestimmten Beurteilungszeiten, welche tagsüber in die Zeiten 06:00 Uhr bis 22.00 Uhr und nachts in die Zeiten 22.00 Uhr bis 06.00 Uhr unterteilt sind. Während die Immissionsrichtwerte für den Tageszeitraum für eine Beurteilungszeit von 16 Stunden gelten, ist zur Beurteilung der Nacht die volle Nachtstunde mit dem höchsten Beurteilungspegel maßgeblich. Zur Berechnung der je Immissionsort anliegenden Beurteilungspegel wird als maßgebende Größe der immissionswirksame Schalleistungspegel herangezogen. Der immissionswirksame Schalleistungspegel ist als „Summe der Schalleistung aller Schallquellen einer Anlage [...], abzüglich der Verluste auf dem Ausbreitungsweg innerhalb der Anlage und unter Berücksichtigung der Richtwirkungsmaße der Schallquellen“ zu verstehen. Die Ermittlung der Geräuschimmission erfolgt nach der TA-Lärm auf Basis der angegebenen zulässigen Prognoseverfahren, einer detaillierten oder überschlägigen Prognose. Grundsätzlich gilt bei beiden Verfahren die Berücksichtigung aller zur Anlage zugehörigen Schallquellen bei der Beurteilung. [8]

Die Genauigkeit der Schallimmissionsprognosen ist neben der korrekten Anwendung der Berechnungsvorschriften vor Allem abhängig von der Zuverlässigkeit der verwend-

ten Eingangsdaten. Aufgrund der besseren Abbildung der Lärmsituation im Einwirkungsbereich einer Anlage durch die detaillierte Prognose, wird innerhalb dieser Arbeit nur auf dieses Verfahren eingegangen.

Beim detaillierten Prognoseverfahren sind nach [8] folgende Eingangsdaten zur weiteren Berechnung ausschlaggebend:

- mittlere Schalleistungspegel der zu berücksichtigenden Schallquellen
- Einwirkzeit der Schallquellen
- Richtwirkungskorrektur der Schallabstrahlung
- Ton- und Informationshaltigkeit bzw. Impulshaltigkeit der Schallemissionen
- Lage und Höhe der Schallquellen
- Lage und Abmessungen relevanter Hindernisse für die Schallausbreitung
- Lage der maßgeblichen Immissionsorte

Entsprechend [8] sind die Schalleistungspegel der Schallquellen je nach zeitlicher Abhängigkeit der Geräuschentwicklung gegebenenfalls getrennt nach Teilzeiten mit gleichartiger Schallemission zu behandeln. Dies erfolgt insofern während der Beurteilungszeit unterschiedliche Emissionen auftreten oder unterschiedliche Zuschläge für die Ton- und Informationshaltigkeit bzw. Impulshaltigkeit erforderlich sind [8]. Die Berechnung der Immissionspegel geschieht standardmäßig in Oktaven mit den Mittenfrequenzen 63 Hz bis 4 kHz [8]. Die Schallausbreitungsrechnung muss entsprechend den Regelungen der DIN ISO 9613-2 durchgeführt werden [8].

Die Beurteilungspegel können gemäß [8] getrennt für die Beurteilungszeiten tags und nachts nach Gleichung (2.1.1) und (2.1.2) berechnet werden:

$$L_r = 10 \cdot \lg \left[\frac{1}{T_r} \sum_{j=1}^N T_j \cdot 10^{0,1 \cdot (L_{Aeq,j} - C_{met} + K_{T,j} + K_{I,j} + K_{R,j})} \right] \quad (2.1.1)$$

$$\text{mit} \quad T_r = \sum_{j=1}^N T_j \quad \begin{array}{l} = 16 \text{ h tags} \\ = 1 \text{ h oder } 8 \text{ h nachts} \end{array} \quad (2.1.2)$$

T_j Teilzeit j

N Zahl der gewählten Teilzeiten

C_{met} meteorologische Korrektur nach DIN ISO 9613-2

- $K_{T,j}$ Zuschlag für Ton- und Informationshaltigkeit in der Teilzeit T_j
 $K_{I,j}$ Zuschlag für Impulshaltigkeit in der Teilzeit T_j
 $K_{R,j}$ Zuschlag für Tageszeiten mit erhöhter Empfindlichkeit in der Teilzeit T_j

Der Mittelungspegel der Anlage in den Teilzeiten T_j wird anhand des Mittelungspegels $L_{Aeq,k,j}$ und den Einwirkzeiten $T_{E,k,j}$ aller Schallquellen k gemäß [8] nach Gleichung (2.1.3) berechnet:

$$L_{Aeq,j} = 10 \cdot \lg \left(\frac{1}{T_j} \sum_k T_{E,k,j} \cdot 10^{0,1 \cdot L_{Aeq,k,j}} \right) \quad (2.1.3)$$

Die Zuschläge für Ton- und Informationshaltigkeit K_T sowie für Impulshaltigkeit K_I finden bei entsprechende Teilzeiten Anwendung, die derartige Geräusche beinhalten und sind je nach Auffälligkeit und Störwirkung mit einem Wert von 3 bzw. 6 dB anzusetzen [8].

Für die Schallausbreitungsrechnung wird der Mittelungspegel am Immissionsort gemäß [9] mit Hilfe der nachfolgenden Gleichungen und Zusammenhänge berechnet:

Für eine Punktschallquelle und ihre Spiegelquellen ist der an den Immissionsorten auftretende äquivalente Dauerschalldruckpegel unter Mitwindbedingungen in den acht Oktavbändern mit Mittenfrequenzen von 63 Hz bis 8 kHz gemäß [9] anhand Gleichung (2.1.4) zu berechnen:

$$L_{fT}(DW) = L_W + D_C - A \quad (2.1.4)$$

- L_W Oktavband-Schalleistungspegel der Punktschallquelle, in Dezibel
 D_C Richtwirkungskorrektur, in Dezibel
 A Oktavbanddämpfung, in Dezibel, während der Schallausbreitung von der Punktschallquelle zum Empfänger

Die Richtwirkungskorrektur D_C ist zusammengesetzt aus dem Richtwirkungsmaß D_I der Punktschallquelle und einem Richtwirkungsmaß D_Ω , das die Schallausbreitung in bestimmten Raumwinkeln berücksichtigt. Es beschreibt allgemein die Abweichung des von einer Punktschallquelle in einer festgelegten Richtung abgestrahlten äquivalenten Dauerschalldruckpegels vom Pegel einer ungerichteten Punktschallquelle mit einem Schalleistungspegel L_W . [9]

Der Dämpfungsterm A wird nach [9] grundlegend durch Gleichung (2.1.5) definiert.

$$A = A_{div} + A_{atm} + A_{gr} + A_{bar} + A_{misc} \quad (2.1.5)$$

- A_{div} Dämpfung aufgrund geometrischer Ausbreitung
- A_{atm} Dämpfung aufgrund von Luftabsorption
- A_{gr} Dämpfung aufgrund des Bodeneffekts
- A_{bar} Dämpfung aufgrund von Abschirmung
- A_{misc} Dämpfung aufgrund anderer Effekte

Durch die Addition der einzelnen, für jede Punktschallquelle, für jede ihrer Spiegelquellen und für jedes Oktavband, zeitlich gemittelten Schalldruckpegel, kann der äquivalente A-bewertete Dauerschalldruckpegel bei Mitwind nach [9] mit Gleichung (2.1.6) berechnet werden:

$$L_{AT}(DW) = 10 \cdot \lg \left\{ \sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^n 10^{0,1 \cdot [L_{fT}(ij) + A_f(j)]} \right] \right\} dB \quad (2.1.5)$$

- n Anzahl der Beiträge i (Schallquellen und Ausbreitungswege)
- j Index, der die Oktavbandmittenfrequenzen von 63 Hz bis 8 kHz angibt
- A_f genormte A-Bewertung

4.2 Die Parkplatzlärmstudie

Als allgemein gültige Berechnungsgrundlage findet die Parkplatzlärmstudie Anwendung in sämtlichen Angelegenheiten zu Schallemissionen des ruhenden Verkehrs. Insbesondere in Verwaltungs- und Planfeststellungsverfahren nach dem Baugesetzbuch sowie dem BImSchG sind verursachte Geräuscheinwirkungen des ruhenden Verkehrs auf benachbarte Wohnbebauungen zu untersuchen und bedürfen einem Ansatz zur verwaltungsrechtlichen Beurteilung von Parkplatzlärm und dessen Rechtsprechung [1].

4.2.1 Bewegungen auf Parkplätzen – Der ruhende Verkehr

Unter dem Begriff „ruhender Verkehr“ werden nach [1] allgemein alle durch die Benutzung von Abstellflächen und -anlagen verursachte Schallemissionen betrachtet. „Zu den Flächen und Bauten des ‚ruhenden Verkehrs‘ gehören Parkstreifen und Parkbuchten im öffentlichen Straßenraum sowie Parkplätze, Parkhäuser, Tiefgaragen und mechanische Parksyste.me.“ [1]

Die nachfolgenden Absätze fassen die Angaben des LfU [1] zum ruhenden Verkehr zusammen. Innerhalb der Parkplatzlärmstudie werden insbesondere Parkplätze für Personen- u. Lastkraftwagen, Tank- und Rastanlagen sowie zentrale Omnibushaltestellen u. ä. betrachtet. Die Geräuschentwicklung an Längs- und Querparkstreifen oder Parkbuchten im öffentlichen Straßenraum werden in diesem Rahmen grundsätzlich nicht gesondert betrachtet, da die Geräusche des fließenden Verkehrs in der Regel überwiegen. Trotz der grundsätzlich sicheren Anwendbarkeit der Berechnungsverfahren der Parkplatzlärmstudie wird sie aus formaljuristischen Gründen in Deutschland nicht für straßenrechtlich gewidmete Parkplätze angewendet. [1]

Als Schallemissionen auf Parkplätzen sind der allgemeine Park- sowie der Zu- und Abfahrverkehr maßgeblich. Eine Parkbewegung besteht dabei neben dem Weg von der Ein- bzw. Ausfahrt zum Ort des Parkens, auch aus Rangierbewegungen sowie mit dem Parkvorgang verbundenen Lärmemissionen wie Türenschnellen und Ähnlichem. Besonders im Bezug auf Parkplätze an Einkaufsmärkten müssen spezielle Vorgänge wie Rollgeräusche von Einkaufswagen oder ein erhöhter Parksuchverkehr zu gewissen Stoßzeiten berücksichtigt werden. [1]

4.2.2 Erhebungen an Parkplätzen

Das LfU [1] gibt, als grundsätzlichen Ansatz der Parkplatzlärmstudie, die Erstellung eines geeigneten Rechenverfahrens zur Ermittlung von Schallemissionen an Parkplätzen an. Dabei sollten speziell eine in der bis dato gültigen Berechnung nach DIN 18005-1 fehlende Berücksichtigung von unterschiedlichen Parkplatzarten sowie konkrete Anhaltswerte für spezielle Verkehrsaufkommen implementiert werden [1].

Seit Beginn der Untersuchungen zur Parkplatzlärmstudie im Jahr 1984 erfolgten zahlreiche Erhebungen zu diversen Parkplatzarten [1]. Ein Großteil der Erhebungsdaten stammt dabei aus Untersuchungen zwischen den Jahren 1999-2005 [1]. Abbildung 1 gibt einen Überblick über die Gesamtheit der durchgeführten Erhebungen.

Parkplatzart	Anzahl Erhebungen	
	Gesamtanzahl 1984 - 2005	Erhebungen 1999 - 2005
P+R-Platz	16	4
Tank- und Rastanlage	6	6
Tiefgarage einer Wohnanlage	9	5
Diskotheek	9	7
Einkaufsmarkt	36	31
Speisegaststätte	13	13
Hotel	7	7
Gasthof	6	6
Parkplatz und Parkhaus in der Innenstadt	3	2
alle untersuchten Parkplätze	105	81

Abbildung 1: Übersicht der Erhebungen von Kfz-Bewegungen auf Parkplätzen zwischen 1984 und 2005 [1]

Die Aktualisierung der Datenbasis, beginnend im Jahr 1999, resultierte dabei einerseits aus einer geplanten Erweiterung der bestehenden Datensammlung, andererseits konnten damit Erhebungen von Fahrzeugbewegungen an bisher noch nicht vor Ort untersuchten Parkplatzarten dazugewonnen werden [1].

Das LfU [1] macht dabei auf die im nachfolgendem Absatz erläuterte Umstellung der Bezugsgrößen für die Darstellung der erhobenen Fahrzeugbewegungen aufmerksam. Speziell bei Parkplätzen von Einkaufsmärkten stellte sich die angewandte Bezugsgröße für die Darstellung der erhobenen Fahrzeugbewegungen als nicht zweckmäßig heraus. In Anlehnung an die Vorgaben der behördlichen Stellplatzrichtlinien wurden die Bewegungshäufigkeiten nicht weiterhin auf die Anzahl der Stellplätze bezogen, hingegen wurde die Kenngröße der Netto-Verkaufsfläche herangezogen. Damit wurde eine etwaige Benachteiligung von Einkaufsmärkten mit einem vergleichsweise größeren Parkangebot ausgeschlossen. Die Netto-Verkaufsfläche umfasst dabei, im Gegensatz zum Begriff der Verkaufsfläche, nur die dem Kunden zugänglichen Flächen von Verkaufsräumen, ohne Berücksichtigung der Flächen von Personal- und Nebenräumen wie Toiletten, Büroräumen, Flur- und Kassenbereichen sowie Lagerflächen. Zur Verkaufsfläche zählen hierbei sämtliche Regale und Theken sowie die Freiflächen dazwischen. Der Vorraum zwischen den Kassen und dem Ein- und Ausgang ist zusammen mit dem Kassenbereich nicht in der Netto-Verkaufsfläche enthalten. [1]

4.2.3 Die Auswertmethodik der Parkplatzlärmstudie

Als Berechnungsgrundlage maßgeblich sind laut dem LfU [1] die Werte für die Bewegungshäufigkeit, sprich die Fahrzeugbewegungen je Bezugsgröße und Stunde. In Anlehnung an die TA-Lärm wurden die Bewegungshäufigkeiten für jede Parkplatzart in ihren schalltechnisch relevanten Zeiträumen getrennt nach Tag- und Nachtzeit betrachtet [1]. Die Auswertung der Daten erfolgte hierbei nicht nur rechnerisch, sondern speziell in grafischer Form als Bewegungs- und Belegungsganglinien [1]. Diese Diagramme zeigen die halbstündliche Verteilung der Fahrzeugbewegungen sowie des Belegungsgrades im entsprechenden Erhebungszeitraum [1]. „Die Belegungsganglinien beziehen sich dabei auf die im Untersuchungszeitraum ermittelte maximale Anzahl gleichzeitig belegter Stellplätze.“ [1]. Als Empfehlung für schalltechnische Prognosen werden seitens der Parkplatzlärmstudie die durchschnittlichen und maximalen Bewegungshäufigkeiten angegeben [1].

4.2.4 Berechnung der Schallemission

Der nachfolgende Absatz bezieht sich auf die Grundsätze des Berechnungsverfahrens für Parkplätze an Einkaufsmärkten nach dem LfU [1]. Bei der Berechnung der an Parkplätzen entstehenden Schallemission wird in der Parkplatzlärmstudie grundsätzlich nach zwei unterschiedlichen Verfahren unterschieden, dem sogenannten zusammengefassten Verfahren sowie dem getrennten Verfahren. Das zusammengefasste Verfahren stellt hierbei eine gemeinsame Betrachtung der für die Schallemission relevanten Teilschallquellen dar. Sowohl die Schallemission aus den Ein- und Ausparkvorgängen, als auch der an der Lärmentstehung maßgeblich beteiligte Durchfahrverkehr werden zusammengefasst als einheitliche Schallquelle zur Berechnung angesetzt. Das getrennte Berechnungsverfahren beläuft sich hingegen auf eine Trennung der einzelnen beteiligten Emissionsquellen. Es erfolgt eine gesonderte Berücksichtigung der unterschiedlichen Teilvorgänge, ebenso wie die gesonderte Berechnung ihrer Schallemission. Aufgrund der Abhängigkeit des getrennten Verfahrens von einer genauen Prognostizierung der vorherrschenden Parksituation und des Verkehrsaufkommens, ist die Berechnung nach diesem Verfahren nur in gesonderten Fällen heranzuziehen. [1]

In Anbetracht des Zieles der Arbeit, konkrete Vorgänge von Parkbewegungen zu untersuchen und mit den innerhalb der Parkplatzlärmstudie getroffenen Ergebnissen zu vergleichen, kommt zur Berechnung der Schallemission der betrachteten Parkplätze das getrennte Verfahren zu Anwendung. Durch eine separate Betrachtung der einzelnen Emissionsanteile können Zusammenhänge sowie konkrete Eigenschaften der Teilvorgänge besser erfasst werden. Speziell die Aufteilung einzelner Parkbereiche abhängig von Ihrer Lage und Bewegungshäufigkeit sowie die genaue Führung der Verkehrswege

einschließlich der Zufahrten für die An- und Abfahrt sind in der Berechnung damit genauer zu simulieren, womit sich ein genaueres Bild der realen Parksituation abbilden und hinsichtlich der Lärmentwicklung beurteilen lässt.

Zur Berechnung des Gesamt-Beurteilungspegels werden gemäß dem LfU [1] beim getrennten Verfahren die einzelnen Teilemissionen getrennt berechnet und anschließend mit Hilfe einer Schallausbreitungsrechnung hinsichtlich ihrer Immissionswirkung je Immissionsort zusammengefasst. Dabei werden die zu betrachtenden Parkvorgänge in Teilemissionen aus den Ein- und Ausparkvorgängen sowie dem Parksuch- und Durchfahrverkehr unterteilt [1]. Über die Zusammenhänge nach Gleichung (2.2.4.1) und Gleichung (2.2.4.2) gemäß [1] kann der flächenbezogene Schalleistungspegel der Parkvorgänge nach [1] mit Hilfe der Gleichung (2.2.4.3) berechnet werden:

$$L_W = L_{W''} + 10 \cdot \lg \frac{S}{S_0} \quad (2.2.4.1)$$

mit S = Teilfläche und $S_0 = 1 \text{ m}^2$

$$L_W = L_{W'} + 10 \cdot \lg \frac{I}{I_0} \quad (2.2.4.2)$$

mit I = Teilstreckenlänge und $I_0 = 1 \text{ m}$

$$L_{W''} = \left[L_{W0} + K_{PA} + K_I + 10 \cdot \lg(B \cdot N) - 10 \cdot \lg\left(\frac{S}{1\text{m}^2}\right) \right] \text{dB(A)} \quad (2.2.4.3)$$

mit $L_{W0} = 65,4 \text{ dB(A)}$

$L_{W''}$	flächenbezogener Schalleistungspegel der Parkvorgänge in dB(A)
L_{W0}	Ausgangsschalleistungspegel für eine Bewegung pro Stunde auf einem Einkaufsmarkt (Einkaufswagen auf Asphalt)
K_{PA}	Zuschlag für die Parkplatzart
K_I	Zuschlag für die Impulshaltigkeit
B	Bezugsgröße (Netto-Verkaufsfläche in m^2)
N	Bewegungshäufigkeit (Bewegungen je Einheit der Bezugsgröße und Stunde)
$B \cdot N$	alle Fahrzeugbewegungen je Stunde auf der Parkfläche
S	Gesamtfläche bzw. Teilfläche des Parkplatzes in m^2

Die Zuschläge K_{PA} und K_I können anhand der nachfolgenden Tabelle für die Parkplatzart der Einkaufsmärkte abgelesen werden.

Tabelle 1: Zuschläge für die Parkplatzart (K_{PA}) und für die Impulshaltigkeit (K_I) für Parkplätze an Einkaufsmärkten, Eigene Darstellung in Anlehnung an [1]

Parkplätze an Einkaufsmärkten	Zuschläge in dB(A)	
	K_{PA}	K_I
Standard-Einkaufswagen auf Asphalt	3	4
Standard-Einkaufswagen auf Pflaster	5	4
lärmarme Einkaufswagen auf Asphalt	3	4
lärmarme Einkaufswagen auf Pflaster	3	4

Der Fahrverkehr findet innerhalb der Gleichung (2.2.4.3) keine Betrachtung. Die Schallemission $L_{m,E}$ des Parksuch- und Durchfahrverkehrs wird mit Hilfe der nachfolgenden Gleichungen und Zusammenhänge nach der TA-Lärm berechnet:

Der Mittelungspegel L_m eines „langen, geraden“ Fahrstreifens ist nach [10] durch Gleichung (2.2.4.4) definiert:

$$L_m = L_{m,E} + D_{S\perp} + D_{BM} + D_B \quad (2.2.4.4)$$

- $L_{m,E}$ Emissionspegel
- $D_{S\perp}$ Pegeländerung zur Berücksichtigung des Abstandes und der Luftabsorption
- D_{BM} Pegeländerung zur Berücksichtigung der Boden- und Meteorologiedämpfung
- D_B Pegeländerung durch topografische Gegebenheiten und bauliche Maßnahmen

Der Schallemissionspegel $L_{m,E}$ wird gemäß [10] nach Gleichung (2.4.4.5) berechnet:

$$L_{m,E} = L_m^{(25)} + D_v + D_{Str0} + D_{Stg} + D_E \quad (2.2.4.5)$$

- $L_m^{(25)}$ Mittelungspegel
- D_v Korrektur für unterschiedliche zulässige Höchstgeschwindigkeiten
- D_{Str0} Korrektur für unterschiedliche Straßenoberflächen
- D_{Stg} Zuschlag für Steigungen und Gefälle
- D_E Korrektur (nur bei Spiegelschallquellen)

Anders als bei der Vorgehensweise nach der RLS-90 wird der Wert D_{Str} nach dem LfU [1] mit den Werten K_{Str0} der Parkplatzlärmstudie ersetzt. Bei Parkplätzen an Einkaufsmärkten mit asphaltierter oder mit Betonstein gepflasterter Oberfläche entfällt dieser Zuschlag jedoch, da die Schallemission von Einkaufswagen pegelbestimmend ist und bereits im Zuschlag K_{PA} für die Parkplatzart berücksichtigt wird [1].

Der Mittelungspegel $L_m^{(25)}$ wird nach [10] mit Gleichung (2.2.4.6) beschrieben:

$$L_m^{(25)} = 37,3 + 10 \cdot \lg[M \cdot (1 + 0,082 \cdot p)] \quad (2.2.4.6)$$

M maßgebende stündliche Verkehrsstärke (einstreifige Straßen)

p maßgebender Lkw-Anteil in %

Bei der Anwendung der Gleichung (2.2.4.6) müssen gemäß [10] folgende Randbedingungen erfüllt sein:

- horizontaler Abstand: 25 m
- Straßenoberfläche: nicht geriffelter Gussasphalt
- zulässige Höchstgeschwindigkeit: 100 km/h
- Steigung oder Gefälle ≤ 5 %
- freie Schallausbreitung mit $h_m = 2,25$ m (mittlere Höhe h_m ist der mittlere Abstand zwischen dem Grund und der Verbindungslinie von Emissions- und Immissionsort)

Der längenbezogene Schalleistungspegel $L_{W'}$ aus dem Durchfahrverkehr wird nach [10] anhand des Schallemissionspegels $L_{m,E}$ anhand Gleichung (2.2.4.7) ermittelt:

$$L_{W',1h} = L_{m,E} + 19 \text{ dB}(A) \quad (2.2.4.7)$$

Bei der Betrachtung des Pkw-Verkehrs auf Parkplätzen ist gemäß [10] die geringstmöglich anzusetzende Fahrgeschwindigkeit von 30 km/h zur Berechnung heranzuziehen. Die Korrekturen für konkrete Geschwindigkeiten und Straßenbelägen sowie anderen situationsspezifischen Gegebenheiten wurden bei der Ermittlung des Schallemissionspegels programmintern über die verwendete Prognosesoftware berechnet.

5 Untersuchung der Lärmentwicklung an Supermarktparkplätzen

5.1 Auswahl der Untersuchungsorte

Ein zentraler Schritt bei der Umsetzung des Untersuchungszieles war die Auswahl geeigneter Untersuchungsorte. Die Parkplatzlärmstudie gibt dabei zu den bereits in der Vergangenheit erfolgten Untersuchungen Auskunft. Darin heißt es, dass die Festlegung geeigneter Untersuchungsorte in Abhängigkeit ihrer Repräsentativität für die jeweiligen Parkplatzarten zu treffen ist [1]. Ebenso müssen Erhebungsbedingungen zur uneingeschränkten Erfassung der Erhebungsdaten bei der Auswahl berücksichtigt werden. Hierbei ist speziell bei Einkaufsmärkten ausschlaggebend, inwiefern die Zu- und Abfahrten von möglichst einem Punkt aus einsehbar sind und demzufolge die Parkbewegungen ermittelt werden können [1]. Einem vertretbaren Aufwand ebenfalls zuträglich ist eine übersichtliche Größe der Parkplätze.

Basierend auf diesen grundlegenden Überlegungen wurden die eigens durchgeführten Untersuchungen auf Supermärkte bzw. nach der Kategorisierung des LfU [1] auf kleine Verbrauchermärkte konzentriert. Kleine Verbrauchermärkte entsprechen nach [1] Einkaufsmärkten mit einer Netto-Verkaufsfläche von bis zu 5000 m². Verbrauchermärkte beschreiben im Sinne der Parkplatzlärmstudie Einkaufsmärkte mit vielfältigem Warenangebot, welche sich deutlich abgrenzen zu Discountmärkten und Niedrigpreismärkten mit begrenztem Sortiment [1]. Repräsentativ für die Parkplatzart „Parkplätze von Einkaufsmärkten“ wurden 2 Supermarktparkplätze gewählt, welche innerhalb der letzten fünf Jahre konzipiert und erbaut wurden und aufgrund ihrer modernen Auslegung der Anforderung von Aktualität Rechnung tragen. Die durchschnittliche Verkaufsfläche von Supermärkten beträgt nach dem Bundesverband des Deutschen Lebensmittelhandels e. V. (BVLH) [11] 1.340 m². Zur besseren Vergleichbarkeit der ermittelten Erhebungsergebnisse wurde anhand dieser Grundsätze auf einen ähnlichen Aufbau und Größe der Supermärkte und ihrer Parkplätze geachtet, welche mit ca. 1300 bis 1400 m² Nettoverkaufsfläche und 90 bzw. 100 Parkplätzen bemessen sind.

In Anlehnung an die Untersuchungsorte der Parkplatzlärmstudie liegen die beiden ausgewählten Supermärkte jeweils innerhalb von Kleinstädten im Landkreis Leipzig in Sachsen. Da sich ein großer Teil der in der Parkplatzlärmstudie durchgeführten Erhebungen auf Einkaufsmärkte in Kleinstädten bezieht, können die neuen Erhebungen an den aus-

gewählten Untersuchungsorten gut gegenübergestellt werden [1]. Zusätzlich zur Anlehnung an die Parkplatzlärmstudie richtete sich die konkrete Auswahl der Untersuchungsobjekte ebenfalls nach einer Standortklassifizierung der unterschiedlichen Lebensmittelmärkte, dargestellt in Abbildung 2.

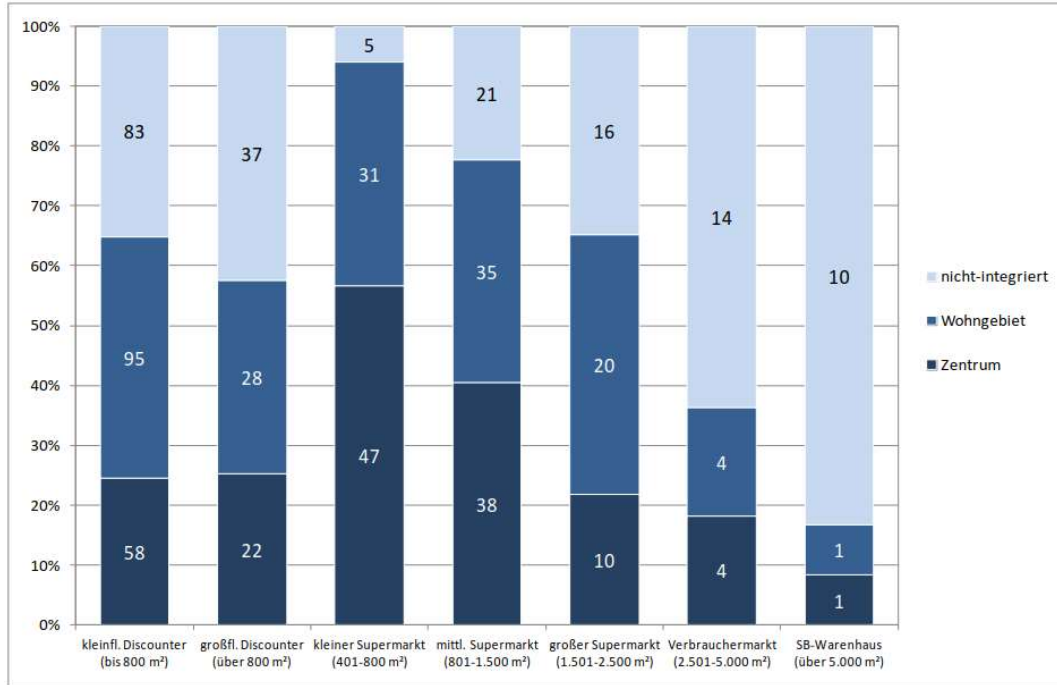


Abbildung 2: Standortklassifizierung zu Lagetypen der Lebensmittelmärkte nach ihrer Betriebsform [3]

Demnach sind Supermärkte im Gegensatz zu Discountern tendenziell vermehrt in städtebaulich integrierten Lagen wie Wohngebieten angesiedelt [3]. Besonders mittlere Supermärkte bis 1500 m² Verkaufsfläche sind nach [3] großteils in Kernstädten zu finden, welche aufgrund ihrer Siedlungsdichte verstärkt Anforderungen an den Immissionsschutz stellen. Neben dieser Feststellung kommt außerdem die Bedeutung des Pkws als Fortbewegungsmittel zum Tragen. Ausschlaggebend hierbei ist, dass im Vergleich zu Verdichtungsräumen wie Großstädten in ländlichen Räumen bei vergleichbaren Weglängen mehr Bürger ihren Einkauf mit dem Pkw erledigen [3]. Je größer die Einwohnerzahl und -dichte, desto geringer fallen die Distanzen vom Kunde zum Einkaufsort aus, was zur Verringerung des PKW-Verkehrs führt [3]. Die Lage der ausgewählten Supermärkte in Kleinstädten trägt demnach aufgrund der niedrigeren Einwohnerzahl zu einer möglichst hohen Belastung der Parkplätze bei und stellt durch die städtebauliche Integration der Standorte zugleich eine Relevanz des Immissionsschutzes sicher.

Eine der wichtigsten Auswahlkriterien und Hauptgrund der Untersuchungsabsicht bildeten jedoch die Öffnungszeiten der Supermärkte. Hierbei wurde versucht, die gesetzlich

festgelegten Ladenschlusszeiten entsprechend dem Sächsischen Ladenöffnungsgesetz [4] sowohl unter der Woche als auch an den Wochenenden möglichst weitestgehend auszuschöpfen. Auf Basis des Landesgesetzes Sachsen trat zum 27. Januar 2012 die letzte Änderung des Ladenschlussgesetzes in Kraft [4]. Diese Änderung beinhaltete die Verlängerung der während der Erstellung der Parkplatzlärmstudie zulässigen Öffnungszeiten für Supermärkte von damals 06:00 Uhr bis 20:00 Uhr auf aktuell 06:00 Uhr bis 22:00 Uhr von Montag bis Samstag [4]. Die untersuchten Supermärkte wurden dementsprechend anhand ihrer Öffnungszeiten von Montag bis Samstag von 7:00 Uhr bis 22:00 Uhr ausgewählt. Ebenso wurde die Erhebungszeit über diesen Zeitraum gewählt, um die gesamte Öffnungszeit und damit verbundene Verkehrsbelastungen betrachten zu können. Da sich die beiden untersuchten Supermärkte in Sachsen befinden, beziehen sich die Untersuchungen ausschließlich auf die gesetzlichen Grundlagen des Bundeslandes Sachsen. Eventuelle Abweichungen der zulässigen Öffnungszeiten in anderen Bundesländern sind nicht Bestandteil dieser Untersuchung und wurden nicht in die Arbeit einbezogen.

5.2 Durchführung der Erhebungen

Zur Durchführung der Erhebungen wurden folgende Erhebungsparameter für die Konkretisierung der Untersuchungsorte protokolliert:

Tabelle 2: Erhebungsparameter der beiden untersuchten Supermärkte

Parameter	Supermarkt (1)	Supermarkt (2)
Erhebungstermine	Sa. 04.03.17, 07:00 – 14:30 Sa. 11.03.17, 14:30 – 22:00 Di. 14.03.17, 07:00 – 14:30 Di. 21.03.17, 14:30 – 22:00	Sa. 18.03.17, 07:00 – 14:30 Sa. 25.03.17, 14:30 – 22:00 Do. 16.03.17, 07:00 – 14:30 Do. 23.03.17, 14:30 – 22:00
Öffnungszeiten	07:00 – 22:00	07:00 – 22:00
Netto-Verkaufsfläche in m²	1400	1300
Anzahl der Zu- und Abfahrten	1	1
Anzahl der Stellplätze	90	100

Entsprechend den Vorgaben und Vorgehensweisen der Parkplatzlärmstudie und den darin vorangegangenen Erhebungen erfolgten die Verkehrszählungen an den ausgewählten Supermarktparkplätzen in den Zeiträumen mit den maximal zu erwartenden

Fahrzeugbewegungen [1]. Wie bereits in der Parkplatzlärmstudie festgestellt und den bisher durchgeführten Erhebungen zu entnehmen, ist im Regelfall an Samstagen die maximale Emissionswirkung des Parkverkehrs zu erwarten [1]. Als Erhebungstermin wurden demnach für die Untersuchungsorte Samstage ausgewählt. Zusätzlich erfolgten unter der Woche ebenfalls Erhebungen an Dienstagen und Donnerstagen, um eine größere Datengrundlage zur späteren Vergleichbarkeit mit den Erhebungsdaten der Parkplatzlärmstudie zu schaffen. Der Erhebungszeitraum wurde entsprechend der Öffnungszeiten der Supermärkte von 7:00 Uhr bis 22:00 Uhr gewählt. Die dem Parkplatz zuzurechnenden Fahrzeugbewegungen wurden halbstündlich differenziert nach den An- und Abfahrten über den Erhebungszeitraum erfasst. Zudem wurde neben der Anzahl der maximal belegten Stellplätze im Erhebungszeitraum auch die Belegung der Stellplätze ermittelt. Dies geschah anhand der rechnerischen Ermittlung über die Anzahl der An- und Abfahrten auf den entsprechenden Parkplätzen.

Aufgrund der je Erhebungstermin zu betrachtenden Zeitspanne von insgesamt 15 Stunden wurde die Erhebungszeit jeweils halbiert und die Zählungen für die ausgewählten Wochentage an jeweils zwei unterschiedlichen Tagen durchgeführt. Die Erhebungsergebnisse setzen sich dementsprechend aus zwei getrennten Erhebungen in den Zeiträumen von 7:00 Uhr bis 14:30 Uhr sowie 14:30 Uhr bis 22:00 Uhr je untersuchtem Wochentag zusammen. Aufgrund des geringen Zeitraums zwischen den zusammengehörigen Erhebungen von maximal einer Woche sind nur geringfügige Abweichungen der getrennten Erhebungen im Vergleich zu einer kontinuierlichen ganztägigen Erhebung zu erwarten. Die Erhebungen zu den Teilzeiten wurden dementsprechend zur Betrachtung der vollständigen Öffnungszeiten für die einzelnen Wochentage zusammengeführt und gesamtheitlich ausgewertet. Zu erwähnen ist ebenfalls, dass der Lieferverkehr durch Lkws keine Betrachtung fand.

Zur Vervollständigung der Erhebungsergebnisse wurden anhand der Belegungszahlen der Parkplätze vor 7:00 Uhr und nach 22:00 Uhr die Fahrzeugbewegungen außerhalb der Öffnungszeiten ermittelt, welche teilweise im Nachtzeitraum stattfanden und eine gesonderte Betrachtung erforderten. Hierbei wurde davon ausgegangen, dass sämtliche zum Ladenschluss parkenden Fahrzeuge innerhalb einer halben Stunde vom Parkplatz abfahren, was in den zusätzlichen Fahrzeugbewegungen nach Ladenschluss resultiert. Aufgrund der eventuellen nächtlichen Nutzung der Parkplätze durch Anwohner von benachbarten Wohnbebauungen, welche somit keinen Beitrag zur Bewegungshäufigkeit leisten würden, kann diese Betrachtung nur als Abschätzung herangezogen werden und liefert keine sicher nachweisbaren Erhebungsdaten. Der verfolgte Ansatz bildet damit das maximale Verkehrsaufkommen zu den jeweiligen Zeiten ab und wurde zur Betrachtung der möglichen Lärmbelastung außerhalb der Geschäftszeiten der Supermärkte herangezogen. Speziell während der Nachtzeit ist es damit möglich eventuell auftretende Schallbelastungen zu betrachten.

5.3 Erhebungsergebnisse

Die Auswertung der durchgeführten Erhebungen erfolgte grundlegend anhand der ermittelten Erhebungsparameter in Anlehnung an die Parkplatzlärmstudie. Die baulichen Daten der betrachteten Untersuchungsorte für die Prognoserechnung wurden aus Planungsunterlagen der ehemals betreuenden Ingenieur- und Planungsbüros ermittelt.

5.3.1 Bewegungs- und Belegungszählungen

Die nachfolgende Tabelle enthält eine Übersicht der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Erhebungen mit allen wesentlichen Erhebungsparametern und den sich daraus ergebenden Ergebnissen entsprechend den Ausführungen in der Parkplatzlärmstudie.

Tabelle 3: Übersicht über die durchgeführten Erhebungen mit zugehörigen Erhebungsergebnissen, Eigene Darstellung in Anlehnung an [1]

Erhebungs-ort	Netto-ver-kaufs-fläche [m ²]	An-zahl Stell-plätze	An-zahl Zu-fahr-ten	Max. Be-le-gung am Er-he-bungs-termin	Erhebungstermin			Gesamtzahl Be-wegungen		Bewegungen je 10 m ² Netto-Verkaufsfläche und Stunde		
					Da-tum	Wo-chen-tag	Uhr-zeit	Tag 6-22 Uhr	Nacht 22-6 Uhr	Tag 6-22 Uhr	Nacht 22-6 Uhr	Ugüns-tigste. Nacht-stunde
Supermarkt in einer Kleinstadt im Lkr. Leipzig	1400	90	1	40	14.03. / 21.03.	Di.	7-22 Uhr	1413	3	0,63	0,0027	0,0027
				43	04.03. / 11.03.	Sa.	7-22 Uhr	1937	10	0,86	0,0089	0,0089
Supermarkt in einer Kleinstadt im Lkr. Leipzig	1300	100	1	42	16.03. / 23.03.	Do.	7-22 Uhr	1656	7	0,80	0,0067	0,0067
				46	18.03. / 25.03.	Sa.	7-22 Uhr	2185	7	1,05	0,0067	0,0067

Die Bewegungszahlen je 10 m² Netto-Verkaufsfläche und Stunde wurden anhand der aus den Erhebungen ermittelten Gesamtzahl an Bewegungen während der Tag- und Nachtzeit und der den untersuchten Supermärkten zugehörigen Netto-Verkaufsfläche berechnet. Die Erhebungsdaten zur Nachtzeit entsprechen aufgrund der Öffnungszeiten der Supermärkte und dem unter Punkt 3.2 erläuterten Erhebungsverfahren dem Wert für die ungünstigste Nachtstunde. Die Angaben zur Anzahl der Stellplätze und Zufahrten dient der Präzisierung der Untersuchungsobjekte und der Erhebungssituation.

Zur Übersichtlichkeit und zeitlichen Einordnung der Erhebungsdaten im Tagesverlauf wurden die ermittelten Bewegungsdaten in Form von Diagrammen als Bewegungs- und Belegungsganglinien dargestellt. Die Bewegungsganglinien zeigen den halbstündigen Verlauf der Parkbewegungen, sprich An- und Abfahrten, über den gesamten Erhebungs-

zeitraum von 7:00 Uhr bis 22:00 Uhr. Die Darstellung der Belegung der Parkplätze erfolgte ebenfalls halbstündlich über die rechnerische Auswertung anhand der Anzahl der An- und Abfahrten. Zusätzlich zum Erhebungszeitraum wurden farblich abgegrenzt (grau) die Bewegungs- und Belegungszahlen innerhalb der 30 Minuten vor Beginn und nach Ende der Öffnungszeiten der Supermärkte dargestellt.

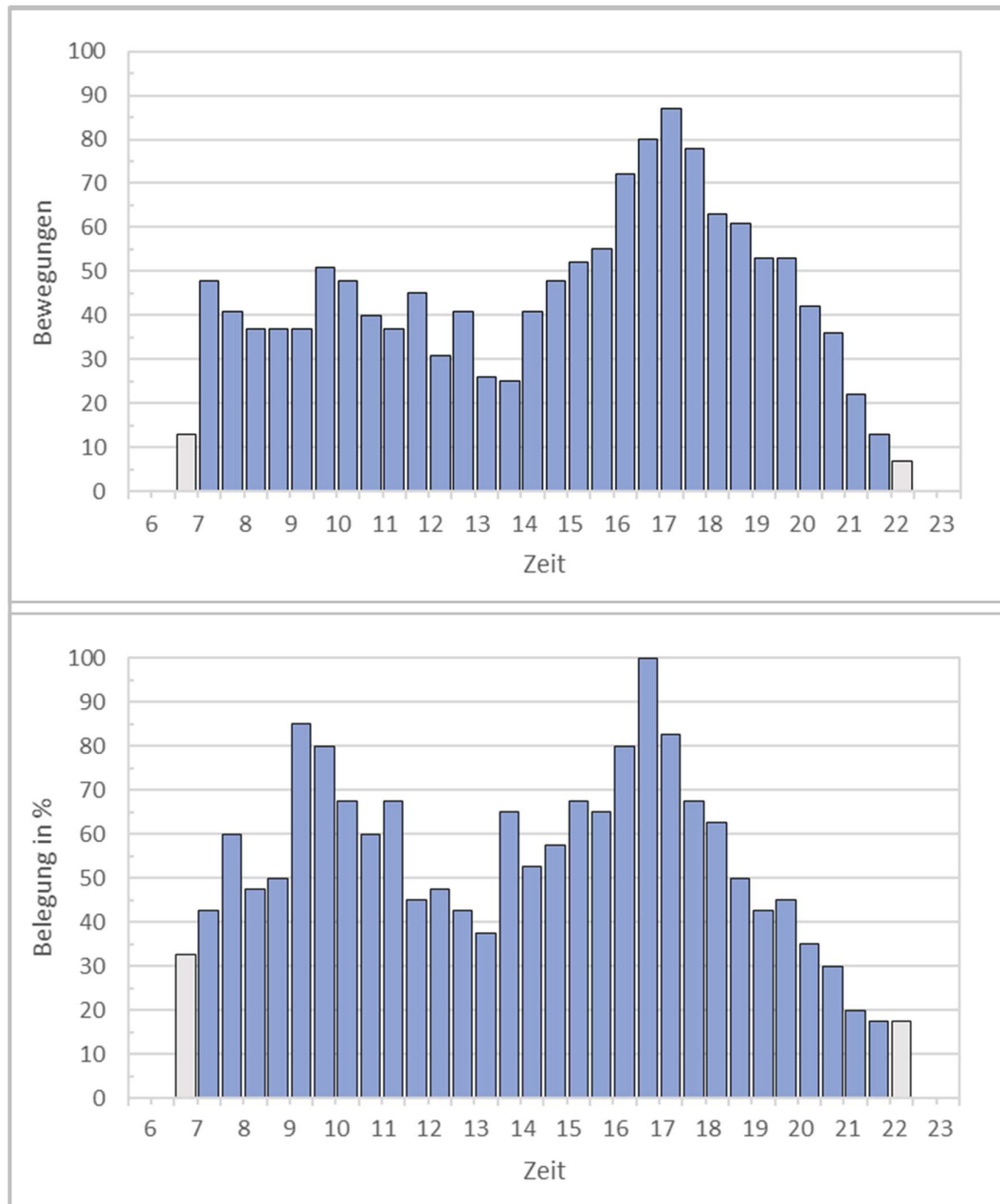


Abbildung 3: Bewegungs- und Belegungsganglinien an einem Supermarkt (1) im Landkreis Leipzig, Erhebung an einem Dienstag

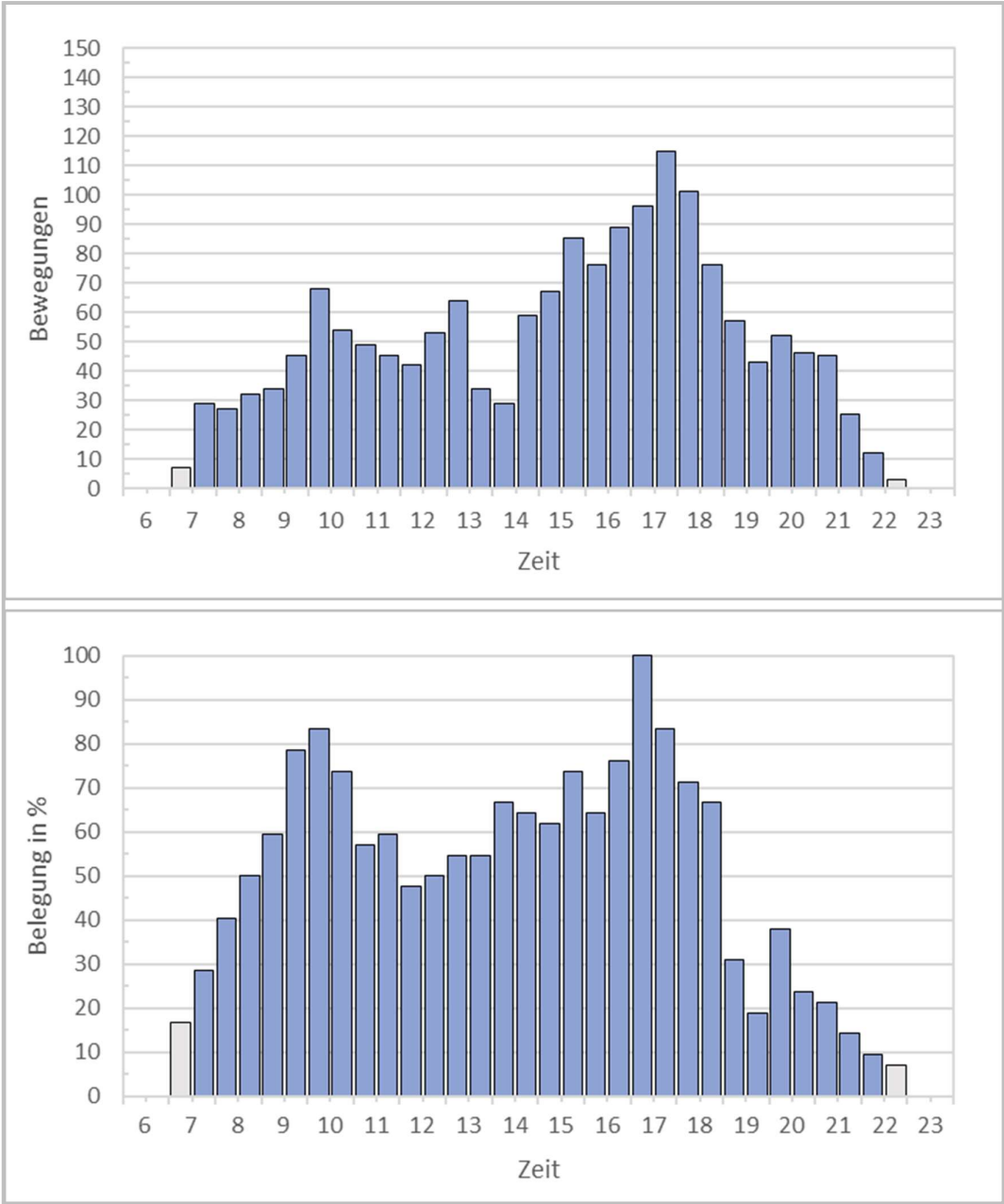


Abbildung 4: Bewegungs- und Belegungsganglinien an einem Supermarkt (2) im Landkreis Leipzig, Erhebung an einem Donnerstag

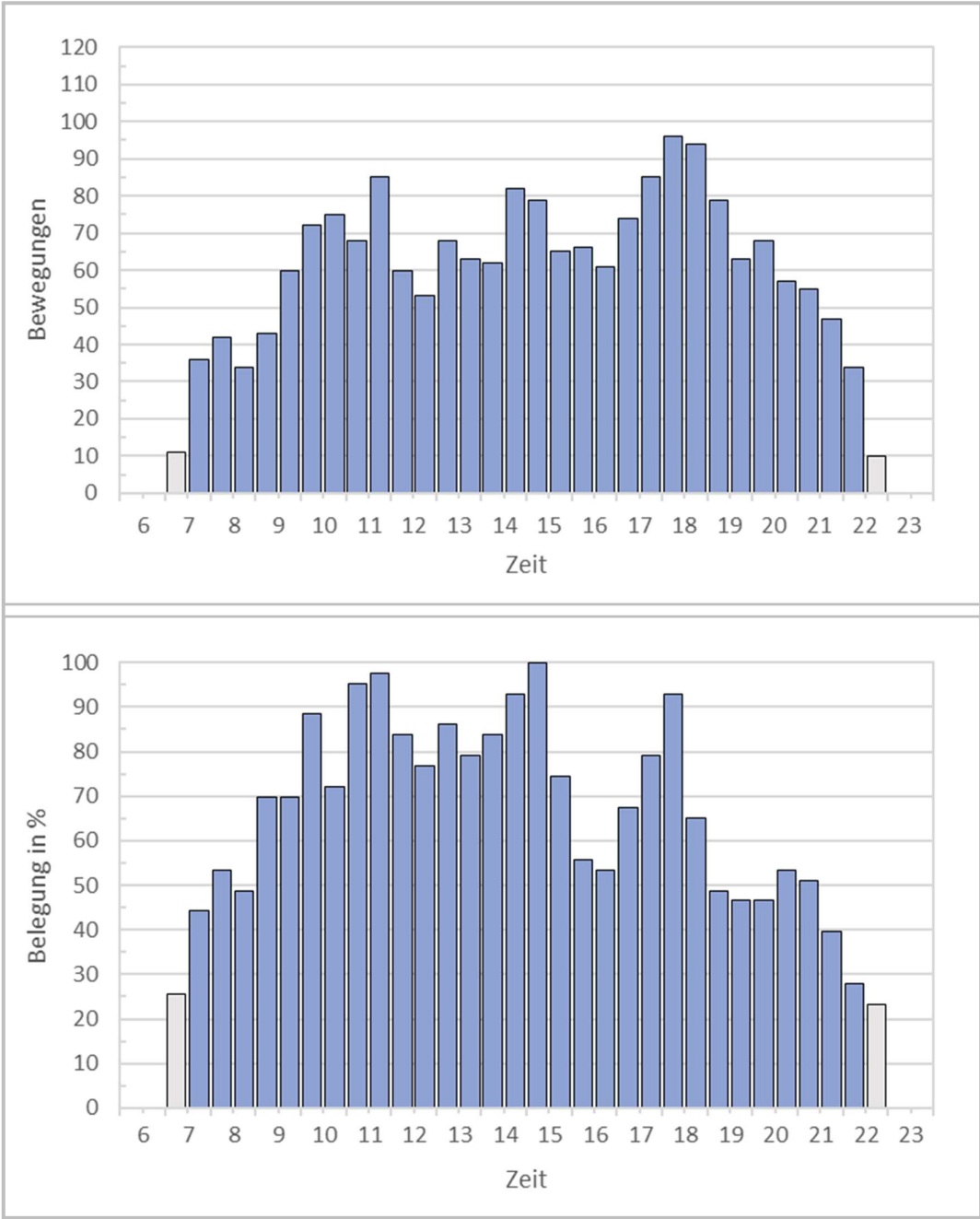


Abbildung 5: Bewegungs- und Belegungsganglinien an einem Supermarkt (1) im Landkreis Leipzig, Erhebung an einem Samstag

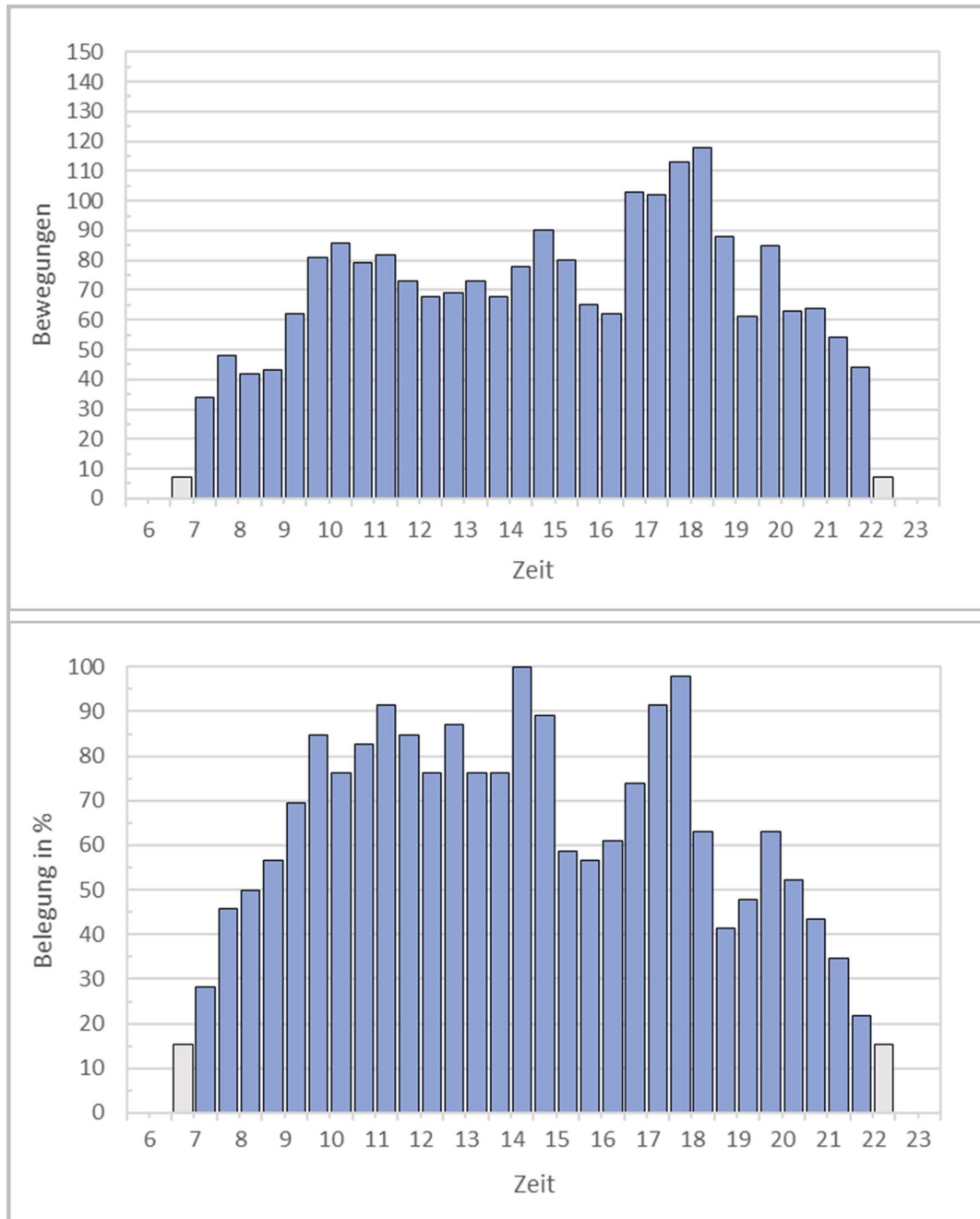


Abbildung 6: Bewegungs- und Belegungsganglinien an einem Supermarkt (2) im Landkreis Leipzig, Erhebung an einem Samstag

Bei der Betrachtung der Diagramme kann grundlegend ein sehr ähnlicher Verlauf der Bewegungs- und Belegungsganglinien der beiden Supermärkte festgestellt werden, was, beeinflusst durch die Auswahl ähnlicher Supermärkte, im Interesse der Untersuchung lag. Sowohl die Ergebnisse für die Erhebungstermine unterhalb der Woche als auch die Ergebnisse für die Samstage zeigen größtenteils eine Übereinstimmung hinsichtlich der Tagesgänge. Diese Übereinstimmung ist hauptsächlich auf den ähnlichen

Aufbau der beiden Supermärkte und die Auslegung der Parkplätze zurückzuführen. Auch die Lage der beiden Supermärkte in Kleinstädten in Sachsen trägt zu dieser Übereinstimmung der Ergebnisse bei, da das Einkaufsverhalten innerhalb einer Region unter ähnlichen Bedingungen weniger wahrscheinlich größeren Schwankungen unterliegen ist.

Die konkreten Werte der Erhebungen hinsichtlich der Bewegungszahl entsprechen beim Vergleich der beiden Supermarktparkplätze den Erwartungen. Aufgrund der direkten Abhängigkeit der Erhebungsergebnisse von der Bezugsgröße der Netto-Verkaufsfläche zeigen die ermittelten Bewegungshäufigkeiten der beiden Parkplätze einen entsprechenden Verlauf. Trotz ähnlicher Gesamtzahl an Bewegungen über die gesamte Erhebungsdauer nimmt die Bewegungshäufigkeit bei größerer Netto-Verkaufsfläche des Supermarktes ab und sorgt daher für größere Abweichung unter den untersuchten Parkplätzen. Der Einfluss der unterschiedlichen Anzahl an Stellplätzen der Parkplätze kann aufgrund der maximalen Auslastung von näherungsweise 50 Prozent beider Parkplätze vernachlässigt werden.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse von Erhebungen während der Wochentage im Vergleich zu den Erhebungen an Samstagen ist ein erwartungsgemäß höheres Verkehrsaufkommen an den Wochenenden von mehr als 30 Prozent zu erkennen. Diese Tendenz war bereits bei den Erhebungen der Parkplatzlärmstudie zu verzeichnen und stützt den Status von Samstagen als Tage, zu denen die höchsten Fahrzeugbewegungen zu erwarten sind [1]. Das höchste Verkehrsaufkommen tritt bei den durchgeführten Untersuchungen zwischen 16:00 Uhr und 18:00 Uhr auf. Zu den Zeiten nach 20:00 Uhr ist jedoch an den Samstagen ein wesentlich höheres Verkehrsaufkommen als unter der Woche festzustellen. Generell ist der Einfluss der Verkehrsbelastung nach 20:00 Uhr und vor 8:00 Uhr aufgrund ihres doch wesentlichen Anteils an der Gesamtbelastung der Parkplätze nicht zu vernachlässigen. Die Verlängerung der Öffnungszeiten ist daher nachweislich ein maßgeblicher Bestandteil der Entwicklung der Lärmemission an Parkplätzen von Einkaufsmärkten.

Als Vergleichsquelle zu den durchgeführten Erhebungen wurde zusätzlich eine Auswertung der Standortdaten, bereitgestellt durch Google, für die beiden Supermärkte herangezogen. Mithilfe der Standorterfassung über Smartphones werden Nutzerdaten seitens Google erfasst und Besucherstatistiken für spezifische Orte erstellt. Über Diagramme innerhalb der Suchanzeige von Google wird für Geschäfte entsprechend der maximalen stündlichen Besucherzahl, der prozentuale Anteil der Besucher je Stunde dargestellt. Anhand der jeweiligen Öffnungszeiten wird der Tagesgang als Balkendiagramm optisch dargestellt und zeigt über den Bezug zur maximalen Besucherzahl den jeweiligen Besucherandrang je Stunde für die entsprechenden Wochentage. Da es sich bei der Darstellung nicht um absolute Daten handelt, können die Verläufe der Diagramme nur näherungsweise zur Überprüfung der Erhebungsdaten genutzt werden. Aufgrund der

nicht möglichen Zuordnung der Besucherdaten zu spezifischen Fortbewegungsmitteln, lassen sich daraus keine konkreten Daten zu An- und Abfahrten über den Kundenparkplatz ermitteln. Durch den hohen Anteil an PKW-Verkehr im Vergleich zur Bewegung mittels Fahrrad oder per Fuß gemäß [3], sollte es dennoch möglich sein, die Besucherzahlen mit den Bewegungsdaten der Erhebungen zum Abgleich gegenüberzustellen.

Mit Hilfe der Untersuchen-Funktion im Browser wurden mittels des HTML-Codes die grafischen Elemente innerhalb der Besucher-Diagramme ausgewertet. Durch die stetige Aktualisierung der Standortdaten innerhalb der Google-Suchanzeige konnten die Besucherdaten über mehrere Tage gesammelt werden und somit zeitliche Veränderungen und Abweichungen innerhalb des Besucherverhaltens festgestellt werden. Insgesamt wurden die Daten über einen Zeitraum von 2 Wochen (30.03. – 12.04.) gesammelt, indem in unterschiedlichen Abständen von 2-3 Tagen die Diagrammelemente ausgelesen wurden. Anhand der spezifischen Pixel-Anzahl der Balken wurden die prozentualen Besucheranteile je Stunde in Bezug auf das Besucher-Maximum ermittelt. Die gesammelten Daten wurden anschließend hinsichtlich ihres Mittelwertes und der Standardabweichung für jeden Wochentag zu den entsprechenden Öffnungszeiten ausgewertet und grafisch dargestellt. Anhand der erstellten Diagramme ließen sich die durchschnittlichen Tagesverläufe der einzelnen Wochentage und Ihre Schwankungen über die Betrachtungszeit erkennen und mit den Erhebungsdaten vergleichen. Dazu wurden die absoluten Daten der ermittelten Parkbewegungen zu den entsprechenden Erhebungsterminen in Abhängigkeit von der maximalen stündlichen Anzahl an Bewegungen prozentual dargestellt. Die beiden Datensätze für die jeweiligen Supermärkte konnten nun mittels der identische Aufarbeitung grafisch miteinander verglichen werden. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die jeweiligen Verläufe der Tagesgänge für die Auswertung der Erhebungen und den zugehörigen Besucherstatistiken.



Abbildung 7: Tagesgänge der Bewegungsdaten und Besucherzahlen für die zwei untersuchten Supermärkte, Erhebungen bzw. Standortdatenerfassungen an einem Dienstag bzw. Donnerstag

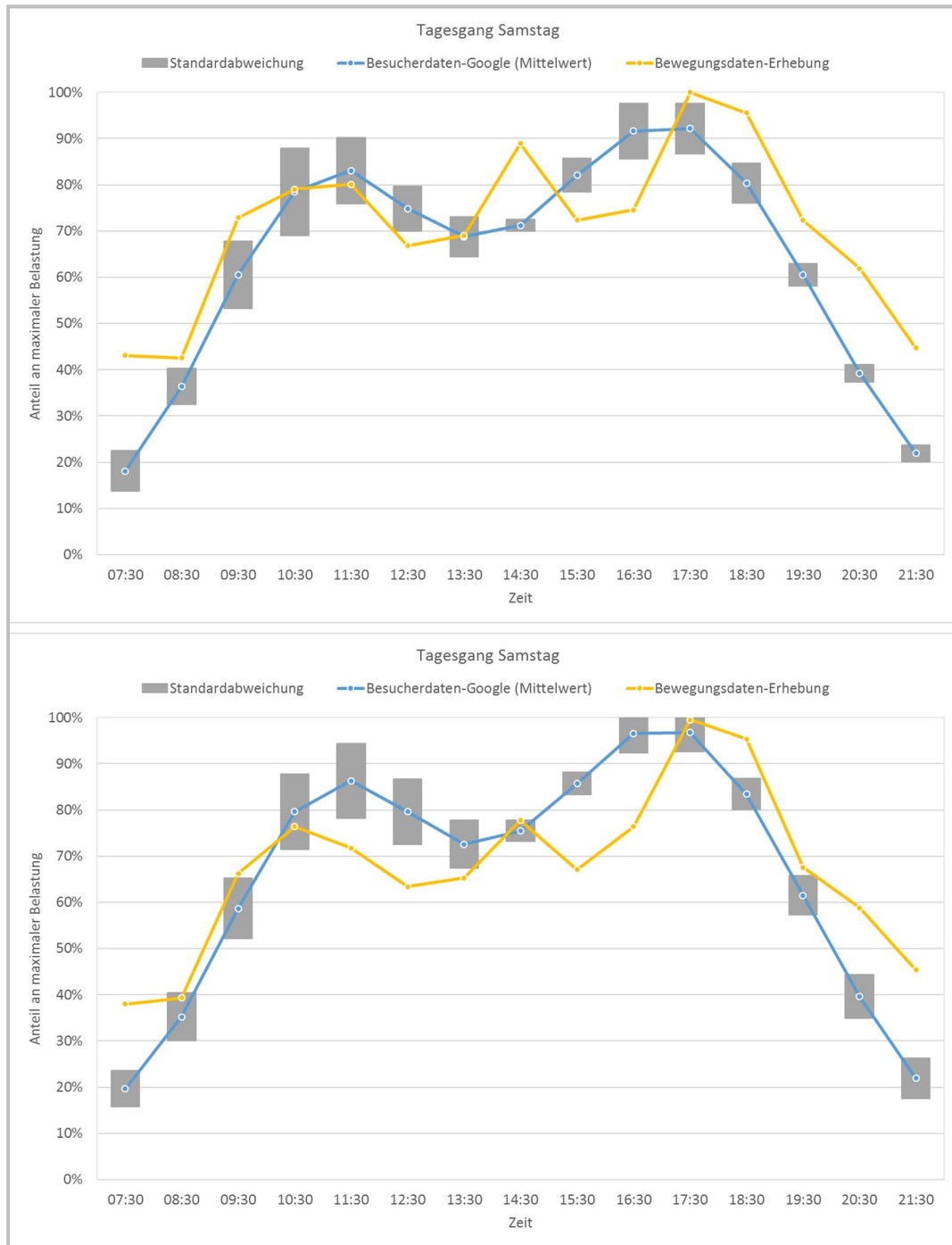


Abbildung 8: Tagesgänge der Bewegungsdaten und Besucherzahlen für die zwei untersuchten Supermärkte in Sachsen, Erhebungen bzw. Standortdatenerfassungen an einem Samstag

Beim Vergleich der Verläufe der jeweiligen Diagramme sind sowohl an den untersuchten Werktagen als auch an den Samstagen bei beiden Supermärkten Abweichungen der Erhebungsdaten von den Besucherstatistiken zu erkennen. Obwohl die Verläufe in Bezug auf die Stoßzeiten mit maximaler Belastung größtenteils miteinander einhergehen,

kann dennoch durch teils große Abweichungen von keiner Übereinstimmung ausgegangen werden. Dazu tragen nicht nur die unterschiedlichen Vergleichsgrößen der beiden Datensätze bei, sondern ebenso das grundlegende Prinzip der Standortdaten-Gewinnung. Durch die Erfassung der Daten über Smartphones, unter der Bedingung einer aktivierten Standortübermittlung über das Internet, sind die Google-Daten gewissen Schwankungen unterworfen. Ein hoher Anteil an Besuchern kann beispielsweise nicht registriert werden, wenn das Smartphone ausgeschaltet ist, keine Verbindung zum Internet besteht oder die Standorterfassung an sich deaktiviert wurde. Die erkennbaren Abweichungen der erfassten Erhebungsdaten von den Besucherdaten ist daher nicht ausschließlich auf eine geringere Menge an Erhebungen zurückzuführen, sondern gleichermaßen auf Schwankungen innerhalb der Datenerfassung seitens Google. Die durchgeführten Erhebungen entsprechen zudem den konkreten Erhebungsterminen und stellen im Gegensatz zu den aufgearbeiteten Daten der Besucherstatistik keine Mittelwerte über einen größeren Zeitraum dar. Um Abweichungen der durchgeführten Erhebungen vom durchschnittlichen Verkehrsaufkommen an den Parkplätzen zu untersuchen, sind weitere Erhebungen zu den spezifischen Tagen nötig. Der tendenziell ähnliche Verlauf der Diagramme beider Datenquellen spricht jedoch trotz der unzureichenden Aussagekraft der Standortermittlung für eine gewisse Sicherheit der Erhebungsergebnisse.

5.4 Schallimmissionsprognose

5.4.1 Erstellung der Prognosemodelle

Die Grundlage zur Erstellung der Prognosemodelle bildeten verschiedene Planungsunterlagen aus der Konzeptions- und Genehmigungsphase der Supermärkte, bereitgestellt durch die ehemals betreuenden Planungs- und Ingenieurbüros. Zusätzlich zu den darin enthaltenen Grundrissen und Lageplänen, wurde die spezifische Lage der Supermärkte und ihrer Parkplätze anhand von Kartendaten des Geoportals Sachsenatlas überprüft und mit entsprechenden Luftbildern abgeglichen. Zudem konnten konkrete Daten durch eine Ortsbegehung an den Erhebungsterminen überprüft werden.

Mit Hilfe der 3D-Konstruktionssoftware Rhinoceros wurden die verfügbaren Planinhalte analysiert und über verschiedenen Zeichenwerkzeuge als Modell digitalisiert. Dabei wurden ausschließlich die für den Vergleich relevanten Inhalte wie die Supermarkt-Gebäude und die Parkplätze erstellt, da die umgebende Bebauung der Anlagen beim Vergleich der Schallemission keinen wesentlichen Einfluss auf die unterschiedlichen Auswirkungen der Eingangsdaten nimmt. Die erstellten Objekte wurden anschließend über das programminterne Plugin Grasshopper hinsichtlich Ihrer jeweiligen Parameter editiert und

für die Weiterverwendung innerhalb der Schallausbreitungsrechnung angepasst. Über die entsprechende Kategorisierung der Modellinhalte konnten sie als vollständiges Modell in die Schallausbreitungs-Software SAOS-NP importiert werden. Zur Vereinfachung der Modellerstellung kann dieser Schritt auch direkt innerhalb der Prognosesoftware SAOS-NP durchgeführt werden, die Anwendung moderner 3D-basierter Modellierungssoftwares ermöglicht aber eine deutlich detaillierte Erstellung der Inhalte.

Das vollständige Modell umfasst neben den untersuchten Supermärkten und Parkanlagen, weiterhin die separaten Parkflächen als waagerechte Flächenschallquellen sowie die Fahrgassen und die Zu- und Abfahrt als Linienschallquellen. Die Fahrgassen wurden zudem in unterschiedliche Abschnitte unterteilt, um die Verkehrsbelastung je nach Anteil an zugehörigen Stellplätzen sinnvoll aufzuteilen. Als Vorbereitung für die Schallausbreitungsrechnung wurden umlaufend um die Standorte je drei Immissionsorte nahe der Parkplätze festgelegt.

Die nachfolgende Abbildung zeigt beispielhaft das Modell eines der untersuchten Supermärkte als dreidimensionale Darstellung.

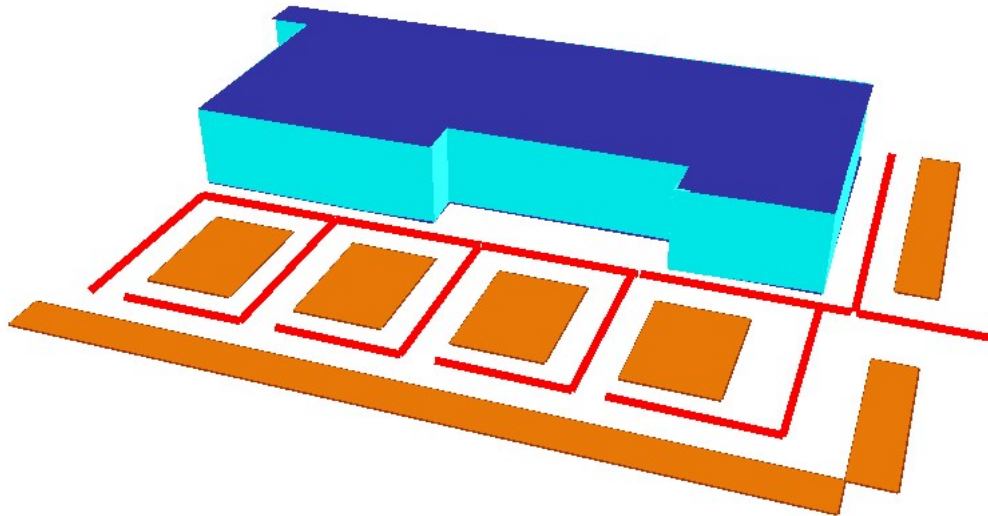


Abbildung 9: 3D-Ansicht eines untersuchten Supermarktes mit den zugehörigen Parkflächen (orange) und Fahrwegen (rot) sowie den kegelförmigen Immissionspunkten, Darstellung innerhalb des Programmes SAOS-NP

5.4.2 Berechnung der Schallausbreitung

Die Berechnung der Schallausbreitung erfolgte grundlegend nach dem beschriebenen Verfahren entsprechend Punkt 2.1 und 2.2.4 nach den Vorgaben der Parkplatzlärmstudie und der TA-Lärm. Die konkreten Werte für die berechneten Schallquellen sind in Form von Berechnungstabellen als Anlage enthalten.

Für die einzelnen Parkflächen wurden die jeweiligen flächenbezogenen Schalleistungspegel angesetzt, welche sich über ihre Fläche, je nach Anzahl der zugehörigen Stellplätze, ergaben. Dabei wurden folgende Parameter zur Berechnung nach Gleichung (2.2.4.3) angesetzt:

$$L_{W0} = 65,4 \text{ dB}(A)$$

$$K_{PA} = 3 \text{ dB}(A)$$

$$K_I = 4 \text{ dB}(A)$$

B = Netto-Verkaufsfläche, anteilig nach Anzahl der Stellplätze je Parkfläche

N = Bewegungshäufigkeit

S = Parkfläche

Die Fahrgassen wurden gemäß [10] als Linienschallquellen in 0,5 m Höhe definiert. Entsprechend ihrer Lage und den zugehörigen Stellplätzen wurde die maßgebliche stündliche Verkehrsstärke der einzelnen Fahrwege prozentual bemessen. Die Berechnung des Schallemissionspegels der Fahrwege erfolgte gemäß [10] unter Annahme einer Fahrgeschwindigkeit von 30 km/h, einem Lkw-Anteil von 0 % sowie Asphalt als Fahrbahnoberfläche über die Gleichung (2.2.4.5) sowie (2.2.4.6). Die notwendigen Korrekturen für unterschiedliche Höchstgeschwindigkeiten und verschiedene Fahrbahnoberflächen erfolgten anhand der Eingangsdaten programmintern über die Berechnungssoftware. Nach Gleichung (2.2.4.7) wurde anschließend der längenbezogenen Schalleistungspegel des Durchfahrverkehrs über die Addition von jeweils 19 dB(A) für alle Fahrwege berechnet. Die gesamte Verkehrsbelastung wurde dabei prozentual auf die verschiedenen Fahrwege aufgeteilt, um ein möglichst reales Prognoseergebnis zu erzielen. Für den Vergleich der Auswirkungen der Eingangsdaten ist dieser Schritt unerheblich, da er für jede Prognoserechnung identisch angewendet wurde. Ebenso wurden Zuschläge für die Ton- und Informationshaltigkeit, die Impulshaltigkeit und andere Zuschläge nicht in die Berechnung einbezogen, da sie gleichermaßen irrelevant für den angestrebten Vergleich sind.

Die Berechnung der Schallquellen der Parkplätze erfolgte mit unterschiedlichen Eingangsdaten anhand der neuen und alten Erhebungen. Zum Vergleich der unterschiedlichen Auswirkungen dieser Datengrundlagen wurde die Schallausbreitung gemäß [9] für

die beiden modellierten Supermarktparkplätze berechnet. Die Ausbreitungsrechnung erfolgte dabei programmintern auf Grundlage der unter Punkt 2.1 erläuterten Berechnungsmethodik.

Über die Festlegung von örtlich konstanten Immissionspunkten wurde die Schallimmissionswirkung der Parkplätze getrennt für die jeweiligen Eingangsdaten berechnet. Die Anordnung der Immissionspunkt erfolgte umlaufend um die Parkplätze, um die Wirkung auf eine mögliche vorhandene Nachbarbebauung zu simulieren. Entsprechend den Vorgaben nach [8] erfolgte die Berechnung der Beurteilungspegel sowohl für den Tag- als auch für den Nachtzeitraum nach Gleichung (2.1.1) und (2.1.2).

Die Schallemission der Parkplätze sowie die Anordnung der kegelförmig dargestellten Immissionsorte werden anhand der folgenden Lärmkarten deutlich. Die dargestellten Lärmkarten wurden dabei beispielhaft für die Erhebungsdaten der an den beiden Supermärkten eigens durchgeführten Untersuchungen erstellt.

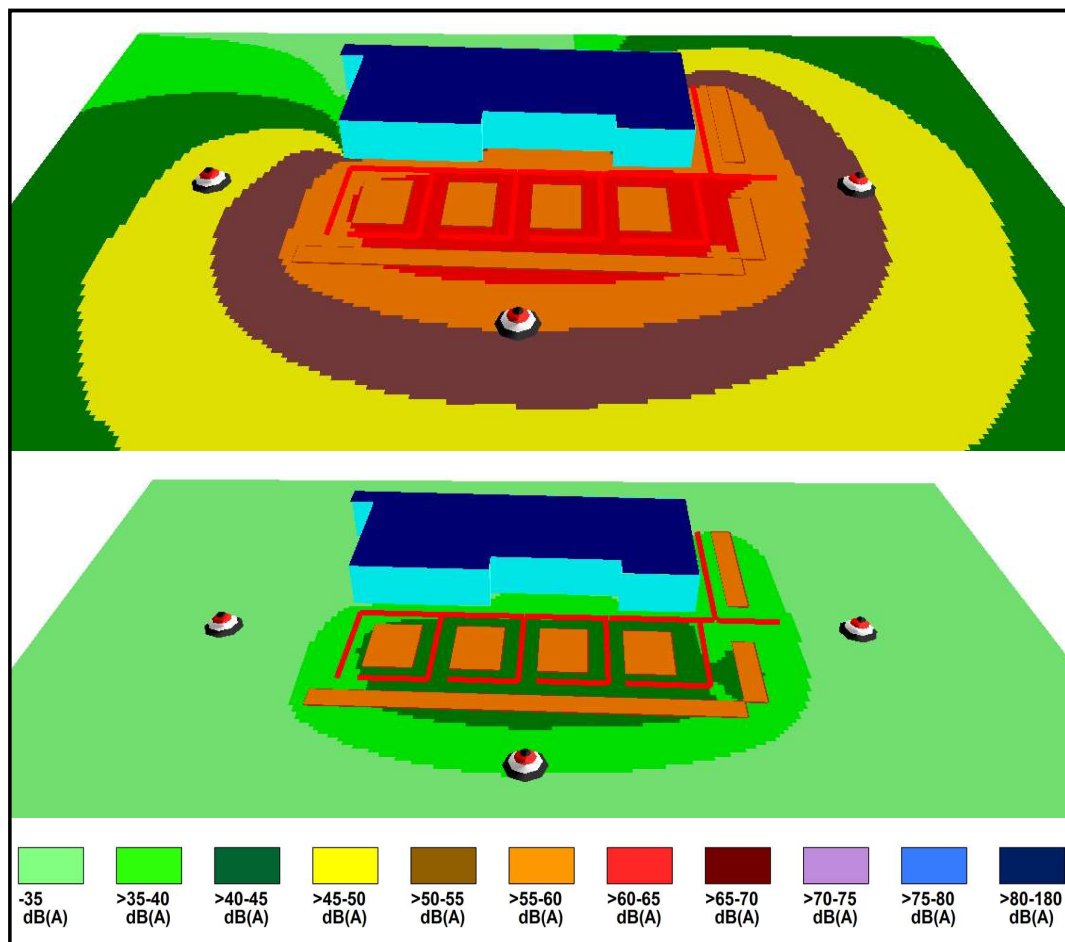


Abbildung 10: Lärmkarten zur Schallausbreitungsrechnung für Supermarkt (1) zur Tagzeit (oben) und Nachtzeit (unten), Darstellung über die Prognosesoftware SAOS-NP

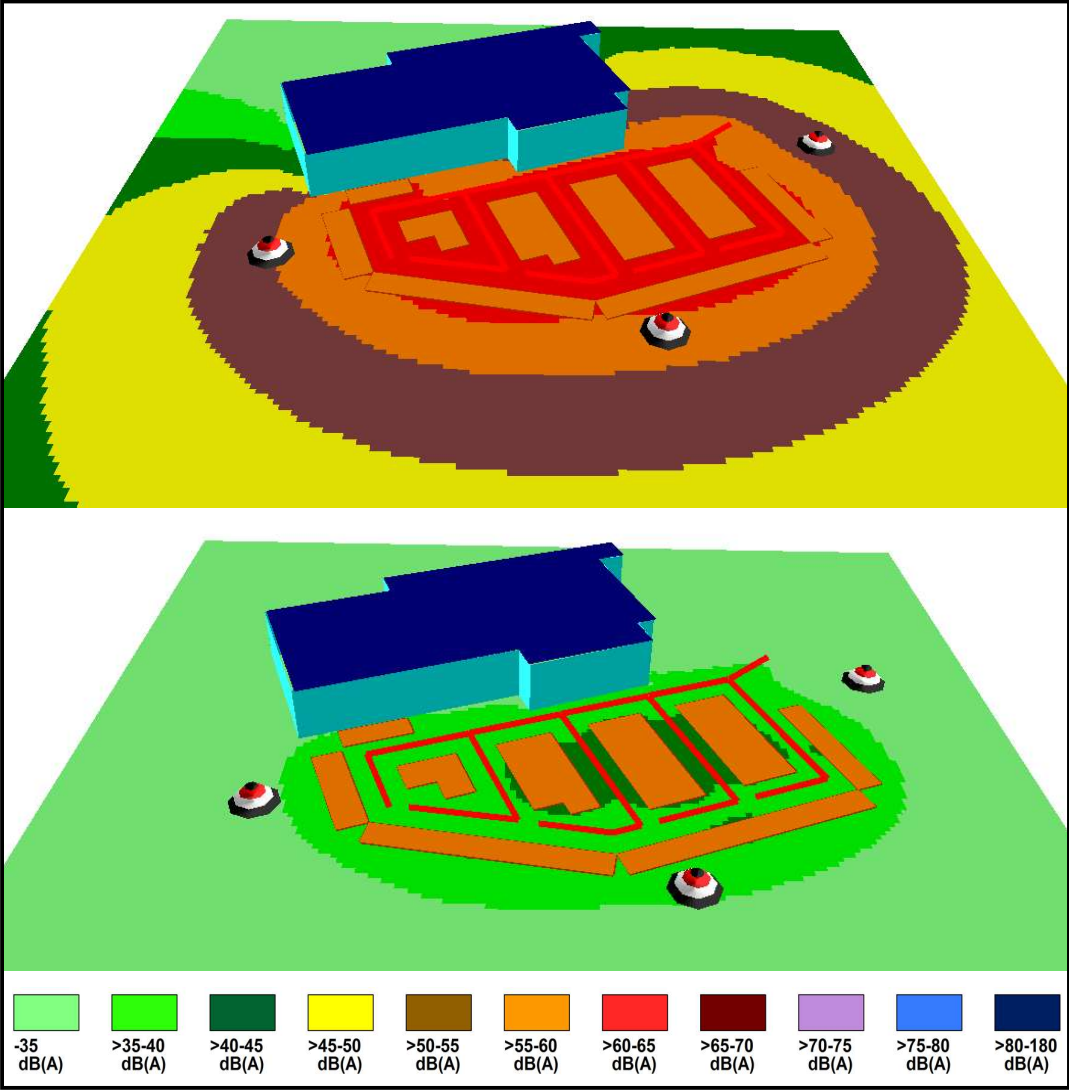


Abbildung 11: Lärmkarten zur Schallausbreitungsrechnung für Supermarkt (2) zur Tagzeit (oben) und Nachtzeit (unten), Darstellung über die Prognosesoftware SAOS-NP

6 Vergleich mit der Parkplatzlärmstudie

Zum Vergleich der neu erhobenen Daten und den bereits bestehenden Erhebungen der Parkplatzlärmstudie wurden die jeweiligen Ergebnisse aus den Untersuchungen hinsichtlich der Bewegungshäufigkeit an den Parkplätzen statistisch ausgewertet. Um einen sinnvolle Gegenüberstellung der neu ermittelten Erhebungsergebnisse mit den Ergebnissen der Parkplatzlärmstudie zu ermöglichen, wurden seitens der Parkplatzlärmstudie nur die Erhebungen ausgewählt, welche hinsichtlich ihrer Erhebungsorte näherungsweise den untersuchten Supermärkten entsprachen. Hierfür erschienen die Erhebungen innerhalb der Kategorie der kleinen Verbrauchermärkte als bestmöglich geeignet. Weiterhin muss darauf aufmerksam gemacht werden, dass bei der Auswertung der Daten der Parkplatzlärmstudie ausschließlich die aktualisierten Erhebungsergebnisse aus der Neubearbeitung der Studie verwendet wurden.

In Anlehnung an die bereits bestehenden Erhebungsergebnisse für Parkplätze an Einkaufsmärkten umfasst die statistische Auswertung der Untersuchungsergebnisse die Ermittlung des Mittelwertes sowie des Maximalwertes der Bewegungshäufigkeiten aus allen Erhebungen. Ein direkter Vergleich der einzelnen Erhebungen miteinander ist dabei nicht zielführend, da aufgrund der Abhängigkeit der Ergebnisse von der jeweiligen Größe und Aufbau der Märkte sowie von ihrer spezifischen Lage der direkte Vergleich nur bei annähernd identischen Untersuchungsarten möglich ist. Die Datensätze wurden daher zusammenhängend betrachtet und gesamtheitlich ausgewertet.

Die Auswertung umfasst dabei neben der Beurteilungszeit für den Tag nun weiterhin den Nachtzeitbereich, welcher nach den Erkenntnissen der neuen Erhebungen von Bedeutung ist. Zusätzlich wurde über die Berechnung der Standardabweichung der beiden Datensätze die relative Abweichung der Bewegungshäufigkeiten vom entsprechenden Mittelwert der Ergebnisse ermittelt. Dies ermöglichte eine Aussage zur statistischen Sicherheit der Daten.

Anhand der Standardabweichung wurde zudem unter der Annahme einer statistischen Normalverteilung ein „Worst Case“-Wert für die Bewegungshäufigkeiten prognostiziert, welcher auf Basis der durchgeführten Erhebungen die statistisch maximal auftretende Bewegungshäufigkeit darstellt. Hierzu wurde über die Sigma-Umgebung der Stochastik mittels der Addition der doppelten Standardabweichung zum Mittelwert, der Maximalwert ermittelt, welcher mit näherungsweise 95-prozentiger Wahrscheinlichkeit innerhalb der Normalverteilung liegt. Dieser sogenannte „Worst Case“ der Verkehrsbelastung wurde

neben dem aus den Erhebungsergebnissen ermitteltem Maximalwert der Untersuchungen als Grundlage für eine Maximalwertabschätzung innerhalb der Prognoserechnungen angewandt.

6.1 Kriterium der Bewegungshäufigkeit

Die nachfolgende Tabelle enthält die Ergebnisse der durchgeführten Auswertung für die Erhebungen der Parkplatzlärmstudie sowie für die innerhalb dieser Arbeit durchgeführten Untersuchungen.

Tabelle 4: Ergebnisse der Auswertung der Bewegungshäufigkeiten an Parkplätzen von Einkaufsmärkten

	Mittelwert (Tag / Nacht)	Standardabweichung (Tag / Nacht)	Maximalwert (Tag / Nacht)	Worst Case (Tag / Nacht)	Relative Abweichung (Tag / Nacht)
Erhebungen – Parkplatzlärmstudie (kleiner Verbrauchermarkt)	0,79 / -	0,153 / -	1,05 / -	1,1 / -	19 % / -
Eigene Erhebungen (Supermarkt)	0,84 / 0,006	0,174 / 0,003	1,05 / 0,0089	1,18 / 0,012	21 % / 42 %

Die anhand der statistischen Auswertung ermittelten Ergebnisse bilden neben den grundlegenden Erhebungsergebnissen die herangezogenen Vergleichskriterien der Untersuchungen. Die berechneten Werte beziehen sich hierbei gemäß [1] auf die festgelegte Bezugsgröße der Netto-Verkaufsfläche der Einkaufsmärkte. Mit einer relativen Abweichung der Bewegungshäufigkeit von rund 20 Prozent während des Tages, stellt die Netto-Verkaufsfläche als Bezugsgröße die höchste statistische Sicherheit dar. Der Bezug der Parkbewegungen auf die Größen der Stellplatzanzahl oder der maximalen Belegung lieferte deutlich größere Abweichungen innerhalb der Datensätze und erwiesen sich daher nicht als zweckmäßig.

Beim Vergleich der unterschiedlichen Standardabweichungen der Erhebungsdaten wird deutlich, dass trotz der in beiden Fällen relativ geringen Werte, die Standardabweichung der Erhebungen der Parkplatzlärmstudie geringer ausfällt. Dies ist auf die Anzahl der für die Parkplatzlärmstudie durchgeführten Untersuchungen zurückzuführen, welche die Anzahl der neu erhobenen Daten deutlich übersteigt. Ebenso wurden seitens der Parkplatzlärmstudie ein Großteil der Erhebungen an Samstagen durchgeführt, wodurch die Abweichungen innerhalb der Erhebungen geringer ausfallen. Die neu erhobenen Daten

hingegen beinhalten zu 50 Prozent Erhebungen, welche unter der Woche durchgeführt wurden und sich entscheidend von den Ergebnissen an den Wochenenden unterscheiden. Hinsichtlich der relativen Abweichung der Ergebnisse sind die Unterschiede bezüglich der Standardabweichung jedoch zu vernachlässigen, was anhand der fast identischen Werte zu erkennen ist. Die durchgeführten Erhebungen zur Überprüfung der Datengrundlage der Parkplatzlärmstudie weisen also trotz ihres geringeren Umfangs eine gleichwertige statistische Sicherheit auf und stellen demzufolge eine geeignete Vergleichsgrundlage dar.

Beim Vergleich der Mittelwerte der Bewegungshäufigkeit für die Tagzeit ist ebenfalls festzustellen, dass beide Datensätze nah bei einander liegen. Der Wert der eigens durchgeführten Erhebungen fällt hierbei um ca. 6 Prozent höher aus, was, auf die gesamte Öffnungszeit der Märkte bezogen, eine deutliche Erhöhung der Verkehrsbelastung darstellt. Dieses Ergebnis ist hierbei auf den maßgeblichen Einfluss der verlängerten Öffnungszeiten zurückzuführen. Speziell an Samstagen sorgen diese für einen im Verhältnis deutlichen Anstieg an Parkbewegungen. Ebenfalls deutlich wird dieser Zusammenhang an den statistisch berechneten maximalen Bewegungshäufigkeiten, welche bei den neuen Erhebungen gleichermaßen höher ausfallen. Trotz der deutlich weniger umfangreichen Untersuchung dieser Arbeit und der im Vergleich zur Parkplatzlärmstudie im Schnitt kleineren untersuchten Parkplätze gleichen sich die erhobenen Maximalwerte beider Datensätze und weisen im Durchschnitt eine gesteigerte Bewegungshäufigkeit auf. Bei einer umfangreicheren Untersuchung von modernen Einkaufsmärkten, einschließlich großer Supermärkte, ist demzufolge eine tendenziell noch stärkere Erhöhung der Bewegungshäufigkeiten nicht auszuschließen.

Zusätzlich zu der festgestellten Erhöhung der Verkehrsbelastung ist durch die verlängerten Öffnungszeiten nun auch die Lärmbelastung während des Nachtzeitraums von Bedeutung. Seitens des LfU [1] heißt es noch, dass „der bei der Berechnung der Beurteilungspegel eintretende Fehler durch die Nichtbeachtung der außerhalb der Öffnungszeiten stattfindenden Bewegungen [...] vernachlässigbar klein“ ist, jedoch ist durch die Verschiebung der Öffnungszeiten zum Nachtzeitraum hin nun ein anderer Bewertungsmaßstab anzusetzen. Trotz der relativ ungenauen Erhebungsmethode für die Bewegungen nach Ladenschluss und der hohen relativen Abweichung dieser Ergebnisse kann dennoch davon ausgegangen werden, dass im Nachtzeitraum mit einer relevanten Anzahl an Bewegungen zu rechnen ist. Für die Prognose wurden daher die ermittelten Bewegungshäufigkeiten für die Nachtzeit und der entsprechenden ungünstigsten Nachtstunde angesetzt.

Insbesondere bei der Betrachtung der Bewegungsganglinien konnten genaue Entwicklungen im Bezug auf die Tagesgänge der Bewegungen an den Parkplätzen analysiert

werden. Der Vergleich der Bewegungsganglinien bezieht sich neben den eigens erstellten Diagrammen auf die Darstellungen nach dem LfU [12]. Auffällig ist hierbei die Verschiebung der aktuellen Tagegänge zusammen mit den Öffnungszeiten im Vergleich zu den Bewegungsganglinien der Parkplatzlärmstudie. Während bei den innerhalb der Parkplatzlärmstudie untersuchten Einkaufsmärkten aufgrund der Ladenschlusszeiten von 16:00 Uhr bzw. 20:00 Uhr keine relevanten Bewegungen nach diesen Zeiten ermittelt wurden, kann bei den neuen Erhebungen in diesem Zeitraum eine verstärkte Verkehrsbelastung nachgewiesen werden. Auch die Zeit vor 8:00 Uhr findet innerhalb der Parkplatzlärmstudie Großteils keine Beachtung, sorgt jedoch für einen Anstieg der Anzahl an Parkbewegungen bei den aktuellen Untersuchungen. Besonders deutlich wird diese Tatsache in der Analyse der Zeiten mit dem höchsten Verkehrsaufkommen. In der Parkplatzlärmstudie entspricht dieser Zeitraum der Zeit von 10:00 Uhr bis 13:00 Uhr für Einkaufsmärkte mit einer maximalen Öffnungszeit bis 16:00. Bei den neueren Erhebungen seitens der Parkplatzlärmstudie an Einkaufsmärkten, welche bis 20:00 geöffnet haben, werden Veränderungen hinsichtlich der Stoßzeiten bereits deutlich. Ebenso wie in den aktuellen Erhebungen verschiebt sich der Zeitraum der maximalen Verkehrsbelastung auf die Zeiten zwischen 16:00 Uhr und 18:00 Uhr. Aufgrund der veränderten Öffnungszeiten muss demnach auch von einer Veränderung des Einkaufsverhaltens ausgegangen werden. Die Erhebungen der Parkplatzlärmstudie sind entsprechend dieser Tatsache hinsichtlich ihrer Aktualität und Anwendbarkeit in Frage zu stellen. Der Vergleich der Bewegungsdaten und ihren grafischen Darstellungen lässt sich durch folgende Erkenntnisse zusammenfassen:

- Die Verlängerung der Öffnungszeiten von Einkaufsmärkten resultierte in einer Erhöhung der Bewegungshäufigkeit, aufgrund zusätzlicher Parkbewegungen von 20:00 Uhr bis 22:00 Uhr.
- Die Zeit der höchsten Verkehrsbelastung an Einkaufsmärkten unterlag einer Verschiebung von 10:00 Uhr bis 13:00 Uhr auf den Zeitraum von 16:00 bis 18:00.
- Durch außerhalb der Öffnungszeiten stattfindende Parkbewegungen innerhalb des Nachtzeitraumes bedarf es der zusätzlichen Beurteilung dieser Zeit aufgrund der erhöhten Störwirkung.

6.2 Auswirkungen in der Prognoserechnung

Anhand der durchgeführten Schallausbreitungsrechnungen wurde die Emissionswirkung der Supermarktparkplätze auf Grundlage der unterschiedlichen Erhebungsdaten betrachtet. Durch die zur Berechnung angesetzten Immissionsorte wurde die gesamt-heitliche Immissionswirkung der Schallquellen betrachtet.

Über die Berechnung der Beurteilungspegel an den jeweiligen Immissionsorten, wurde die Schallbelastung für die entsprechenden angesetzten Bewegungshäufigkeiten ermittelt. Die Gegenüberstellung der berechneten Beurteilungspegel an den konstanten Immissionsorten ermöglichte dabei einen direkten Vergleich der Auswirkungen der entsprechenden Eingangsdaten. Für beide untersuchten Supermärkte wurden die Daten der Parkplatzlärmstudie sowie die eigenen Erhebungsdaten separat zur Berechnung herangezogen. Zur Berechnung gemäß [1] wurde dazu der für schalltechnische Prognose empfohlene Anhaltswert für die Bewegungshäufigkeit gewählt, welcher dem maximal erhobenen Wert für sämtliche untersuchten kleinen Verbrauchermärkte entspricht, ausgenommen den Erhebungsergebnissen an speziellen, gesondert zu betrachtenden Erhebungsterminen.

Die zur Berechnung anzusetzenden Werte für die Bewegungshäufigkeiten beziehen sich hier auf einen m² Netto-Verkaufsfläche. Es kam dabei der je Supermarkt maximal ermittelte Wert für die Bewegungshäufigkeit, getrennt nach Tag- und Nachtzeit, zur Anwendung. Zusätzlich wurde der statistisch ermittelte Maximalwert aus den eigens durchgeführten Erhebungen verwendet, um den sogenannten „Worst Case“ der Schallbelastung als Maximalwertabschätzung zu betrachten. Die beiden nachfolgenden Tabellen zeigen die berechneten Beurteilungspegel für die angesetzten Bewegungshäufigkeiten an beiden Supermärkten, getrennt nach Tag- und Nachtzeit.

Tabelle 5: über die Schallausbreitungsrechnung ermittelte Beurteilungspegel an den Immissionsorten für unterschiedliche Bewegungshäufigkeiten an einem Supermarktparkplatz, Supermarkt (1)

Immis- sions- orte	Beurteilungspegel tags für entsprechende Bewegungshäufigkeiten N, in dB(A)			Beurteilungspegel nachts für entsprechende Bewegungshäufigkeiten N, in dB(A)	
	nach Parkplatzlärmstudie	nach eigenen Erhebungen		Nach eigenen Erhebungen	
	Anhaltswert (N=0,105)	Samstag (N=0,086)	Worst Case (N=0,118)	Samstag (N=0,0089)	Worst Case (N=0,012)
IO1	48,1	48,4	48,6	28,6	38,9
IO2	54,2	54,4	54,9	34,4	45,2
IO3	51,6	50,8	51,4	31,2	41,7

Tabelle 6: über die Schallausbreitungsrechnung ermittelte Beurteilungspegel an den Immissionsorten für unterschiedliche Bewegungshäufigkeiten an einem Supermarktparkplatz, Supermarkt (2)

Immissionsorte	Beurteilungspegel tags für entsprechende Bewegungshäufigkeiten N, in dB(A)			Beurteilungspegel nachts für entsprechende Bewegungshäufigkeiten N, in dB(A)	
	nach Parkplatzlärmstudie	nach eigenen Erhebungen		Nach eigenen Erhebungen	
	Anhaltswert (N=0,105)	Samstag (N=0,105)	Worst Case (N=0,118)	Samstag (N=0,0067)	Worst Case (N=0,012)
IO1	54,8	54,8	55,0	32,9	45,0
IO2	56,5	56,5	56,7	34,6	46,5
IO3	54,4	54,4	54,7	32,2	43,9

Beim Vergleich der ermittelten Beurteilungspegel nach den Erhebungsergebnissen der Parkplatzlärmstudie mit den Ergebnissen aus den eigenen Erhebungen wird deutlich, dass die Abweichungen der jeweils ermittelten Beurteilungspegel am Tag äußerst gering ausfallen. Sowohl die Pegel für die angesetzten maximalen Bewegungshäufigkeiten aus den Erhebungen, als auch die Pegel für die statistisch ermittelten maximalen Bewegungshäufigkeiten, weichen für beide untersuchten Supermärkte weniger als 1 dB voneinander ab. Im Falle des zweiten Supermarktes war die ermittelte maximale Bewegungshäufigkeit aus den durchgeführten Erhebungen identisch mit dem Anhaltswert der Parkplatzlärmstudie. Die berechneten Beurteilungspegel fallen somit ebenfalls identisch aus. Jedoch auch der statistische Maximalwert, welcher den Anhaltswert der Parkplatzlärmstudie um ca. 12 Prozent übersteigt, lieferte in beiden Fällen keine signifikanten Erhöhungen der Schallimmissionspegel.

Bei der Betrachtung der Nachtzeit wurden für die herangezogenen Bewegungshäufigkeiten, Beurteilungspegel von bis zu 35 dB(A) ermittelt. Obwohl die Wahl der Immissionsorte keinen Bezug zu der real vorhandenen Bebauungssituationen darstellt, ist eine immissionsschutzrechtliche Betrachtung näherungsweise möglich. Aufgrund der für schutzbedürftige umliegende Bebauungen relativ kurz gewählten Abstände der Immissionsorte zu den Supermarktparkplätzen kann davon ausgegangen werden, dass unter normalen Bebauungsverhältnissen gleich große bis geringere Immissionspegel anliegen würden. Die Beurteilungspegel von maximal 35 dB(A) sind demnach als unkritisch für die Schallbelastung im Nachtzeitraum einzustufen. Da es sich bei den angesetzten Bewegungshäufigkeiten jedoch nur um Schätzungen handelt, basierend auf einmaligen Belegungsählungen, kann anhand dieser Ergebnisse nicht auf die allgemeine Bedeutung von nächtlichen Parkbewegungen außerhalb der Öffnungszeiten geschlossen werden.

Eine bessere Beurteilungsgrundlage bilden hierfür die statistischen Maximalwerte für die Bewegungshäufigkeiten als Maximalwertabschätzung der entstehenden Schallimmission. Beim Ansetzen der statistisch ermittelten Maximalwerte für den Nachtzeitraum stiegen die Beurteilungspegel auf bis zu 47 dB(A). Beurteilungspegel von über 45 dB(A) überschreiten nach [8] bereits die zulässigen Immissionsrichtwerte für Immissionsorte außerhalb von Gebäuden für Wohngebiete sowie Kern- und Mischgebiete, was die überwiegenden Einsatzorte von Supermärkten einschließt. Die statistisch ermittelten maximalen Bewegungshäufigkeiten zeigen demzufolge deutlich, dass auch Parkbewegungen außerhalb der Öffnungszeiten von Einkaufsmärkten, besonders im Nachtzeitraum, eine gewisse Bedeutung in Bezug auf die Schallimmission zugeschrieben werden muss. Inwiefern die Schallemission der Parkplätze im Nachtzeitraum tatsächlich relevant für den Immissionsschutz ist, lässt sich aufgrund der Unsicherheit der ermittelten Werte für die Bewegungshäufigkeit außerhalb der Öffnungszeiten und der rein statistischen Abschätzung nicht genau beurteilen. Eine genaue Bewertung der Störwirkung ist nur mit direkt ermittelten Erhebungsdaten möglich.

Die berechneten Beurteilungspegel für den Nachtzeitraum sind daher nur als Annäherung an die tatsächliche Verkehrssituation außerhalb der Öffnungszeiten zu verstehen. Einzig eine gewisse schalltechnische Relevanz der Schallemission von Parkbewegung im Nachtzeitraum kann den Ergebnissen entnommen werden. Fraglich ist zudem, ob die Schallemission der Parkplätze im Nachtzeitraum im Vergleich zur meist deutlich höheren Schallemission durch den öffentlichen Straßenverkehr überhaupt einen ausschlaggebenden Anteil an der Gesamtbelastung durch Schall darstellt.

Inwieweit die Schallimmission durch Parkbewegungen außerhalb der Öffnungszeiten Einfluss auf eine mögliche Überschreitung der Immissionsrichtwerte an umliegenden schutzbedürftigen Bebauungen im Nachtzeitraum hat, muss mittels genauen Erhebungsdaten überprüft werden.

7 Fazit und Ausblick

Der Vergleich der Untersuchungsergebnisse mit den bestehenden Daten der Parkplatzlärmstudie bestätigte die Vermutung, dass sich die Schallemission an Einkaufsmarktparkplätzen im Laufe der vergangenen Jahre grundlegenden Veränderungen unterzogen hat. Anhand der aktuellen Erhebungsergebnisse wurde besonders die Entwicklung des Einkaufsverhaltens der Kunden deutlich. Aufgrund der mittlerweile drastische Ausdehnung der gesetzlichen Öffnungszeiten diverser Verkaufsstellen hat sich gleichermaßen auch der Parkverkehr an Einkaufsmärkten zeitlich verlagert. Nicht nur die Stoßzeiten der Parkplätze haben sich dabei im Vergleich zu den Erhebungsdaten der Parkplatzlärmstudie verändert, ebenso konnte eine Erhöhung der Verkehrsbelastung durch zusätzliche Parkbewegungen in bisher irrelevanten Zeiträumen ermittelt werden.

Die Datengrundlage der Parkplatzlärmstudie stellt demzufolge die aktuellen Verhältnisse des Parkverkehrs an Einkaufsmärkten nicht korrekt dar. Insbesondere zur detaillierten Betrachtung des Verkehrsaufkommens an Einkaufsmärkten liefert die Parkplatzlärmstudie keine gültigen Erhebungsdaten.

Bei der Gegenüberstellung der alten und neuen Erhebungsergebnisse hinsichtlich ihrer Auswirkungen bei der Schallimmissionsprognose bildeten sich die nachgewiesenen Veränderungen des Parkverkehrs an Einkaufsmarktparkplätzen nicht in dem erwarteten Ausmaß ab. Die Abweichungen der ermittelten Erhebungsergebnisse im Vergleich zur Parkplatzlärmstudie spiegelten sich nur geringfügig in der berechneten Schallimmission der Parkplätze wider. Trotz einer statistischen Maximalwertabschätzung der Schallimmission auf Grundlage der ermittelten Erhebungsdaten konnten keine maßgeblichen Auswirkungen festgestellt werden.

Hierbei muss jedoch beachtet werden, dass sich die Anhaltswerte der Parkplatzlärmstudie auf eine deutlich umfangreichere Erhebungsgrundlage stützen, welche die maximale Verkehrsbelastung von Einkaufsmarktparkplätzen zur damaligen Zeit besser abbildete. Die neuen Erhebungen hingegen belaufen sich auf die Untersuchung von nur zwei Supermarktparkplätzen mittlerer Größe. Eventuelle Schwankungen innerhalb der ermittelten Anzahl an Parkbewegungen wurden dadurch nicht deutlich. Es ist daher unwahrscheinlich, dass die eigens durchgeführten Erhebungen die maximale Belastung der Parkplätze von Einkaufsmärkten bzw. kleinen Verbrauchermärkten hinreichend darstellen.

Die Eignung der Erhebungsdaten der Parkplatzlärmstudie kann demzufolge anhand der neuen Erhebungsergebnisse nicht ausreichend untersucht werden. Hierzu wären zusätzliche Erhebungen an unterschiedlichen Supermärkten und Verbrauchermärkten nötig, welche sich in ihrer Größe und Lage deutlicher unterscheiden. In Anbetracht der nachgewiesenen Erhöhung der Belastung aktueller Supermarktparkplätze ist jedoch davon auszugehen, dass eine umfangreichere Untersuchung zu für die Schallimmission maßgeblicheren Ergebnissen führt.

Besonders in Bezug auf die Notwendigkeit der Beurteilung des untersuchten Nachtzeitraums muss die Schallbelastung durch den Parkverkehr mit konkreten Werten belegt werden.

Den Untersuchungen zu folge kann man zusammenfassend sagen, dass die Datengrundlage der Parkplatzlärmstudie den aktuellen Veränderungen des Parkverkehrs an Einkaufsmärkten nicht gerecht wird. Eine ausreichende Aktualität der Studie ist demzufolge nicht gegeben.

Zur fehlerfreien Berechnung der Schallemission und der anschließenden Beurteilung der Lärmbelastung muss die Parkplatzlärmstudie an aktuelle Entwicklungen angepasst werden und einer Aktualisierung der Erhebungsdaten unterzogen werden. Nur somit kann die Schallimmission von Einkaufsmarktparkplätzen in Zukunft verlässlich prognostiziert werden.

Literaturverzeichnis

- [1] Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.): Parkplatzlärmstudie - Empfehlungen zur Berechnung von Schallemissionen aus Parkplätzen, Autohöfen und Omnibusbahnhöfen sowie von Parkhäusern und Tiefgaragen. 6. überarbeitete Auflage. Augsburg, 2007

- [2] Anders, S.: Lebensmitteldiscounter und Supermarkt - Untersuchung zu Verkehrseffekten, Einzugsgebieten, Vorlieben der Kunden und zum Genehmigungsprozess vor dem Hintergrund der Regelungen des § 11 Abs. 3 BauNVO. In: Raumforschung und Raumordnung – Spatial Research and Planning, Ausgabe 3/2015, 01.06.2015, S. 219-232

- [3] Krüger, T.; Anders, S.; Walther, M.; Klein, K.; Segerer, M.: Qualifizierte Nahversorgung im Lebensmitteleinzelhandel – Kurzfassung des Endberichts (aktualisierte Fassung). Hamburg/Regensburg: HafenCity Universität Hamburg/Institut für Immobilienwirtschaft IRE | BS an der Universität Regensburg, 2013 (Studie im Auftrag des HDE sowie des BVLH)

- [4] Gesetz über die Ladenöffnungszeiten im Freistaat Sachsen (Sächsisches Ladenöffnungsgesetz – SächsLadÖffG) vom 1. Dezember 2010 (SächsGVBl. Nr.14/2010 S. 338), das zuletzt durch Artikel 39 des Gesetzes vom 27. Januar 2012 (SächsGVBl. Nr. 4/2012 S. 130, 146) geändert worden ist

- [5] DIN 18005-1:2002-07. Schallschutz im Städtebau -Teil 1: Grundlagen und Hinweise für die Planung, 2002

- [6] DIN 1320:2009-12. Akustik – Begriffe, 2009

-
- [7] Sinambari, G.; Sentpali, S.: Ingenieurakustik - Physikalische Grundlagen und Anwendungsbeispiele. 5., völlig überarbeitete und erweiterte Auflage. Wiesbaden, 2014
- [8] Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm) vom 26. August 1998. GMBI. Nr. 26/1998 S. 503
- [9] DIN ISO 9613-2:1999-10. Akustik - Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien - Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren (ISO 9613-2:1996), 1999
- [10] Der Bundesminister für Verkehr, Abteilung Straßenbau: Richtlinien für den Lärm-schutz an Straßen (RLS-90) – Ausgabe 1990. Bonn. VkBf. Nr. 7/1990 S. 258
- [11] Bundesverband des Deutschen Lebensmittelhandels e. V.: Leistungskennzahlen des Lebensmitteleinzelhandels - Supermärkte. URL: http://www.bvlh.net/infothek/infothek-daten-fakten.html#jfmulticontent_c737-3 [Stand 12.04.2017]
- [12] Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.): Materialien zur Parkplatzlärmstudie - Bewegungs- und Belegungsganglinien. Augsburg, 2008

Anlagen

Tabelle 7: Berechnungstabelle der Schallimmissionsprognose mit Parametern der Emissionsquellen für Supermarkt (1) nach den eigenen Erhebungsdaten

Emissions- quelle	Emission	Messflä- chenmaß	Höhe in m	Schalleistungspegel	Einwirkzeit in Stunden
	$L_{m,E}$ bzw. $L_{W''}$ in dB(A) Tag / Nacht			L_W in dB(A) Tag / Nacht	
Parkfläche 1	62,8 / 43,0	143,2 m ²	0,5	84,4 / 64,6	15 / 1
Parkfläche 2	62,8 / 43,0	143,2 m ²	0,5	84,4 / 64,6	15 / 1
Parkfläche 3	62,8 / 43,0	143,2 m ²	0,5	84,4 / 64,6	15 / 1
Parkfläche 4	62,8 / 43,0	143,2 m ²	0,5	84,4 / 64,6	15 / 1
Parkfläche 5	62,1 / 42,2	146,0 m ²	0,5	83,7 / 63,8	15 / 1
Parkfläche 6	62,8 / 42,9	85,1 m ²	0,5	82,1 / 62,2	15 / 1
Parkfläche 7	62,8 / 43,0	377,2 m ²	0,5	88,6 / 68,8	15 / 1
Ein-/Ausfahrt	68,4 / 45,5	13,3 m	0,5	79,6 / 56,7	15 / 1
Fahrweg 1	66,4 / 43,5	22,2 m	0,5	79,9 / 57,0	15 / 1
Fahrweg 2	64,9 / 42,0	17,8 m	0,5	77,4 / 54,5	15 / 1
Fahrweg 3	62,6 / 39,9	17,7 m	0,5	75,1 / 52,4	15 / 1
Fahrweg 4	59,6 / 36,6	37,2 m	0,5	75,3 / 52,3	15 / 1
Fahrweg 5	62,1 / 39,3	38,3 m	0,5	77,9 / 55,1	15 / 1
Fahrweg 6	60,9 / 38,0	35,4 m	0,5	76,4 / 53,5	15 / 1
Fahrweg 7	61,1 / 38,3	35,3 m	0,5	76,6 / 53,8	15 / 1
Fahrweg 8	60,9 / 38,0	35,1 m	0,5	76,4 / 53,5	15 / 1
Fahrweg 9	57,8 / 35,3	39,3 m	0,5	73,7 / 51,3	15 / 1

Tabelle 8: Berechnungstabelle der Schallimmissionsprognose mit Parametern der Emissionsquellen für Supermarkt (1) nach den Erhebungsdaten der Parkplatzlärmstudie

Emissions- quelle	Emission $L_{m,E}$ bzw. $L_{W''}$ in dB(A)	Messflä- chenmaß	Höhe in m	Schalleistungspegel L_W in dB(A)	Einwirkzeit in Stunden
	Tag			Tag / Nacht	
Parkfläche 1	63,0	143,2 m ²	0,5	84,6	15 / 0
Parkfläche 2	63,0	143,2 m ²	0,5	84,6	15 / 0
Parkfläche 3	63,0	143,2 m ²	0,5	84,6	15 / 0
Parkfläche 4	63,0	143,2 m ²	0,5	84,6	15 / 0
Parkfläche 5	63,7	146,0 m ²	0,5	85,3	15 / 0
Parkfläche 6	63,6	85,1 m ²	0,5	82,9	15 / 0
Parkfläche 7	63,7	377,2 m ²	0,5	89,5	15 / 0
Ein-/Ausfahrt	50,2	13,3 m	0,5	61,4	15 / 0
Fahrweg 1	41,5	22,2 m	0,5	57,2	15 / 0
Fahrweg 2	48,2	17,8 m	0,5	61,7	15 / 0
Fahrweg 3	46,8	17,7 m	0,5	59,3	15 / 0
Fahrweg 4	44,5	37,2 m	0,5	57,0	15 / 0
Fahrweg 5	43,9	38,3 m	0,5	59,7	15 / 0
Fahrweg 6	42,7	35,4 m	0,5	58,2	15 / 0
Fahrweg 7	43,0	35,3 m	0,5	58,5	15 / 0
Fahrweg 8	42,7	35,1 m	0,5	58,2	15 / 0
Fahrweg 9	39,7	39,3 m	0,5	55,6	15 / 0

Tabelle 9: Berechnungstabelle der Schallimmissionsprognose mit Parametern der Emissionsquellen für Supermarkt (1) nach den eigenen Erhebungsdaten (Worst Case)

Emissions- quelle	Emission	Messflä- chenmaß	Höhe in m	Schalleistungspegel	Einwirkzeit in Stunden
	$L_{m,E}$ bzw. $L_{W''}$ in dB(A)			L_W in dB(A)	
	Tag / Nacht			Tag / Nacht	Tag / Nacht
Parkfläche 1	63,4 / 53,4	143,2 m ²	0,5	85,0 / 75,1	15 / 1
Parkfläche 2	63,4 / 53,5	143,2 m ²	0,5	85,0 / 75,1	15 / 1
Parkfläche 3	63,4 / 53,5	143,2 m ²	0,5	85,0 / 75,1	15 / 1
Parkfläche 4	63,4 / 53,5	143,2 m ²	0,5	85,0 / 75,1	15 / 1
Parkfläche 5	64,2 / 54,2	146,0 m ²	0,5	85,8 / 75,8	15 / 1
Parkfläche 6	64,1 / 54,2	85,1 m ²	0,5	83,4 / 73,5	15 / 1
Parkfläche 7	64,2 / 54,3	377,2 m ²	0,5	90,0 / 80,1	15 / 1
Ein-/Ausfahrt	50,7 / 30,8	13,3 m	0,5	69,7 / 49,8	15 / 1
Fahrweg 1	48,7 / 28,8	22,2 m	0,5	67,7 / 41,2	15 / 1
Fahrweg 2	47,3 / 28,8	17,8 m	0,5	66,3 / 47,8	15 / 1
Fahrweg 3	45,0 / 27,5	17,7 m	0,5	64,0 / 46,5	15 / 1
Fahrweg 4	42,0 / 22,2	37,2 m	0,5	61,0 / 41,2	15 / 1
Fahrweg 5	44,4 / 24,6	38,3 m	0,5	63,4 / 43,6	15 / 1
Fahrweg 6	43,2 / 23,4	35,4 m	0,5	62,2 / 42,4	15 / 1
Fahrweg 7	43,5 / 23,7	35,3 m	0,5	62,5 / 42,7	15 / 1
Fahrweg 8	43,2 / 23,4	35,1 m	0,5	62,2 / 42,4	15 / 1
Fahrweg 9	40,2 / 20,6	39,3 m	0,5	59,2 / 39,6	15 / 1

Tabelle 10: Berechnungstabelle der Schallimmissionsprognose mit Parametern der Emissionsquellen für Supermarkt (2) nach den eigenen Erhebungsdaten

Emissions- quelle	Emission	Messflä- chenmaß	Höhe in m	Schalleistungspegel	Einwirkzeit in Stunden
	$L_{m,E}$ bzw. $L_{W''}$ in dB(A)			L_W in dB(A)	
	Tag / Nacht			Tag / Nacht	Tag / Nacht
Parkfläche 1	61,9 / 40,0	82,4 m ²	0,5	81,1 / 59,2	15 / 1
Parkfläche 2	62,7 / 40,4	192,5 m ²	0,5	85,5 / 63,2	15 / 1
Parkfläche 3	62,3 / 40,4	240,2 m ²	0,5	86,1 / 64,2	15 / 1
Parkfläche 4	62,8 / 40,8	53,9 m ²	0,5	80,1 / 58,1	15 / 1
Parkfläche 5	62,8 / 40,8	94,3 m ²	0,5	82,5 / 60,5	15 / 1
Parkfläche 6	63,2 / 41,2	170,2 m ²	0,5	85,5 / 63,5	15 / 1
Parkfläche 7	62,9 / 41,0	194,5 m ²	0,5	85,8 / 63,9	15 / 1
Parkfläche 8	63,1 / 41,2	111,5 m ²	0,5	83,6 / 61,7	15 / 1
Parkfläche 9	62,3 / 40,4	240,2 m ²	0,5	86,1 / 64,2	15 / 1
Ein-/Ausfahrt	68,9 / 44,1	11,7 m	0,5	79,6 / 54,8	15 / 1
Fahrweg 1	67,7 / 42,8	16,2 m	0,5	79,8 / 54,9	15 / 1
Fahrweg 2	66,2 / 41,6	16,8 m	0,5	78,5 / 53,8	15 / 1
Fahrweg 3	64,0 / 39,3	16,6 m	0,5	76,2 / 51,5	15 / 1
Fahrweg 4	62,7 / 38,4	44,5 m	0,5	79,2 / 54,9	15 / 1
Fahrweg 5	62,3 / 37,9	44,7 m	0,5	78,8 / 54,4	15 / 1
Fahrweg 6	62,3 / 37,9	47,0 m	0,5	79,0 / 54,6	15 / 1
Fahrweg 7	62,7 / 37,1	40,4 m	0,5	77,8 / 53,2	15 / 1
Fahrweg 8	60,1 / 36,0	31,5 m	0,5	75,1 / 50,9	15 / 1

Tabelle 11: Berechnungstabelle der Schallimmissionsprognose mit Parametern der Emissionsquellen für Supermarkt (2) nach den Erhebungsdaten der Parkplatzlärmstudie

Emissions- quelle	Emission	Messflä- chenmaß	Höhe in m	Schalleistungspegel	Einwirkzeit in Stunden
	$L_{m,E}$ bzw. $L_{W''}$ in dB(A)			L_W in dB(A)	
	Tag			Tag	Tag / Nacht
Parkfläche 1	61,9	82,4 m ²	0,5	81,1	15 / 0
Parkfläche 2	62,7	192,5 m ²	0,5	85,5	15 / 0
Parkfläche 3	62,3	240,2 m ²	0,5	86,1	15 / 0
Parkfläche 4	62,8	53,9 m ²	0,5	80,1	15 / 0
Parkfläche 5	62,8	94,3 m ²	0,5	82,5	15 / 0
Parkfläche 6	63,2	170,2 m ²	0,5	85,5	15 / 0
Parkfläche 7	62,9	194,5 m ²	0,5	85,8	15 / 0
Parkfläche 8	63,1	111,5 m ²	0,5	83,6	15 / 0
Parkfläche 9	62,3	240,2 m ²	0,5	86,1	15 / 0
Ein-/Ausfahrt	49,9	11,7 m	0,5	79,6	15 / 0
Fahrweg 1	48,7	16,2 m	0,5	79,8	15 / 0
Fahrweg 2	47,2	16,8 m	0,5	78,5	15 / 0
Fahrweg 3	45,0	16,6 m	0,5	76,2	15 / 0
Fahrweg 4	43,7	44,5 m	0,5	79,2	15 / 0
Fahrweg 5	43,3	44,7 m	0,5	78,8	15 / 0
Fahrweg 6	43,3	47,0 m	0,5	79,0	15 / 0
Fahrweg 7	42,7	40,4 m	0,5	77,8	15 / 0
Fahrweg 8	41,0	31,5 m	0,5	75,0	15 / 0

Tabelle 12: Berechnungstabelle der Schallimmissionsprognose mit Parametern der Emissionsquellen für Supermarkt (2) nach den eigenen Erhebungsdaten (Worst Case)

Emissions- quelle	Emission	Messflä- chenmaß	Höhe in m	Schalleistungspegel	Einwirkzeit in Stunden
	$L_{m,E}$ bzw. L_W'' in dB(A)			L_W in dB(A)	
	Tag / Nacht			Tag / Nacht	Tag / Nacht
Parkfläche 1	62,1 / 52,2	82,4 m ²	0,5	81,3 / 71,4	15 / 1
Parkfläche 2	62,6 / 52,6	192,5 m ²	0,5	85,4 / 75,4	15 / 1
Parkfläche 3	62,5 / 52,6	240,2 m ²	0,5	86,3 / 76,4	15 / 1
Parkfläche 4	63,0 / 53,0	53,9 m ²	0,5	80,3 / 70,3	15 / 1
Parkfläche 5	63,0 / 53,0	94,3 m ²	0,5	82,7 / 72,7	15 / 1
Parkfläche 6	63,4 / 53,5	170,2 m ²	0,5	85,7 / 75,8	15 / 1
Parkfläche 7	63,1 / 53,2	194,5 m ²	0,5	86,0 / 76,1	15 / 1
Parkfläche 8	63,3 / 53,4	111,5 m ²	0,5	83,8 / 73,9	15 / 1
Parkfläche 9	62,5 / 52,6	240,2 m ²	0,5	86,3 / 76,4	15 / 1
Ein-/Ausfahrt	50,4 / 30,5	11,7 m	0,5	80,1 / 60,2	15 / 1
Fahrweg 1	49,2 / 29,3	16,2 m	0,5	80,3 / 60,4	15 / 1
Fahrweg 2	47,7 / 27,9	16,8 m	0,5	79,0 / 59,1	15 / 1
Fahrweg 3	45,5 / 25,6	16,6 m	0,5	76,7 / 56,8	15 / 1
Fahrweg 4	44,2 / 24,3	44,5 m	0,5	79,7 / 59,8	15 / 1
Fahrweg 5	43,8 / 24,0	44,7 m	0,5	79,3 / 59,5	15 / 1
Fahrweg 6	43,8 / 24,0	47,0 m	0,5	79,5 / 59,7	15 / 1
Fahrweg 7	43,2 / 23,4	40,4 m	0,5	78,3 / 58,5	15 / 1
Fahrweg 8	41,5 / 21,8	31,5 m	0,5	75,5 / 55,8	15 / 1

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Leipzig, den 19.05.2017

Vinzenz Steiniger