

Empa
Überlandstrasse 129
CH-8600 Dübendorf
T +41 58 765 11 11
F +41 58 765 11 22
www.empa.ch

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)

Lärmermittlung und Massnahmen bei Recyclingsammelstellen

Untersuchungsbericht: EMPA-Nr. 456'052, int. 591.2477
Ihr Auftrag vom: 9. September 2010
Anzahl Seiten inkl. Beilagen: 24

Inhalt

Korrigenda

Impressum

Zusammenfassung / Résumé / Riassunto

- 1 Auftrag
- 2 Lärmquellen beim Recycling
- 3 Beurteilungspraxis in der Schweiz
- 4 Beurteilung im Ausland
- 5 Überblick zu den Recycling-Systemen
- 6 Akustische Eigenschaften und Massnahmen
- 7 Beurteilung nach Anhang 6 LSV und Ermittlung von Grenzabständen
- 8 Diskussion
- 9 Literaturverzeichnis

Anhang

Dübendorf, 19. Juni 2012

Der Projektleiter:



Dr. J.M. Wunderli

Abteilung Akustik / Lärminderung

Der Abteilungsleiter:



K. Eggenschwiler

Korrigenda

Der Bericht wurde in einer ersten Fassung am 4. April abgeschlossen. Seither wurden folgende Korrekturen vorgenommen:

- Seite 22:
Der Schallleistungspegel pro Parkierungsvorgang und pro Stunde $L_{W,PV}$ beträgt 68 dB(A) und nicht 86 dB(A).

Impressum

Auftraggeber: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abt. Lärmbekämpfung, CH-3003 Bern
Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Auftragnehmer: Eidg. Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, Abteilung Akustik

Autoren: Jean Marc Wunderli, Reto Pieren

Begleitung BAFU: Kornel Köstli

Hinweis: Dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst.
Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

Zusammenfassung

Die Empa, Abteilung Akustik/Lärminderung wurde durch das Bafu, Abteilung Lärmbekämpfung beauftragt, einen Überblick zu den technischen und rechtlichen Grundlagen des Lärms von Recyclingsammelstellen zu erstellen.

Die aktuelle Gerichtspraxis schreibt für Recyclingsammelstellen eine Einzelfallbeurteilung vor. Als Entscheidungshilfe kann dabei Anhang 6 der LSV beigezogen werden. Aus den bisherigen Erfahrungen kann abgeleitet werden, dass Recyclinginstallationen, welche sich in Abständen von mindestens 50 Metern zu den Anwohnern befinden, in der Regel als unbedenklich zu beurteilen sind. Umgekehrt sind Abstände von unter 15 Metern nach Möglichkeit zu vermeiden.

Die Schallemissionen der Sammelbehälter variieren je nach System und Konstruktion beträchtlich. Auch die Lage und Organisation der Sammelstelle hat einen massgeblichen Einfluss auf die Lärmbelastung der Anwohner. Aus Beispielrechnungen und den bisherigen Erfahrungen lassen sich gleichwohl verschiedene Erkenntnisse ableiten: Falls die Entleerung der Sammelcontainer vor Ort erfolgt, so tritt dieser Arbeitsschritt bei einer Beurteilung nach Anhang 6 der LSV als Hauptlärmquelle in Erscheinung. Entfällt die Entleerung vor Ort so wird der Gesamtpegel durch den Flascheneinwurf sowie durch das Heben und Zurückstellen der Container dominiert. Von untergeordneter Bedeutung ist in der Regel die Anlieferung mit Personenwagen.

Résumé

L'Empa, au travers sa division Acoustique/réduction du bruit, a été chargée par la division Lutte contre le bruit de l'OFEV d'élaborer une synthèse des bases techniques et législatives relatives aux émissions sonores des points de collecte des déchets recyclables.

La pratique judiciaire actuelle prescrit une évaluation au cas par cas pour ces points de collecte. L'annexe 6 de l'OPB peut servir d'aide à la décision. L'expérience montre que lorsque les installations de collecte sont situées à plus de 50 m des habitations, leurs nuisances sonores peuvent être considérées comme négligeables. En revanche, il faudrait si possible éviter de les placer à moins de 15 m des maisons.

Les émissions sonores dues aux conteneurs de collecte varient beaucoup en fonction du système utilisé et de leur construction. L'emplacement et l'organisation du point de collecte sont également des facteurs déterminants du taux d'exposition au bruit du voisinage. Se fondant sur des calculs types et des expériences concrètes, le rapport livre diverses conclusions. Ainsi, dans le cas d'une évaluation selon l'annexe 6 OPB, si la vidange des conteneurs se fait sur site, c'est cette opération qui constitue la source de bruit principale. Lorsque la vidange a lieu hors site, ce sont l'introduction des bouteilles dans les conteneurs ainsi que le chargement et déchargement de ceux-ci qui influencent le plus le niveau de bruit. Le trafic automobile dû aux usagers s'avère nettement moins déterminant.

Riassunto

La division Acustica e riduzione del rumore dell'Empa è stata incaricata dalla divisione Lotta contro i rumori dell'UFAM di allestire una panoramica delle basi tecniche e giuridiche sul rumore causato dai punti di raccolta dei rifiuti.

La giurisprudenza attuale prescrive una valutazione caso per caso. L'articolo 6 dell'ordinanza contro l'inquinamento fonico (OIF) può fungere da supporto decisionale. Dalle esperienze acquisite finora è possibile desumere che i contenitori per la raccolta dei rifiuti situati a una distanza di almeno 50 metri dagli abitati, di regola, non causano disturbi. Per contro devono essere, se possibile, evitate distanze inferiori a 15 metri.

Le emissioni sonore dei contenitori variano sensibilmente a seconda del sistema e del tipo di costruzione. Anche la posizione e l'organizzazione del punto di raccolta influiscono in modo considerevole sull'inquinamento fonico subito dal vicinato. I modelli di calcolo e le esperienze acquisite finora consentono tuttavia di trarre diverse conclusioni: in caso di svuotatura in loco, questo processo diventa la fonte principale di rumore nella valutazione secondo l'allegato 6 OIF. Se, per contro, la svuotatura non avviene in loco, il livello sonoro globale è dominato dal rumore causato dall'introduzione delle bottiglie e dallo spostamento del contenitore. Di importanza minore è, di regola, il traffico indotto causato dagli utenti.

1 Auftrag

Die Empa, Abteilung Akustik/Lärminderung wurde durch das Bafu, Abteilung Lärmbekämpfung per 15. September 2010 beauftragt, einen Überblick zu den technischen und rechtlichen Grundlagen des Lärms von Recyclingsammelstellen zu erstellen. Als Lärmquellen im Vordergrund stehen dabei erfahrungsgemäss die Glassammlungen. Es sollten dabei zum einen technische Grundlagen zu den eingesetzten Systemen und den möglichen Massnahmen zusammengestellt und zum anderen die rechtliche Behandlung des Problems beleuchtet werden. Neben der Gerichtspraxis in der Schweiz soll dabei auch ein Überblick zur Handhabung und Beurteilung von Recyclinginstallationen im internationalen Vergleich gegeben werden.

2 Lärmquellen beim Recycling

Für die Beurteilung des Lärmpegels einer Anlage werden alle Ereignisse herangezogen, die im täglichen Betrieb sowie im Unterhalt entstehen. Nachfolgend werden die Grundereignisse beschrieben, die an einer Recyclingsammelstelle vorkommen und als Faktoren bei der Beurteilung eine Rolle spielen. Es werden folgende Ereignisgruppen und Einzelereignisse unterschieden:

- Anlieferung mit dem Personenwagen (ev. Motorrad)
An- und Wegfahrt, Türenöffnen und -schliessen, laute Musik, Stimmen
- Alle Handlungen in Zusammenhang mit dem Einwurf der Flaschen
Hantieren mit Flaschen und Gebinden, Einwurf der Flaschen, Aufprall
- Entleeren der Sammelcontainer
An- und Wegfahrt des Sammelfahrzeuges, Hochfahren und Versenken von unterirdischen Containern, Anheben und Absetzen der Container, Entleeren der Container in den Lastwagen
- Unterhalt und Reparatur
An- und Wegfahrt von Fahrzeugen, Hantieren mit Werkzeugen

Hauptproblemkreise in Bezug auf Lärmimmissionen und Störungswirkung sind:

- der Fahrlärm bei der Anlieferung innerhalb und ausserhalb der Betriebszeiten
- das Klirren der Flaschen beim Einwurf
- das Leeren der Sammelcontainer, häufig zu Randstunden

Anzahl, Verteilung und Lautstärke der jeweiligen Einzelereignisse variieren sehr stark, sowohl innerhalb derselben Sammelstelle als auch zwischen verschiedenen Sammelstellen. Wesentliche Faktoren, die zu diesen Abweichungen führen, sind:

- Grösse und Frequentierung der Sammelstelle
- Konstruktion der Sammelcontainer und Vorhandensein von Lärmschutzmassnahmen
- Füllungsgrad der Container
- Häufigkeit und Art der Entleerung (Konstruktion Sammelfahrzeug)

3 Beurteilungspraxis in der Schweiz

Die schweizerische Lärmschutzverordnung (LSV) [1] enthält keinen Anhang, welcher sich explizit mit dem Lärm von Glassammelstellen beschäftigt. Entsprechende Situationen wurden jedoch bis zum Jahr 2000 direkt nach LSV Anhang 6, nach den Belastungsgrenzwerten für Industrie- und Gewerbelärm beurteilt. Exemplarisch kann dazu aus dem Gutachten von Ernst Basler & Partner „Lärmgutachten für Wertstoffsam-

melstellen“ vom 9. März 1995 [2] zitiert werden, welches zu den gesetzlichen Grundlagen folgende Aussagen macht: „In der LSV sind Belastungsgrenzwerte für verschiedene Lärmarten aufgeführt, in Anhang 6 unter anderem solche für Industrie- und Gewerbelärm. Deren Geltungsbereich erstreckt sich auch auf Entsorgungsanlagen, die regelmässig und während längerer Zeit betrieben werden (Anhang 6, Ziffer 1, Abs. 2 LSV).“ Die entsprechende Beurteilungspraxis wurde auch von den Gerichten gestützt, beispielsweise im Verfahren um einen Glassammelcontainer in Gockhausen von 1987, welcher durch das Bezirksgericht Uster behandelt wurde [3].

Generell war es gebräuchlich, Beurteilungen nach LSV Anhang 6 für ein weites Feld von Lärmarten einzusetzen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass nach Anhang 6 spezielle Zuschläge für Impuls- und Tonhaltigkeit vergeben werden können und damit vermeintlich die Charakteristik von ganz unterschiedlichen Lärmarten abgebildet werden kann. Beurteilungen nach Anhang 6 wurden dabei nicht nur für technische Schallquellen sondern auch für Lärmarten vorgenommen, welche wie beim Alltagslärm massgeblich durch menschliche Lautäusserungen verursacht werden.

Diese Praxis wurde durch ein wegweisendes Bundesgerichtsurteil (BGE 1A.36/2000) vom 5. Dezember 2000 [4] umgestossen. Darin wird festgehalten, dass für den Lärm von Altstoffsammelstellen eine Einzelfallbeurteilung vorgenommen werden muss, was bedeutet, dass Beurteilungen direkt gestützt auf Art. 40 Abs. 3 der LSV erfolgen müssen. Dieser sagt aus, dass bei einem Fehlen von Belastungsgrenzwerten, Lärmimmissionen im Sinne einer Einzelfallbeurteilung direkt nach Art. 15 des Umweltschutzgesetzes (USG) [5] zu erfolgen haben, d.h. dass direkt auf die Definition der Immissionsgrenzwerte zurück gegriffen werden muss: „Die Immissionsgrenzwerte für Lärm und Erschütterungen sind so festzulegen, dass nach dem Stand der Wissenschaft oder der Erfahrung Immissionen unterhalb dieser Werte die Bevölkerung in ihrem Wohlbefinden nicht erheblich stören.“ Gegebenenfalls sind dabei auch die Art. 19 und 23 USG, d.h. die Definitionen von Alarm- und Planungswerten zu berücksichtigen. Gemäss dem Bundesgerichtsurteil (BGE 1C.299/2009) [6] zu einer Glassammelstelle in Münchenbuchsee sind dabei im Rahmen der vorzunehmenden Einzelfallbeurteilung der Charakter des Lärms, der Zeitpunkt und die Häufigkeit seines Auftretens sowie die Lärmempfindlichkeit bzw. Lärmvorbelastung der Umgebung zu berücksichtigen. Dabei ist nicht auf das subjektive Lärm empfinden einzelner Personen abzustellen, sondern eine objektivierte Betrachtung unter Berücksichtigung von Personen mit erhöhter Empfindlichkeit (Art. 13 Abs. 2 USG) vorzunehmen.

Als Entscheidungshilfe für eine derartige Einzelfallbeurteilung ist es auch weiterhin grundsätzlich zulässig, die Beurteilungsmethodik nach LSV Anhang 6 heranzuziehen. Dieses Vorgehen wurde beispielsweise bei Entscheiden der Verwaltungsgerichte des Kantons Zürich (VGE ZH B.2000.00238) vom 7. November 2001 [7] als auch in einem Bundesgerichtsentscheid (BGE 1C.299/2009) vom 12. Januar 2010 [6] bestätigt. Der Vergleich mit den Grenzwerten nach LSV Anhang 6 ist dabei jedoch nur eine Wertungshilfe, welche neben anderen akustischen Parametern, wie z.B. gemessenen Maximalpegeln L_{AFmax} , oder nicht-akustischen Faktoren wie der Lärmvorbelastung und den Öffnungszeiten berücksichtigt wird. So wird im Verwaltungsgerichtsentscheid des Kantons Zürich vom 7. November 2001 [7] zwar festgestellt, dass die Leerung der Container eine Überschreitung der Planungswerte gemäss LSV Anhang 6 zur Folge hat. Trotz der Grenzwertüberschreitung wird die Lärmbelastung aber als zumutbar angesehen.

Eine Anwendung von LSV Anhang 6 als Entscheidungshilfe ist jedoch nicht in jedem Fall erfolgt. So wurde in einem Verfahren des Verwaltungsgerichts Kanton Bern (VGE BE Nr. 22986U) [8] vom 13. Februar 2008 auf eine Beurteilung nach Anhang 6 der LSV verzichtet, da die Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern als Bewilligungsbehörde eine Verwendung ausdrücklich abgelehnt hat mit der Begründung, dass für die Betroffenen nicht primär der Mittelungspegel massgebend sei, sondern das momentane Klirren der Flaschen beim Einwurf (und somit der Maximalpegel L_{AFmax}).

Aus den erwähnten Gerichtsentscheiden seit dem Jahr 2000 können folgende Erkenntnisse abgeleitet werden:

- Generell anerkennen die Gerichte die Notwendigkeit, dass sich Sammelstellen im bewohnten Gebiet befinden müssen und dass damit verbunden auch eine gewisse Lärmbelastung der Anwohner in Kauf zu nehmen ist. Im Fall des Bundesgerichtsentscheides aus dem Jahre 2000 wird festgehalten, dass der Standort einer Anlage in lediglich sechs Metern Abstand zum Wohnhaus in einer urbanen Zone akzeptiert werden muss.
- Die betroffenen Wohngebäude befanden sich in den vorliegenden Fällen jeweils in der Empfindlichkeitsstufe II. Die Lärmvorbelastung wurde jedoch teilweise unterschiedlich beurteilt. So wurde im Falle des Bundesgerichtsentscheids (BGE 1C.299/2009) vom 12. Januar 2010 [6] zugutegehalten, dass die betreffende Wohnzone eher als ruhig einzustufen sei und sich als Agglomerationsgemeinde von der städtischen Situation des Bundesgerichtsentscheides vom 5. Dezember 2000 unterscheidet.
- Bezüglich der Öffnungszeiten wird im Bundesgerichtsentscheid (BGE 1A.36/2000) [4] aus dem Jahre 2000 festgehalten, dass eine Benützung von 6 Uhr morgens bis 21 Uhr abends mit Ausnahme von Sonn- und Feiertagen zumutbar ist. Die erwähnten Verwaltungsgerichtsentscheide aus den Kantonen Bern und Zürich kommen zu vergleichbaren Resultaten, allerdings mit im Einzelfall kürzeren vorgesehenen Öffnungszeiten. Der Einhaltung der Öffnungszeiten sowie der weiteren Benützungsregeln der Sammelstelle ist jedoch grosse Aufmerksamkeit zu schenken (siehe BGE 1A.36/2000 vom 5. Dezember 2000 [4] und VGE ZH B.2000.00238 vom 7. November 2001 [7]). So sind Kontrollen durchzuführen und Massnahmen zur Durchsetzung der Regeln umzusetzen. Wie im Entscheid des Verwaltungsgerichts Kanton Zürich festgehalten wird, kann das Nichteinhalten der Öffnungszeiten allerdings nicht als Grund gesehen werden, eine Baubewilligung nicht zu erteilen.
- Es wird weiter festgehalten, dass im Sinne von Art. 11 Abs. 2 USG in jedem Fall die technisch und betrieblich möglichen und wirtschaftlich tragbaren Massnahmen zu treffen sind. Gemäss Verwaltungsgericht Kanton Bern (VGE BE Nr. 22986U, 13.2.2008) [8] können daraus aber nicht automatisch Vorgaben zu den eingesetzten Sammelmethode abgeleitet werden. Zitat: „Aufgrund einer Beurteilung des Einzelfalls kann lärmschutzrechtlich nicht allgemein veranlagt werden, dass in Wohnzonen nur unterirdische oder eingehauste Anlagen errichtet werden dürfen.“ Dies betrifft beispielsweise auch die als problematisch erkannten Container-Leerungen. Es wird zwar empfohlen, die Leerungen nicht früh morgens, spät abends oder über Mittag durchzuführen; eine gesetzliche Verpflichtung dazu besteht jedoch nicht.

Abschliessend kann festgestellt werden, dass die Gerichte den Lärm von Sammelstellen innerhalb der gängigen Öffnungszeiten nicht als problematisch einstufen. Die Erstellung eines Lärmgutachtens auf der Basis von LSV Anhang 6 wird nicht als zwingend erachtet, da er lediglich als Anhaltspunkt dient.

4 Beurteilung im Ausland

Auch in anderen Staaten von Europa, wie auch in den USA oder Südafrika wird Glas recycelt. Oft kommen jedoch andere Sammelsysteme als in der Schweiz zum Einsatz:

- In Dänemark und den Niederlanden ist beispielsweise das Pfandsystem verbreitet. Dabei erhält der Kunde das Flaschenpfand zurück, wenn er das Leergut zu einer speziellen Sammelstelle im Supermarkt zurückbringt.
- In Grossbritannien und den USA wird Altglas auch in Form eines Holsystems am Strassenrand entgegengenommen (GB: kerbside glass collection, US: curbside glass recycling). Der bei der Samm-

lung entstehende Lärm ist dabei, da er gleichmässig über die Wohngebiete verteilt ist, kein lokales Problem wie bei Glassammelstellen. Wie ein Bericht der Health and Safety Executive (HSE) [9] aus Grossbritannien zeigt, ist dabei aber die Lärmbelastung der Arbeiter, die das Glas einsammeln, kritisch.

- In vielen Ländern wie z.B. Schweden befinden sich lokale Recyclingstationen typischerweise auf Parkplätzen von Supermärkten. Dadurch ist eine gewisse Distanz zu Wohnhäusern bereits gegeben.

Englischen Zeitungsartikeln zufolge, scheint auch in Grossbritannien der Lärm von Glassammelstellen in Wohngebieten ein Thema zu sein. Es waren jedoch keine Empfehlungen oder Beurteilungsmethoden auffindbar. Gemäss unseren Recherchen wird das Thema einzig in Deutschland detailliert behandelt. Da die Situation in Deutschland mit derjenigen in der Schweiz weitgehend vergleichbar ist, wird auf die Beurteilung in Deutschland im folgenden Kapitel detailliert eingegangen werden.

4.1 Beurteilung in Deutschland

Gemäss dem deutschen Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) [10] sind Glassammelstellen als „nicht genehmigungsbedürftige“ Anlagen einzustufen. Nach § 22 des BImSchG sind diese Anlagen so zu errichten und zu betreiben, dass

1. schädliche Umwelteinwirkungen verhindert werden, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind und
2. nach dem Stand der Technik unvermeidbare schädliche Umwelteinwirkungen auf ein Mindestmaß beschränkt werden.

Als schädliche Umwelteinwirkungen gelten nach §3 des BImSchG u.a. Immissionen, die erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen der Nachbarschaft herbeiführen. Ob eine Beurteilung als erheblich anzusehen ist, muss nach einem Urteil des Bundesverwaltungsgerichts (BVerwG 4 B 50.96) vom 3. Mai 1996 [11] grundsätzlich im Einzelfall beurteilt werden. In die Beurteilung soll auch die Sozialadäquanz einer Lärmeinwirkung miteinbezogen werden. Gemäss einem Urteil des Oberverwaltungsgerichts Rheinland-Pfalz (OVG RIP 8 A 10357/10.OVG) vom 23. Juni 2010 [12] sind Glassammelstellen grundsätzlich innerhalb von Wohngebieten als sozial adäquat und ortsüblich und damit als nicht erheblich störend anzusehen. Dies sei massgeblich darauf zurückzuführen, dass Glassammelstellen in der Bevölkerung eine hohe Akzeptanz geniessen und die Anlagen für ihr Funktionieren in der Nähe von Haushalten aufgestellt werden. Wenn besondere Umstände hinzutreten, muss jedoch im Einzelfall die Zumutbarkeit der Beeinträchtigungen beurteilt werden. Kommt es zu unverhältnismässigen Beeinträchtigungen der Nachbarschaft, hat der Betreiber der Anlage die Pflicht, diese mit zumutbaren und verfügbaren Mitteln zu unterbinden.

In § 7 der Geräte- und Maschinenlärmschutzverordnung (32. BImSchV, 2002) [13] wird der Betrieb von Glassammelstellen in Wohngebieten zeitlich beschränkt. Glassammelstellen dürfen im Freien nicht betrieben werden:

1. an Sonn- und Feiertagen ganztägig und
2. an Werktagen in der Zeit zwischen 20.00 Uhr und 07.00 Uhr.

In der Publikation „Vermeidung von Lärmproblemen bei der Altglassammlung in Wohngebieten“ des Umweltbundesamts [14] werden vorwiegend zwei Massnahmen zur wirkungsvollen Reduktion von Lärmimmissionen von Glassammelstellen genannt: die Abstandsvergrösserung zwischen der Anlage und den Anwohnern und der Einsatz von lärmgeminderten Glassammelsystemen. Lärmgeminderte Glassammelstellen entsprechen den Anforderungen des Umweltzeichens „Der blaue Engel“ (RAL-ZU 21) [15] oder fallen in die Geräuschklasse I. Eine Glassammelstelle mit dem Umweltzeichen „Der blaue Engel“ darf gemäss Art. 3.1 der

RAL-ZU 21 (Stand Januar 2011) den Einzelereignis-Schalleistungspegel eines Flascheneinwurfs von 91 dB(A) nicht überschreiten¹. Die Messung dieser Grösse erfolgt gemäss Beschrieb in der Richtlinie 2000/14/EG des europäischen Parlaments und des Rats der europäischen Union [16] und der Norm EN ISO 3744 [17]. In der Richtlinie 2000/14/EG zur „Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über umweltbelastende Geräuschemissionen von zur Verwendung im Freien vorgesehenen Geräten und Maschinen“ werden „Altglassammelbehälter“ definiert sowie die Kennzeichnungspflicht der Schalleistung genannt.

In Anlehnung an die Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm, 1998) [18] hat das Umweltbundesamt Angaben zur Bewertung von Glassammelstellen veröffentlicht [14]. Gemäss dieser Publikation kann für die Bestimmung von Stellplätzen von lärmgeminderten Containern nach folgender Tabelle vorgegangen werden. Ein Unterschreiten des Richt-Mindestabstandes von 12 m ist nach Möglichkeit zu vermeiden. Im Vergleich zu den Emissionsangaben für einen Container mit Umweltzeichen „Der blaue Engel“ ergibt sich für diese Distanz unter der Annahme einer Punktquellenausbreitung in den Halbraum ein maximaler Immissionspegel für den Flascheneinwurf von $L_{AE} = 61 \text{ dB}^2$ resp. $L_{AFmax} = 70 \text{ dB}^3$.

BEWERTUNG DES STELLPLATZES	ABSTAND CONTAINER - IMMISSIONSORT
anzustreben	50 m und mehr
ausreichend	25 – 12 m

Tabelle 1: Stellplatzbewertung von lärmgeminderten Altglasdepotcontainern in Deutschland (nach [14])

Zur Beurteilung der Zumutbarkeit der Lärmbelastung kam im Urteil des Oberverwaltungsgerichts Rheinland-Pfalz (OVG RIP 8 A 10357/10.OVG) vom 23. Juni 2010 [12] Tabelle 1 zur Anwendung. Der Abstand zwischen Wohnhaus und lärmgemindertem Container betrug dabei 18 Meter und wurde als zumutbar beurteilt. Das Urteil wurde am 22. November 2010 durch den Beschluss des Bundesverwaltungsgerichts (BVerwG 7 B 58.10) [19] bestätigt.

Neben der zeitlichen Begrenzung der Einwurfszeiten soll gemäss Umweltbundesamt das Entleeren der Container möglichst nicht nach 17.00 Uhr erfolgen. Des Weiteren sei die grosse Geräusentwicklung beim Entleeren nach heutigem Stand der Technik „nicht spürbar“ reduzierbar und gelte somit als „unvermeidbar“. Bei der Planung von neuen Glassammelstellen soll insbesondere bei der Standortbestimmung und der Auswahl der Container die mögliche Lärmbelästigung von Anwohnern berücksichtigt werden (siehe dazu auch [12]).

5 Überblick zu den Recycling-Systemen

Die Glassammelstellen in der Schweiz sind nach einem mehrheitlich ähnlichen System organisiert. Die separate Sammlung von Verpackungsglas (Flaschen und Hohlglas von Lebensmitteln) besteht in der Schweiz seit Jahrzehnten und hat sich in der Bevölkerung etabliert. Üblicherweise wird das Verpackungsglas an öffentlichen Sammelstellen in Containern gesammelt (Bringsystem). Einzelne Gemeinden nehmen es zudem periodisch am Strassenrand entgegen (Holsystem). Das Altglas wird mehrheitlich in Form von Bruchglas

¹ Ältere Ausgaben der RAL-ZU 21 enthielten Anforderungen an den L_{AFmax} .

² $61 = 91 - 10 \cdot \log[2\pi r^2]$

³ 9 dB Differenz entspricht der Umrechnung von L_{AE} auf L_{AFmax} für kurze Impulse.

(Scherben) gesammelt, getrennt nach den Farben weiss, braun und grün. In einigen Gemeinden werden intakte Flaschen für die Wiederverwendung (Ganzglas) in speziellen Sammelbehältern gesammelt.

Meist werden an Sammelstellen auch andere Wertstoffe wie Altmetall, Papier, Karton, PET etc. gesammelt und mancherorts auch gemeinsam mit diesen entleert.

Die Sammelstellen werden von Gemeinden betrieben und befinden sich meist auf öffentlichem Grund an vielbegangenen, gut zugänglichen Stellen oder dezentral in grösseren Wohnquartieren. Aufgrund des bestehenden Konfliktpotenzials bezüglich der Lärmsituation sind in den letzten Jahren verschiedene technische Verbesserungen an den Sammelstellen realisiert worden, mit dem Ziel, die Lärmimmissionen zu reduzieren.

5.1 Mobile, unversenkte Sammelcontainer (Oberflursysteme)

Entleerung vor Ort ohne maschinelle Unterstützung

Das Sammelgut fällt durch die Einwurfsöffnung in einen Behälter, welcher sich im Inneren des Containers befindet. Diese Systeme, werden nicht mehr häufig eingesetzt, da ihre Entleerung ohne maschinelle Hilfe durchgeführt werden muss.



Abbildung 1: Sammelcontainer

Maschinelle Entleerung vor Ort

Es handelt sich um Sammelcontainer aus Stahl oder Kunststoff mit unterschiedlichen Schalldämmungen. Sie sind baulich nicht mit dem Untergrund verbunden und werden zur Entleerung von Lastwagen vor Ort mit Hubkränen angehoben und in Grossbehälter auf dem LKW geschüttet. Auch für diese Grossbehälter gibt es verschiedene Systeme mit unterschiedlichen Dämmungen.



Abbildung 2: Glascontainer aus Stahlblech
(<http://www.villiger.com>)



Abbildung 3: Glascontainer aus Kunststoff



Abbildung 4: Entleerung mobiler Sammelcontainer (<http://www.locally.de/print/14457>)

Entleerung an einem entfernten Ort

Die Sammelbehälter sind mobil und in der Regel grösser, als diejenigen, die vor Ort entleert werden. Sie sind aus Stahl und werden von Muldenkippern angehoben und in einen Recyclinghof abtransportiert, wo sie geleert werden. Der leere Container wird zurückgefahren oder durch einen anderen Container ersetzt. Dieses System wird oftmals an nicht fest installierten Sammelstellen genutzt, wie z.B. an Grossereignissen. Auch für diese Art der Sammelcontainer gibt es unterschiedliche Bauarten mit stark variierenden akustischen Eigenschaften.



Abbildung 5: Absetzcontainer aus Metall
(<http://www.ivp-mulden.ch>)



Abbildung 6: Absetzcontainer aus Metall in Muldenform

5.2 Sammelbehälter zur Hälfte in Untergrund versenkt (Halbunterflursysteme)

Dies sind Systeme, bei denen Betonelemente zur Hälfte im Untergrund versenkt sind. Die eigentlichen Sammelcontainer aus Stahlblech sind darin versenkt. Diese werden beim Entleeren, wie die üblichen Oberflursysteme von Lastwagen mit Hubkränen angehoben und das gesammelte Glas in Grossbehälter geschüttet. Abgedeckt sind die Container mit einer Kuppel aus Stahlblech mit Einwurfsöffnung.



Abbildung 7: Halbunterflursystem
(<http://www.abfall-systeme.de>)



Abbildung 8: Entleerung Halbunterflursystem
(<http://www.abfall-systeme.de>)

5.3 **Sammelbehälter in Boden verbaut (Unterflursysteme)**

Diese Systeme sind technisch und in Bezug auf Lärmschutz am weitesten entwickelt. Die Sammelcontainer stehen in einem vollständig im Untergrund verbauten Betonschacht und nur die Einwurfsäule aus Stahl oder Kunststoff liegt oberirdisch. Die Bodenplatte, die den Schacht bedeckt, ist schallgedämpt und vollständig begehbar. Beim Entleeren der Container werden diese samt Bodenplatte aus dem Schacht gehoben und das Sammelgut wie bei den vorher beschriebenen Systemen in Grossbehälter geschüttet.



Abbildung 9: Anheben Unterflurcontainer
(<http://www.entsorgungstechnik.ch>)



Abbildung 10: Entleeren Unterflurcontainer
(<http://www.entsorgungstechnik.ch>)

5.4 **Unterflursysteme mit Lift**

Diese Systeme sind vorwiegend an Orten mit engen Platzverhältnissen oder vielbegangenen Stellen platziert. Die Sammelbehälter stehen auf Platten, die hydraulisch an die Erdoberfläche gehoben werden können. Dort werden sie entweder, wie bisher beschrieben auf Lastwagen entleert oder abtransportiert.

Anmerkung: Ob diese Systeme auch in der Schweiz als Glassammelstellen eingesetzt werden, konnte nicht mit Sicherheit bestimmt werden.



Abbildung 11: Unterflursystem auf hydraulischer Plattform mit Einzelcontainer



Abbildung 12: Unterflursystem auf hydraulischer Plattform mit Einzelcontainer



Abbildung 13: Unterflursystem auf hydraulischer Plattform mit Grosscontainer
(<http://villiger.com>)



Abbildung 14: Unterflursystem auf hydraulischer Plattform mit Grosscontainer
(<http://villiger.com>)

6 Akustische Eigenschaften und Massnahmen

Die nachfolgenden Aussagen stützen sich auf Messdaten aus zwei Lärmgutachten, welche Ernst Basler & Partner zusammen mit der Empa im Auftrag von Zürich Recycling in den Jahren 1992 [20] und 1995 [2] verfasst hat sowie auf Angaben von deutschen und schweizerischen Herstellern von Glascontainern. In Deutschland existiert das Umweltzeichen „Der blaue Engel“ für „lärmarme Altglas-Container“ [15]. Die Erteilung dieses Labels erfordert u.a. die Einhaltung einer Anforderung an den Einzelereignis-Schalleistungspegel eines Flascheneinwurfs – die Anforderung orientiert sich am aktuellen Stand der Technik. Die Beurteilungsgrösse wird messtechnisch erhoben und von einigen Herstellern veröffentlicht.

Eine akustische Klassierung von Glassammelstellen kann grundsätzlich nicht nur nach der in Kapitel 5 verwendeten Systematik erfolgen. Es existieren sowohl Oberflur-, Halbunterflur- und Unterflursysteme, die die Anforderungen für das Umweltzeichen „Der blaue Engel“ erfüllen. Äusserlich ähnliche Systeme können beim Flascheneinwurf aufgrund ihrer Bauweise sehr unterschiedliche Lärmemissionen erzeugen. Gemäss der schweizerischen Maschinenlärmmassnahmenverordnung MaLV [21] gilt für ab dem 30. Juni 2009 in der Schweiz in Verkehr gebrachte Altglassammelbehälter eine Kennzeichnungspflicht der Schalleistung (Art. 9). Der Einzelereignis-Schalleistungspegel eines Flascheneinwurfs pro Containertyp muss dazu messtechnisch ermittelt werden und auf dem Container vermerkt werden. Der Hersteller muss dem Bafu zusätzlich eine Konformitätserklärung zustellen, welche u.a. technische Unterlagen zum angewandten Konformitätsbewer-

tungsverfahren enthält (Art. 9). Für die nachträgliche Kontrolle von in Verkehr gebrachten Geräten und Maschinen ist die Schweizerische Unfallversicherungsanstalt (SUVA) zuständig (Art. 11), welche gemäss Art. 12 der MaLV aufgefordert ist, die Schalleistungskennzeichnung von Altglassammelbehältern stichprobenweise zu kontrollieren.

Massnahmen zur Reduktion der Lärmbelastung durch Recyclingstellen beinhalten bauliche Verbesserungen an der Sammelstelle, technische Veränderungen beim Sammelvorgang sowie betrieblich-organisatorische Massnahmen:

- a) Bauliche Verbesserungen an der Sammelstelle:
 - Auskleidung der Container mit schallabsorbierenden und schalldämmenden Materialien
 - Einbau von Fallbremsen in die Einwurfsöffnung
 - Bau von Lärmschutzwänden
 - Versenkung der Container ganz oder teilweise in den Untergrund
 - Nutzung örtlicher Schallausbreitungshindernisse bei der Platzierung der Sammelstelle
- b) Technische Verbesserungen an den Sammelfahrzeugen oder beim Sammelvorgang:
 - Stärkere und besser gedämmte Motoren an den Sammelfahrzeugen
 - Auskleidung der Behälter für Sammelgut mit schallabsorbierenden und schalldämmenden Materialien
- c) Betriebliche und organisatorische Verbesserungen an der Sammelstelle:
 - Platzierung der Parkflächen und Optimierung der Zufahrtswege in möglichst grossem Abstand zu den Anwohnern
 - Organisation der Sammelstelle so, dass laute Ereignisse in möglichst grossem Abstand zu den Anwohnern erfolgen
 - Beschränkung der Öffnungszeiten und Kontrolle der Einhaltung
 - Festlegung der Leerungszeiten so, dass Rand- und Ruhezeiten z.B. über Mittag vermieden werden
 - Der Füllgrad der Entleerungsfahrzeuge kann einen Einfluss auf den bei der Entleerung entstehenden Lärm haben. Bei akustisch optimierten Fahrzeugen ist die erste Leerung allenfalls leiser, bei unverkleideten Fahrzeugen kann es umgekehrt zu deutlich höheren Emissionen kommen. Bei der Planung der Fahrroute kann es sinnvoll sein, diesem Aspekt Rechnung zu tragen und lärmtechnisch kritische Sammelstellen entsprechend anzufahren.
 - Einführung von Systemen, bei denen der Sammelcontainer nicht geleert, sondern ausgetauscht wird
 - Schulung der Mitarbeiter im Hinblick auf einen lärmarmen Betrieb bei der Containerleerung, beispielsweise durch Einhaltung einer möglichst geringen Fallhöhe des Containergutes

7 Beurteilung nach Anhang 6 LSV und Ermittlung von Grenzabständen

In Anhang A.1 wird ein Berechnungsschema vorgestellt, welches die Geräuschentwicklung bei Glassammelstellen in fünf Lärmphasen gemäss Tabelle 2 unterteilt. Das Berechnungsschema wurde auch in Form eines Excel-Formulars umgesetzt, welches bei der Beurteilung konkreter Situationen eingesetzt werden kann.

Lärmphase <i>i</i>	Geräuschquelle
1	LKW Bereitstellung inkl. An- und Wegfahrt
2	Container heben und zurückstellen
3	Container leeren
4	Auto-Anlieferung
5	Flascheneinwurf

Tabelle 2: *Im Berechnungsschema berücksichtigte Geräuschquellen, resp. Lärmphasen*

In den Anhängen A.2 und A.3 sind verschiedene Kenngrössen und Emissionsangaben zusammengestellt, welche für eine Berechnung verwendet werden können. Anhang A.4 enthält Wertebereiche und Empfehlungen zur Vergabe der Pegelkorrekturen für Ton- und Impulsgehalt.

Das Berechnungsschema wurde unter Verwendung der statistischen Angaben dazu verwendet, eine typische Haupt- bzw. Nebensammelstelle zu charakterisieren und eine Beurteilung nach LSV Anhang 6 durchzuführen. Aus diesen Testberechnungen wurden Grenzabstände ermittelt, bei welchen die Planungswerte gerade erreicht werden (siehe Tabelle 3). Die für die Berechnung getroffenen Annahmen über den Betrieb, die Schallemissionen, Pegelkorrekturen und die Schallausbreitung sind in Anhang A.5 im Detail aufgeführt. Es wurden dabei in der Tendenz konservative Annahmen getroffen. Die Grenzabstände gemäss Tabelle 3 sind somit dahingehend zu interpretieren, dass bei grösseren Abständen zu den betroffenen Anwohnern von einer Einhaltung der entsprechenden Planungswerte ausgegangen werden kann, sofern die eingesetzten Sammelsysteme dem Stand der Technik entsprechen. Bei einer Unterschreitung des Grenzabstandes wird eine detailliertere Abklärung empfohlen.

BEURTEILUNGSPEGEL	PW(ES)	HAUPTSAMMELSTELLEN	NEBENSAMMELSTELLEN
55	II	46 m	27 m
60	III	26 m	16 m
65	IV	15 m	9 m

Tabelle 3: *Abstände vom Zentrum der Sammelstellen, bei welchen ein bestimmter Beurteilungspegel gemäss Anhang 6 LSV erreicht wird (siehe Anhang).*

Bei beiden Sammelstellenarten wird der Beurteilungspegel durch die Containerentleerung dominiert, welche in der Annahme vor Ort geschieht. Entfällt die Entleerung vor Ort oder werden die Emissionen durch Massnahmen am Sammelfahrzeug deutlich reduziert so wird der Gesamtpegel durch den Flascheneinwurf dominiert. Ebenfalls relevante Beiträge zur Gesamtbelastung werden durch das Heben und Zurückstellen der Container verursacht. Von untergeordneter Bedeutung ist die Anlieferung mit Personenwagen.

8 Diskussion

Der Lärm von Recycling-Sammelstellen zeigt **kein einheitliches Erscheinungsbild**. Je nach den verwendeten Sammelsystemen, je nach Grösse, Lage und Ausstattung der Sammelstellen ändern die dominierenden Lärmquellen und die von ihnen verursachten Immissionspegel. Diesem Umstand wird durch die Gerichtspraxis Rechnung getragen, welche für Recyclingsammelstellen eine Einzelfallbeurteilung vorschreibt. Im

Rahmen dieser Einzelfallbeurteilung sind der Charakter des Lärms, der Zeitpunkt und die Häufigkeit seines Auftretens sowie die Lärmempfindlichkeit bzw. Lärmvorbelastung zu berücksichtigen.

Gleichwohl besteht das Bedürfnis nach einer messtechnischen bzw. rechnerischen **Beurteilungsgrösse**, welche im Sinne einer Entscheidungshilfe beigezogen werden kann. Hier wurde durch die Gerichte grundsätzlich der Beizug von Anhang 6 der LSV bestätigt, auch wenn vereinzelt die Mittelwertbildung über 12 Stunden mit dem Argument kritisiert wurde, dass dies dem durch Einzelereignisse geprägten Lärmcharakter nicht gerecht würde. Diese Kritik ist nur teilweise gerechtfertigt, da gerade bei industriellem Lärm durchaus Situationen mit kurzen Lärmphasen mit deutlich höheren Pegeln auftreten. Als mögliche Ergänzung könnten Richtwerte definiert werden, welche maximal zulässige Einzel-Ereignispegel bei den Betroffenen, entweder als L_{AE} oder als L_{AFmax} vorgeben. Entsprechende Richtwerte liegen jedoch nach unserem Kenntnisstand derzeit weder in der Schweiz noch in anderen Ländern vor. Auch bieten sich keine Analogien zu Regelungen aus anderen Lärmarten an, so dass bis auf weiteres Anhang 6 der LSV die einzige als Entscheidungshilfe zu empfehlende Beurteilungsvorschrift bleibt.

Im Hinblick auf die Festlegung von Benutzungszeiten bzw. die Notwendigkeit von Benutzungseinschränkung ist es allerdings angebracht, sich nicht allein auf eine Beurteilung nach Anhang 6 der LSV zu verlassen. Obwohl gemäss Anhang 6 der LSV weder Mittagszeiten noch Wochenenden einen besonderen Schutz geniessen, ist erfahrungsgemäss in diesen Zeiten eine erhöhte Sensibilität festzustellen. Es erscheint deshalb angebracht, dem erhöhten Ruhebedürfnis in diesen Perioden Rechnung zu tragen.

Die Anwendung von **Anhang 6 der LSV** gestaltet sich jedoch im konkreten Fall vergleichsweise schwierig. Sowohl eine messtechnische als auch eine rechnerische Ermittlung ist aufwändig und mit grossen Unsicherheiten behaftet. Wie bei allen durch menschliche Aktivitäten verursachten Geräuschen schwanken die Emissionen- und damit auch die Immissionen je nach Benutzer und Art der Benutzung stark. Für eine rechnerische Prognose müssen gleichwohl repräsentative Emissionswerte der einzelnen lärmverursachenden Aktivitäten, sowie Angaben zu deren Auftretenshäufigkeit bekannt sein. Gemäss der Maschinenlärmverordnung [21] ist grundsätzlich jeder Hersteller von Altglassammelsystemen dazu verpflichtet, die akustischen Eigenschaften seiner nach dem 30. Juni 2009 in Verkehr gebrachten Produkte normgerecht zu erfassen und die Container entsprechend zu kennzeichnen. Bei den übrigen Lärmquellen bestehen teilweise Berechnungsvorschriften, so kann beispielsweise der Parkierlärm nach der Schweizerischen Norm SN 640'578 [22] abgeschätzt werden. Andere Ereignisse, wie z.B. das Entleeren der Container sind einerseits sehr situationspezifisch und andererseits bestehen keine Messnormen, welche eine einheitliche akustische Charakterisierung erlauben würden. Hier bietet sich für eine rechnerische Beurteilung nur der Analogieschluss zu früheren Untersuchungen oder die konkrete Messung an einer vergleichbaren, bereits bestehenden Anlage an. Da sich die Beurteilung auf der Basis von Messungen oder Berechnungen sehr aufwändig gestaltet, ist es hilfreich, wenn potenziell problematische Anlagen durch ein einfacheres Kriterium identifiziert werden, bzw. wenn unbedenkliche Anlagen ohne aufwändige Ermittlung ausgeschieden werden können. Als geeignetes Kriterium bietet sich dazu die **Distanz zum nächstgelegenen Wohnhaus** an. Aus der bisherigen Beurteilungspraxis in der Schweiz, den deutschen Richtabständen gemäss Tabelle 1 sowie den Grenzabständen gemäss Tabelle 3 kann abgeleitet werden, dass Anlagen in Distanzen von mehr als 50 Metern in der Regel als unbedenklich zu beurteilen sind. Entsprechend ist zu empfehlen, dass für Anlagen mit kürzeren Abständen zu den Anwohnern eine detaillierte Beurteilung vorgenommen wird. Ebenfalls aus den erwähnten Distanzanalysen kann gefolgert werden, dass Abstände von unter 15 Metern nach Möglichkeit zu vermeiden sind.

Die festgestellten grossen Unterschiede bei den Schallemissionen zwischen verschiedenen Produkten mit vergleichbarer Funktion und Konstruktionsweise sind ein Hinweis auf das enorme **Potenzial**, das sich im Bereich des Lärmschutzes bietet. Die geltenden Anforderungen für lärmgeminderte Altglascontainer nach

Umweltzeichen „Der blaue Engel“ (RAL-ZU 21) [15] können als aktueller Stand der Technik betrachtet werden. Auch bei der Art und Weise der Containerentleerung, welche trotz ihres seltenen Auftretens die Gesamtbelastung dominieren können, besteht für den technischen Schallschutz ein enormes Potenzial. Wie aus Tabelle 7 in Beilage A.3 entnommen werden kann, wurden bei zwei vermessenen Systemen Pegeldifferenzen von über 10 dB(A) festgestellt. Neben der Auswahl der zu verwendenden Sammelsysteme kann auch über die Standortwahl und über die Organisation der Sammelstellen ein grosser Einfluss auf die verbleibende Belastung der Anwohner genommen werden. Allein aus Gründen der **Vorsorge** gilt es, diese Möglichkeiten zu nutzen. Es ist deshalb zu empfehlen, die Gemeinwesen, welche die Entsorgung unter sich haben, in diesem Sinne zu sensibilisieren und auf das vorhandene Potenzial hinzuweisen.

9 Literaturverzeichnis

[1]	Lärmschutz-Verordnung (LSV) vom 15. Dezember 1986 (Stand am 1. August 2010), SR 814.41
[2]	Gutachten von „Ernst Basler & Partner“, „Lärmgutachten für Wertstoffsammelstellen“, 94028.00-1 vom 9. März 1995
[3]	Empa-Untersuchungsbericht Nr. 56'403 „Glassammelcontainer in Gockhausen, Lärmmessungen auf der Liegenschaft Bruno Aeppli“, 1987
[4]	Bundesgerichtsentscheid 1A.36/2000, Urteil vom 5. Dezember 2000, Baubewilligung für eine Sammelstelle für Siedlungsabfälle
[5]	Bundesgesetz vom 7. Oktober 1983 über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz, USG), SR 814.01
[6]	Bundesgerichtsentscheid 1C_299/2009, Urteil vom 12. Januar 2010, Bauvorhaben Glassammelstelle, Münchenbuchsee
[7]	Verwaltungsgericht des Kantons Zürich, Urteil vom 7. November 2001, VB.2000.00238, Altstoffsammelstelle
[8]	Verwaltungsgericht des Kantons Bern, Urteil vom 13.02.2008, Nr. 22986U, Baugesuch für Glassammelstelle, Münchenbuchsee
[9]	Health and Safety Executive (HSE) Grossbritannien, Forschungsbericht RR651 „Glass recycling - Noise exposure from simulated roadside collection of recyclable glass - Follow-up measurements“, 2008
[10]	Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG), 15.03.1974
[11]	Bundesverwaltungsgericht Deutschland, Beschluss vom 3. Mai 1996, BVerwG 4 B 50.96
[12]	Oberverwaltungsgericht Rheinland-Pfalz, Beschluss vom 23. Juni 2010, A 10357/10.OVG
[13]	32. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Geräte- und Maschinenlärmschutzverordnung - 32. BImSchV) vom 29. August 2002
[14]	Umweltbundesamt Deutschland, „Vermeidung von Lärmproblemen bei der Altglassammlung in Wohngebieten“ (www.umweltbundesamt.de/laermprobleme/publikationen/altglas.html , Stand 10.08.2010)
[15]	Vergabegrundlage für Umweltzeichen („Der blaue Engel“), Lärmarme Altglas-Container für lärmempfindliche Bereiche (RAL-ZU 21), RAL gGmbH, Stand Januar 2011
[16]	Richtlinie 2000/14/EG des europäischen Parlaments und des Rats der europäischen Union, zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über umweltbelastende Geräuschemissionen von zur Verwendung im Freien vorgesehenen Geräten und Maschinen, 8. Mai 2000

[17]	EN ISO 3744, Akustik - Bestimmung der Schalleistungs- und Schallenergiepegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen - Hüllflächenverfahren der Genauigkeitsklasse 2 für ein im Wesentlichen freies Schallfeld über einer reflektierenden Ebene
[18]	Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm), 26. August 1998
[19]	Bundesverwaltungsgericht Deutschland, Beschluss vom 22. November 2010, BVerwG 7 B 58.10
[20]	Gutachten von Ernst Basler & Partner, „Lärmgutachten für Wertstoffsammelstellen“, 91065.00-2 vom April 1992
[21]	Verordnung des UVEK über die Lärmemissionen von Geräten und Maschinen, die im Freien verwendet werden (Maschinenlärmverordnung, MaLV) vom 22. Mai 2007 (Stand am 1. Juli 2007), SR 814.412.2
[22]	SN 640 578: 2006, Lärmimmissionen von Parkieranlagen - Berechnung der Immissionen
[23]	Empa-Bericht Nr. 456'052-2, Recyclingsammelstellen, Messung von Containerleerungen

Anhang

A.1 Berechnungsschema für den Beurteilungspegel

Das folgende Rechenschema für den Beurteilungspegel nach Anhang 6 der LSV ist angelehnt an die Methodik der Berichte [2] und [20]. Für die Berechnungen werden folgende Annahmen getroffen:

- Es werden nur Geräuschquellen berücksichtigt, die im Zusammenhang mit Altglassammelcontainern stehen. Die modellierten Quellen sind in Tabelle 4 aufgelistet. Schallemissionen, die beispielsweise bei der Entleerung von Büchsencontainern entstehen, können sinngemäss in das Rechenschema integriert werden.
- Es treten keine Schallreflexionen an Gebäudefassaden, Abschirmwirkungen etc. auf. Die Schallausbreitung wird als rein geometrische Verdünnung nach dem Abstandsgesetz von Punktquellen berechnet.
- Die Sammelstelle ist nur tagsüber im Betrieb, d.h. von 07 bis 19 Uhr gemäss LSV.
- Es ist nur eine Geräuschquelle gleichzeitig aktiv. Somit entsprechen die Quellen den Lärmphasen gemäss LSV.

Lärmphase i	Geräuschquelle
1	LKW Bereitstellung inkl. An- und Wegfahrt
2	Container heben und zurückstellen
3	Container leeren
4	Auto-Anlieferung
5	Flascheneinwurf

Tabelle 4: Im Rechenmodell berücksichtigte Geräuschquellen, resp. Lärmphasen

Es werden die folgenden Inputparameter benötigt:

- d : Schallausbreitungsdistanz in Meter
 N_L : Anzahl LKW-Anfahrten zur Leerung pro Jahr
 N_C : Anzahl Containerleerungen pro Jahr
 N_A : Anzahl Anlieferungen mit Personenwagen pro Betriebstag
 N_F : Anzahl Flaschen-Einwürfe pro Betriebstag
 B : Anzahl Betriebstage pro Jahr (typischerweise $B = 302$)
 $L_{WAE,i}$: A-bewerteter Einzelereignis-Schalleistungspegel der Geräuschquelle i
 $K_{2,i}$: Pegelkorrektur der Quelle i für die Tonhaltigkeit nach LSV
 $K_{3,i}$: Pegelkorrektur der Quelle i für die Impulshaltigkeit nach LSV

Aus diesen Inputparametern werden die Anzahl Ereignisse pro Betriebstag und Quelle, N_i , nach Tabelle 5 ermittelt.

i	N_i	$K_{1,i}$
1	N_L / B	5
2	N_C / B	5
3	N_C / B	5
4	N_A	0
5	N_F	5

Tabelle 5: Anzahl Ereignisse N_i pro Betriebstag und Quelle sowie die Pegelkorrekturen K_1 gemäss LSV

Aus dem Einzelereignis-Schallpegel $L_{WAE,i}$ und der Anzahl Ereignisse N_i pro Betriebstag wird nach Gleichung (1) der Schallleistungspegel (gemittelt über 12 Stunden) der Quelle i berechnet.

$$L_{W,i} = L_{WAE,i} + 10 \cdot \log_{10}(N_i) - 10 \log_{10}(3600 \cdot 12) \quad (1)$$

Durch die rechnerische Berücksichtigung der Schallabstrahlung in den Halbraum ($D = 3$ dB) und geometrischen Verdünnung (nach ISO 9613-2) wird der Immissions-Mittelungspegel $L_{eq,i}$ ermittelt:

$$L_{eq,i} = L_{W,i} - 8 - 20 \cdot \log_{10}(d) \quad (2)$$

Der Teilbeurteilungspegel der Lärmphase i nach LSV ist dann gegeben als

$$L_{r,i} = L_{eq,i} + K_{1,i} + K_{2,i} + K_{3,i} + 10 \cdot \log_{10}(720/720) \quad (3)$$

Hinweis: Da die Mittelungspegel aus Einzelereignispegeln ermittelt wurden, darf bei der Berechnung der Teilbeurteilungspegel keine zeitliche Verdünnung erfolgen, d.h. nach LSV alle $t_i = 720$ Minuten und somit wird der Ausdruck $10 \cdot \log_{10}(t_i/720)$ zu Null. Dies auch dann, wenn die Öffnungszeiten der Anlage beschränkt werden.

Die von der Lärmart abhängigen Pegelkorrekturen K_1 sind in Tabelle 5 angegeben. Hinweise zur Vergabe der Pegelkorrekturen für Ton- und Impulshaltigkeit K_2 und K_3 können Anhang A.4 entnommen werden.

Durch energetische Summation der Teilbeurteilungspegel ergibt sich der Beurteilungspegel nach LSV:

$$L_r = 10 \cdot \log_{10} \sum_i 10^{0.1 \cdot L_{r,i}} \quad (4)$$

A.2 Kenngrössen und statistische Angaben

Die nichtakustischen Eingabeparameter sind durch den Betrieb, die Art der Sammelcontainer und die geographische Lage der Anlage gegeben und können je nach dem stark variieren. Nachfolgend sind statistische Angaben aus verschiedenen Quellen zusammengestellt, welche zur Abschätzung der Eingangsparameter im konkreten Fall hilfreich sein können.

Folgende Angaben wurden im Zeitraum der Jahre 1992 bis 1994 für die Stadt Zürich durch Ernst Basler & Partner ermittelt [2], [20]:

- Pro Leerungszyklus einer Sammelstelle erfolgen entweder drei LKW-Anfahrten, nämlich für Grün-, Braun- und Weissglas separat. Alternativ, bei Leerungsfahrzeugen mit unterteilten Mulden und bei Entleerung an einem anderen Ort ist es nur eine LKW-Anfahrt pro Leerungszyklus.

- Die Anzahl Anfahrten für die Leerung beträgt bei kleinen Sammelstellen im Durchschnitt 109 pro Jahr. Bei grossen Sammelstellen sind es 130. Die Werte hängen stark vom verwendeten System (Kapazität, Entleerungsort) und dem Einzugsgebiet ab.
- Bei kleinen Sammelstellen erfolgen im Durchschnitt 50 Anlieferungen pro Werktag. Bei grossen Sammelstellen sind es 200 Anlieferungen.
- Bei kleinen Sammelstellen beträgt der Anteil der Personen, die mit einem Personenwagen anliefern, 10-20%. Bei grossen Sammelstellen sind es im Durchschnitt 30-50% Auto-Anlieferungen. Sammelstellen bei Einkaufszentren können einen Personenwagen-Anteil von 90% erreichen.
- Bei kleinen Sammelstellen werden im Durchschnitt 300 Flaschen im Tag eingeworfen. Bei grossen Sammelstellen sind es rund 500 Flaschen pro Werktag.

Aus statistischen Auswertungen der Städte Basel und Zürich für das Jahr 2010 konnten folgende Kennzahlen abgeleitet werden:

- Mit Abstand am häufigsten sind kleine Sammelstellen, welche aus je einem Container für Braunglas und Weissglas, zwei Containern für Grünglas und zumeist einem zusätzlichen Metallcontainer bestehen. Im Mittel weist eine Sammelstelle knapp 6 Glas- und 1 bis 2 Metallcontainer auf.
- Die Entleerungen erfolgen in der Regel in einem wöchentlichen Rhythmus. In der Stadt Zürich werden lediglich 9 % der Sammelstellen häufiger als einmal pro Woche angefahren, 52 % werden wöchentlich, 33 % zweiwöchentlich und nur 7 % in einem selteneren Rhythmus entleert.
- Die Sammelmenge pro Entleerung hängt stark vom Containersystem ab. So weist beispielsweise ein Ökowab-Container ein Volumen von 1.5 m³ auf und ein Unterflur-System wie in Abbildung 11 dargestellt 4 m³. Für die kleineren Container kann von einem mittleren Sammelgewicht von ca. 300 kg ausgegangen werden, wobei Braun- und Weissglas-Container in der Tendenz weniger stark gefüllt sind als Grünglas-Container.

A.3 Emissionskennzahlen

Nachfolgend sind verschiedene aus Messungen ermittelte Emissionsdaten der sieben Lärmquellen gemäss dem Berechnungsschema in Anhang A.1 zusammengestellt, welche für Prognoserechnungen eingesetzt werden können. Allerdings muss darauf aufmerksam gemacht werden, dass diese Schallleistungspegel im Einzelfall stark schwanken können und die Angaben deshalb für die Beurteilung geplanter Anlagen mit einer Unsicherheit von mehreren Dezibel behaftet sind. Zum einen treten je nach Sammelsystem grosse Unterschiede auf, zum anderen wurden auch innerhalb des gleichen Sammelsystems grosse Streuungen festgestellt, je nach Ausführung und Wartungszustand. Nicht zuletzt kommt auch dem Faktor Mensch ein bedeutender Einfluss zu, angefangen von der Anfahrt im Auto, über die Art des Glaseinwurfes bis hin zur späteren Entleerung des Containers, bei welcher beispielsweise die Fallhöhe als wichtiger Einflussparameter in Erscheinung tritt.

Für die Schallleistungspegel der Entleerung (Lärmphasen $i = 1$ bis 3) liegen systematische Messdaten in den Berichten [2], [20] und [23] vor. In den Jahren 1992/94 ([2] und [20]) erfolgten Schallleistungsmessungen an einer Sammelstelle mit Containern des Typs Ökowab, die einerseits auf eine LKW-Ladebrücke und andererseits in einen ACTS-Container entleert wurden. Im September 2011 wurden durch die Empa in Zusammenarbeit mit Recycling Zürich zwei Messungen durchgeführt, die in einem separaten Bericht mit Empa-Nr. 456'052-2 dokumentiert sind [23]. Am ersten Messtermin wurde eine typische Leerung einer Sammelstelle mit vier Unterflur Glas- und einem Metall-Container erfasst. Als Fahrzeug wurde ein Lastwagen mit einem offenen, in vier Kompartimente (drei Glassorten und Metall) unterteilten Transportcontainer verwendet. Bei der zweiten Messung wurden kontrollierte Leerungen von Ökowab- und Unterflur-

Containern mit unterschiedlichem Füllgrad durchgeführt. Bei allen Messungen befanden sich die Mikrofone jeweils auf einem Kreis mit Durchmesser 10 m auf zwei Höhen von 1.5 und ca. 5.0 m. Von den unteren Messpositionen bestand, im Gegensatz zu den oberen Messpositionen, keine Sichtverbindung zur Sammelöffnung. Für die **Lärmphasen 1 und 2**, d.h. die Bereitstellung des LKW sowie das Heben und Zurückstellen der Container, ergaben sich folgende Messwerte:

Lärmphase	Entleerung		
	auf Ladebrücke [20]	in ACTS-Container [2]	in kompartimentierten Container [23]
1	119 dB(A)	119 dB(A)	120 dB(A)
2	120 dB(A)	119 dB(A)	117 dB(A)

Tabelle 6: An drei Systemen gemessene Einzelereignis-Schallleistungspegel L_{WAE} der Lärmphasen 1 und 2.

Die folgende Tabelle enthält die gemessenen, immissionsrelevanten Einzelereignis-Schallleistungspegel der **Lärmphase 3**, der Containerleerung, für die beiden Mikrofonhöhen:

Mikrofonhöhe	Entleerung		
	auf Ladebrücke [20]	in ACTS-Container [2]	in kompartimentierten Container [23]
oben	130 dB(A)	119 dB(A)	127 [dB(A)]+0.01 [dB(A)/kg]*M [kg]
unten	126 dB(A)	114 dB(A)	121 [dB(A)]+0.01 [dB(A)/kg] *M [kg]

Tabelle 7: An drei Systemen gemessene, immissionsrelevante Einzelereignis-Schallleistungspegel L_{WAE} der Lärmphase 3 für zwei Mikrofonhöhen. M bezeichnet die entleerte Glasmenge.

Unterschiedliche Messwerte für die beiden Mikrofonhöhen ergeben sich dabei aufgrund von Abschirmungseffekten durch den Fahrzeugkasten. Bei der Entleerung in den kompartimentierten Container liegen die Messwerte des unteren Niveaus generell 6 dB(A) tiefer. Bei den Messungen aus dem Jahr 2011 stellte sich heraus, dass der resultierende Schallleistungspegel einen linearen Zusammenhang zur entleerten Glasmenge aufweist, dies unabhängig vom eingesetzten Containersystem (siehe Abbildung 15). In Tabelle 7 ist der Schallleistungspegel für eine Containerentleerung als Formel in Abhängigkeit des Glasgewichtes M aufgeführt. Über die Sammelmengen, welche teilweise pro Sammelstelle individuell erfasst werden, oder über die Zahl der gesammelten Flaschen kann so eine Bestimmung des Schallleistungspegels erfolgen. Gemäss EU-Richtlinie 2000L0014 [16] kann dabei von einem mittleren Gewicht einer 75 cl Flasche von 370 g ausgegangen werden.

Wird der Container nicht vor Ort entleert, so ist für die Lärmphase $i = 3$ ein Einzelereignis-Schallleistungspegel von $L_{WAE} = -99$ dB(A) einzusetzen.

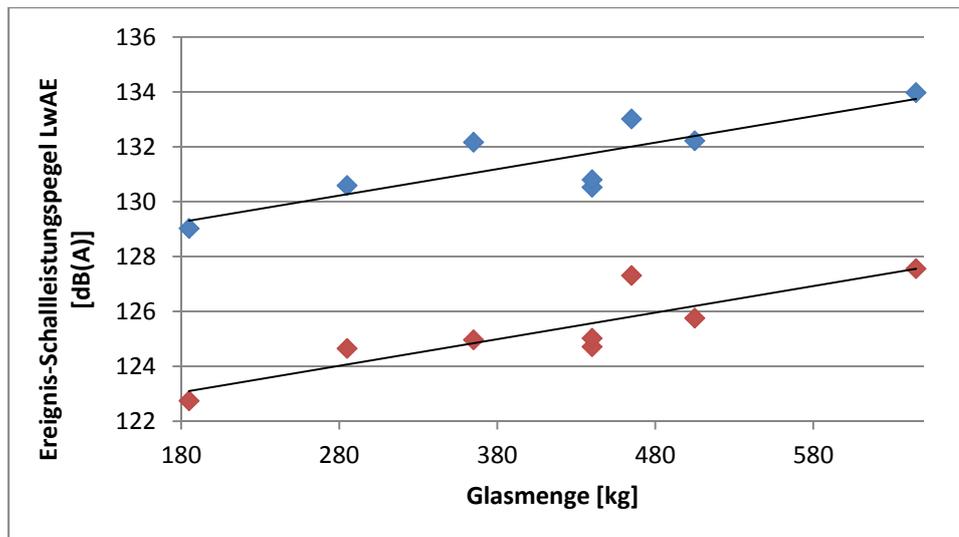


Abbildung 15: Emissionswerte für die Entleerung von Ökowab- und Unterflurcontainern in ein Sammelfahrzeug in Abhängigkeit der entleerten Sammelmenge. Die Messdaten auf Höhe 5 m sind in Blau und diejenigen auf Messhöhe 1.5 m in Rot dargestellt. [23]

Für den Schallleistungspegel der Anlieferung mit Personenwagen, der **Lärmphase 4**, kann die Schweizer Norm SN 640 578 „Lärmimmissionen von Parkieranlagen“ [22] verwendet werden. Für die „Nutzung von Freizeitaktivitäten“ mit häufigem Öffnen und Schliessen der Türen und Heckklappen sowie der Verwendung von Musikanlagen resultiert ein Schallleistungspegel pro Parkierungsvorgang und pro Stunde von $L_{W,PV} = 68$ dB(A). Dies entspricht einem Einzelereignis-Schallleistungspegel von $L_{WAE} = 104$ dB(A).

Für den Einzelereignis-Schallleistungspegel eines Flascheneinwurfs, der **Lärmphase 5**, liegen bereits einige Messdaten vor. Die Werte hängen grundsätzlich stark von den am System allenfalls eingesetzten Schallschutzmassnahmen ab.

- Umweltzeichen „Der blaue Engel“: $L_{WAE} < 91$ dB(A)
- Oberflur-Container Villiger, Typ City Line CI: $L_{WAE} = 94$ dB(A)
- Oberflur-Container IVB, Typ DCG Standard: $L_{WAE} = 86$ dB(A)
- Unterflur-Container Villiger, Typ Sub-Vil: $L_{WAE} = 83$ dB(A)

A.4 Pegelkorrekturen für Ton- und Impulsgehalt

Die Pegelkorrekturen für Ton- und Impulshaltigkeit K_2 und K_3 sind grundsätzlich im Einzelfall für den jeweiligen Immissionspunkt festzulegen. Sie können sich analog zu den Schallleistungspegeln je nach Sammelsystem und Benutzung stark unterscheiden. In der Regel bewirken Schallschutzmassnahmen nicht nur eine Reduktion der Schallleistungspegel sondern gleichzeitig auch eine Reduktion der entsprechenden Pegelkorrekturen. Die nachfolgende Tabelle 8 enthält in den ersten Spalten eine Zusammenstellung der Pegelkorrekturen wie sie in den verschiedenen erwähnten Gutachten vergeben wurden.

Lärmphase	Geräuschquelle	Wertebereich	
		K_2	K_3
1	LKW Bereitstellung inkl. An- und Wegfahrt	0 – 2	0
2	Container heben und zurückstellen	0 – 4	0 – 2
3	Container leeren	0 – 2	2 – 6
4	Auto-Anlieferung	0 – 2	0 – 4
5	Flascheneinwurf	0 – 4	2 – 6

Tabelle 8: Typische Wertebereiche der Pegelkorrekturen K_2 und K_3 für Altglassammelstellen.

A.5 Parametersetzung zur Abschätzung von Grenzabständen

Für die Ermittlung von Grenzabständen für Kapitel 7 wurden basierend auf den Angaben des Anhanges A.2 je eine Haupt- und eine Nebensammelstelle mit sechs grossen bzw. 4 kleinen Containern definiert. Bei den Emissionsangaben wurde von einem Emissionswert für den Glaseinwurf ausgegangen, welcher den blauen Engel um 3 dB(A) überschreitet. Für die Containerentleerung wurde eine Entleerung auf einen Lastwagen mit Ladebrücke angenommen und jeweils der höchste erfasste Wert pro Lärmphase eingesetzt. Die Pegelkorrekturen für Ton- und Impulshaltigkeit K_2 und K_3 wurden gemäss dem Höreindruck anlässlich der in [23] dokumentierten Messungen durch drei Empa-Mitarbeiter festgelegt. Die entsprechenden Angaben sind der nachfolgenden Tabelle 9 zusammengestellt.

	Hauptsammelstelle	Nebensammelstelle
Anzahl Flaschen-Einwürfe pro Betriebstag	500	300
Anzahl Anlieferungen mit Auto pro Betriebstag	70	10
Anzahl Container-Leerungen pro Jahr	300	200
Anzahl LKW-Anfahrten pro Jahr	50	50
Anzahl Betriebstage pro Jahr	302	302
LKW bereit und abfahrbereit machen: $L_{WAE} / K_2 / K_3$	120 / 0 / 0	
Container heben und zurückstellen: $L_{WAE} / K_2 / K_3$	120 / 2 / 0	
Container leeren: $L_{WAE} / K_2 / K_3$	133 / 0 / 4	130 / 0 / 4
Auto-Anlieferung: $L_{WAE} / K_2 / K_3$	104 / 0 / 2	
Flascheneinwurf: $L_{WAE} / K_2 / K_3$	94 / 0 / 4	

Tabelle 9: Inputparameter für die Berechnung von zwei repräsentativen Anlagentypen